

Variante al PRG scheda n° 174

2014.04.24

RELAZIONE GEOLOGICA INTEGRAZIONE scala /

---



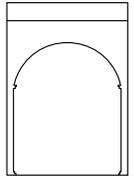
**COOPROGETTO**

architettura ingegneria servizi  
via Severoli, 18 - 48018 Faenza  
tel. 0546-29237 - fax. 0546-29261  
e-mail: segreteria@cooprogetto.it

arch. Alessandro Bucci

**STUDIO TECNICO  
GEOM. CAVINA-MONTEVECCHI  
ARCH. PAGANI**

corso Matteotti n. 27 - 48018 Faenza  
tel. 0546-28197 - fax. 0546-680247  
e-mail: info@studiocavina.191.it



arch. Paola Pagani

---

con la consulenza specialistica di:

IMPIANTI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	Polistudio A. E. S. Società di Ingegneria S.r.l. - via Tortona n.10 - 47838 Riccione (RN) - tel. 0541-485300
RETE FOGNARIA	Polistudio A. E. S. Società di Ingegneria S.r.l. - via Tortona n.10 - 47838 Riccione (RN) - tel. 0541-485300
VALSAT - SCREENING	Polistudio A. E. S. Società di Ingegneria S.r.l. - via Tortona n.10 - 47838 Riccione (RN) - tel. 0541-485300
VALUTAZIONI ACUSTICHE	Polistudio A. E. S. Società di Ingegneria S.r.l. - via Tortona n.10 - 47838 Riccione (RN) - tel. 0541-485300
GEOLOGICA	Geologo Vittorio Venturini - via Cervese n.1080 - 47521 Cesena (FC) - tel. 0547-1955198
STUDIO DEL TRAFFICO	Ing. Simona Longhi

---

Revisione

Data

Firma dei tecnici ognuno per le proprie competenze



Geol. Vittorio Venturini Via F. Todaro, 141 - 47522 - Cesena (FC)  
05471955198 Fax: 04571950486 cell. 3479825811  
P.I.: 01935210409 E-mail: geol.venturini.v@libero.it

GEA SRL

Relazione geologico-tecnica relativa al Piano Particolareggiato "Area Colom-  
barina" scheda di PRG n. 174 - Faenza (RA)

INTEGRAZIONE Pratica di Variante

Febbraio 2015



Cesena, Febbraio 2015

PREMESSA

A seguito della richiesta di integrazioni da parte della Provincia di Ravenna - Settore Territorio - Comune di Faenza, si è prodotto il presente elaborato geologico-tecnico secondo i seguenti punti sotto riportati:

- 1) approfondimento sulle tematiche geotecniche dell'area e carta della zonizzazione geotecnica;
- 2) approfondimento sismico di Secondo livello;
- 3) approfondimento sul rischio di liquefazione sismica;

La presente integrazione è stata condotta nel rispetto delle varie normative e/o direttive di interesse edificatorio (D.M. 11.03.88 - sez. H, PTPR, PTCP, Norme del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Reno, D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", Del. Reg.le 1677/2005 con indicazioni rispetto alle NTC in zona sismica, D.G.R. n. 2131 del 02/05/'07, DAL n. 112/2007 della Regione E-Romagna, PSC del Comune di Faenza).

Per questa fase integrativa si é fatto riferimento al rilievo geologico di superficie ed alla campagna geognostica condotta dal sottoscritto (n. 8 prove penetrometriche statiche, CPT, e n. 1 sondaggio, S01, con prelievo di n. 2 campioni indisturbati) cui si rimanda per dettagli e approfondimenti.

1) Approfondimento geotecnico e carta della zonizzazione geotecnica

Per quanto concerne l'aspetto geotecnico si riportano i valori discretizzati dei parametri fisico-meccanici desunti dalle prove geognostiche evidenziandone il comportamento prevalentemente coesivo o attrattivo (c o i), i valori di coesione (Cu), angolo di attrito ( $\phi$ ) interno e densità relativa (Dr)

CPT n.	orizzonte n.	da m	a m	spessore m	Tipo di terreno c = coesivo i = incoerente	Cu	$\phi$	Dr%	$\gamma$
						Kg/cm <sup>2</sup>	(°)	(%)	(°)
1	1	0,0	0,8	0,8	c	0,90	-	-	1,90
	2	0,8	3,8	3,0	c	1,00	-	-	1,96
	3	3,8	5,4	1,6	c	1,20	-	-	1,97
	4	5,4	6,0	0,6	i	-	34	40,0	1,96
	5	6,0	7,2	1,2	c	0,92	-	-	1,91
	6	7,2	12,8	5,6	i	-	25	13,0	1,94
	7	12,8	14,2	1,4	c	1,70	-	-	2,05
	8	14,2	23,0	8,8	c	1,30	-	-	1,94
2	1	0,0	0,8	0,8	c	1,00	-	-	1,90
	2	0,8	3,8	3,0	c	1,40	-	-	2,00
	3	3,8	5,8	2,0	c	0,85	-	-	1,92
	4	5,8	7,8	2,0	c	0,95	-	-	1,96
	5	7,8	10,4	2,6	c	0,90	-	-	1,94
	6	10,4	11,4	1,0	i	-	37	33,0	2,02
	7	11,4	13,0	1,6	c	1,00	-	-	1,94
	8	13,0	14,2	1,2	i	-	44	40,0	2,00
	9	14,2	23,0	8,8	c	1,10	-	-	1,98
3	1	0,0	0,8	0,8	c	1,50	-	-	2,00
	2	0,8	2,0	1,2	c	2,00	-	-	2,04
	3	2,0	11,4	9,4	c	1,00	-	-	1,96
	4	11,4	12,2	0,8	i	-	41	36,0	1,98
	5	12,2	20,0	7,8	c	1,10	-	-	1,95
4	1	0,0	0,8	0,8	c	1,00	-	-	1,95
	2	0,8	2,2	1,4	c	1,15	-	-	1,97
	3	2,2	3,0	0,8	i	-	45	67,0	1,98
	4	3,0	4,8	1,8	c	1,10	-	-	2,00
	5	4,8	5,4	0,6	i	-	34	39,0	1,98
	6	5,4	10,4	5,0	c	1,00	-	-	2,00
	7	10,4	16,0	5,6	c	0,90	-	-	1,96
	8	16,0	18,0	2,0	i	-	38	27,0	2,00
	9	18,0	20,0	2,0	c	1,20	-	-	1,94
5	1	0,0	0,8	0,8	c	1,10	-	-	1,95
	2	0,8	2,8	2,0	c	2,00	-	-	1,94
	3	2,8	11,6	8,8	c	1,10	-	-	1,96
	alternanze 4	11,6	13,8	2,2	i	1,10	30	20,0	1,92
	5	13,8	20,0	6,2	c	1,50	-	-	1,98

CPT n.	orizzonte n.	da m	a m	spessore m	Tipo di terreno		Cu Kg/cmq	φ (°)	Dr (%)	γ (°)
					c = coesivo i = incoerente					
6	1	0,0	0,8	0,8	c		0,90	-	-	1,70
	2	0,8	3,6	2,8	c		1,00	-	-	2,00
	3	3,6	4,4	0,8	i		-	31	37,0	1,97
	4	4,4	7,2	2,8	c		1,00	-	-	1,90
	6	7,2	13,4	6,2	c		1,20	-	-	1,98
	7	13,4	16,6	3,2	c		1,70	-	-	2,00
	8	16,6	20,0	3,4	c		1,40	-	-	2,02
CPT n.	orizzonte n.	da m	a m	spessore m	Tipo di terreno		Cu Kg/cmq	φ (°)	Dr% (%)	γ (°)
7	1	0,0	0,8	0,8	c		1,00	-	-	1,80
	2	0,8	3,8	3,0	c		1,40	-	-	2,00
	3	3,8	5,8	2,0	c		0,85	-	-	1,96
	4	5,8	7,8	2,0	c		0,95	-	-	1,94
	5	7,8	11,4	3,6	c		0,90	-	-	1,92
	6	11,4	12,6	1,2	i		-	37	33,0	1,90
alternanze	8	12,6	16,0	3,4	i		0,90	27	20,0	1,96
	9	16,0	23,0	7,0	c		1,10	-	-	2,00
CPT n.	orizzonte n.	da m	a m	spessore m	Tipo di terreno		Cu Kg/cmq	φ (°)	Dr% (%)	γ (°)
8	1	0,0	0,8	0,8	c		1,50	-	-	1,75
	2	0,8	2,0	1,2	c		2,00	-	-	1,90
	3	2,0	11,6	9,6	c		1,00	-	-	1,95
	4	11,4	12,6	1,2	i		-	38	36,0	1,90
	5	12,6	20,0	7,4	c		1,10	-	-	1,98

Si ritiene che la cartografia con zonizzazione geotecnica sia significativa solo se intesa come dato puntuale; infatti non si ritiene possa essere utile l'interpolazione se non per puri fini speculativi; piuttosto si ritiene che occorra un'adeguata campagna geognostica di raffittimento dei dati puntuali quando si dovrà intervenire nello specifico dei singoli lotti con opere edificatorie.

A puro titolo indicativo non potendo conoscere a priori le tipologie che verranno insediate si propongono in appendice n. 2 carte in scala 1 : 5 000 in cui si evidenziano i parametri fisico-meccanici sulle verticali di indagine ipotizzando fondazioni superficiali attestata a - 0.8 m e a - 2.8 m dall'attuale piano campagna.

2) Approfondimento sismico di Secondo livello (DAL 112/2007).

La Regione Emilia-Romagna ha elaborato ed approvato (con Delibera dell'Assemblea Legislativa n.112 del maggio 2007) gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", in coerenza con la L.R. n.20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio". Tali indirizzi sono stati elaborati sugli esiti delle indagini sismiche che la Regione ha effettuato nel proprio territorio a partire dalla fine degli anni '70 e assumendo come riferimento, per la pianificazione, la pericolosità di base elaborata da INGV (recepita a livello nazionale dall'OPCM 3519/2006). In questo senso, la Delibera fornisce tabelle e formule prope-  
deutiche alla valutazione semplificata (secondo livello) dell'amplificazione locale, dati che tengono conto delle caratteristiche sismiche riscontrate nel contesto regionale.

L'atto regionale 112/2007 propone la definizione semplificata delle amplifi-  
cazioni locali sulla base di tabelle riferite a situazioni morfologico-stratigrafi-  
che. Le variabili, da inserire nelle tabelle per la stima dell'amplificazione locale  
sono:

- F.A. P.G.A.: rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ( $a_{max,r}$ ) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ( $a_{max,s}$ ) alla frequenza  $f$ . Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento  $D$  e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;
- F.A. S.I.: Intensità spettrale di Housner; indicatore della pericolosità sismica, definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità, nel nostro caso per i due intervalli di frequenze, rispettivamente da  $0.1 < T_0 < 0.5$  s e da  $0.5 < T_0 < 1$  s; la procedura si basa su metodi quantitativi semplificati, che prevedono il confronto tra un fattore di amplificazione sismica locale (FA) e un valore di soglia calcolato per il Comune in esame. I valori di FA sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.
- la velocità equivalente delle onde di taglio nel sottosuolo ( $V_s$ ).

La delibera fornisce anche i dati di riferimento per valutazioni più accurate della risposta sismica: lo spettro di risposta normalizzato (per  $T_r = 475$  anni e smorzamento del 5%), i valori di  $a_{ref}$  di ogni Comune, ed i segnali di riferimento (accelerogrammi) anch'essi già scalati per ogni Comune. In questo senso, al Comune di Faenza viene attribuita una  $a_{ref}$  pari a 0,205g. Per la stima della velocità delle onde di taglio, nel Comparto studiato sono state effettuate specifiche indagini geofisiche, i cui risultati sono riportati nella relazione del giugno 2012. In sintesi, per il territorio in esame si è ottenuta attraverso le misure sismiche in foro (Down Hole) una  $V_{s30}$  pari a 224 m/sec (categoria di suolo C) coerente con la microzonazione sismica semplificata fornita nella cartografia del PSC di Faenza .

Da quanto riportato sul PSC Faentino l'area appartiene ad un ambito con depositi di terreni granulari da sciolti a mediamente addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  variabili tra 180 e 360 m/s.

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (cfr. tabella 1 nell'Allegato B del medesimo D.M.).

In sintesi, si riporta quanto segue:

Latitudine: 44.302708  
Longitudine: 11.877766  
Classe: 2  
Vita nominale: 50  
Coefficiente  $c_u$ : 1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Accelerazione sul suolo di riferimento rigido - SLV (ag/g): 0.205  
Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1: 1  
Coefficiente di amplificazione per tipo di suolo  $S_s$ : 1.4  
Coefficiente di amplificazione per categoria topografica  $S_T$ : 1.0  
Accelerazione max al suolo ( $a_{max}/g$ ) = (ag/g)\*  $S_s$ \* $S_T$ : 0.281

Si fa presente che l'area di interesse si trova in ambiente di "PIANURA 2" . Al comune di Faenza viene attribuita una accelerazione massima al suolo riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s) corrispondente ad  $a_g = 0.205g$ .

La seguente tabella riporta i fattori di amplificazione da utilizzare:

F.A. P.G.A.

$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

F.A.: accelerazione di picco P.G.A. = 1.5

F.A.: INTENSITA' SPETTRALE nel periodo  $0.1s < T_0 < 0.5s$  = 1.8

F.A.: INTENSITA' SPETTRALE  $0.5s < T_0 < 1.0s$  = 2.5 (cautelativo)

Dalla normativa si desume il valore di riferimento di  $a_g$  al bedrock sismico per

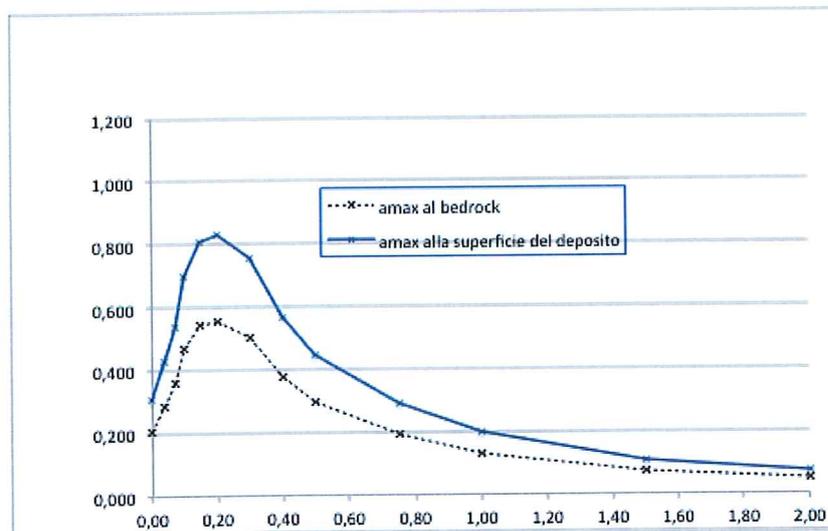
$T = 0$  espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , quindi:

$$a_{\max} = 0.205 \cdot 1.5 = 0.307g$$

$$SI * F.A. \ 0.1s < T_0 < 0.5s = 0.205 * 1.8 = 0.369 \ g$$

$$SI * F.A. \ 0.5s < T_0 < 1.0s = 0.205 * 2.5 = 0.5125 \ g$$

Tale procedimento porta in genere ad una sovrastima dei risultati. Lo spettro di risposta normalizzato ( $T_r = 457$  anni, smorzamento pari al 5%) del moto sismico atteso nell'territorio di Faenza secondo i valori di riferimento presenti nella delibera regionale n. 112 risulta il seguente:



3) Approfondimento sul rischio di liquefazione sismica:

Il territorio comunale di Faenza ricade ai sensi della normativa sismica nazionale (OPCM 3274/2003), in zona sismica 2, corrispondente ad accelerazioni orizzontali massime del suolo pari a 0,25 g. Tuttavia, col D.M. 14/01/2008, la stima della pericolosità sismica non è più definita con un criterio "zona dipendente", ma "sito dipendente"; ciò significa che occorre determinare l'accelerazione  $a_g$  per ogni sito di costruzione.

L'azione sismica locale di progetto ( $a_{max}$  attesa in superficie nel sito in esame) è determinabile, partendo dal valore di  $a_g$ , applicando la seguente relazione:

$$a_{max} = a_g \cdot S_s \cdot S_t = 0,287 \text{ g} = 2,87 \text{ m/s}^2$$

dove:  $a_g = 0,205 \text{ g}$ ; accelerazione orizzontale massima di picco attesa al sito di riferimento rigido (sottosuolo di categoria A), per  $T = 0$ .

$S_s = 1,40$ ; coeff. di amplificazione stratigrafica.

$S_t = 1,0$ ; coeff. di amplificazione topografica.

Dal valore di  $a_{\max}$  sono deducibili i coeff. sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_n$

definiti rispettivamente, come:

$$k_h = b_s (a_{\max}/g) = 0,069 \qquad k_n = 0,5 k_h = 0,034$$

dove  $b_s = 0,24$  è un coefficiente di riduzione di  $a_{\max}$  che dipende dalla categoria di appartenenza del sottosuolo.

La liquefazione (o mobilità delle sabbie), è un fenomeno potenziale conseguente alle sollecitazioni sismiche che si manifesta attraverso perdita improvvisa di resistenza al taglio, e generalmente con conseguente addensamento e riduzione di volume del deposito. Riguarda unicamente i sedimenti granulari recenti sciolti, saturi, a granulometria uniforme medio-piccola, con bassa densità (< 40%); non interessa le argille e le argille limose, le sabbie grossolane e tutti i depositi granulometricamente ben classati, ed addensati.

Nel luogo in esame non esistono potenti depositi con caratteristiche potenzialmente liquefacibili; inoltre, va osservato che essi possiedono grande varietà granulometrica e sono intervallati da orizzonti lenticolari di argille che concorrono ad inibire il fenomeno, interrompendone la continuità latero-verticale.

Su tali sedimenti sabbiosi fini e limo-sabbiosi, sono state eseguite specifiche verifiche utilizzando il metodo di Seed & Idriss ('82).

I parametri sismici assunti sono fra i più gravosi:  $M = 5,25 \div 6$  ( $M =$  Magnitudo);  $a_{max} = 0,287$  g.

L'analisi numerica prevede, anzitutto, il calcolo della tensione tangenziale ciclica ( $t/s'o$ ) generata dal sisma:  $(t/s'o) = 0,65 (a_{max}/g) \cdot rd (so/s'o)$ , quindi la verifica del coeff. di sicurezza  $F$ :

$$F = [(t/s'o)_{lim} / (t/s'o)] > 1,3$$

Se risulta:

$F < 1$  il deposito è liquefacibile;

$1 < F < 1,3$  il deposito è potenzialmente (non) liquefacibile;

$F > 1,3$  il deposito non è liquefacibile.

La tabella seguente riporta il calcolo analitico.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI GRANULARI - METODO SEMPLIFICATO DI SEED & IDRISS ('82) M = 5.25+6

P.T. n.	Strato n.	da m.	a m.	h (m)	hw (m)	$\gamma$ ( $\text{t}/\text{m}^3$ )	qc ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	NSPT ( $\text{adim}$ )	amax/g ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	$\sigma'v$ ( $\text{t}/\text{m}^2$ )	CN ( $\text{adim}$ )	N'SPT ( $\text{adim}$ )	$(\tau/\sigma'v)_{\text{lim}}$ ( $\text{adim}$ )	$\tau/\sigma'v$ ( $\text{adim}$ )	Coeff. sic. ( $\text{adim}$ )	
1	1	5,4	6,0	5,7	2,6	1,96	41	11,7	0,287	8,07	1,08	20,20	0,340	0,24	F = 1,44	Non liquefacibile
	2	7,0	8,0	7,5	2,6	1,94	19	5,4	0,287	9,65	1,02	13,05	0,230	0,25	F = 0,92	Potenzialmente liquefacibile
2	1	10,4	11,4	10,9	3,0	2,02	47	13,4	0,287	14,12	0,89	19,49	0,330	0,24	F = 1,36	Non liquefacibile
	2	13,0	14,2	13,6	3,0	2,00	59	16,9	0,287	16,60	0,84	21,62	0,360	0,24	F = 1,48	Non liquefacibile
3	1	11,4	12,2	11,8	3,0	1,98	42	12,0	0,287	14,56	0,88	18,09	0,300	0,25	F = 1,22	Potenzialmente non liquefacibile
	4	2,2	3,0	2,6	3,0	1,98	53	15,1	0,287	5,15	1,24	26,25	0,490	0,18	F = 2,73	Non liquefacibile
	2	4,8	5,4	5,1	3,0	1,98	32	9,1	0,287	8,00	1,09	17,44	0,310	0,22	F = 1,43	Non liquefacibile
6	1	3,6	4,4	4,0	2,8	1,97	31	9,7	0,287	6,68	1,15	18,63	0,290	0,21	F = 1,40	Non liquefacibile
7	1	11,6	12,6	12,1	2,5	1,90	45	14,1	0,287	13,39	0,91	20,31	0,350	0,26	F = 1,34	Non liquefacibile

La verifica eseguita restituisce per quasi tutti gli strati esaminati coefficienti di sicurezza  $F > 1,3$  e comunque superiori ad 1 (uniche eccezioni si riscontrano nella CPT 1 con uno strato di 1 m circa di spessore liquefattibile e nella CPT 3 con uno strato di 0.8 m circa di spessore che evidenzia coefficienti di sicurezza compreso tra 1 ed 1.3). In base a quanto detto si ritiene che i livelli sabbiosi fini per i quali si sono condotte tali verifiche siano di spessore esiguo e dotati di modesta ed irregolare continuità; considerando la presenza di prevalenti terreni coesivi fino a -23 m dal piano di campagna ed essendo noto che il fenomeno della liquefazione è contenuto nei primi 15 m circa (Crespellani '98) si esclude la possibilità che si possano verificare fenomeni di liquefazione nell'area in esame.



