



D.M. 49/2018_INTERVENTO DI ADEGUAMENTO
STATICO E SISMICO DEL PONTE SUL FIUME MONTONE
POSTO AL KM 4+693 DELLA S.P. 5 RONCALCECI
CUP J63D18000180001

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Presidente: Sig. Michele De Pascale	Consigliere delegato Strade - Trasporti - Pianificazione Territoriale: Arch. Nicola Pasi
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Resp. del Servizio.: Ing. Chiara Bentini

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO : Ing. Chiara Bentini _____
Documento firmato digitalmente

PROGETTISTA : Ing. Tobia Zordan _____
Documento firmato digitalmente



PER PRESA VISIONE



COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE : Geom. Lorenza Battistini _____
Firmato

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
A	PRIMA EMISSIONE				20/12/2019

TITOLO ELABORATO:

PONTE SUL FIUME MONTONE
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
STATO DI PROGETTO

Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
01	A	20/12/2019	-	-

COMUNE DI RUSSI

PROVINCIA DI RAVENNA

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA PER LA
VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA
DEL PONTE SUL F. MONTONE, UBICATO AL Km 4+680
DELLA S.P. N° 5, LOCALITÀ "SAN PANCRAZIO"**

Committente

Il Professionista incaricato

Dott. R. DEGLI ESPOSTI



Riccardo Degli Esposti

Bologna, luglio 2015



Dott. Riccardo Degli Esposti

Geologia - Geotecnica - Progettazione Ambientale - Geotermia

sede di Bologna|Via E. Caruso, 2|40137 Bologna|tel. 051/6234326
e-mail: riccardo.degli@tin.it

p.iva 02238471201 - c.f. DGL RCR 64D17 A944E

INDICE

1.	INTRODUZIONE	<i>pag. 1</i>
2.	UBICAZIONE DELL'AREA	<i>pag. 1</i>
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	<i>pag. 2</i>
4.	INDAGINE GEOGNOSTICA	<i>pag. 4</i>
5.	NATURA DEI TERRENI INDAGATI	<i>pag. 4</i>
6.	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO INDAGATO	<i>pag. 6</i>

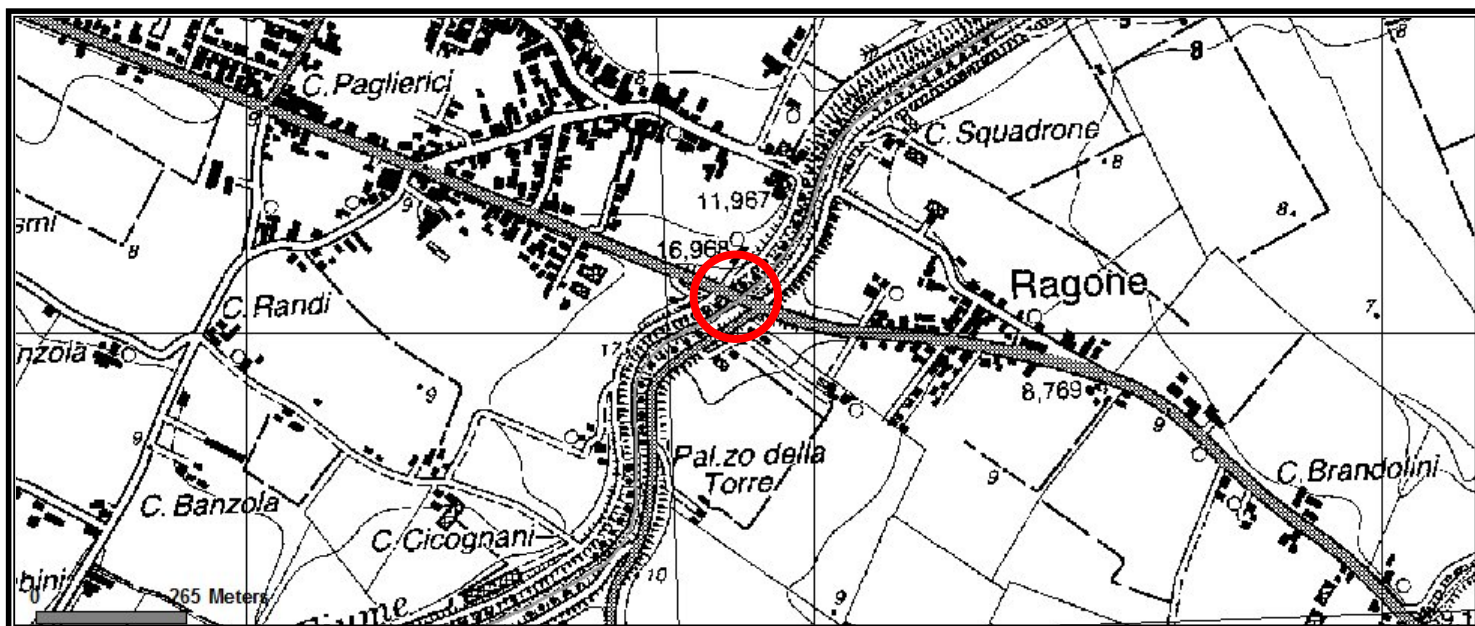
1. INTRODUZIONE

In accordo con quanto stabilito dal Decreto Ministeriale 14/01/2008 (G.U. n° 29 del 04/02/2008, suppl. ord. n° 30) e dalla Delibera di Giunta Regionale 02/11/2009 n° 1661, viene redatta la presente relazione tecnica al fine di valutare la vulnerabilità sismica del Ponte sul Fiume Montone, ubicato al km 4+680 della S.P. n° 5.

La presente relazione analizza la situazione geologica, geomorfologica e sismica dell'area in esame.

2. UBICAZIONE DELL'AREA

Il Ponte in oggetto è posto sul Fiume Montone, al km 4+680 della S.P. n° 5, nei pressi della località “S. Pancrazio”, circa 4 km ad est dell'abitato di Russi (si veda l'ubicazione riportata di seguito).



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio si trova all'interno della pianura ravennate; questa si è originata in seguito all'attività sedimentaria dei corsi d'acqua appenninici, con la deposizione dei sedimenti di origine francamente continentale che costituiscono le alluvioni quaternarie.

In profondità i depositi sedimentari cambiano le proprie caratteristiche passando da un'origine continentale ad una transizionale (di ambiente lagunare salmastro) ed infine marina.

Le variazioni di spessore e dei caratteri deposizionali, registrate dalla successione litostratigrafica, sono verosimilmente riconducibili a fenomeni tettonici che hanno controllato la sedimentazione all'interno del bacino e hanno condizionato la potenzialità deposizionale dei vari corsi d'acqua.

Le prospezioni geofisiche ed i sondaggi effettuati dall'ENI per la ricerca di idrocarburi hanno individuato nel sottosuolo padano strutture plicative e disgiuntive, sviluppatesi in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, geneticamente connesse alla tettonica di embricazione che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino. Di particolare rilevanza è la grande faglia inversa attiva ("sovrascorrimento pedeappenninico") con direzione appenninica (nord-ovest/sud-est) che rappresenta un importante elemento morfostrutturale, in quanto separa l'area collinare in sollevamento dall'area di pianura, fortemente subsidente.

Sulla base delle differenti caratteristiche sedimentologiche, morfologiche e tessiturali è possibile suddividere la pianura ravennate in tre fasce (alta, media e bassa), procedendo da sud verso nord. L'area in esame è ubicata nella media pianura.

La fascia più prossima alla catena appenninica (alta pianura) è costituita dalla giustapposizione di diverse conoidi alluvionali. Queste si sono formate in seguito al rilascio di rilevanti quantità di sedimenti grossolani (ghiaie e sabbie) da parte dei

corsi d'acqua appenninici che, al loro sbocco in pianura, subivano una forte diminuzione di velocità e quindi di capacità di trasporto.

Procedendo verso nord si passa alle fasce di media e bassa pianura, caratterizzate dalla presenza dei dossi fluviali: strutture sviluppate longitudinalmente anche per distanze di parecchi chilometri che si dipartivano dalle conoidi ed all'interno delle quali scorrevano i corsi d'acqua. I dossi corrispondono a momenti della vita del fiume caratterizzati da condizioni di energia di trasporto elevata e sono generalmente costituiti da materiali a tessitura sabbiosa o sabbioso-limosa. Essi si presentano come lingue che si addentrano nella pianura, costituendo corpi prismatici sparsi in maniera apparentemente indiscriminata in tutta la media e bassa pianura. In seguito ad un eccessivo accrescimento in altezza del dosso e/o a momenti di piena fluviale, si verificavano rotte e diversioni del corso d'acqua, con abbandono del precedente alveo fluviale ed impostazione di una nuova direttrice di scorrimento in aree topograficamente più favorevoli.

Gli spazi tra i dossi venivano progressivamente colmati mediante tracimazioni periodiche del corso d'acqua dalla struttura di dosso, con conseguente deposizione di materiali a tessitura fine (limi ed argille), corrispondenti alle caratteristiche di energia bassa o bassissima della corrente di trasporto fluviale, nelle aree topograficamente più depresse.

Dal punto di vista morfologico l'opera in esame è situata in corrispondenza dei depositi Quaternari di piana alluvionale del Fiume Montone.

I terreni alluvionali presenti nei pressi dell'area in esame sono costituiti da argille e limi prevalenti con intercalati sporadici livelli di sabbie limose.

L'area in esame risulta sub-pianeggiante con debole inclinazione verso nord/nord-est.

Il sistema di raccolta delle acque superficiali è costituito da una serie di scoline e fossi artificiali che recapitano ai canali naturali ed artificiali presenti nei pressi dell'area.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

L'individuazione della natura dei terreni è stata effettuata sulla base dei risultati di un'indagine geognostica appositamente realizzata in data 18/06/2015 e così costituita:

- ✓ una prova penetrometrica statica (CPT3), ubicata in sinistra idrografica del Fiume Lamone, circa 15 m a nord della spalla ovest sulla sommità dell'argine sinistro, ad una quota di circa 8÷9 m superiore al livello dell'acqua (in regime di morbida, all'atto della prova) presente nell'alveo attualmente attivo; tale CPT è stata spinta fino alla profondità di 12,6 m dal p.c.;
- ✓ una base sismica a rifrazione con rilievo delle onde Vs30 tramite metodo M.A.S.W. (*“Multichannel analysis of surface waves”*), ubicata sulla sommità dell'argine sinistro, subito a nord della CPT3, ad una quota di circa 8÷9 m superiore al livello dell'acqua presente nell'alveo attualmente attivo.

Per l'esecuzione della CPT è stato impiegato un penetrometro statico da 20 t con punta meccanica di tipo olandese montato su mezzo cingolato modello Pagani, mentre per l'esecuzione della prospezione sismica è stato utilizzato un sismografo *“RAS-24 Seistronix”* a 24 canali.

5. NATURA DEI TERRENI INDAGATI

Le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni indagati sono state individuate attraverso l'esame dei diagrammi della prova penetrometrica statica (forniti in all. 1).

I dati ricavati dalla CPT sono stati interpretati sulla base delle esperienze di Begemann e Schmertmann che, utilizzando i valori di resistenza alla punta e di resistenza laterale, rendono possibile una schematizzazione litologica dei terreni.

Dal momento che la prova penetrometrica CPT3 si è dovuta eseguire sulla sommità dell'argine posto in sinistra idrografica del Fiume Lamone e considerando che l'area in esame presenta le seguenti caratteristiche morfologiche:

- la sommità dell'argine posto in sinistra idrografica (spalla ovest del ponte in oggetto) presenta una quota che è:
 - superiore di circa 4 m rispetto alla quota del p.c. nelle aree limitrofe, situate ad ovest e a sud dell'argine stesso;
 - superiore di circa 8÷9 m rispetto al livello dell'acqua (in regime di morbida, all'atto della prova) presente nell'alveo attualmente attivo, come già specificato al paragrafo 3.;
- la sommità dell'argine posto in destra idrografica (spalla est del ponte in oggetto) presenta una quota che è:
 - analoga a quella del p.c. nelle aree limitrofe situate a nord della spalla est (in destra idrografica);
 - superiore di circa 4 m rispetto alla quota del p.c. nelle aree limitrofe situate a sud della spalla est (in destra idrografica);
 - superiore di circa 8÷9 m rispetto al livello dell'acqua (in regime di morbida, all'atto della prova) presente nell'alveo attualmente attivo.

In base a quanto esposto, è ragionevole supporre che fino alla profondità di circa 4 m dal p.c. all'atto della prova (sommità dell'argine posto in sinistra idrografica) vi siano materiali di riporto costituenti la porzione sommitale dell'argine sinistro medesimo. Anche i valori di resistenza alla punta (R_p) del penetrometro statico, marcatamente disomogenei nell'intervallo di profondità compreso fra il p.c. all'atto della prova e 4 m, parrebbero confermare tale ipotesi.

Al di sotto del suddetto strato di riporto si ha la presenza di depositi alluvionali del Fiume Montone costituiti in prevalenza da argille e limi mediamente consistenti, caratterizzati da valori di resistenza alla punta (R_p) del penetrometro statico compresi in media tra 16 e 35 kg/cm².

Un graduale incremento della consistenza dei litotipi descritti si osserva, progressivamente, con l'aumento della profondità indagata. In particolare a profondità, dal p.c. all'atto della prova, comprese tra 9,2 m e la massima profondità indagata (12,6 m) si osserva un significativo e deciso incremento della consistenza dei litotipi a granulometria fine (argille e limi prevalenti) suddetti, caratterizzati da valori di R_p compresi in media tra 40 e 70 kg/cm².

Ai litotipi a granulometria fine in precedenza descritti s'intercalano sporadici livelli decimetrici di sabbie limose mediamente addensate, caratterizzate da valori di R_p superiori a 60 kg/cm².

Al termine della prova penetrometrica non è stata rilevata la presenza di alcuna manifestazione idrica fino alla profondità di 9 m dal p.c. all'atto della prova (a questa profondità il foro d'indagine si è richiuso).

Comunque, è ragionevole supporre che vi sia la presenza di una falda di subalveo che, nel regime di morbida attuale (all'atto della prova) del Fiume Montone, verrebbe ad avere una soggiacenza (profondità in metri dal p.c. all'atto della prova) pari a circa 9÷10 m.

6. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO INDAGATO

Il territorio del Comune di Russi è catalogato in “**Zona 2**” nella “*Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia – Romagna*”.

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica eseguita (si veda l'all. 2), è possibile assegnare ai terreni indagati la categoria di sottosuolo “C” ($V_{s30} = 204$ m/s), secondo il D.M. 14/01/2008.

Ai sensi del suddetto D.M. ed in accordo con le indicazioni fornite dal progettista, di seguito vengono forniti i parametri ed i coefficienti sismici relativi alla struttura in oggetto ed al sito in corrispondenza del quale essa è ubicata.

Le caratteristiche litologiche dei rari e sottili livelli di terreni aventi una significativa componente di materiale granulare, rilevati nel corso dell'esecuzione dell'indagine geognostica in corrispondenza del lotto in esame, **rendono tale sito non a rischio nei confronti della liquefazione** anche in presenza di evento sismico (con magnitudo massima corrispondente al grado di sismicità di riferimento per l'area in esame), come risulta dalla valutazione del potenziale di liquefazione condotta secondo i “metodi semplificati” generalmente accettati dall'Ingegneria Geotecnica Sismica. Da tale valutazione risulta che il valore del rapporto di resistenza ciclica (CRR) è significativamente superiore al valore del rapporto di tensione ciclica (CSR), generata dal sisma.

Sito: Ponte Montone Russi

Latitudine: 44,355659
 Longitudine: 12,084862
 Classe: 3
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1: ID: 17406 Lat: 44,37577
 Lon: 12,02168 Distanza: 5497,8

Sito 2: ID: 17407 Lat: 44,37662
 Lon: 12,09159 Distanza: 2391,3

Sito 3: ID: 17629 Lat: 44,32663
 Lon: 12,09275 Distanza: 3288,3

Sito 4: ID: 17628 Lat: 44,32579
 Lon: 12,02290 Distanza: 5942,4

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 75 anni
 Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Prob. di superamento: 81%
 Tr: 45 [anni]
 ag: 0,067 g
 Fo: 2,438
 Tc*: 0,272 [s]

Danno (SLD):

Prob. di superamento: 63%
 Tr: 75 [anni]
 ag: 0,083 g
 Fo: 2,438
 Tc*: 0,282 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Prob. di superamento: 10%
 Tr: 712[anni]
 ag: 0,212 g
 Fo: 2,416
 Tc*: 0,305 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Prob. di superamento: 5%
 Tr: 1462[anni]
 ag: 0,272 g
 Fo: 2,422
 Tc*: 0,315 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,610
 St: 1,000
 Kh: 0,020
 Kv: 0,010
 Amax: 0,985 [ms⁻²]
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,590
 St: 1,000
 Kh: 0,025
 Kv: 0,013
 Amax: 1,228 [ms⁻²]
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,390
 Cc: 1,550
 St: 1,000
 Kh: 0,082
 Kv: 0,041
 Amax: 2,888 [ms⁻²]
 Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,300
 Cc: 1,540
 St: 1,000
 Kh: 0,099
 Kv: 0,049
 Amax: 3,466 [ms⁻²]
 Beta: 0,280

(Geostru software-www.geostru.com)

Nella tabella seguente viene riportata la caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni indagati, suddivisi in strati omogenei dal punto di vista litotecnico (unità litotecniche; i valori dei parametri geomeccanici indicati sono quelli caratteristici):

Unità	Prof. (m)	Litotipi	γ (t/mc)	C_u (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	φ' (°)
A	4,0÷7,0	argilla e limo	1,9	0,7	---	---
B	7,0÷9,2	argilla e limo	1,9	1,2	---	---
C	9,2÷10,8	argilla e limo	1,9	2,0	---	---
B	10,8÷11,6	argilla e limo	1,9	1,2	---	---
C	11,6÷12,6	argilla e limo	1,9	2,0	---	---

γ = massa volumica totale

C_u = coesione non drenata

C' = coesione efficace (drenata)

φ' = angolo di attrito interno efficace (drenato)

Bologna, luglio 2015

Dott. R. Degli Esposti



Riccardo Degli Esposti

ELENCO DEGLI ALLEGATI

All. 1 : Diagrammi della prova penetrometrica

All. 2 : Tabulati della prospezione sismica con metodo M.A.S.W.

All. 1
Diagrammi della prova penetrometrica

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT 3

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.01PG05-101

- committente : dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ponte F. Montone S.P. 5 km 4+680
- località : Comune di Russi
- note :

- data : 18/06/2015
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	94,0	----	94,0	0,53	176,0	6,60	24,0	40,0	24,0	1,27	19,0
0,40	78,0	86,0	78,0	5,80	13,0	6,80	22,0	41,0	22,0	1,47	15,0
0,60	32,0	119,0	32,0	2,27	14,0	7,00	23,0	45,0	23,0	1,40	16,0
0,80	40,0	74,0	40,0	3,00	13,0	7,20	28,0	49,0	28,0	1,47	19,0
1,00	35,0	80,0	35,0	0,73	48,0	7,40	27,0	49,0	27,0	1,47	18,0
1,20	77,0	88,0	77,0	3,67	21,0	7,60	29,0	51,0	29,0	1,13	26,0
1,40	21,0	76,0	21,0	0,87	24,0	7,80	26,0	43,0	26,0	1,53	17,0
1,60	82,0	95,0	82,0	3,20	26,0	8,00	31,0	54,0	31,0	1,40	22,0
1,80	29,0	77,0	29,0	1,60	18,0	8,20	32,0	53,0	32,0	1,67	19,0
2,00	41,0	65,0	41,0	5,47	7,0	8,40	34,0	59,0	34,0	1,53	22,0
2,20	59,0	141,0	59,0	1,47	40,0	8,60	31,0	54,0	31,0	2,07	15,0
2,40	122,0	144,0	122,0	6,67	18,0	8,80	38,0	69,0	38,0	1,60	24,0
2,60	32,0	132,0	32,0	1,47	22,0	9,00	40,0	64,0	40,0	2,33	17,0
2,80	20,0	42,0	20,0	0,87	23,0	9,20	24,0	59,0	24,0	1,53	16,0
3,00	11,0	24,0	11,0	0,53	21,0	9,40	57,0	80,0	57,0	2,27	25,0
3,20	13,0	21,0	13,0	0,47	28,0	9,60	52,0	86,0	52,0	2,33	22,0
3,40	13,0	20,0	13,0	0,53	24,0	9,80	57,0	92,0	57,0	1,93	29,0
3,60	15,0	23,0	15,0	0,53	28,0	10,00	49,0	78,0	49,0	1,60	31,0
3,80	14,0	22,0	14,0	0,80	17,0	10,20	46,0	70,0	46,0	2,20	21,0
4,00	20,0	32,0	20,0	0,87	23,0	10,40	58,0	91,0	58,0	2,27	26,0
4,20	17,0	30,0	17,0	0,80	21,0	10,60	59,0	93,0	59,0	1,47	40,0
4,40	17,0	29,0	17,0	0,93	18,0	10,80	48,0	70,0	48,0	1,47	33,0
4,60	16,0	30,0	16,0	0,87	18,0	11,00	40,0	62,0	40,0	1,40	29,0
4,80	19,0	32,0	19,0	1,00	19,0	11,20	34,0	55,0	34,0	1,53	22,0
5,00	18,0	33,0	18,0	1,00	18,0	11,40	34,0	57,0	34,0	1,73	20,0
5,20	19,0	34,0	19,0	1,00	19,0	11,60	40,0	66,0	40,0	1,80	22,0
5,40	21,0	36,0	21,0	1,00	21,0	11,80	58,0	85,0	58,0	1,87	31,0
5,60	22,0	37,0	22,0	1,20	18,0	12,00	65,0	93,0	65,0	1,47	44,0
5,80	30,0	48,0	30,0	1,20	25,0	12,20	60,0	82,0	60,0	3,20	19,0
6,00	21,0	39,0	21,0	1,47	14,0	12,40	32,0	80,0	32,0	1,73	18,0
6,20	16,0	38,0	16,0	1,13	14,0	12,60	73,0	99,0	73,0	-----	----
6,40	19,0	36,0	19,0	1,07	18,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

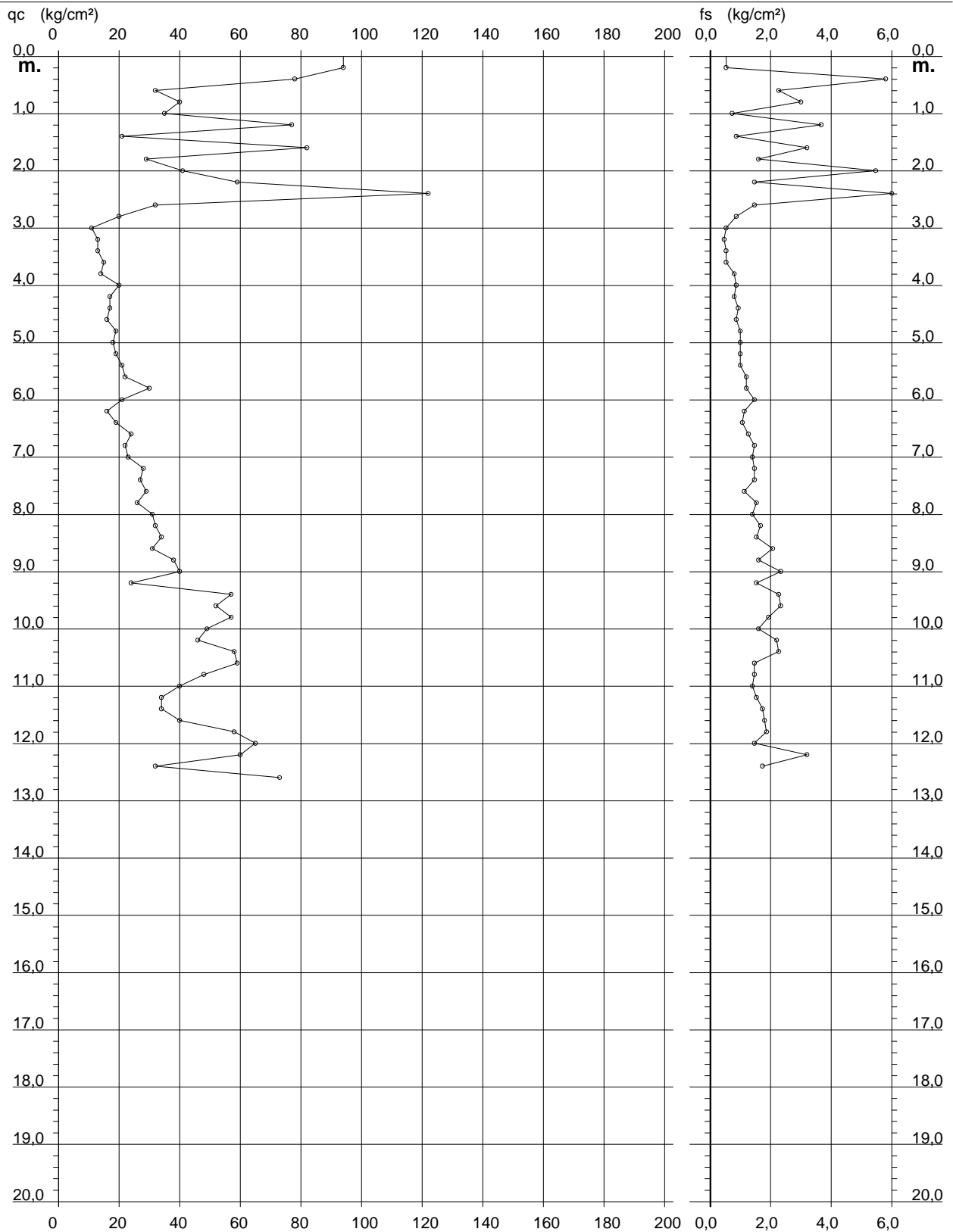
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-101

- committente : dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ponte F. Montone S.P. 5 km 4+680
- località : Comune di Russi

- data : 18/06/2015
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



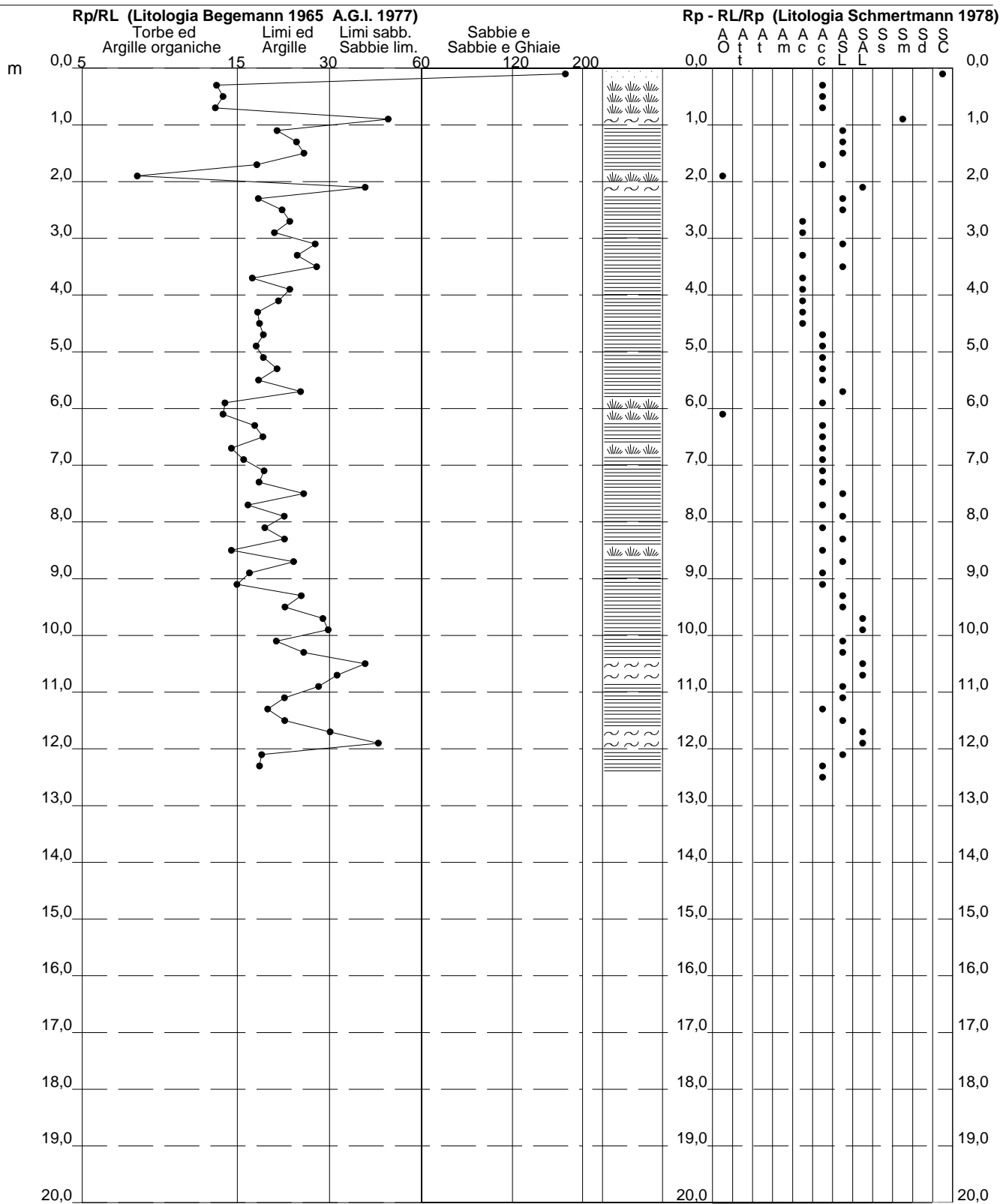
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.01PG05-101

- committente : dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ponte F. Montone S.P. 5 km 4+680
- località : Comune di Russi
- note :

- data : 18/06/2015
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



All. 2

Tabulati della prospezione sismica con metodo M.A.S.W.

Elaborazione dati Vs30 tramite metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface) eseguita per il ponte sul Fiume Montone S.P. 5 km4+680 Comune di Russi.

Generalità del metodo

L'analisi Masw è stata effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione, disposta sul terreno con array lineare, da 24 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza, si è operato un tempo di registrazione di 2-4s rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale che analizza l'energia di propagazione ricostruendo i grafici necessari ad eseguire, in base all'esperienza, il "picking". Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma frequenze-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto. In altre parole il metodo permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh partendo da un input attivo, rifratte alla superficie.

MODALITÀ OPERATIVE E RISULTATO OTTENUTO

La prospezione sismica è stata eseguita utilizzando 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 4,5 Hz fissati al terreno ad intervalli regolari di 2,0 metri.

I dati sono stati registrati mediante un sismografo RAS-24 Seistronix con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0,5 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi.

Complessivamente sono stati registrati 5 files per una migliore comparazione in fase di elaborazione.

L'elaborazione restituisce tre grafici, uno che riporta la relazione frequenza velocità di fase, uno la curva della dispersione ed un altro che riporta il profilo delle velocità delle onde di taglio con l'indicazione delle Vs30 calcolate, espresse in metri/secondo.

Si rammenta che il metodo presenta un'incertezza sino al 20%.



