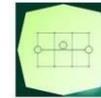


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DI CONNESSIONE TRA LE CITTA' DI
BRESCIA E MILANO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. Lgs 163/2006
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 19/2016

INTERCONNESSIONE A35-A4
PROGETTO ESECUTIVO

O-PARTE GENERALE
OO-GENERALE
00010 - GEOTECNICA
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

PROGETTAZIONE:



VERIFICA:

IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821

IL DIRETTORE TECNICO
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. SABINO DEL BALZO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI POTENZA N. 631

APPROVATO SDP

I.D.	IDENTIFICAZIONE ELABORATO												PROGR.		DATA:	
	EMITE	TIPO	FASE	M.A.	LOTTO	OPERA	PROG. OPERA	TRATTO	PARTI	PROGR.	PART. DOC.	STATO	REV.	LUG	2016	
66040	04	RG	E	I	11	00	010	00	00	002	00	A	00	SCALA:		

ELABORAZIONE PROGETTUALE		REVISIONE							
N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO	
A	00	EMISSIONE	29/07/2016	PIACENTINI	29/07/2016	MAZZOLI	29/07/2016	MAZZOLI	

IL PROGETTISTA
PIACENTINI INGEGNERI S.R.L.
DOTT. ING. LUCA PIACENTINI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI BOLOGNA N. 4152

IL CONCEDENTE



IL CONCESSIONARIO



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

Società di Progetto
Brebemi SpA

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA S.p.A. BREBEMI S.P.A. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF S.p.A. BREBEMI S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW

	Doc. N. 66040-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RGEII100010000000200	REV. A00	FOGLIO 1 di 53
---	--------------------------------	--	-------------	-------------------

INDICE

1.1.	INTRODUZIONE	2
1.2.	ELABORATI.....	3
2.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA MEDIANTE SONDAGGI.....	4
2.1.	SONDAGGI MECCANICI	4
2.2.	COMPLETAMENTO FORI.....	5
2.3.	PROVE GEOTECNICHE IN SITU E PRELIEVO CAMPIONI	5
2.4.	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	7
2.5.	PARAMETRI GEOTECNICI DESUNTI DALLE PROVE S.P.T.	8
3.	INDAGINE GEOFISICA CON METODO SISMICO MASW	16
3.1	INTRODUZIONE	16
3.2	METODO DI INDAGINE	16
3.3	STRUMENTAZIONE	18
3.4	ELABORAZIONE	19
3.5	RISULTATI	22
1.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE,	22

APPROVATO SDP



1. GENERALITA'

1.1. Introduzione

La presente relazione si riferisce alla campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguita nell'ambito del progetto esecutivo del raddoppio di carreggiata del lotto 0A della autostrada BreBeMi e dell'interconnessione A35 - A4.

Rilievi ed indagini sul terreno, unitamente ad informazioni di carattere bibliografico acquisite, dedotte dalla consultazione della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, hanno permesso di chiarire la situazione geologica di superficie, di definire i caratteri geomorfologici dei settori oggetto di intervento e di programmare le modalità operative dell'indagine geognostica.

Per la caratterizzazione geologico-geotecnica sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo, verticale, spinti fino a profondità di -10,00÷35,00 m dal p.c., con esecuzione di prove S.P.T. in foro e prelievo di campioni di terreno rimaneggiati ed indisturbati.
- prove geotecniche di laboratorio sui campioni di terreno prelevati.

INDAGINI GEOGNOSTICHE					
Sigla sondaggio	Profondità Sondaggio (m da p.c.)	Completamento foro	N° SPT	N° Campioni Rimaneggiati Geotecnici	N° Campioni Indisturbati Geotecnici
S1	35,00	Ritombamento con materiale di risulta	18	2	1
S3	15,00	Ritombamento con materiale di risulta	8	2	-
S5	20,00	Piezometro PVC 'dz	10	2	-
S6	20,00	Piezometro PVC 'dz	10	2	-
S7	15,00	Ritombamento con materiale di risulta	8	2	-
S11	10,00	Ritombamento con materiale di risulta	5	2	-
S16	10,00	Ritombamento con materiale di risulta	5	2	-

Per la caratterizzazione geofisica sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 2 stendimenti tipo MASW della lunghezza di 46,0 m;

Nella tabella seguente sono riepilogate le indagini geofisiche eseguite.

INDAGINI GEOFISICHE		
Sigla indagine	Tipologia indagine	Lunghezza stendimento [m]
MW1	masw	46,00
MW2	masw	46,00

Tale indagine, considerato il contesto geologico-geomorfologico complessivo, ha permesso di evidenziare in modo completo e sufficientemente dettagliato, la situazione stratigrafica, le caratteristiche geotecniche e le caratteristiche di velocità sismica (V_s) dei litotipi interessati dall'intervento.

1.2. Elaborati

Tutti i dati raccolti ed analizzati sono stati utilizzati per la stesura della presente relazione, corredata dai seguenti elaborati:

Allegato n° 1: Stratigrafie sondaggi. Allegato n° 2: Relazione fotografica.

Allegato n° 3: Certificati prove geotecniche di laboratorio.

APPROVATO SDP

	Doc. N. 66040-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RGEI1100010000000200	REV. A00	FOGLIO 4 di 53
--	--------------------------------	--	-------------	-------------------

2. CAMPAGNA GEOGNOSTICA MEDIANTE SONDAGGI

2.1. Sondaggi meccanici

La perforazione è stata eseguita con sonda autocarrata tipo PX850 montata su Mercedes Unimog U500.

La rotazione è fornita da mandrino montato nella parte superiore dell'antenna, il tiro e la spinta sono assicurati da un motore oleodinamico con trasmissione a catena; la morsa è di tipo doppio con sistema di controllo oleodinamico. Il controllo della verticalità è assicurato tramite quattro stabilizzatori a pistone, con controllo tramite livella a bolla posta nella parte posteriore.

Il materiale prelevato durante le perforazioni è stato depositato, in modo continuo ed ordinato, in apposite cassette catalogatrici in PVC (capacità 5,0), siglate ognuna temporaneamente con l'identificativo del sondaggio, la profondità di prelievo di riferimento, la profondità di esecuzione delle prove geotecniche in situ, il committente e la data di perforazione.

Gli utensili utilizzati per l'avanzamento della perforazione ed il prelievo dei campioni in continuo, sono stati dei carotiere semplici, costituiti da un tubo metallico cilindrico aventi diametri esterni di 131 mm e lunghezza pari a 1,50/3,00 m, munito all'estremità inferiore di un corona con inserti in Carburo di Tungsteno e provvisto, nella parte sommitale, di un dispositivo (valvola di ritenzione) che impedisce la perdita dei campioni di terreno prelevati. Alternativamente all'approfondimento del carotiere, è stato necessario porre in opera una colonna di tubazioni di rivestimento, quale sostegno delle pareti del foro, costituita da tubi metallici cilindrici avente diametro esterno di 152 mm e lunghezza pari a 1,50 m, muniti anch'essi all'estremità inferiore di un scarpa con inserti al Carburo di Tungsteno.

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove in sito di tipo speditivo, quali Pocket Penetrometer e Pocket Vane Test (scissometro tascabile), prove in foro quali prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T.; inoltre sono stati prelevati campioni di terreno rimaneggiati ed indisturbati come descritto nei paragrafi seguenti.

Le stratigrafie sono state eseguite in cantiere da geologo abilitato.

La documentazione fotografica e le stratigrafie dei sondaggi sono allegate alla presente di cui costituiscono parte integrante.

2.2. Completamento fori

Al termine della perforazione, i fori di sondaggi sono stati ritombati utilizzando materiale di risulta della perforazione.

I fori di sondaggio S5 e S6 sono stati invece attrezzati a piezometro, del tipo a tubo aperto, mediante la messa in opera di tubazione in PVC di diametro pari a 2dz, cieca per i primi 11,00 m e microfessurata (slot 0,5 mm) tra - 11,00 m e fondo foro (- 20,00 m), per la successiva verifica della presenza di acqua nel foro e la misura del relativo livello statico.

Nell'intercapedine tra il foro e la tubazione definitiva è stato messo in opera in corrispondenza del tratto filtrante un drenaggio, costituito da ghiaietto siliceo calibrato, ed è stata effettuata la sigillatura del tratto cieco mediante l'iniezione di miscela acqua-cemento-bentonite.

2.3. Prove geotecniche in situ e prelievo campioni

Come accennato nel paragrafo precedente nel corso dei sondaggi realizzati, sono stati prelevati campioni di terreno rimaneggiati ed indisturbati; sono state inoltre eseguite prove in situ di tipo speditivo, quali Pocket Penetrometer e Pocket Vane Test (scissometro tascabile), prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. in foro, mediante campionatore Raymond a punta aperta/chiusa, infine prove di laboratorio di varia natura sui campioni prelevati.

Le modalità di prelievo campioni e di esecuzione delle prove in situ sono descritte nei paragrafi seguenti.

Nella tabella seguente vengono riassunte le profondità di prelievo dei campioni e di esecuzione delle prove in foro.

Sigla sondaggio	Profondità Sondaggio (m da p.c.)	Profondità prove SPT (m)	Profondità prelievo Campioni Rimaneggiati Geotecnici	Profondità prelievo Campioni Indisturbati Geotecnici
S1	35,00	2,00/4,00/6,00/8,00/10,00 12,00/14,00/16,00/18,00/20,00 22,00/24,00/26,00/28,00/30,00 32,00/34,00/35,00	6,50÷7,00 13,00÷13,50	19,00÷19,50
S3	15,00	2,00/4,00/6,00/8,00/10,00 12,00/14,00/15,00	6,00÷6,50 9,50÷10,00	-

S5	20,00	2,00/4,00/6,00/8,00/10,00 12,00/14,00/16,00/18,00/20,00	7,00÷7,50 11,50÷12,00	-
S6	20,00	2,00/4,00/6,00/8,00/10,00 12,00/14,00/16,00/18,00/20,00	3,50÷4,00 13,00÷14,00	-
S7	15,00	2,00/4,00/6,00/8,00/10,00 12,00/14,00/15,00	6,50÷7,00 9,50÷10,00	-
S11	10,00	2,00/4,00/6,00/8,00/10,00	3,50÷4,00 9,00÷9,50	-
S16	10,00	2,00/4,00/6,00/8,00/10,00	1,30÷1,80 6,00÷6,50	-

2.3.1 Prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test)

Si tratta di prove che vengono eseguite in avanzamento sul fondo del foro di sondaggio dalle quali si ricava la resistenza alla penetrazione in funzione della profondità.

Le prove S.P.T. sono state eseguite seguendo le modalità standard suggerite dall'A.G.). (Associazione Geotecnica Italiana) ed hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

Le prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. sono state eseguite, previa pulizia del foro, tramite impiego di apposita attrezzatura di battitura, costituita da un maglio a sganciamento automatico del tipo Plicon-Nenzi (peso maglio 63.50 kg), con caduta libera da un'altezza di □ m cm, che scorre lungo aste di collegamento (L = 3.00 m, Ø = 50 mm, giunte a nipplo m/m) al terminale di infissione.

La prova S.P.T. consiste quindi nell'infissione a percussione di un apposito campionatore (campionatore Raymond a punta aperta, dove la stratigrafia lo ha consentito, o a punta chiusa), che penetrando nel terreno, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione (numero di colpi N necessario ad attraversare tre tratti da 15 cm ognuno, per una lunghezza totale di 45 cm).

L'esecuzione avviene secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n° D 1586/68 e compresa nelle DzRaccomandazioni)SSMFEdz per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

Il numero di colpi N_{spt} è la somma dei valori relativi agli ultimi due tratti di prova (30 cm) e consente la definizione, con buon grado di precisione, dei principali parametri meccanici del terreno; i valori riferiti ai primi 15 cm, generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione.

	Doc. N. 66040-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RGEI100010000000200	REV. A00	FOGLIO 7 di 53
--	--------------------------------	---	-------------	-------------------

Per i terreni nel quale si è registrato il rifiuto della prova non esistono in letteratura correlazioni con l'angolo di attrito e/o con la coesione.)ndicativamente è possibile individuare un valore di massima ponendo in tale caso $N_{spt} = 50$.

2.3.2 Prelievo di Campioni Rimaneggiati

I campioni rimaneggiati sono stati confezionati prelevando il terreno dal campionatore a punta aperta utilizzato per le prove SPT in foro e posizionandolo in sacchetti di polietilene che, sulla base delle indicazioni fornite dal Committente, sono stati utilizzati per le prove di laboratorio.

2.3.3 Prelievo di Campioni Indisturbati con campionatore a pareti sottili (Shelby)

Il prelievo dei campioni indisturbati è stato effettuato in modo da preservarne la struttura, il contenuto d'acqua e la consistenza del terreno nella sua sede; il campione indisturbato ideale dovrebbe infatti aver subito solamente una variazione di stato tensionale durante le operazioni di prelievo. A tal fine è stato utilizzato un campionatore a pareti sottili a tubo aperto, detto di tipo DzShelbydz, costituito da una testa dotata di valvola e da un tubo contenitore, dotato di una scarpa sul fondo, in acciaio INOX (fustella: diametro 88.9 mm), sospinto con una leggera pressione nel terreno per circa 60-70 cm, successivamente estratto staccato dal raccordo mediante lo svitamento di tre/quattro viti a brugola, sigillato con paraffina liquida, catalogato mediante etichettatura e riposto nella cassetta catalogatrice alla quota relativa per la documentazione fotografica. Il campionatore viene infisso a pressione nel terreno, l'acqua presente nel foro fuoriesce attraverso la valvola a sfera, mentre durante l'estrazione la valvola si chiude contribuendo a trattenere il campione prelevato. Estratta la fustella si provvede alla sigillatura della stessa, mediante copertura delle superfici esposte del campione con paraffina e successiva nastratura, per mantenere invariati il contenuto d'acqua e la struttura del terreno.

2.4. Prove geotecniche di laboratorio

Le prove geotecniche sono state svolte presso il laboratorio GEODATA S.a.s. di Pietro Daminato & C. di Ponte San Nicolò (PD) (con concessione ministeriale Decreto n° 52652 del 26/11/04 e certificato QCB ISO 9001:2008).

Secondo le indicazioni della committente sono stati sottoposti a prove geotecniche di laboratorio n. 14 campioni rimaneggiati (n.2 campioni per ogni sondaggio) e n.1 campione indisturbato (CI1-S1).

In particolare sui campioni di terreno rimaneggiati ed indisturbati sono state eseguite le seguenti prove geotecniche:

- Umidità naturale %.
- Peso dell'unità di volume.
- Analisi granulometrica per setacciatura.
- Analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro.

Sul campione di terreno indisturbato sono state inoltre eseguite le seguenti prove geotecniche:

- Limiti di Atterberg.
- Prova edometrica.
- Prova di taglio diretto.
- Prova di taglio triassiale UU.

I certificati delle prove di laboratorio eseguite sono allegati alla presente di cui costituiscono parte integrante.

2.5. Parametri geotecnici desunti dalle prove S.P.T.

Per avere una conoscenza accurata del sottosuolo, per poter individuare eventuali falde idriche e per poter ottenere le caratteristiche geotecniche del terreno lungo l'intero tracciato, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche.

) Il riconoscimento delle caratteristiche geologiche permette di definire l'assetto stratigrafico dei terreni presenti nell'area investigata. Vengono infatti individuate le singole unità litologiche, le modalità ed età della loro messa in posto, rapporti geometrici, definizione delle caratteristiche idrologiche e geotecniche, profondità del livello idrico.

Di seguito si riportano le correlazioni utilizzate per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni riscontrati durante l'indagine:

- Densità relativa: determinata secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella sia definendo con un aggettivo il grado di addensamento (**Terzaghi-Peck**) sia individuando il corrispondente valore numerico (**Gibbs-Holtz**).

NSPT colpi/30 cm	DENSITA' RELATIVA	
	Terzaghi-Peck (1948)	Gibbs-Holtz (1957)
0-4	Sciolto	0-15 %
4-10	Poco addensato	15-35 %
10-30	Moderatamente addensato	35-65 %
30-50	Addensato	65-85 %
> 50	Molto addensato	85-100 %

- Angolo di attrito efficace:

Determinato utilizzando la correlazione per terreni granulari DzPECK-HANSON-THORBURN (1953-T₀∅dz.

Terreni granulari							
Nspt	∅ (°)	Nspt	∅ (°)	Nspt	∅ (°)	Nspt	∅ (°)
5	28,0	30	36,0	55	41,8	80	44,5
10	30,0	35	37,3	60	42,5	85	44,8
15	31,5	40	38,5	65	43,3	90	45,0
20	33,0	45	39,8	70	44,0	95	45,0
25	34,5	50	41,0	75	44,3	100	45,0

- Coesione non drenata:

La coesione non drenata è stata determinata utilizzando la correlazione di **Terzaghi & Peck (1948-1967)**, valida solo per le argille di media plasticità, in cui la coesione non drenata è calcolata in funzione del numero di colpi NSPT ed è espressa in kg/cm².

$$C_u = 0.067 \times N_{SPT}$$

Terreni coesivi							
Nspt	Cu(kg/cm ²)	Nspt	Cu(kg/cm ²)	Nspt	Cu(kg/cm ²)	Nspt	Cu(kg/cm ²)
2	0,13	12	0,75	22	1,38	32	2,00
4	0,25	14	0,88	24	1,50	34	2,13
6	0,38	16	1,00	26	1,63	36	2,25
8	0,50	18	1,13	28	1,75	38	2,38
10	0,63	20	1,25	30	1,88	40	2,50

Di seguito si riportano altre correlazioni, che permettono di calcolare la coesione non drenata (espressa in kg/cm²) in funzione del numero di colpi NSPT, per diversi gradi di plasticità del terreno.

Design manual for soil mechanics:

Per le argille a bassa plasticità: $C_u = 0.038 \times N_{SPT}$
 Per le argille a media plasticità: $C_u = 0.074 \times N_{SPT}$

Società di Progetto
Brebemi SpA

Per le argille
ad alta plasticità:

$$Cu = 0.125 \times N_{SPT}$$

Sanglerat:

$$Cu = 0.125 \times N_{SPT}$$

Per le argille a
media plasticità: Per le
argille limose:

$$Cu = 0.100 \times N_{SPT}$$

$$Cu = 0.067 \times N_{SPT}$$

Per le argille
limo-sabbiose:

$$Cu = 0.025 \times N_{SPT}$$

$$Cu = 0.050 \times N_{SPT}$$

Shioi & Fukui:

Per le argille a
media plasticità: Per le
argille ad alta plasticità:

• Modulo di deformazione drenato:

Determinato utilizzando la correlazione per terreni granulari (DzD'APPOLON)A e altri

SABBIE e GHIAIE N.C. (normalmente consolidate)							
Nspt	E'(kg/cm ²)	Nspt	E'(kg/cm ²)	Nspt	E'(kg/cm ²)	Nspt	E'(kg/cm ²)
5	229,8	30	422,6	55	615,3	80	808,1
10	268,4	35	461,1	60	653,9	85	746,6
15	306,9	40	499,7	65	692,4	90	885,2
20	345,5	45	538,2	70	731,0	95	923,7
25	384,0	50	576,8	75	769,5	100	962,3

• Peso di volume:

Il valore del peso di volume è stato stimato utilizzando le seguenti correlazioni.

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967): correlazione valida per peso specifico del materiale (G) pari a circa 2,65 t/mc e per indici dei vuoti (e) variabile da 1 a 1/3.

Nspt	Ysat	Yd									
0	1,83	1,33	25	2,02	1,64	50	2,15	1,85	75	2,20	1,93
5	1,88	1,41	30	2,05	1,69	55	2,16	1,87	80	2,21	1,95
10	1,93	1,50	35	2,08	1,73	60	2,17	1,88	85	2,23	1,97
15	1,96	1,54	40	2,10	1,77	65	2,18	1,90	90	2,24	1,99
20	1,99	1,59	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967): correlazione valida per peso specifico del materiale (G) pari a circa 2,70 t/mc.

Nspt	Ysat	W%	e	Nspt	Ysat	W%	e	Nspt	Ysat	W%	e
0	1,60	68	1,833	10	1,90	33	0,892	20	2,02	25	0,667
2	1,75	47	1,267	12	1,92	31	0,842	22	2,04	23	0,628
4	1,80	42	1,125	14	1,95	29	0,795	24	2,07	22	0,591
6	1,85	37	1,000	16	1,97	28	0,750	26	2,09	21	0,556

			Doc. N. 66040-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RGEI100010000000200			REV. A00	FOGLIO 12 di 53			
8	1,87	35	0,945	18	2,00	26	0,708	28	2,10	20	0,545

Dove:

$Y_{sat} [t/m^3]$ = peso di volume saturo

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



γ_d [t/m³] = peso di
volume secco W = umidità %

e = indice vuoti

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati esecutivi delle prove S.P.T. effettuate ed i corrispondenti parametri geotecnici ricavati dalle stesse per elaborazione, utilizzando le correlazioni sopracitate.

SONDAGGIO S1

Profondità (m)	Valori prova S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	Dr (%)	$\Phi \hat{r}^{\circ}$	E' (Kg/cm ²)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
2,00	2/3/3	6	21,7	28,4	238	1,85÷1,89	1,43	0,38
4,00	4/7/4	11	36,5	30,3	276	1,91÷1,94	1,51	0,69
6,00	1/2/2	4	15,0	27,6	222	1,80÷1,87	1,39	0,25
8,00	24/29/31	60	88,8	42,5	654	2,17÷2,50	1,88	3,75
10,00	21/24/27	51	85,4	41,2	585	2,15÷2,40	1,85	3,19
12,00	25/R5cm	Rifiuto	>85,0	>41,0	>577	>2,15	>1,85	>3,13
14,00	23/27/R6cm	Rifiuto	>85,0	>41,0	>577	>2,15	>1,85	>3,13
16,00	26/29/35	64	90,3	43,1	685	2,18÷2,55	1,90	4,00
18,00	25/31/11	42	77,0	39,0	515	2,11÷2,29	1,78	2,63
20,00	16/23/21	44	79,0	39,5	531	2,12÷2,31	1,80	2,75
22,00	13/17/19	36	71,0	37,5	469	2,08÷2,21	1,74	2,25
24,00	11/10/6	19	48,5	32,7	338	1,98÷2,01	1,58	1,19
26,00	10/12/16	28	62,0	35,4	407	2,04÷2,12	1,67	1,75
28,00	12/12/15	27	60,5	35,1	399	2,03÷2,10	1,66	1,69
30,00	15/18/16	34	69,0	37,0	453	2,07÷2,19	1,72	2,13
32,00	18/21/22	43	78,0	39,3	523	2,11÷2,30	1,79	2,69
34,00	21/19/23	42	77,0	39,0	515	2,11÷2,29	1,78	2,63
35,00	18/24/26	50	85,0	41,0	577	2,15÷2,38	1,85	3,13

SONDAGGIO S3

Profondità (m)	Valori prova S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	Dr (%)	$\Phi \hat{r}^{\circ}$	E' (Kg/cm ²)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
2,00	11/15/18	33	68,0	36,8	446	2,07÷2,18	1,71	2,06
4,00	2/2/2	4	15,0	27,6	222	1,80÷1,87	1,39	0,25
6,00	2/2/4	6	21,7	28,4	238	1,85÷1,89	1,43	0,38
8,00	5/5/6	11	36,5	30,3	276	1,91÷1,94	1,51	0,69
10,00	4/5/4	9	31,7	29,6	261	1,92÷1,89	1,48	0,56
12,00	4/3/4	7	25,0	28,8	245	1,86÷1,90	1,45	0,44
14,00	9/12/14	26	59,0	34,8	392	2,03÷2,09	1,65	1,63
15,00	21/27/24	51	85,4	41,2	585	2,15÷2,40	1,85	3,19

SONDAGGIO S5

Profondità (m)	Valori prova S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	Dr (%)	Φi°Ø	E' (Kg/cm ²)	γ _{sat} (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
2,00	21/23/31	54	86,5	41,6	608	2,16÷2,43	1,86	3,38
4,00	19/24/27	51	85,4	41,2	585	2,15÷2,40	1,85	3,19
6,00	18/16/13	29	63,5	35,7	415	2,05÷2,13	1,68	1,81
8,00	13/11/14	25	57,5	34,5	384	2,02÷2,08	1,64	1,56
10,00	R6cm	Rifiuto	>85,0	>41,0	>577	>2,15	>1,85	>3,13
12,00	24/44/35	79	95,9	44,5	800	2,21÷2,73	1,95	4,94
14,00	R5cm	Rifiuto	>85,0	>41,0	>577	>2,15	>1,85	>3,13
16,00	27/33/39	72	93,3	44,1	746	2,20÷2,65	1,92	4,50
18,00	23/27/26	53	86,1	41,5	600	2,16÷2,42	1,86	3,31
20,00	21/26/30	56	87,3	41,9	623	2,16÷2,46	1,87	3,50

SONDAGGIO S6

Profondità (m)	Valori prova S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	Dr (%)	Φi°Ø	E' (Kg/cm ²)	γ _{sat} (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
2,00	21/21/23	44	79,0	39,5	531	2,12÷2,31	1,80	2,75
4,00	24/27/33	60	88,8	42,5	654	2,17÷2,50	1,88	3,75
6,00	29/R7cm	Rifiuto	>85,0	>41,0	>577	>2,15	>1,85	>3,13
8,00	10/13/17	30	65,0	36,0	423	2,05÷2,14	1,69	1,88
10,00	23/31/36	67	91,4	43,6	708	2,19÷2,59	1,91	4,19
12,00	31/37/40	77	95,1	44,4	785	2,21÷2,71	1,94	4,81
14,00	17/25/34	59	88,4	42,4	646	2,17÷2,49	1,88	3,69
16,00	22/27/31	58	88,0	42,2	638	2,17÷2,48	1,88	3,63
18,00	21/27/23	50	85,0	41,0	577	2,15÷2,38	1,85	3,13
20,00	23/29/31	60	88,8	42,5	654	2,17÷2,50	1,88	3,75

SONDAGGIO S7

Profondità (m)	Valori prova S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	Dr (%)	Φi°Ø	E' (Kg/cm ²)	γ _{sat} (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
2,00	25/31/27	58	88,0	42,2	638	2,17÷2,48	1,88	3,63
4,00	22/25/32	57	87,6	42,1	631	2,17÷2,47	1,87	3,56
6,00	14/17/15	32	67,0	36,5	438	2,06÷2,17	1,71	2,00
8,00	17/21/25	46	81,0	40,0	546	2,13÷2,33	1,82	2,88
10,00	19/24/33	57	87,6	42,1	631	2,17÷2,47	1,87	3,56
12,00	21/28/30	58	88,0	42,2	638	2,17÷2,48	1,88	3,63
14,00	28/33/26	59	88,4	42,4	646	2,17÷2,49	1,88	3,69
15,00	32/27/38	65	90,6	43,3	692	2,18÷2,57	1,90	4,06

SONDAGGIO S11

Profondità (m)	Valori prova S,P,T,	N _{SPT} colpi/30 cm	Dr (%)	Φ i° Ò	E' (Kg/cm ²)	γ _{sat} (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
2,00	20/42/46	88	99,3	44,9	870	2,23÷2,84	1,98	5,50
4,00	24/37/42	79	95,9	44,5	800	2,21÷2,73	1,95	4,94
6,00	R13cm	Rifiuto	>85,0	>41,0	>577	>2,15	>1,85	>3,13
8,00	31/29/34	63	89,9	43,0	677	2,18÷2,54	1,89	3,94
10,00	36/38/43	81	96,6	44,6	816	2,22÷2,76	1,95	5,06

SONDAGGIO S16

Profondità (m)	Valori prova S,P,T,	N _{SPT} colpi/30 cm	Dr (%)	Φ i° Ò	E' (Kg/cm ²)	γ _{sat} (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
2,00	R7cm	Rifiuto	>85,0	>41,0	>577	>2,15	>1,85	>3,13
4,00	24/29/36	65	90,6	43,3	692	2,18÷2,57	1,90	4,06
6,00	27/33/31	64	90,3	43,1	685	2,18÷2,55	1,90	4,00
8,00	31/40/38	78	95,5	44,4	793	2,21÷2,72	1,94	4,88
10,00	35/42/47	89	99,6	45,0	877	2,24÷2,86	1,98	5,56

APPROVATO SDP

3. INDAGINE GEOFISICA CON METODO SISMICO MASW

3.1 Introduzione

In data 5 aprile 2016, nel territorio comunale di Castegnato, è stata svolta una campagna sismica con metodo MASW, L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri dal piano delle fondazioni (Vs30), in riferimento alla classificazione sismica del territorio (O,P,C,M, n, 3274 del 20/03/03, O,P,C,M, n, 3316 del 02/10/03 e O,P,C,M, n, 3316 del 02/10/03 ed alle DzNuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/08), A tal scopo sono state realizzate due stese sismiche della lunghezza di 46,0 m ciascuna,

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita,

3.2 Metodo di indagine

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente, L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (Vs) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico,

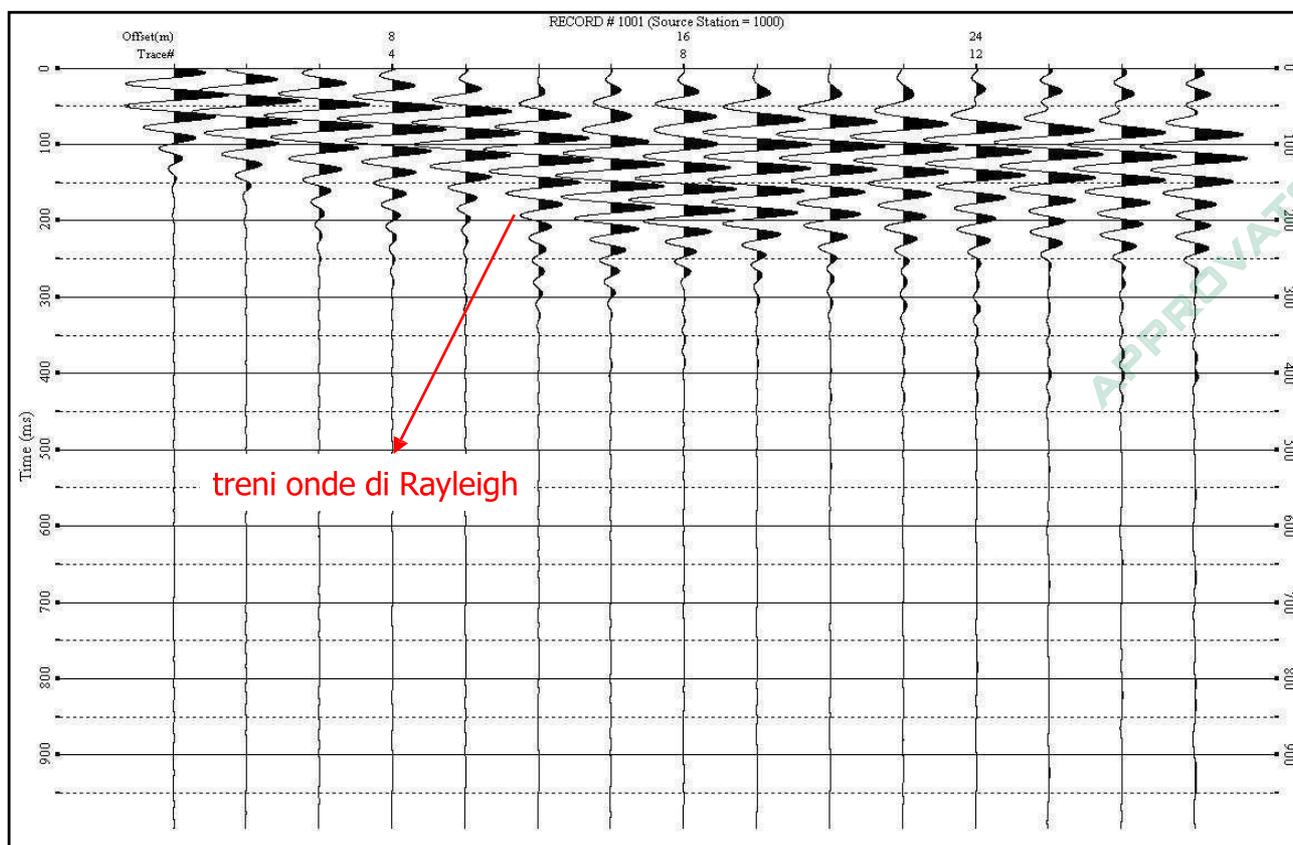
L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo, Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili, Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo, Il risultato è un record sismico che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda,

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza, Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento,

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume $\sqrt{V_p^2 - V_s^2}$,

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito, Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde, Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore,

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi, In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri,



- Record sismico -

Società di Progetto
Brebemi SpA

Pagina 17 di 25

	Doc. N. 66040-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RGEI100010000000200	REV. A00	FOGLIO 18 di 53
--	--------------------------------	---	-------------	--------------------

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing,

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto sono stati eseguiti 2 stendimenti di 24 geofoni ciascuno con spaziatura tra i geofoni di 2,0 metri per una lunghezza di ogni linea sismica di 46,0 metri,

L'energizzazione è stata eseguita a 1, 2, 3, 4, 5 e a 10, 20 metri dal primo geofono, Allo scopo ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei record sismici sono stati sommati più tiri,

I siti di indagine sono collocati in aree parzialmente urbanizzate, prossime a strade ad elevato traffico veicolare che tuttavia non ha interferito in modo significativo con il segnale sismico acquisito,

3.3 Strumentazione

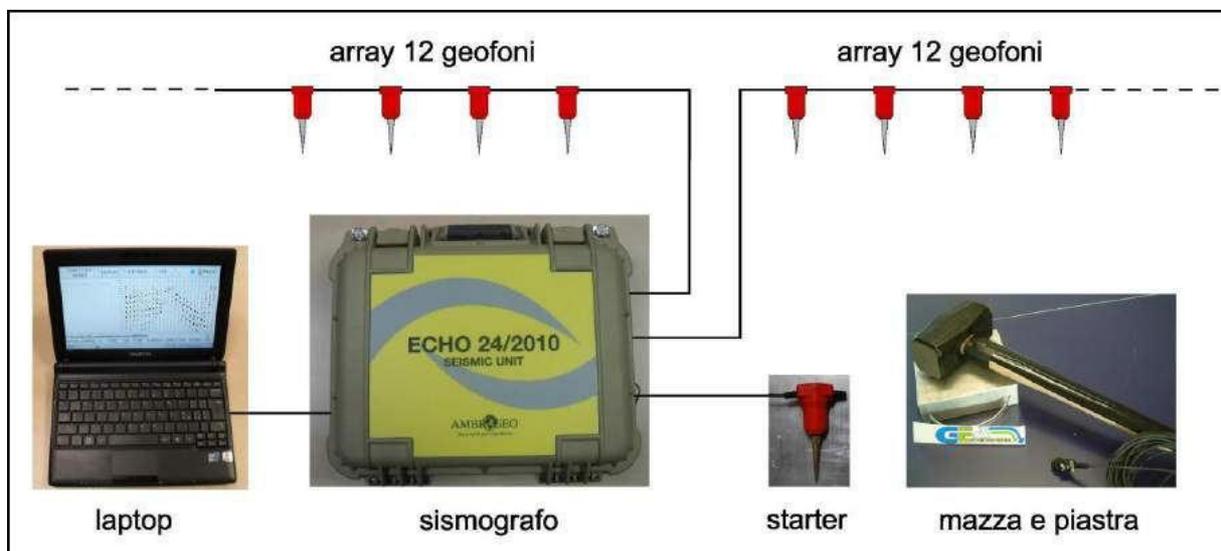
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale DzEC(O 1000)dz, dotato di 24 geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati,

Lo strumento è in grado di acquisire simultaneamente su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter collegato al canale n. 25, La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

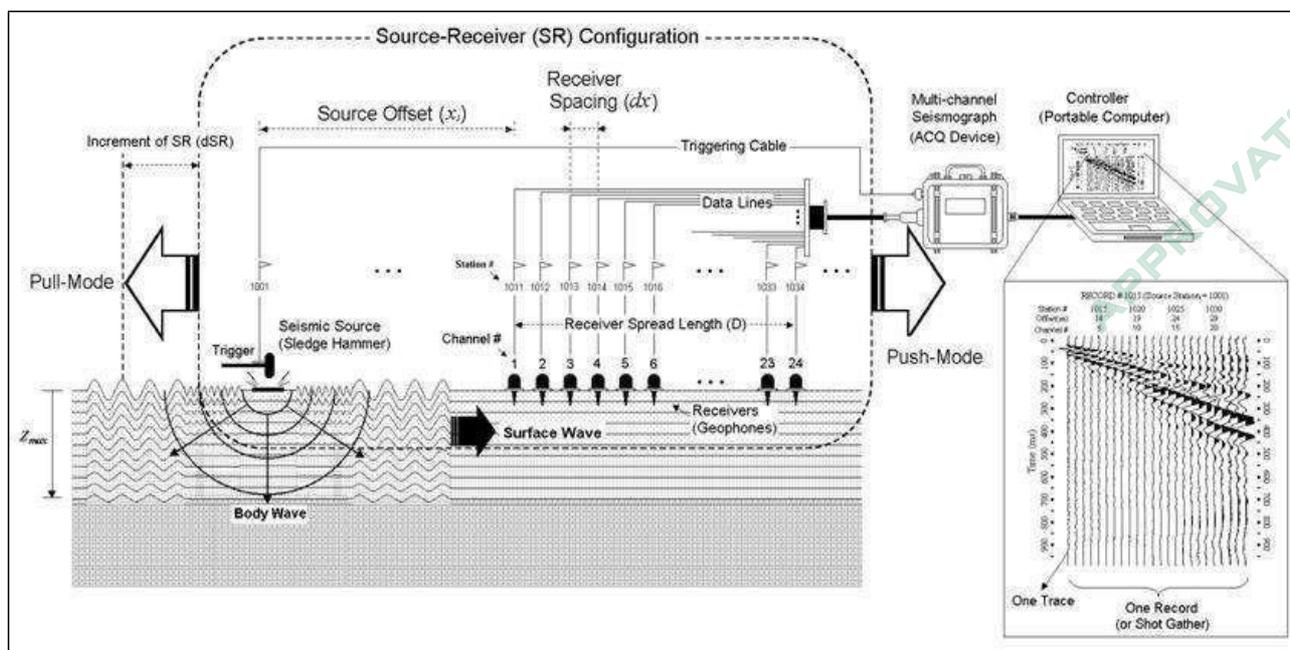
- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del record sismico con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma di ulteriori record;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione,

Società di Progetto
Brebemi SpA

Per l'energizzazione è utilizzata una mazza del peso di . kg ed una piastra di battuta di alluminio,



1.1.1 - *DzECHO □4/□InIdz con due stringhe da 12 geofoni-*



1.1.2 - *Schema esecuzione MASW –*

3.4 Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (Winmasw 4,3 – Eliosoft)
in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale,

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Pagina 20 di 25

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il Dzumoredz ed eventuali frequenze indesiderate, Il software permette di visualizzare il record sismico nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce, Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri Dzpassa bassodz, Dzpassa altodz, Dzpassa bandadz, Dztaglia bandadz, il Dzmungdz e l'ACG, Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti,

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza, Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori,

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità, L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti di calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un Dzs spazio di ricerca, modelli caratterizzati da parametri di velocità di taglio (Vs) e spessori degli strati, Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (Vp) che, assieme a spessore degli strati e relative Vs, possono venire modificati anche manualmente, Tramite iterazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata, Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche,

Avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è possibile impostare un modello geologico/geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson, Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito,

In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (Vs) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle Vs30 e correlazione al tipo di terreno, come da normativa,

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

3.5 Risultati

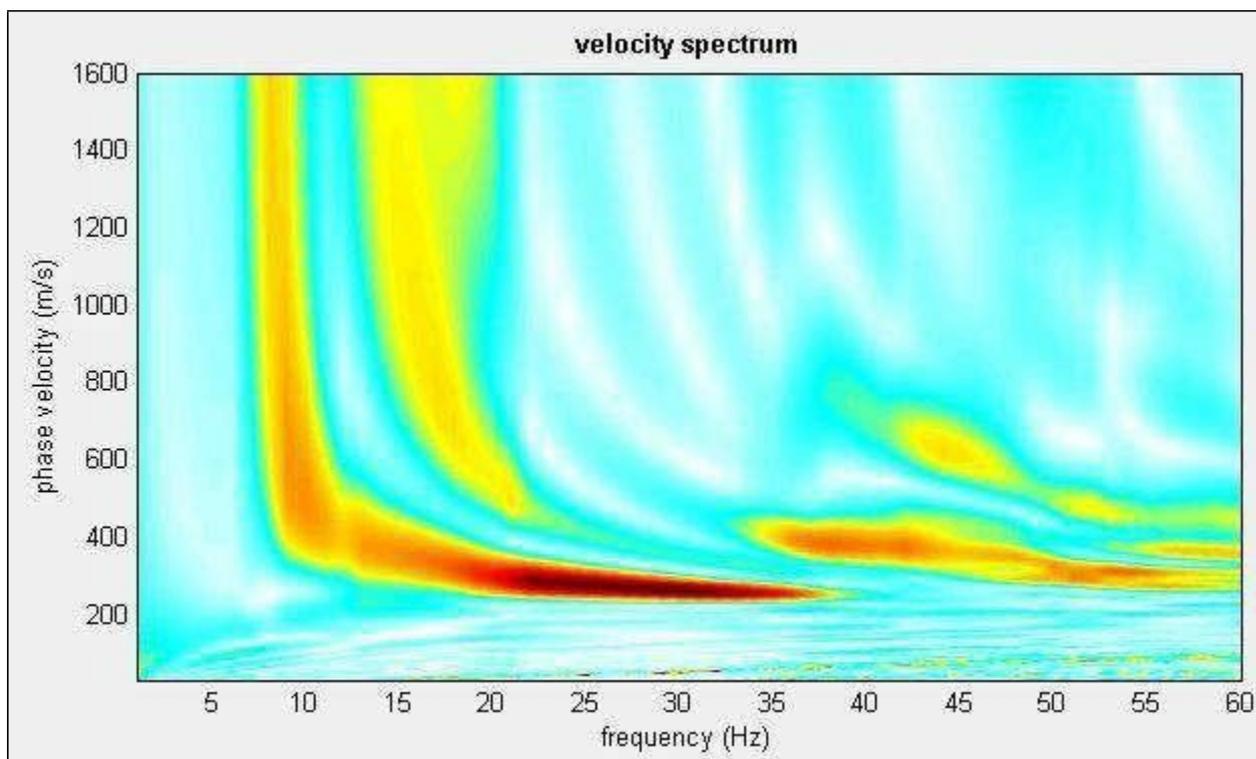
1.2 **Determinazione delle categoria del suolo di fondazione.**

L'analisi delle onde di taglio τV_s tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato nelle relative tabelle e diagrammi, permettendo di calcolare i valori V_{s30} per le 2 sezioni indagati, In entrambi i casi il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire da p.c..

MASW1



1.2.1 - *Ubicazione MASW1 -*

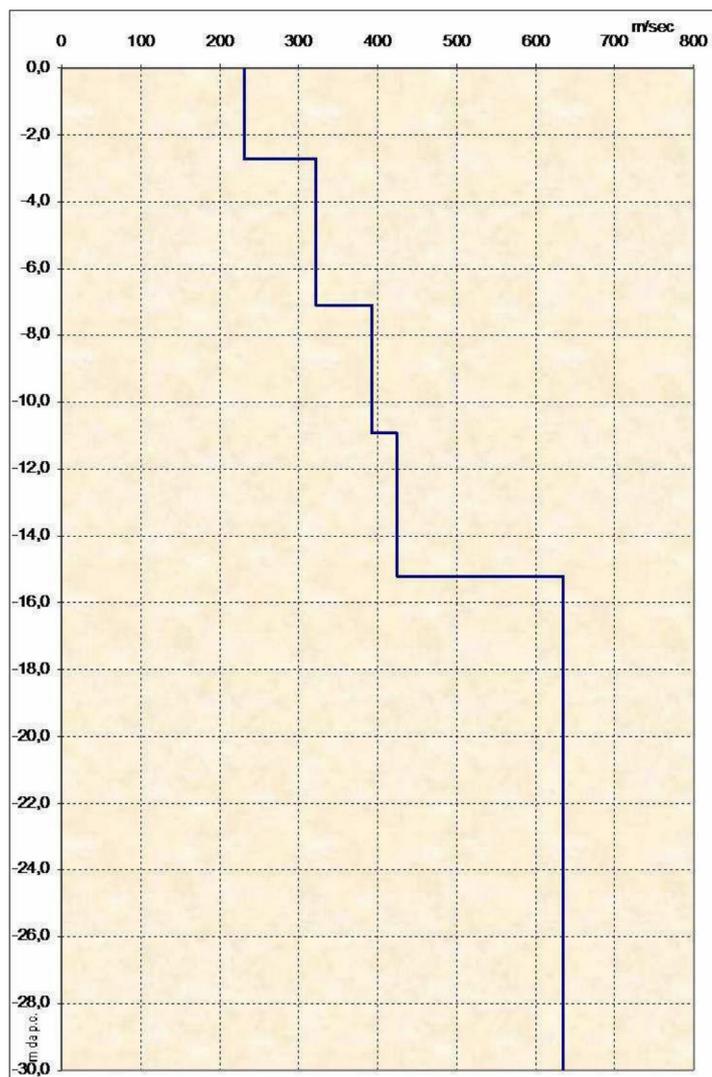


1.2.2 -Diagramma della curva di dispersione-

Profondità da p,c, (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-2,7	2,7	232
-7,1	4,4	322
-10,9	3,8	393
-15,2	4,3	425
-30,0	14,8	635

1.2.3 - Sismostratigrafia -

APPROVATO SDP



- Grafico velocità Vs/profondità -

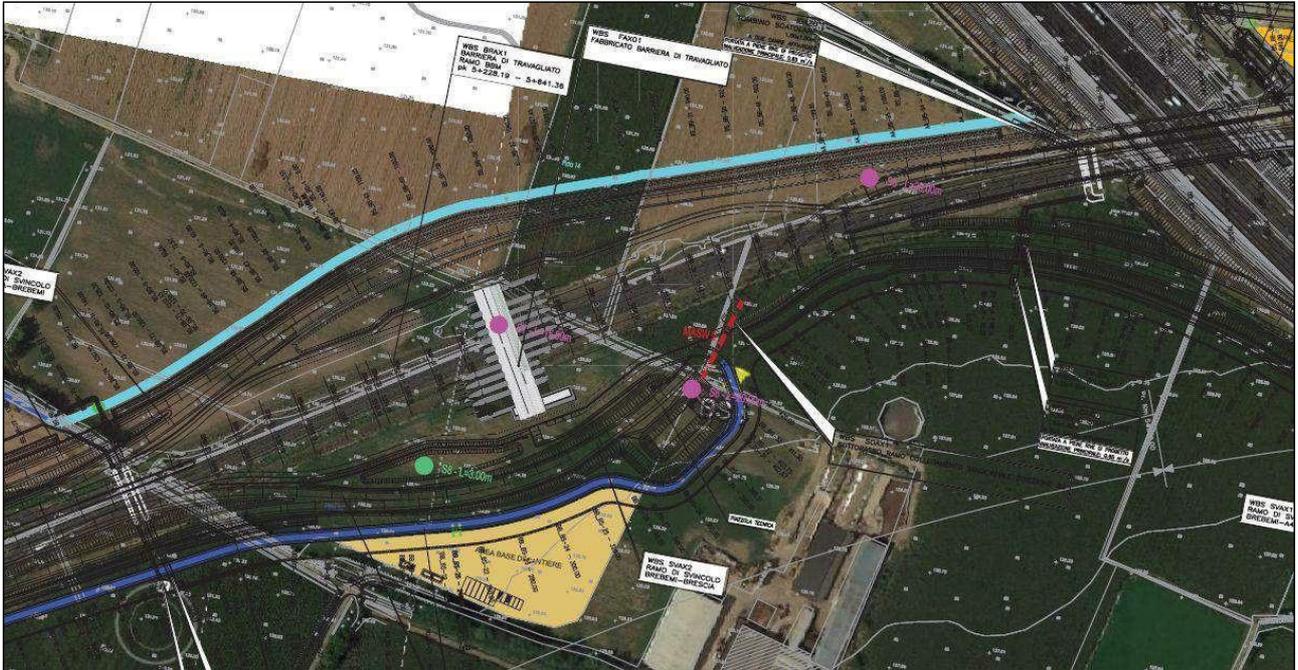
APPROVATO SDP

Il valore V_{s30} è **439 m/sec**,

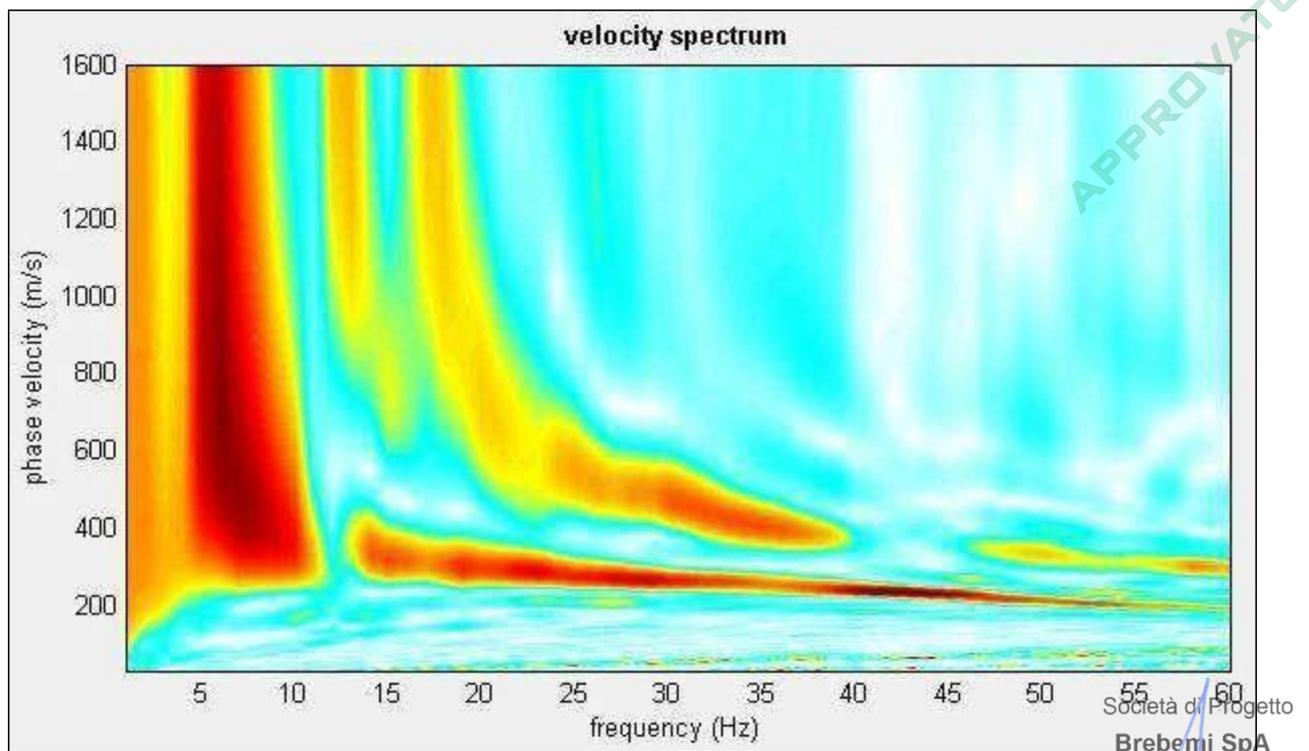
Secondo normativa **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s,

MASW2



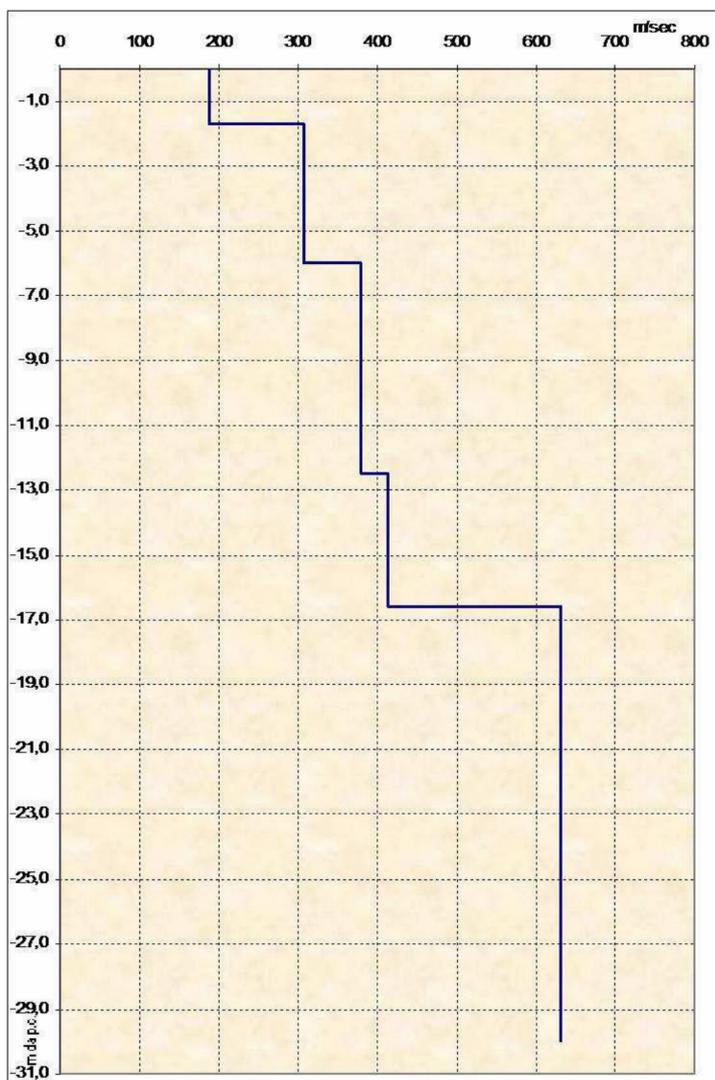
1.2.4 - Ubicazione MASW2 -



1.2.5 -Diagramma della curva di dispersione-

Profondità da p,c, (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-1,7	1,7	187
-6,0	4,3	307
-12,5	6,5	379
-16,6	4,1	413
-30,0	13,4	632

1.2.6 - *Sismostratigrafia* -



- *Grafico velocità Vs/profondità* -

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Il valore V_{S30} è **420 m/sec**,

Secondo normativa **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s,

Carpenedolo, aprile 2016

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Pagina 25 di 25

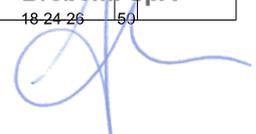
Committente: IMPRESA PIZZAROTTI & C. SPA	Sondaggio: S1
Riferimento: BRE.BE.MI - INTERCONNESSIONE A35-A4	Data: 22-23/03/2016
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :175

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/1

o	R	mm	PzA	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
									m	S.P.T.	N	
				1		Terreno argilloso-limoso con inclusi clasti di ghiaia poligenica, sia angolari che arrotondati, Ømax=4 cm, di colore bruno scuro.						
				2		Argilla di colore marrone.			2,0	2-3-3	6	
				3		Ghiaia eterometrica, Ømax=5-6 cm, in matrice limoso-argillosa, di colore marrone.						
				4		Ghiaia eterometrica, poligenica, arrotondata, e ciottoli, Ømax=12 cm, in matrice sabbioso-limoso, talora debolmente argillosa, di colore marrone.			4,0	4-7-4	11	
				5		Ghiaia media e fine, in matrice sabbioso-limoso-argillosa, di colore marrone.						
				6		Ghiaia e rari ciottoli, Ømax=10-12 cm, in matrice argilloso-limoso, di colore marrone.			6,0	1-2-2	4	
				7		Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limoso, di colore marrone chiaro. Clasti eterometrici, poligenici, arrotondati. Presenza di rari blocchi Ø>20 cm.						CR1) Rim 6,50 7,00
				8		Ghiaia e ciottoli, Ømax=20 cm, in matrice sabbiosa debolmente limosa, di colore marrone-grigiastro. Clasti eterometrici, poligenici, arrotondati.			8,0	24-29-31	60	
				9		Ghiaia e ciottoli, Ømax=18 cm, in matrice argilloso-limoso, debolmente sabbiosa, di colore marrone ocraceo.						
				10		Ghiaia e ciottoli, Ømax=20 cm, in matrice sabbiosa debolmente limosa, di colore marrone-grigiastro. Clasti eterometrici, poligenici, arrotondati.			10,0	21-24-27	51	
				11		Ghiaia e ciottoli, in matrice sabbiosa, talora debolmente limosa, di colore marrone chiaro-grigiastro. Clasti eterometrici, poligenici, arrotondati, Ømax=18 cm. Presenza di livelli centimetrici a matrice limoso-sabbiosa grigia. Rari blocchi Ø>20 cm da -11,00 m a -15,00 m.			12,0	25-50/5cm	Rif	
				12								
				13					14,0	23-27-50/6cm	Rif	CR2) Rim 13,00 13,50
				14								
				15					16,0	26-29-35	64	
				16								
				17					18,0	25-31-11	42	
				18								
				19					20,0	16-23-21	44	Cl1) Ind< 19,00 19,50
				20								
				21					22,0	13-17-19	36	
				22								
				23					24,0	11-10-9	19	
				24								
				25					26,0	10-12-16	28	
				26								
				27					28,0	12-12-15	27	
				28								
				29					30,0	15-18-16	34	
				30								
				31					32,0	18-21-22	43	
				32								
				33					34,0	21-19-23	42	
				34								
				35					35,0	18-24-26	50	

 Società di Progetto
Brebemi SpA


Committente: IMPRESA PIZZAROTTI & C. SPA	Sondaggio: S3
Riferimento: BRE.BE.MI - INTERCONNESSIONE A35-A4	Data: 23/03/2016
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:75

STRATIGRAFIA - S3

Pagina 1/1

Pz	A	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
							m	S.P.T.	N	
		1		Terreno vegetale e coltivo passante a limo sabbioso, di colore marrone, con inclusi rari clasti di ghiaia e ciottoli, poligenici, arrotondati, Ømax=18 cm.						
		2		Sabbia e sabbia limosa, di colore marrone chiaro-grigiastro, con inclusi ghiaia e ciottoli, poligenici arrotondati, Ømax=7-8 cm.			2,0	11-15-18	33	
		3								
		4		Argilla di colore marrone.	5.1	10.13	4,0	2-2-2	4	
		5		Limo argilloso-sabbioso, di colore marrone, con inclusa ghiaia a clasti eterometrici e rari ciottoli poligenici, Ømax=7-8 cm.	5.2	0.11				
		6		Sabbia limosa, di colore marrone chiaro, con inclusi rari clasti di ghiaia, Ømax=2-3 cm.			6,0	2-2-4	6	CR1) Rim 6,00 6,50
		7		Sabbia limosa, di colore marrone chiaro, con inclusi ghiaia a clasti poligenici, sia angolari che arrotondati, Ømax=5 cm.						
		8					8,0	5-5-6	11	
		9								
		10					10,0	4-5-4	9	CR2) Rim 9,50 10,00
		11		Ghiaia eterometrica, poligenica, Ømax=4-6 cm, sia angolare che arrotondata, in matrice sabbioso-limosa e limoso-argillosa debolmente sabbiosa, di colore marrone.						
		12					12,0	4-3-4	7	
		13								
		14		Sabbia grossa con rara ghiaia, di colore marrone.			14,0	9-12-14	26	
				Ghiaia in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone.						
		15		Ghiaia in matrice sabbiosa, di colore grigio-verdastro. Clasti Ømax=6 cm.			15,0	21-27-24	51	

APPROVATO SGP

 Società di Progetto
Brebemi SpA


Committente: IMPRESA PIZZAROTTI & C. SPA	Sondaggio: S5
Riferimento: BRE.BE.MI - INTERCONNESSIONE A35-A4	Data: 24-25/03/2016
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :150

STRATIGRAFIA - S5

Pagina 1/1

Ø mm	R V	PzA	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
			1		Terreno vegetale costituito da sabbia debolmente limosa ghiaiosa, di colore marrone scuro. Clasti poligenici da subarrotondati ad angolari.						
			2		Sabbia con ghiaia e ciottoli, debolmente limosa, di colore marrone. Clasti poligenici, angolari, Ømax=5-6 cm.			2,0	21-23-31	54	
			3		Sabbia con ghiaia, ciottoli e blocchi, solo localmente debolmente limosa, di colore marrone-grigiastro. Clasti poligenici, angolari, Ømax=10-12 cm.			4,0	19-24-27	51	
			4					6,0	18-16-13	29	
			5								
			6								
			7		Sabbia con limo argilloso, di colore marrone. Presenza di rari clasti di ghiaia, poligenici, angolari.						CR1) Rim 7,00 7,50
			8		Sabbia limosa, ghiaiosa, localmente debolmente argillosa, di colore marrone. Clasti poligenici, subarrotondati, Ømax=3-4 cm.			8,0	13-11-14	25	
			9		Ghiaia e ciottoli, in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone-grigiastro. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=8-10 cm.			10,0	50/6cm	Rif	
			10								
			11								
			12					12,0	24-44-35	79	CR2) Rim 11,50 12,00
			13								
			14		Ghiaia e ciottoli, debolmente sabbiosa, di colore marrone-grigiastro. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=8-9 cm.			14,0	50/5cm	Rif	
			15								
			16		Ghiaia e ciottoli, in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone-grigiastro. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=8-10 cm.			16,0	27-33-39	72	
			17		Ghiaia in abbondante matrice sabbioso-limosa, con rari ciottoli, di colore marrone-grigiastro. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=2-3 cm.			18,0	23-27-26	53	
			18		Trovante.						
			19		Ghiaia e ciottoli, in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone-grigiastro. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=8-10 cm.			20,0	21-26-30	56	
			20								

Installazione piezometro a tubo aperto 2" da 20 m, fessurato da 11 m a 20 m.

Committente: IMPRESA PIZZAROTTI & C. SPA	Sondaggio: S6
Riferimento: BRE.BE.MI - INTERCONNESSIONE A35-A4	Data: 29-30/03/2016
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :125

STRATIGRAFIA - S6

Pagina 1/1

Ø mm	R V	PzA	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
			1		Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa, di colore marrone. Clasti eterometrici, poligenici, arrotondati.						
			2		Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa, talora debolmente limosa, di colore marrone chiaro-grigiastro. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=15-16 cm.			2,0	21-21-23 44		
			3								
			4					4,0	24-27-33 60		CR1) Rim 3,50 4,00
			5								
			6					6,0	29-50/7cm	Rif	
			7		Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone chiaro. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=20 cm. Terreno umido da circa - 7,00 m.						
			8					8,0	10-13-17	30	
			9								
			10					10,0	23-31-36	67	
			11		Ghiaia con sabbia in alternanza a sabbia con ghiaia con presenza di ciottoli e blocchi, debolmente limosa, di colore da nocciola a grigio. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax<13 cm.						
			12					12,0	31-37-40	77	
			13								
			14					14,0	17-25-34	59	CR2) Rim 13,00 14,00
			15								
			16		Ghiaia con sabbia e sabbia con ghiaia, debolmente limosa, localmente limosa, di colore prevalentemente grigio. Presenza di ciottoli poligenici, subarrotondati, Ømax<10 cm.						
			17								
			18					16,0	22-27-31	58	
			19								
			20					18,0	21-27-23	50	
131			20					20,0	23-29-31	60	

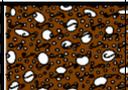
Installazione piezometro a tubo aperto 2" da 20 m, fessurato da 11 m a 20 m.

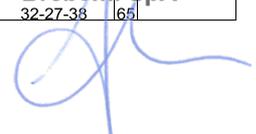
Committente: IMPRESA PIZZAROTTI & C. SPA	Sondaggio: S7
Riferimento: BRE.BE.MI - INTERCONNESSIONE A35-A4	Data: 24/03/2016
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :75

STRATIGRAFIA - S7

Pagina 1/1

Ø mm	PZA	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
							m	S.P.T.	N	
		1		Sabbia ghiaiosa, debolmente limosa, con rari ciottoli, di colore marrone. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=5 cm.						
		2		Sabbia e ghiaia con ciottoli, debolmente limosa, di colore marrone chiaro-grigiastro. Clasti poligenici, sia arrotondati che angolari, Ømax=8-10 cm.			2,0	25-31-27	58	
		3								
		4					4,0	22-25-32	57	
		5								
		6		Limo argilloso, debolmente sabbioso, con inclusi clasti di ghiaia angolari e rari ciottoli, di colore marrone.			6,0	14-17-15	32	
		7		Ghiaia con ciottoli in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone chiaro. Clasti poligenici, sia arrotondati che angolari, Ømax=5-6 cm.						CR1) Rim 6,50 7,00
		8					8,0	17-21-25	46	
		9		Sabbia e ghiaia con ciottoli, debolmente limosa, di colore marrone chiaro-grigiastro. Clasti poligenici, sia arrotondati che angolari, Ømax=10 cm.						
		10					10,0	19-24-33	57	CR2) Rim 9,50 10,00
		11								
		12					12,0	41-28-30	58	
		13								
		14					14,0	28-33-26	59	
131		15					15,0	32-27-38	65	

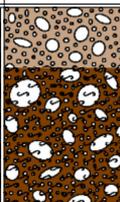
 Società di Progetto
Brebemi SpA


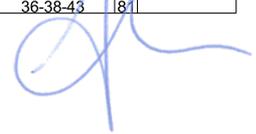
Committente: IMPRESA PIZZAROTTI & C. SPA	Sondaggio: S11
Riferimento: BRE.BE.MI - INTERCONNESSIONE A35-A4	Data: 29/03/2016
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - S11

Pagina 1/1

Ø mm	R v	PzA	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
			1		Sottofondo pista sterrata costituito da ghiaia e sabbia con ciottoli poligenici, di colore marrone chiaro-grigiastro.						
					Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone.						
			2		Ghiaia sabbiosa, talora debolmente limosa, con inclusi ciottoli, di colore marrone chiaro-grigiastro. Clasti eterometrici, poligenici, arrotondati, Ømax=10-11 cm.			2,0	20-42-46	88	
			3								
			4					4,0	24-37-42	79	CR1) Rim 3,50 4,00
			5								
			6					6,0	50/13cm	Rif	
			7								
			8					8,0	31-29-34	63	
			9								CR2) Rim 9,00 9,50
131			10		Ghiaia sabbiosa, talora debolmente limosa, di colore marrone chiaro-grigiastro. Clasti eterometrici, poligenici, arrotondati, Ømax=6 cm.			10,0	36-38-43	81	

 Società di Progetto
Brebemi SpA


Committente: IMPRESA PIZZAROTTI & C. SPA	Sondaggio: S16
Riferimento: BRE.BE.MI - INTERCONNESSIONE A35-A4	Data: 30/03/2016
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

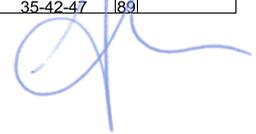
SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - S16

Pagina 1/1

Ø mm	PzA	metr	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
							m	S.P.T.	N	
				Terreno vegetale limoso-sabbioso, di colore marrone.						
		1		Ghiaia eterometrica con ciottoli in matrice limoso-sabbiosa, di colore marrone. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=11 cm.						CR1) Rim 1,30 1,80
		2		Ghiaia eterometrica con ciottoli e blocchi, in matrice sabbiosa, di colore grigio. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax>20 cm.			2,0	50/7m	Rif	
		3								
		4					4,0	24-29-36	65	
		5		Ghiaia eterometrica con ciottoli, in matrice sabbiosa, di colore grigio. Presenza di livelli con matrice debolmente limosa. Clasti poligenici, arrotondati, Ømax=12 cm.						
		6					6,0	27-33-31	64	CR2) Rim 6,00 6,50
		7								
		8					8,0	31-40-38	78	
		9								
131		10					10,0	35-42-47	89	

APPROVATO SGP

 Società di Progetto
Brebemi SpA


**COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DI CONNESSIONE
TRA LE CITTA' DI BRESCIA E MILANO
INTERCONNESSIONE A35-A4
ESECUZIONE CAMPAGNA DI
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**

RELAZIONE FOTOGRAFICA

APPROVATO SDP



SONDAGGIO S1



SONDAGGIO S1: postazione



SONDAGGIO S1: cassetta n.1 da 0,00 m a 5,00 m

Ufficio di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S1: cassetta n.2 da 5,00 m a 10,00 m



SONDAGGIO S1: cassetta n.3 da 10,00 m a 15,00 m

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S1: cassetta n.4 da 15,00 m a 20,00 m



SONDAGGIO S1: cassetta n.5 da 20,00 m a 25,00 m

PROVATO SDR

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S1: cassetta n.6 da 25,00 m a 30,00 m



SONDAGGIO S1: cassetta n.7 da 30,00 m a 35,00 m

PROVATO SDR

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S3



SONDAGGIO S3: postazione



SONDAGGIO S3: cassetta n.1 da 0,00 m a 5,00 m

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S3: cassetta n.2 da 5,00 m a 10,00 m



SONDAGGIO S3: cassetta n.3 da 10,00 m a 15,00 m

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S5



SONDAGGIO S5: postazione



SONDAGGIO S5: cassetta n.1 da 0,00 m a 5,00 m

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S5: cassetta n.2 da 5,00 m a 10,00 m



SONDAGGIO S5: cassetta n.3 da 10,00 m a 15,00 m



SONDAGGIO S5: cassetta n.4 da 15,00 m a 20,00 m

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Pagina 10 di 20



SONDAGGIO S6



SONDAGGIO S6: postazione



SONDAGGIO S6: cassetta n.1 da 0,00 m a 5,00 m

PROVATO SDP

età di Progetto
bemi SpA



SONDAGGIO S6: cassetta n.2 da 5,00 m a 10,00 m



SONDAGGIO S6: cassetta n.3 da 10,00 m a 15,00 m

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S6: cassetta n.4 da 15,00 m a 20,00 m

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Pagina 13 di 20



SONDAGGIO S7



SONDAGGIO S7: postazione



SONDAGGIO S7: cassetta n.1 da 0,00 m a 5,00 m

Brebemi SpA



SONDAGGIO S7: cassetta n.2 da 5,00 m a 10,00 m



SONDAGGIO S7: cassetta n.3 da 10,00 m a 15,00 m



SONDAGGIO S11



SONDAGGIO S11: postazione



SONDAGGIO S11: cassetta n.1 da 0,00 m a 5,00 m

PROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



SONDAGGIO S11: cassetta n.2 da 5,00 m a 10,00 m

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Pagina 17 di 20



SONDAGGIO S16



SONDAGGIO S16: postazione



SONDAGGIO S16: cassetta n.1 da 0,00 m a 5,00 m

Società di Progetto
Brebemi SpA



APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Pagina 19 di 20