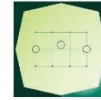


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO  
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

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

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006  
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 42/2009

INTERCONNESSIONE A35-A4  
PROGETTO DEFINITIVO

INTERCONNESSIONE A35-A4

PARTE GENERALE

00010 - GEOTECNICA

OPERE D'ARTE MINORI

VERIFICHE GEOTECNICHE

PROGETTAZIONE:

VERIFICA:



**CONSORZIO B.B.M.**

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

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

APPROVATO SDR


I.D.	IDENTIFICAZIONE ELABORATO										PROGR.		DATA:	
EMIT.	TIPD	FASE	M.A.	LOTTO	OPERA	PROG. OPERA	TRATTO	PARTE	PROGR.	PART.DOC.	STATO	REV.	MARZO 2015	
60400	04	RO	D	I	11	00	010	00	00	005	00	A	00	SCALA:

ELABORAZIONE PROGETTUALE	REVISIONE								
	N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO
IL PROGETTISTA IMPRESA PIZZAROTTI E C. S. P.A. DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821	A	00	EMISSIONE	04/03/15	PIACENTINI	04/03/15	MAZZOLI	04/03/15	MAZZOLI

	<b>IL CONCEDENTE</b> 	<b>IL CONCESSIONARIO</b>  Società di Progetto <b>Brebemi SpA</b>
--	--------------------------	---------------------------------------------------------------------------

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SdP 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 SdP BREBEMI S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW

*[Handwritten signature]*

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	2 di 104


## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. VERIFICHE GEOTECNICHE DEGLI SCATOLARI .....</b>	<b>4</b>
2.1 SVA01 – SOTTOVIA VIA CHIESA VECCHIA Pk 0+250÷0+304 ASSE N .....	7
2.2 SVA01 – SOTTOVIA VIA BRUSATI Pk 0+076÷0+159 ASSE M .....	10
2.3 SVA01 – GALLERIA RAMP A Pk 1+615÷1+700 ASSE A .....	13
2.4 SVA01 – GALLERIA RAMP D Pk 4+485÷4+630 ASSE D .....	16
2.5 SOAW1 – SOTTOVIA Pk 3+296.5 .....	19
2.6 SOAW1 – TOMBINO Pk 3+296.5 .....	22
2.7 SOA04 – SOTTOVIA RAMO O OVEST .....	25
2.8 SOA05 – SOTTOVIA RAMO O EST .....	29
2.9 SOA06 – SOTTOVIA RAMO E .....	33
2.10 SOA07 – SOTTOVIA PODERALE ANTEZZATE – Pk 7+733 .....	37
2.11 SOAX01 – SOTTOVIA RAMO COLLEGAMENTO TANGENZIALE DIREZIONE BS .....	40
2.12 SOAX02 – SOTTOVIA PODERALE RAMP A4 – BREBEMI .....	43
<b>3. BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>102</b>
3.1 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI .....	102
3.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO .....	102
3.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	103

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 3 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	--------------------

## 1. PREMESSA

Nel presente documento vengono riportate le verifiche geotecniche delle opere minori tipo sottovia relative al raccordo SP19 – Tangenziale Sud Brescia e delle opere minori per il raddoppio di carreggiata del lotto 0A della autostrada BreBeMi e dell'interconnessione A35/A4.


Tra tali opere ricadono anche le gallerie artificiali dello svincolo SVA01 (SP19) realizzate mediante scatolari (galleria Ramo A e Galleria ramo D).

Le verifiche relative ad opere scatolari aventi dimensioni più contenute (tombini) sono trattate separatamente nel documento *Verifiche geotecniche – Raccordo SP19 – Tang. Sud Brescia* (Rif.3.2.7).

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	4 di 104

## 2. VERIFICHE GEOTECNICHE DEGLI SCATOLARI

Nel presente capitolo vengono riportate tutte le verifiche geotecniche eseguite per le opere scatolari in oggetto ai sensi dell'NTC2008 (Rif.3.1.1).

In particolare vengono eseguite le verifiche di capacità portante e la stima dei cedimenti di tali opere.

I metodi di calcolo utilizzati per eseguire le verifiche di stabilità ed il calcolo dei cedimenti sono riportati al §9 della relazione metodologica (Rif.3.2.2).

Le verifiche vengono eseguite per ognuna delle opere distinte per WBS facendo riferimento a profili geotecnici di progetto appositamente studiati sulla base delle indagini geognostiche disponibili e sulla base dei dati progettuali riportati nelle relazioni di calcolo delle singole opere.

Le verifiche di capacità portante delle opere scatolari sono eseguite facendo riferimento alle sezioni più sollecitate, individuate nelle specifiche relazioni di calcolo strutturale considerando lo schema di fondazione infinitamente estesa.

Le verifiche di capacità portante degli scatolari vengono eseguite considerando il solo caso SLU-GEO (approccio 1 combinazione 2) che risulta dalle relazioni di calcolo delle opere il più gravoso in termini di verifica di capacità portante delle fondazioni.

Il cedimento delle opere scatolari qui trattate (sottovia stradali e ponti scatolari), viene valutato come somma di due contributi:

1 – Il cedimento “diretto” dello scatolare, valutato sulla base dei carichi SLE che vengono direttamente trasmessi dall’opera di fondazione sul terreno di sottofondo;

2 – Il cedimento “indiretto” del tombino, che tiene conto della quota di cedimento del tombino indotto dalla realizzazione dei rilevati prospicienti.

Entrambi i contributi “diretto” ed “indiretto” vengono calcolati nel presente documento per tutte le opere scatolari trattate. Tali cedimenti vengono valutati a lungo termine utilizzando i profili di rigidezza  $E_{25}$  per i materiali granulari ed  $E_{LT}$  per i materiali coesivi (profili di rigidezza come definiti nel presente documento sulla base delle indagini geognostiche più prossime all’opera).

I rilevati prospicienti lo scatolare vengono schematizzati come due aree di carico poste a una distanza relativa pari alla larghezza dello scatolare, aventi lunghezza 100m e larghezza e carico dipendenti dalla geometria del rilevato alla progressiva di riferimento.

In particolare, considerando in via semplificata uno schema di rilevato senza berme con scarpate aventi pendenza 2:3 (V:H), si ha:


$$B_{\text{calcolo}} = B_{\text{ril}} - 3 \times H_{\text{ril}} / 2$$

$$P_{\text{calcolo}} = \gamma_n \times H_{\text{ril}}$$

in cui:

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	5 di 104

- $B_{ril}$  è la larghezza del rilevato alla sua base;
- $H_{ril}$  è l'altezza del rilevato (m da P.C.);
- $\gamma_n$  è il peso di volume naturale del materiale da rilevato, assunto pari a  $20 \text{ kN/m}^3$  sulla base di quanto definito al §3.4 della "Relazione geotecnica generale" (Rif.3.2.1).

In casi di geometrie particolarmente complesse (in corrispondenza degli svincoli) le aree di carico effettivamente considerate per la stima dei cedimenti "indiretti" potranno essere adeguate in modo da rappresentare in maniera più fedele l'effettiva distribuzione delle pressioni sul terreno.

Il cedimento "indiretto" dello scatolare viene valutato, nell'ipotesi di fondazione rigida nella direzione trasversale all'asse dello scatolare, come (si veda Rif.3.3.2):

$$s = \frac{1}{3} (2 \times s_{centro} + s_{spigolo})$$

in cui:

- $s$  è il cedimento dello scatolare considerato rigido in direzione trasversale al proprio asse;
- $s_{centro}$  è il cedimento indotto dalla costruzione dei rilevati al centro dello scatolare, calcolato utilizzando l'espressione del cedimento monodimensionale su semispazio elastico alla Boussinesq, come da §9.4.1 della relazione metodologica (Rif. 3.2.2).;
- $s_{spigolo}$  è il cedimento indotto dalla costruzione dei rilevati sotto uno spigolo dello scatolare, calcolato utilizzando l'espressione del cedimento monodimensionale su semispazio elastico alla Boussinesq, come da §9.4.1 della relazione metodologica (Rif. 3.2.2).

I cedimenti "diretti" vengono calcolati considerando un'area di carico avente impronta rettangolare con dimensioni pari a  $B \times L$ , dove  $B$  è la larghezza della fondazione dello scatolare ed  $L$  è la sua lunghezza (nel caso di fondazioni con impronta irregolare, ci si riconduce alla fondazione rettangolare equivalente).


Su tale area di carico viene considerata agente una pressione totale  $q_{sott}$  pari ad  $N_{SLE} / B$ , dove  $N_{SLE}$  è il carico verticale (per metro di scatolare) agente sullo scatolare in condizioni di esercizio.

Il valore di  $N_{SLE}$  è valutato nelle relazioni di calcolo delle opere con riferimento alla sezione più sollecitata dello scatolare. In analogia a quanto fatto per il dimensionamento strutturale, si ipotizza che tale carico massimo sia esteso su tutto lo scatolare.

La pressione così valutata sarà una stima più o meno cautelativa della pressione effettivamente trasmessa dallo scatolare al terreno di fondazione a seconda dell'effettiva estensione delle aree di carico al di sopra dello scatolare stesso.

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	6 di 104

Tale pressione è stata suddivisa in due contributi: ricarico e carico vergine. Si è assunto che la quota di pressione necessaria a ristabilire lo stato di sforzo iniziale presente nel terreno prima della realizzazione dell'opera provochi cedimenti ridotti (assumendo una rigidità del terreno tripla per tale quota di carico nel caso di materiali granulari ed i moduli in ricarico derivanti dai risultati delle prove edometriche per eventuali strati coesivi).

Si fornisce per ogni scatolare una stima dei cedimenti "diretti" ed "indiretti" in direzione parallela all'asse dello scatolare stesso (sezione A-A) e la conseguente stima dei cedimenti totali somma dei due contributi.

Si segnala che il livello di falda di progetto, come definito in *relazione idrogeologica* (Rif.3.2.6) non interferisce con le opere in oggetto.

Per questo motivo si è assunto per semplicità per ognuna delle tratte omogenee come definite in *Relazione geotecnica generale* (Rif. 3.2.1) un valore unico di riferimento della falda di progetto:

Da Pk 0+000 a Pk 2+150:	$h_w = 16\text{m}$ da P.C.;
Da Pk 2+150 a Pk 4+000:	$h_w = 16\text{m}$ da P.C.;
Da Pk 4+000 a Pk 5+840:	$h_w = 12\text{m}$ da P.C.;
Da Pk 5+840 a Pk 7+040:	$h_w = 8.5\text{m}$ da P.C.;
Da Pk 7+040 a Pk 7+912:	$h_w = 8.5\text{m}$ da P.C..

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



## 2.1 SVA01 – Sottovia Via Chiesa Vecchia Pk 0+250÷0+304 Asse N

### 2.1.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: S.014, S.015, SE18Apz, SE2A, SE3Apz.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif.3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella *relazione geotecnica* (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.1**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.1** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.2** Densità relativa;
- **Figura 2.3** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.4** Modulo elastico  $E_{25}$  ;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 16m da P.C..

### 2.1.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### Scatolare stradale:

Larghezza della fondazione:  $B = 6.2\text{m}$ ;  
Lunghezza dello scatolare:  $L = 53.8\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione:  $z = 5.8\text{m}$  da P.C.;

#### SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

Carico assiale:  $N = 1363 \text{ kN/m}$ ;

#### SLE:

Carico assiale:  $N = 472 \text{ kN/m}$ ;

### 2.1.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

#### Scatolare stradale:

Società di Progetto  
Brebemi SpA



SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

**Tabella 2.7**

in cui:

B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
Q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
Q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
Q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
Q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
N <sub>c</sub>	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
N <sub>r,d_coesivo</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
N <sub>r,d</sub>	valore minimo tra N <sub>r,d_granulare</sub> e N <sub>r,d_coesivo</sub> .


La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.1.4 Calcolo cedimenti

Per la stima dei cedimenti dello scatolare, oltre che alle caratteristiche geometriche dell'opera e del carico SLE sopra riportati attraverso i quali è stimato il cedimento "diretto", si considerando i due rilevati prospicienti lo scatolare aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

  
 Società di Progetto  
 Ingegneri  
 Belsaglia SPA



	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 9 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	--------------------

Altezza rilevato:  $H_{ril} = 1.8m;$

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 58.45m.$

L'andamento dei cedimenti indotti lungo l'asse longitudinale dello scatolare (sezione A-A) è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.23** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale.

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



## 2.2 SVA01 – Sottovia via Brusati Pk 0+076÷0+159 Asse M

### 2.2.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: SE21A, SE19Apz ed SE1A.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif. 3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella *relazione geotecnica* (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.2**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.5** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.6** Densità relativa;
- **Figura 2.7** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.8** Modulo elastico  $E_{25}$  ;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 16m da P.C..

### 2.2.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Scatolare stradale:**

Larghezza della fondazione:  $B = 10.6\text{m}$ ;  
Lunghezza della fondazione:  $L = 83\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione:  $z = 4.3\text{m}$  da P.C.;

#### **SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):**

Carico assiale:  $N = 1741 \text{ kN/m}$ ;

#### **SLE:**

Carico assiale:  $N = 998 \text{ kN/m}$ ;

### 2.2.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:


#### **Scatolare stradale:**

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

**Tabella 2.8**

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	11 di 104

in cui:

B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
Q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
Q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
Q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
Q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
N <sub>c</sub>	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
N <sub>r,d_coesivo</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
N <sub>r,d</sub>	valore minimo tra N <sub>r,d_granulare</sub> e N <sub>r,d_coesivo</sub> .


La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.2.4 Calcolo cedimenti

La configurazione geometrica complessa del sottovia e dei rilevati stradali soprastanti (rami A, B e D) rende necessaria l'adozione di un approccio di calcolo specifico per l'opera in esame, che consenta di tenere in conto dell'effetto sui cedimenti "indiretti" dello scatolare della contemporanea presenza dei tre rami stradali sopra citati.

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	12 di 104

Per la stima dei cedimenti dello scatolare, oltre che alle caratteristiche geometriche dell'opera e del carico SLE sopra riportati attraverso i quali è stimato il cedimento "diretto", si considerando i rilevati prospicienti lo scatolare aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

**Ramo A:**

Altezza media rilevato (da P.C.):  $H_{ril} = 3.3m;$

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 25m.$

**Ramo B:**

Altezza media rilevato (da P.C.):  $H_{ril} = 1.0m;$

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 20m.$

**Ramo D:**

Altezza media rilevato (da P.C.):  $H_{ril} = 2.0m;$

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 20m.$

Il cedimento "indiretto" dello scatolare (indotto dai rilevati prospicienti) viene quindi calcolato considerando l'effettiva posizione relativa ed altezza da P.C. dei tre rilevati di cui sopra.

Il cedimento "diretto", come già chiarito al §2, viene invece calcolato nell'ipotesi che il carico SLE definito nella relazione di calcolo dell'opera agisca su tutto lo scatolare.

L'andamento dei cedimenti indotti lungo l'asse longitudinale dello scatolare (sezione A-A), somma dei due contributi "diretto" ed "indiretto" è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.24** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale.

APPROVATO SDP

## 2.3 SVA01 – Galleria rampa A Pk 1+615÷1+700 Asse A

### 2.3.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: S.017, SE18Apz, SE20Apz.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif. 3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella *relazione geotecnica* (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.3**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.9** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.10** Densità relativa;
- **Figura 2.11** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.12** Modulo elastico  $E_{25}$  ;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 16m da P.C..

### 2.3.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Scatolare stradale:**

Larghezza della fondazione:  $B = 18\text{m}$ ;  
Lunghezza della fondazione:  $L = 85\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione:  $z = 11.8\text{m}$  da P.C.;

#### **SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):**

Carico assiale:  $N = 3637.6 \text{ kN/m}$ ;

#### **SLE:**

Carico assiale:  $N = 2872.8 \text{ kN/m}$ ;

### 2.3.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

#### **Scatolare stradale:**

Società di Progetto  
Brebemi SpA



SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

**Tabella 2.9**

in cui:


B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
Q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
Q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
Q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
Q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
N <sub>c</sub>	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
N <sub>r,d_coesivo</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
N <sub>r,d</sub>	valore minimo tra N <sub>r,d_granulare</sub> e N <sub>r,d_coesivo</sub> .

La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

### 2.3.4 Calcolo cedimenti

Per la stima dei cedimenti dello scatolare, oltre che alle caratteristiche geometriche dell'opera e del carico SLE sopra riportati attraverso i quali è stimato il cedimento "diretto", si considerando i due rilevati prospicienti lo scatolare aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

Società di Progetto  
 Ingegneri  


	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 15 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Scatolare stradale BreBeMi – Concio 1:**

Altezza rilevato:  $H_{rit} = 1.1m$ ;

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{rit} = 85m$ .

L'andamento dei cedimenti indotti lungo l'asse longitudinale dello scatolare (sezione A-A) è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.25** Cedimenti “diretti”, “indiretti” e totali dello scatolare stradale.

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



## 2.4 SVA01 – Galleria rampa D Pk 4+485÷4+630 Asse D

### 2.4.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: SE21A, SE19Apz ed SE1A.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif. 3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella *relazione geotecnica* (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.2**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.5** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.6** Densità relativa;
- **Figura 2.7** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.8** Modulo elastico  $E_{25}$  ;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 16m da P.C..

### 2.4.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Scatolare stradale – Tipo 1:**

Larghezza della fondazione:  $B = 18.6\text{m}$ ;  
Lunghezza della fondazione (2 conci):  $L = 36.15+40.1\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione (2 conci):  $z = 10.6\div 11.1\text{m}$  da P.C.;

#### **SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):**

Carico assiale:  $N = 3576 \text{ kN/m}$ ;

#### **SLE:**

Carico assiale:  $N = 2851 \text{ kN/m}$ ;

#### **Scatolare stradale – Tipo 2:**

Larghezza della fondazione:  $B = 20.1\text{m}$ ;  
Lunghezza della fondazione:  $L = 68.65\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione:  $z = 11.3\text{m}$  da P.C.;

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA





SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

Carico assiale: N = 3840 kN/m;

SLE:

Carico assiale: N = 3112 kN/m;

2.4.3 Verifiche di capacità portante

Le verifiche di capacità portante sono riportate nelle seguenti tabelle:

**Scatolare stradale – Tipo 1 (concio1):**

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2): **Tabella 2.10**


**Scatolare stradale – Tipo 2:**

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2): **Tabella 2.11**

in cui:

B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;

Scrittura di Progetto  
Brebemi SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	18 di 104

$N_c$  coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;

$N_{r,d\_coesivo}$  azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;

$N_{r,d}$  valore minimo tra  $N_{r,d\_granulare}$  e  $N_{r,d\_coesivo}$ .

Tutte le verifiche di capacità portante soddisfano la condizione  $N_{r,d} > N$ .

Viene riportata la sola verifica di capacità portante del concio 1 della tipologia 1 poiché quella per il concio 2 è del tutto analoga.

#### 2.4.4 Calcolo cedimenti

La configurazione geometrica complessa del sottovia e dei rilevati stradali soprastanti (rami A e B) rende necessaria l'adozione di un approccio di calcolo specifico per l'opera in esame, che consenta di tenere in conto dell'effetto sui cedimenti "indiretti" dello scatolare della contemporanea presenza dei due rami stradali sopra citati.

Per la stima dei cedimenti dello scatolare, oltre che alle caratteristiche geometriche dell'opera e del carico SLE sopra riportati per le due sezioni tipo attraverso i quali è stimato il cedimento "diretto", si considerando i rilevati prospicienti lo scatolare aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

##### **Ramo A:**

Altezza media rilevato (da P.C.):  $H_{ril} = 1.0m$ ;

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 40.9m$ .

##### **Ramo B:**

Altezza media rilevato (da P.C.):  $H_{ril} = 2.0m$ ;

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 51m$ .

Il cedimento "indiretto" dello scatolare (indotto dai rilevati prospicienti) viene quindi calcolato considerando l'effettiva posizione relativa ed altezza da P.C. dei due rilevati di cui sopra.

Il cedimento "diretto", come già chiarito al §2, viene invece calcolato nell'ipotesi che il carico SLE definito nella relazione di calcolo dell'opera agisca su tutto lo scatolare.

L'andamento dei cedimenti indotti lungo l'asse longitudinale dello scatolare (sezione A-A), somma dei due contributi "diretto" ed "indiretto" è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.26** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale.

## 2.5 SOAW1 – Sottovia Pk 3+296.5

### 2.5.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Si fa riferimento al profilo geotecnico di progetto della tratta da Pk 2+150 a Pk4+000 definito in *relazione* geotecnica (Rif. 3.2.1).

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.4**.

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 16m da P.C..

### 2.5.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### Scatolare stradale:

Larghezza della fondazione:  $B = 13.50\text{m}$ ;  
Lunghezza della fondazione:  $L = 35.30\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione:  $z = 7.67\text{m}$  da P.C.;

#### SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

Carico assiale:  $N = 2074.61 \text{ kN/m}$ ;

#### SLE:

Carico assiale:  $N = 1589.30 \text{ kN/m}$ ;

### 2.5.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

#### Scatolare stradale:

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

#### **Tabella 2.12**

in cui:

B larghezza della fondazione;  
z quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;  
 $H_{\text{ril}}$  altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;  
 $h_w$  profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;  
 $q_{\text{lat}}$  sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
$Q_{med}$	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
$Q_{calcolo\_coesivo}$	pressione media trasmessa dalla fondazione al livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
$B^*$	larghezza efficace della fondazione;
$Q_{amm,d}$	pressione ammissibile di progetto;
$N_{r,d\_granulare}$	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
$N_c$	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
$N_{r,d\_coesivo}$	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
$N_{r,d}$	valore minimo tra $N_{r,d\_granulare}$ e $N_{r,d\_coesivo}$ .

La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.5.4 Calcolo cedimenti

Per la stima dei cedimenti dello scatolare, oltre che le caratteristiche geometriche dell'opera e l'entità del carico SLE sopra riportati attraverso i quali è stimato il cedimento "diretto", si considerando i due rilevati prospicienti lo scatolare aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

##### **Scatolare stradale BreBeMi – Concio 1:**

Altezza rilevato:  $H_{rij} = 2.1m$ ;

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{rij} = 35.30m$ .


L'andamento dei cedimenti indotti lungo l'asse longitudinale dello scatolare (sezione A-A) è riportato nella seguente figura:

##### **Figura 2.27** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale.

Dal momento che la costruzione dell'opera e quella dei rilevati prospicienti comporta una variazione dello stato di sforzo che interessa degli strati di materiali fini aventi spessore significativo, sono stati calcolati i cedimenti sia a breve che a lungo termine.

APPROVATO SDR



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	21 di 104

Il cedimento “a lungo termine” si sviluppa all’interno dello strato limoso-argilloso presente tra circa 13.0m e 15.0m da p.c. L’esame dettagliato delle fotografie delle cassette catalogatrici permette di affermare che i materiali costituenti tale livello (peraltro caratterizzati da una non trascurabile componente granulare) non si presentano come strato prettamente “continuo”, ma sono caratterizzati da varie intercalazioni sabbiose e ghiaiose.

Per tale livello è possibile stimare il tempo richiesto per il verificarsi della buona parte (90%) dei cedimenti a lungo termine, considerando la seguente formulazione in accordo a quanto riportato nella relazione metodologica al Rif.3.2.2.

$c_v = 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$       coefficiente di consolidazione; tale valore è stato stimato considerando le granulometrie disponibili (netta prevalenza, all’interno della frazione fine, della componente limosa rispetto a quella argillosa)

$H = 1.0\text{m}$       massimo percorso di drenaggio

$$t_{90\%} = \frac{H^2 \cdot 0.848}{c_v} \cong 20\text{giorni}$$

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



## 2.6 SOAW1 – Tombino Pk 3+296.5

### 2.6.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

La presente opera è adiacente all'opera trattata al precedente § 2.5. Le due opere hanno uguale WBS (SOAW1).

Si fa riferimento al profilo geotecnico di progetto della tratta da Pk 2+150 a Pk 4+000 definito in relazione geotecnica (Rif. 3.2.1).

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.4**.

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 17m da P.C.

### 2.6.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Tombino:**

Larghezza della fondazione:  $B = 2.40\text{m}$ ;  
Lunghezza della fondazione:  $L = 9.70\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione:  $z = 2.46\text{m}$  da P.C.;

#### **SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):**

Carico assiale:  $N = 243.89 \text{ kN/m}$ ;

#### **SLE:**

Carico assiale:  $N = 98.31 \text{ kN/m}$ ;

### 2.6.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

#### **Tombino:**

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

#### **Tabella 2.13**

in cui:

B larghezza della fondazione;  
z quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;  
 $H_{\text{ril}}$  altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;  
 $h_w$  profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



$q_{lat}$	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
$N$	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
$q_{med}$	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
$q_{calcolo\_coesivo}$	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro $B$ dalla quota d'imposta;
$M$	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
$H$	taglio agente nel baricentro della fondazione;
$e$	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
$H/N$	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
$B^*$	larghezza efficace della fondazione;
$q_{amm,d}$	pressione ammissibile di progetto;
$N_{r,d\_granulare}$	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
$T$	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro $B$ dalla quota d'imposta della fondazione;
$N_c$	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
$N_{r,d\_coesivo}$	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
$N_{r,d}$	valore minimo tra $N_{r,d\_granulare}$ e $N_{r,d\_coesivo}$ .

La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.6.4 Calcolo cedimenti

Per la stima dei cedimenti del tombino, oltre che alle caratteristiche geometriche dell'opera e del carico SLE sopra riportati attraverso i quali è stimato il cedimento "diretto", si considerando i due rilevati prospicienti lo scatolare aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

##### **Tombino BreBeMi – Concio 1:**


Altezza rilevato:  $H_{ril} = 1.35m$ ;

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 9.70m$ .

L'andamento dei cedimenti indotti lungo l'asse longitudinale dello scatolare (sezione A-A) è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.28** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale. Società di Progetto Brebemi SpA



	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 24 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

Dal momento che la costruzione dell'opera e quella dei rilevati prospicienti non comporta una variazione dello stato di sforzo che interessa degli strati di materiali fini aventi spessore significativo, i cedimenti a breve e a lungo termine risultano di pari entità.

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA





## 2.7 SOA04 – Sottovia Ramo O Ovest

### 2.7.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: S.006, SE13Apz, SE15A, SE14Apz, S.333, SE16Apz.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif. 3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella relazione geotecnica (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.5**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.13** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.14** Densità relativa;
- **Figura 2.15** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.16** Modulo elastico  $E_{25}$  ;
- **Figura 2.17** Coesione non drenata ;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 8.5m da P.C..

### 2.7.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Scatolare stradale:**

Larghezza della fondazione:	$B = 16.4\text{m};$
Quota d'imposta della fondazione:	$z = 1.6\text{m da P.C.};$
<b><u>SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):</u></b>	
Carico assiale:	$N = 3205 \text{ kN/m};$

### 2.7.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

#### **Scatolare stradale:**

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

#### **Tabella 2.14**

Società di Progetto  
Brebemi SpA



in cui:

B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
N <sub>c</sub>	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
N <sub>r,d_coesivo</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
N <sub>r,d</sub>	valore minimo tra N <sub>r,d_granulare</sub> e N <sub>r,d_coesivo</sub> .

La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.7.4 Calcolo cedimenti

La configurazione geometrica complessa del sottovia e dei rilevati stradali soprastanti (rami A e I dello svincolo SVA04) rende necessaria l'adozione di un approccio di calcolo specifico per l'opera in esame. In tale calcolo si tiene conto anche dell'effetto dei tratti di muro ad U di accesso allo scatolare.

Società di Progetto  
Brebemi SpA



L'opera di attraversamento interseca i rami A ed I dello svincolo SVA04 obliquamente, seguendo la curvatura dell'asse O. Ne risulta che sia i muri ad U di accesso al sottovia che il sottovia stesso hanno una pianta a geometria irregolare.

Per la stima dei cedimenti, si fa riferimento ad uno schema di fondazione rettangolare equivalente avente lato maggiore (L) coincidente alla lunghezza dello scatolare (e dei tratti dei muri ad U) in corrispondenza dell'asse O e lato minore B pari alla larghezza dell'opera lungo una sezione perpendicolare all'asse stradale O.

Il cedimento "diretto" viene calcolato nell'ipotesi che su tale fondazione agisca una pressione di esercizio  $p_{SLE}$  valutata sulla base della geometria di progetto considerando per le opere in CLS armato un peso di volume di  $25\text{kN/m}^3$  e per il rilevato soprastante l'opera un peso di volume di  $20\text{kN/m}^3$  (come definito in relazione geotecnica, Rif.3.2.1).

In particolare si considerano i seguenti parametri geometrici e pressioni di progetto:

**Scatolare Stradale:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B_{\text{sott}} = 14.75\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse O)	$L = 16.3\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.6\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 190\text{kPa}.$

**Muri ad U lato Ovest:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B = 16.0\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 10.2\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.6\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 155\text{kPa}.$

**Muri ad U lato Est:**


Larghezza equivalente della fondazione	$B = 16.0\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 10.0\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.6\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 155\text{kPa}.$

Inoltre, per stimare i cedimenti "indiretti" indotti dal rilevato (rami A e I) dello svincolo sull'opera in oggetto, si considerano le seguenti dimensioni del rilevato, definite sulla base della sezione di progetto A22.

**Ramo A-I:**

Altezza media rilevato (da P.C.):	$H_{\text{ril}} = 13.0\text{m};$
Larghezza del rilevato alla base:	$B_{\text{ril}} = 51.0\text{m}.$

APPROVATO SDP

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	28 di 104

L'andamento dei cedimenti dello scatolare, definiti lungo l'asse del ramo stradale Z lungo cui esso si sviluppa, somma dei due contributi "diretto" ed "indiretto" è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.29** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale.

Dal momento che la costruzione dell'opera e quella dei rilevati prospicienti comporta una variazione dello stato di sforzo che interessa degli strati di materiali fini aventi spessore significativo, sono stati calcolati i cedimenti sia a breve che a lungo termine.

Del cedimento "a lungo termine", il 15% circa si sviluppa all'interno dello strato limoso superficiale. L'esame dettagliato delle fotografie delle cassette catalogatrici permette di affermare che i materiali costituenti tale livello (peraltro caratterizzati da una non trascurabile componente granulare) non si presentano come strato prettamente "continuo", ma sono caratterizzati da varie intercalazioni sabbiose e ghiaiose. È pertanto possibile asserire che all'interno di tale strato il processo di consolidazione avrà un decorso estremamente rapido e tale quota di cedimenti differiti avverrà in un tempo molto breve.

Il restante 85% del cedimento "a lungo termine" si avrà invece all'interno dello strato coesivo profondo, per il quale è possibile considerare uno spessore "continuo" di 8m (da 17.5 a 25.5m da p.c.). Per tale livello è possibile stimare il tempo richiesto per il verificarsi della buona parte (90%) dei cedimenti a lungo termine, considerando la seguente formulazione in accordo a quanto riportato nella relazione metodologica al Rif.3.2.2.

$c_v = 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$       coefficiente di consolidazione; tale valore è stato stimato considerando le granulometrie disponibili (netta prevalenza, all'interno della frazione fine, della componente limosa rispetto a quella argillosa) e i limiti di Atterberg misurati ( $w_L=28\%$ , correlazione al Rif.3.3.15)

$H = 4.0\text{m}$       massimo percorso di drenaggio

$$t_{90\%} = \frac{H^2 \cdot 0.848}{c_v} \cong 10.5 \text{ mesi}$$

Si evidenzia che i cedimenti "indiretti", indotti dalla costruzione dei rilevati prospicienti lo scatolare, costituiscono la quota preponderante dei cedimenti totali.

## 2.8 SOA05 – Sottovia Ramo O Est

### 2.8.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: S.006, SE13Apz, SE15A, SE14Apz, S.333, SE16Apz.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif. 3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella relazione geotecnica (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.5**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.13** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.14** Densità relativa;
- **Figura 2.15** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.16** Modulo elastico  $E_{25}$  ;
- **Figura 2.17** Coesione non drenata ;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 8.5m da P.C..

### 2.8.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Scatolare stradale:**

Larghezza della fondazione:	$B = 22.1m$ ;
Quota d'imposta della fondazione:	$z = 1.6m$ da P.C.;
<b><u>SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):</u></b>	
Carico assiale:	$N = 4032$ kN/m;

### 2.8.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

#### **Scatolare stradale:**


SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

#### **Tabella 2.15**

Società di Progetto  
Brebemi SpA

in cui:



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	30 di 104

B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
Q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
Q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
Q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
Q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
N <sub>c</sub>	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
N <sub>r,d_coesivo</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
N <sub>r,d</sub>	valore minimo tra N <sub>r,d_granulare</sub> e N <sub>r,d_coesivo</sub> .

La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.8.4 Calcolo cedimenti

La configurazione geometrica complessa del sottovia e dei rilevati stradali soprastanti (ramo C dello svincolo SVA04) rende necessaria l'adozione di un approccio di calcolo specifico per l'opera in esame. In tale calcolo si tiene conto anche dell'effetto dei tratti di muro ad U di accesso allo scatolare.

L'opera di attraversamento interseca il ramo C dello svincolo SVA04 obliquamente, seguendo la curvatura dell'asse O. Ne risulta che sia i muri ad U di accesso al sottovia che il sottovia stesso hanno una pianta a geometria irregolare.

Socialmente  
Brebemi SpA



Per la stima dei cedimenti, si fa riferimento ad uno schema di fondazione rettangolare equivalente avente lato maggiore (L) coincidente alla lunghezza dello scatolare (e dei tratti dei muri ad U) in corrispondenza dell'asse O e lato minore B pari alla larghezza dell'opera lungo una sezione perpendicolare all'asse stradale O.

Il cedimento "diretto" viene calcolato nell'ipotesi che su tale fondazione agisca una pressione di esercizio  $p_{SLE}$  valutata sulla base della geometria di progetto considerando per le opere in CLS armato un peso di volume di  $25\text{kN/m}^3$  e per il rilevato soprastante l'opera un peso di volume di  $20\text{kN/m}^3$  (come definito in relazione geotecnica, Rif.3.2.1).

In particolare si considerano i seguenti parametri geometrici e pressioni di progetto:

**Scatolare Stradale:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B_{sott} = 15.2\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 15.0\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.6\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 180\text{kPa}.$

**Muri ad U lato Ovest:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B = 16.1\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 12.9\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.6\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 130\text{kPa}.$

**Muri ad U lato Est:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B = 16.2\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 9.1\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.6\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 120\text{kPa}.$

Dal momento che il rilevato stradale (ramo C dello svincolo SVA04) in cui l'opera verrà inserita è già esistente, non si svilupperanno cedimenti "indiretti".


Per lo stesso motivo, dal momento che l'opera finita trasmetterà al terreno di fondazione pressioni inferiori a quelle attualmente trasmesse dal rilevato esistente, i cedimenti "diretti" vengono valutati considerando per i materiali di sottofondo i valori di rigidità in "ricarico".


**Figura 2.30** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale.

Si evidenzia che, essendo i cedimenti "indiretti" nulli, i cedimenti diretti e totali coincidono.

Dal momento che la costruzione dell'opera comporta una variazione dello stato di sforzo che interessa degli strati di materiali fini aventi spessore significativo, sono stati calcolati i cedimenti sia a breve che a lungo termine.

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brehemi SpA  


	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	32 di 104

Del cedimento “a lungo termine”, il 15% circa si sviluppa all’interno dello strato limoso superficiale. L’esame dettagliato delle fotografie delle cassette catalogatrici permette di affermare che i materiali costituenti tale livello (peraltro caratterizzati da una non trascurabile componente granulare) non si presentano come strato prettamente “continuo”, ma sono caratterizzati da varie intercalazioni sabbiose e ghiaiose. È pertanto possibile asserire che all’interno di tale strato il processo di consolidazione avrà un decorso estremamente rapido e tale quota di cedimenti differiti avverrà in un tempo molto breve.

Il restante 85% del cedimento “a lungo termine” si avrà invece all’interno dello strato coesivo profondo, per il quale è possibile considerare uno spessore “continuo” di 8m (da 17.5 a 25.5m da p.c.). Per tale livello è possibile stimare il tempo richiesto per il verificarsi della buona parte (90%) dei cedimenti a lungo termine, considerando la seguente formulazione in accordo a quanto riportato nella relazione metodologica al Rif.3.2.2.

$c_v = 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$       coefficiente di consolidazione; tale valore è stato stimato considerando le granulometrie disponibili (netta prevalenza, all’interno della frazione fine, della componente limosa rispetto a quella argillosa) e i limiti di Atterberg misurati ( $w_L=28\%$ , correlazione al Rif.3.3.15)

$H = 4.0\text{m}$       massimo percorso di drenaggio

$$t_{90\%} = \frac{H^2 \cdot 0.848}{c_v} \cong 10.5 \text{ mesi}$$

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA





## 2.9 SOA06 – Sottovia Ramo E

### 2.9.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: S.006, SE13Apz, SE15A, SE14Apz, S.333, SE16Apz.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif. 3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella relazione geotecnica (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.5**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.13** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.14** Densità relativa;
- **Figura 2.15** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.16** Modulo elastico  $E_{25}$  ;
- **Figura 2.17** Coesione non drenata ;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 8.5m da P.C..

### 2.9.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Scatolare stradale:**

Larghezza della fondazione:	$B = 25.35\text{m};$
Quota d'imposta della fondazione:	$z = 1.2\text{m da P.C.};$
<b><u>SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):</u></b>	
Carico assiale:	$N = 4787 \text{ kN/m};$

### 2.9.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

#### **Scatolare stradale:**


SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

#### **Tabella 2.16**

Società di Progetto  
Brebemi SpA

in cui:



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	34 di 104

B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
Q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
Q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
Q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
Q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
N <sub>c</sub>	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
N <sub>r,d_coesivo</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
N <sub>r,d</sub>	valore minimo tra N <sub>r,d_granulare</sub> e N <sub>r,d_coesivo</sub> .

La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.9.4 Calcolo cedimenti

La configurazione geometrica complessa del sottovia e dei rilevati stradali soprastanti (rami A e I dello svincolo SVA04) rende necessaria l'adozione di un approccio di calcolo specifico per l'opera in esame. In tale calcolo si tiene conto anche dell'effetto dei tratti di muro ad U di accesso allo scatolare.

L'opera di attraversamento interseca i rami A ed I dello svincolo SVA04 obliquamente, seguendo la curvatura dell'asse Z. Ne risulta che sia i muri ad U di accesso al sottovia che il sottovia stesso hanno una pianta a geometria irregolare.

Società di Progetto  
Brebemi SpA



Per la stima dei cedimenti, si fa riferimento ad uno schema di fondazione rettangolare equivalente avente lato maggiore (L) coincidente alla lunghezza dello scatolare (e dei tratti dei muri ad U) in corrispondenza dell'asse Z e lato minore B pari alla larghezza dell'opera lungo una sezione perpendicolare all'asse stradale Z.

Il cedimento "diretto" viene calcolato nell'ipotesi che su tale fondazione agisca una pressione di esercizio  $p_{SLE}$  valutata sulla base della geometria di progetto considerando per le opere in CLS armato un peso di volume di  $25\text{kN/m}^3$  e per il rilevato soprastante l'opera un peso di volume di  $20\text{kN/m}^3$  (come definito in relazione geotecnica, Rif.3.2.1).

In particolare si considerano i seguenti parametri geometrici e pressioni di progetto:

**Scatolare Stradale:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B_{sott} = 15.0\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 25.0\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.2\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 180\text{kPa}.$

**Muri ad U lato Ovest:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B = 16.0\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 10.0\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.2\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 125\text{kPa}.$

**Muri ad U lato Est:**

Larghezza equivalente della fondazione	$B = 16.0\text{m};$
Lunghezza fondazione (in asse Z)	$L = 8.0\text{m};$
Quota d'imposta	$z = 1.2\text{m da P.C.};$
Pressione media SLE	$p_{SLE} = 125\text{kPa}.$


Inoltre, per stimare i cedimenti "indiretti" indotti dal rilevato (rami A e I) dello svincolo sull'opera in oggetto, si considerano le seguenti dimensioni del rilevato, definite sulla base della sezione di progetto A25-I1.

**Ramo A-I:**

Altezza media rilevato (da P.C.):	$H_{ril} = 12.0\text{m};$
Larghezza del rilevato alla base:	$B_{ril} = 60.0\text{m}.$

L'andamento dei cedimenti dello scatolare, definiti lungo l'asse del ramo stradale Z lungo cui esso si sviluppa, somma dei due contributi "diretto" ed "indiretto" è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.31** Cedimenti "diretti", "indiretti" e totali dello scatolare stradale.

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	36 di 104

Dal momento che la costruzione dell'opera e quella dei rilevati prospicienti comporta una variazione dello stato di sforzo che interessa degli strati di materiali fini aventi spessore significativo, sono stati calcolati i cedimenti sia a breve che a lungo termine.

Del cedimento "a lungo termine", il 15% circa si sviluppa all'interno dello strato limoso superficiale. L'esame dettagliato delle fotografie delle cassette catalogatrici permette di affermare che i materiali costituenti tale livello (peraltro caratterizzati da una non trascurabile componente granulare) non si presentano come strato prettamente "continuo", ma sono caratterizzati da varie intercalazioni sabbiose e ghiaiose. È pertanto possibile asserire che all'interno di tale strato il processo di consolidazione avrà un decorso estremamente rapido e tale quota di cedimenti differiti avverrà in un tempo molto breve.

Il restante 85% del cedimento "a lungo termine" si avrà invece all'interno dello strato coesivo profondo, per il quale è possibile considerare uno spessore "continuo" di 8m (da 17.5 a 25.5m da p.c.). Per tale livello è possibile stimare il tempo richiesto per il verificarsi della buona parte (90%) dei cedimenti a lungo termine, considerando la seguente formulazione in accordo a quanto riportato nella relazione metodologica al Rif.3.2.2.

$c_v = 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$       coefficiente di consolidazione; tale valore è stato stimato considerando le granulometrie disponibili (netta prevalenza, all'interno della frazione fine, della componente limosa rispetto a quella argillosa) e i limiti di Atterberg misurati ( $w_L=28\%$ , correlazione al Rif.3.3.15)

$H = 4.0\text{m}$       massimo percorso di drenaggio

$$t_{90\%} = \frac{H^2 \cdot 0.848}{c_v} \cong 10.5 \text{ mesi}$$

Si evidenzia che i cedimenti "indiretti", indotti dalla costruzione dei rilevati prospicienti lo scatolare, costituiscono la quota preponderante dei cedimenti totali.

## 2.10 SOA07 – Sottovia Poderale Antezate – Pk 7+733

### 2.10.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

Per la definizione del profilo geotecnico di progetto vengono utilizzati i dati ottenuti dai sondaggi più prossimi all'opera: S.001, S.332, SE17Apz.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche è riportata nell'Addendum alla relazione Geotecnica – Raccordo SP19-Tang. Sud Brescia (Rif. 3.2.6).

Utilizzando la stessa procedura adottata per la definizione dei profili geotecnici di progetto per tratta adottata nella *relazione geotecnica* (Rif. 3.2.1), è stato definito il profilo di progetto specifico per il sottopasso in oggetto.

Il profilo geotecnico di progetto è riportato in **Tabella 2.6**. Per maggior chiarezza si riportano i diagrammi principali sulla base dei quali sono stati definiti i parametri di progetto utilizzati per le verifiche geotecniche qui riportate:

- **Figura 2.18** Resistenza dinamica ( $N_{SPT}$ );
- **Figura 2.19** Densità relativa;
- **Figura 2.20** Angolo d'attrito di picco
- **Figura 2.21** Modulo elastico  $E_{25}$  ;
- **Figura 2.22** Coesione non drenata;

In accordo con quanto già anticipato al §2, si assume la quota di falda di progetto a circa 8.5m da P.C..

### 2.10.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### Scatolare stradale:

Larghezza della fondazione:  $B = 9.2\text{m}$ ;  
Lunghezza della fondazione:  $L = 50.3\text{m}$ ;  
Quota d'imposta della fondazione:  $z = 9.0\text{m}$  da P.C.;

#### SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

Carico assiale:  $N = 1711.00 \text{ kN/m}$ ;

#### SLE:

Carico assiale:  $N = 1016.40 \text{ kN/m}$ ;

### 2.10.3 Verifiche di capacità portante

La verifica di capacità portante è riportata nella seguente tabella:

Società di Progetto  
Brebemi SpA



### Scatolare stradale:

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

**Tabella 2.17**


in cui:

B	larghezza della fondazione;
z	quota d'imposta della fondazione in m da P.C.;
H <sub>ril</sub>	altezza del rilevato prospiciente lo scatolare in m da P.C.;
h <sub>w</sub>	profondità del livello di falda di progetto in m da P.C.;
Q <sub>lat</sub>	sovraccarico laterale alla quota d'imposta della fondazione;
N	azione verticale agente nel baricentro della fondazione;
Q <sub>med</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione al suolo alla quota d'imposta;
Q <sub>calcolo_coesivo</sub>	pressione media trasmessa dalla fondazione a livello della testa del primo strato coesivo presente al di sotto della fondazione entro B dalla quota d'imposta;
M	momento flettente agente nel baricentro della fondazione;
H	taglio agente nel baricentro della fondazione;
e	eccentricità del carico agente nel baricentro della fondazione;
H/N	obliquità del carico agente nel baricentro della fondazione;
B*	larghezza efficace della fondazione;
Q <sub>amm,d</sub>	pressione ammissibile di progetto;
N <sub>r,d_granulare</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno granulare;
T	somma degli spessori di tutti gli strati di materiale fine presenti entro B dalla quota d'imposta della fondazione;
N <sub>c</sub>	coefficiente di capacità portante per fondazioni su stratificazioni di materiali fini;
N <sub>r,d_coesivo</sub>	azione assiale ammissibile di progetto nel caso di calcolo per fondazione su terreno fine;
N <sub>r,d</sub>	valore minimo tra N <sub>r,d_granulare</sub> e N <sub>r,d_coesivo</sub> .

La verifica di capacità portante soddisfa la condizione  $N_{r,d} > N$ .

#### 2.10.4 Calcolo cedimenti

Per la stima dei cedimenti dello scatolare, oltre che alle caratteristiche geometriche dell'opera e del carico SLE sopra riportati attraverso i quali è stimato il cedimento

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	39 di 104

“diretto”, si considerando i due rilevati prospicienti lo scatolare aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

**Scatolare stradale BreBeMi – Concio 1:**

Altezza rilevato:  $H_{ril} = 1.3m;$

Larghezza del rilevato alla base:  $B_{ril} = 45m.$


L'andamento dei cedimenti indotti lungo l'asse longitudinale dello scatolare (sezione A-A) è riportato nella seguente figura:

**Figura 2.32** Cedimenti “diretti”, “indiretti” e totali dello scatolare stradale.

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	40 di 104

## 2.11 SOAX01 – Sottovia ramo collegamento tangenziale direzione BS

Si riportano i calcoli di capacità portante per il sottovia in oggetto facendo riferimento alle caratteristiche geotecniche del terreno sabbioso in sito.

Si omettono le valutazioni sui cedimenti in quanto non significative per l'opera in parola. Infatti per la realizzazione dell'opera si prevede un riporto modesto di terreno al di sopra della struttura scatolare (al massimo 1,80 m) compensato dallo scavo di terreno per l'imposta del piano fondazione (9,50 m al di sotto della zona di massimo riporto).

### 2.11.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

La stratigrafia di progetto risulta essere la seguente:

- da 0.00 a 6.00 m da p.c. Ghiaia/Sabbia  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi' = 35^\circ$ ;  $c' = 0$

Si assume la quota di falda di progetto a circa 14.0 m da imposta fondazione.

### 2.11.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### **Scatolare stradale:**

Larghezza della fondazione:  $B = 11.00\text{m}$ ;

Quota d'imposta della fondazione:  $z = 8.50\text{m}$  da P.C.;

#### **SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):**

Carico assiale permanente:  $N = 1230 \text{ kN/m}$ ;

Carico assiale variabile:  $N = 600\text{kN} / 3,0 \text{ m} \times 1,3 = 260 \text{ kN/m}$ ;

Momento del carico assiale variabile:  $M = 260 \text{ kN/m} \times 4,0 \text{ m} = 1040 \text{ kNm/m}$ ;

Carico verticale totale SLU :  $N = 1490 \text{ kN/m}$ ;

Momento totale SLU :  $M = 1040 \text{ kN/m}$ ;

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA





### 2.11.3 Verifiche di capacità portante

Si riporta di seguito la verifica di capacità portante facendo riferimento alle condizioni drenate trascurando il contributo di coesione efficace in quanto la condizione più gravosa.

#### Scatolare stradale:

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

DATI DI INPUT		
Larghezza della fondazione	B	11,00 m
Lunghezza della fondazione	L	1,00 m
Rapporto tra le lunghezze	B/L	0,09
Approfondimento della fondazione	D	8,50 m
Inclinazione della base		0,00 °
Sforzo normale		1490,00 kN
Taglio in direzione larghezza		0,00 kN
Taglio in direzione lunghezza		0,00 kN
Mom. flett. in direzione larghezza		1040,00 kNm
Mom. flett. in direzione lunghezza		0,00 kNm
Angolo di attrito del terreno		29,00 °
Coesione drenata		0,00 kPa
Peso specifico totale del terreno $\gamma$		20,00 kN/m <sup>3</sup>
Profondità della falda da p.c. $z_f$		14,00 m
Distanza quota di falda - piano di imposta fondazione $z_w$		5,50 m
Peso specifico di calcolo $\gamma'_c$		15,73 kN/m <sup>3</sup>
Pressione in superficie		0,00 kPa
Peso specifico del terreno latitante $\gamma_{lat}$		20,00 kN/m <sup>3</sup>
Pressione al piano di posa delle fondazioni		170,00 kPa
Eccentricità in direzione larghezza		0,70 m
Eccentricità in direzione lunghezza		0,00 m
Larghezza ridotta		9,60 m
Lunghezza ridotta		1,00 m
Coefficiente $\gamma_R$		<b>1,80</b>
Inclinazione piano campagna		0,00 °

RISULTATI					
		Termine di superficie	Termine di coesione	Termine di profondità	
		$0.5 \cdot \gamma \cdot B' = 75,52$	$c' = 0,00$	$q' = 170,00$	
<b>Fattori di :</b>					
capacità portante		<b>N<sub>γ</sub> =</b>	19,34	<b>N<sub>c</sub> =</b>	27,86
forma		<b>s<sub>γ</sub> =</b>	1,00	<b>s<sub>c</sub> =</b>	1,00
approfondimento		<b>d<sub>γ</sub> =</b>	/	<b>d<sub>c</sub> =</b>	1,28
<b>Fattori correttivi di :</b>					
incl. del carico		<b>i<sub>γ</sub> =</b>	1,00	<b>i<sub>c</sub> =</b>	1,00
incl. della base		<b>b<sub>γ</sub> =</b>	1,00	<b>b<sub>c</sub> =</b>	1,00
incl. piano campagna		<b>g<sub>γ</sub> =</b>	1,00	<b>g<sub>c</sub> =</b>	1,00
<b>Termini complessivi di :</b>					
Superficie			<b>1460,41</b>		
Coesione			<b>0,00</b>		
Profondità			<b>3523,35</b>		
Pressione media (N/A) =	155,14	<b>kPa</b>			
Pressione limite =	2.768,75	<b>kPa</b>			
Carico limite =	<b>26.591,15</b>	<b>kN</b>			

La verifica di capacità portante risulta largamente soddisfatta in quanto  $N_{lim\_res} > N_{SLU}$

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



## 2.12 SOAX02 – Sottovia Poderale Rampa A4 – BreBeMi

Si riportano i calcoli di capacità portante per il sottovia in oggetto facendo riferimento alle caratteristiche geotecniche del terreno limoso-argilloso in quanto la condizione più gravosa.

Si omettono le valutazioni sui cedimenti in quanto non significative per l'opera in parola. Infatti per la realizzazione dell'opera si prevede un riporto modesto di terreno al di sopra della struttura scatolare (al massimo 2,20 m) compensato dallo scavo di terreno per l'imposta del piano fondazione (5,40 m al di sotto della zona di massimo riporto).

### 2.12.1 Parametri geotecnici e idrogeologici di riferimento

La stratigrafia di progetto risulta essere la seguente:

- da 0.00 a 9.00 m da p.c. Limo/Argilla  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi' = 30^\circ$ ;  $c' = 10 \text{ kPa}$ ;  $C_u = 100 \text{ kPa}$

Si assume la quota di falda di progetto a circa 7.0 m da imposta fondazione.

### 2.12.2 Geometria e carichi di progetto

Si considerano le seguenti caratteristiche geometriche e carichi agenti sull'opera di fondazione derivati dalla specifica relazione strutturale:

#### Scatolare stradale:

Larghezza della fondazione:  $B = 6.80\text{m}$ ;

Quota d'imposta della fondazione:  $z = 5.50\text{m}$  da P.C.;

#### SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

Carico assiale permanente:  $N = 668 \text{ kN/m}$ ;

Carico assiale variabile:  $N = 600\text{kN} / 3,0 \text{ m} \times 1,3 = 260 \text{ kN/m}$ ;

Momento del carico assiale variabile:  $M = 260 \text{ kN/m} \times 1,9 \text{ m} = 494 \text{ kNm/m}$ ;

Carico totale SLU :  $N = 928 \text{ kN/m}$ ;

Momento totale SLU :  $M = 494 \text{ kN/m}$ ;

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



### 2.12.3 Verifiche di capacità portante

Si riporta di seguito la verifica di capacità portante facendo riferimento alle condizioni drenate trascurando il contributo di coesione efficace in quanto la condizione più gravosa.

#### Scatolare stradale:

SLU-GEO (approccio 1, combinazione 2):

DATI DI INPUT		
Larghezza della fondazione	B	6,80 m
Lunghezza della fondazione	L	1,00 m
Rapporto tra le lunghezze	B/L	0,15
Approfondimento della fondazione	D	5,50 m
Inclinazione della base		0,00 °
Sforzo normale		928,00 kN
Taglio in direzione larghezza		0,00 kN
Taglio in direzione lunghezza		0,00 kN
Mom. flett. in direzione larghezza		494,00 kNm
Mom. flett. in direzione lunghezza		0,00 kNm
Angolo di attrito del terreno		24,80 °
Coesione drenata		0,00 kPa
Peso specifico totale del terreno $\gamma$		20,00 kN/m <sup>3</sup>
Profondità della falda da p.c. $z_f$		7,00 m
Distanza quota di falda - piano di imposta fondazione $z_w$		1,50 m
Peso specifico di calcolo $\gamma'_c$		12,62 kN/m <sup>3</sup>
Pressione in superficie		0,00 kPa
Peso specifico del terreno latistante $\gamma_{lat}$		20,00 kN/m <sup>3</sup>
Pressione al piano di posa delle fondazioni		110,00 kPa
Eccentricità in direzione larghezza		0,53 m
Eccentricità in direzione lunghezza		0,00 m
Larghezza ridotta		5,74 m
Lunghezza ridotta		1,00 m
Coefficiente $\gamma_R$		<b>1,80</b>
Inclinazione piano campagna		0,00 °


RISULTATI			
	Termine di superficie	Termine di coesione	Termine di profondità
	$0.5 \cdot \gamma \cdot B' = 36,18$	$c' = 0,00$	$q' = 110,00$
<b>Fattori di :</b>			
capacità portante	$N_{\gamma} = 10,57$	$N_c = 20,43$	$N_q = 10,44$
forma	$s_{\gamma} = 1,00$	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$
approfondimento	$d_{\gamma} = /$	$d_c = 1,33$	$d_q = 1,30$
<b>Fattori correttivi di :</b>			
incl. del carico	$i_{\gamma} = 1,00$	$i_c = 1,00$	$i_q = 1,00$
incl. della base	$b_{\gamma} = 1,00$	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$
incl. piano campagna	$g_{\gamma} = 1,00$	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$
<b>Termini complessivi di :</b>			
Superficie	<b>382,47</b>		
Coesione	<b>0,00</b>		
Profondità	<b>1491,45</b>		
Pressione media (N/A)' =	161,80	<b>kPa</b>	
Pressione limite=	1.041,07	<b>kPa</b>	
Carico limite=	<b>5.970,89</b>	<b>kN</b>	

La verifica di capacità portante risulta largamente soddisfatta in quanto  $N_{lim\_res} > N_{SLU}$

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	46 di 104

BreBeMi - Lotto 0A - Sottovia Via Chiesa Vecchia																							
Quota da P.C		Descrizione	Unità	Parametri in condizioni drenate										Parametri in condizioni non drenate					Peso di volume		Permeabilità* k (m/s)		
da (m)	a			$\phi_{k\_SPT}^*$ (°)	$\phi_{k\_CONTROLLO}^*$ (°)	$\phi_k^*$ (°)	$\phi_{dM1}^*$ (°)	$\phi_{dM2}^*$ (°)	$c_k$ (kPa)	$c_{dM1}$ (kPa)	$c_{dM2}$ (kPa)	$E'_{25}$ da   a (MPa)	$E_{LT}$ da   a (MPa)	$C_{uk}^{**}$ (kPa)	$C_{u_{dM1}}$ (kPa)	$C_{u_{dM2}}$ (kPa)	$E_u$ da   a (MPa)	naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	sommerso $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )				
0.0	1.0	Limo	V	-	-	30	30	25	0	0	0	-	-	4.8	4.8	40	40	29	16	16	20	11	$1 \times E^{-5} \pm E^{-9}$
1.0	20.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	42	38	40	40	34	0	0	0	30	60	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5} \pm E^{-7}$
20.0	35.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	42	38	40	40	34	0	0	0	60	60	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5} \pm E^{-7}$

\* La permeabilità è stimata sulla base della granulometria / descrizione stratigrafica e, quando disponibili, su prove di permeabilità in sito.

\*\* Per tutte le verifiche di stabilità dei rilevati e di capacità portante delle fondazioni superficiali, per strati di materiale fine presenti nei primi 4+5m da P.C. si dovrà considerare un valore caratteristico minimo di coesione non drenata pari a 30+40 kPa (si veda §3.3.1).

**Tabella 2.1 – Profilo geotecnico di riferimento – SP19-Sottovia Via Chiesa Vecchia**

BreBeMi - Lotto 0A - Sottovia Via Brusati / Galleria Rampa D																							
Quota da P.C		Descrizione	Unità	Parametri in condizioni drenate										Parametri in condizioni non drenate					Peso di volume		Permeabilità* k (m/s)		
da (m)	a			$\phi_{k\_SPT}^*$ (°)	$\phi_{k\_CONTROLLO}^*$ (°)	$\phi_k^*$ (°)	$\phi_{dM1}^*$ (°)	$\phi_{dM2}^*$ (°)	$c_k$ (kPa)	$c_{dM1}$ (kPa)	$c_{dM2}$ (kPa)	$E'_{25}$ da   a (MPa)	$E_{LT}$ da   a (MPa)	$C_{uk}^{**}$ (kPa)	$C_{u_{dM1}}$ (kPa)	$C_{u_{dM2}}$ (kPa)	$E_u$ da   a (MPa)	naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	sommerso $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )				
0.0	20.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	40	36	38	38	32	0	0	0	15	30	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-4} \pm E^{-6}$
20.0	30.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	40	36	38	38	32	0	0	0	30	30	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-4} \pm E^{-6}$

\* La permeabilità è stimata sulla base della granulometria / descrizione stratigrafica e, quando disponibili, su prove di permeabilità in sito.

\*\* Per tutte le verifiche di stabilità dei rilevati e di capacità portante delle fondazioni superficiali, per strati di materiale fine presenti nei primi 4+5m da P.C. si dovrà considerare un valore caratteristico minimo di coesione non drenata pari a 30+40 kPa (si veda §3.3.1).

**Tabella 2.2 – Profilo geotecnico di riferimento – SP19-Sottovia Via Brusati e Galleria Ramo D**

Società di Progetto  
Brebemi SpA



BreBeMi - Lotto 0A - Galleria Rampa A																								
Quota da P.C.		Descrizione	Unità	Parametri in condizioni drenate											Parametri in condizioni non drenate				Peso di volume		Permeabilità* k			
da	a			$\phi'_{k\_SPT}$	$\phi'_{k\_CONTROLLO}$	$\phi'_k$	$\phi'_{dM1}$	$\phi'_{dM2}$	$c'_k$	$c'_{dM1}$	$c'_{dM2}$	$E'_{25}$	$E_{LT}$	$C_{uk}^{**}$	$C_{UdM1}$	$C_{UdM2}$	$E_u$	naturale $\gamma_n$	sommerso $\gamma'$					
(m)	(m)	(-)	(-)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	da	a	da	a	(kPa)	(kPa)	(kPa)	da	a	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(m/s)	
0.0	10.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	41	38	39	39	33	0	0	0	20	40	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-4} + E^{-6}$	
10.0	30.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	41	38	39	39	33	0	0	0	60	60	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-4} + E^{-6}$	

\* La permeabilità è stimata sulla base della granulometria / descrizione stratigrafica e, quando disponibili, su prove di permeabilità in sito.

\*\* Per tutte le verifiche di stabilità dei rilevati e di capacità portante delle fondazioni superficiali, per strati di materiale fine presenti nei primi 4+5m da P.C. si dovrà considerare un valore caratteristico minimo di coesione non drenata pari a 30+40 kPa (si veda §3.3.1).

**Tabella 2.3 – Profilo geotecnico di riferimento – SP19- Galleria Ramo A**

BreBeMi - Lotto 0A - Pk da 2+150 a 4+000																									
Quota da P.C.		Descrizione	Unità	Parametri in condizioni drenate											Parametri in condizioni non drenate				Peso di volume		Permeabilità* k				
da	a			$\phi'_{k\_SPT}$	$\phi'_{k\_CONTROLLO}$	$\phi'_k$	$\phi'_{dM1}$	$\phi'_{dM2}$	$c'_k$	$c'_{dM1}$	$c'_{dM2}$	$E'_{01}$	$E'_{25}$	$E_{LT}$	$C_{uk}^{**}$	$C_{UdM1}$	$C_{UdM2}$	$E_u$	naturale $\gamma_n$	sommerso $\gamma'$					
(m)	(m)	(-)	(-)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	da	a	da	a	da	a	(kPa)	(kPa)	(kPa)	da	a	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(m/s)
0.0	1.0	Limo	V	-	-	30	30	25	0	0	0	-	-	-	-	1.2	1.2	10	10	7	4	4	20	11	$1 \times E^{-8} + E^{-9}$
1.0	13.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	40	35	38	38	32	0	0	0	40	95	10	23	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5} + E^{-7}$
13.0	15.0	Limo	V	-	-	30	30	25	0	0	0	-	-	-	-	6	6	50	50	36	20	20	20	11	$1 \times E^{-8} + E^{-9}$
15.0	20.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	40	35	38	38	32	0	0	0	105	120	25	30	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5} + E^{-7}$
20.0	35.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	40	35	38	38	32	0	0	0	130	120	30	30	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5} + E^{-7}$

NOTA: Il profilo è una semplificazione della stratigrafia mediamente incontrata tra le Pk di riferimento definita sulla base dei dati disponibili. Tale stratigrafia è da considerarsi valida per le opere minori (sottovia/tombini) e per i rilevati/trincee per le quali non siano previste particolarità realizzative. Per tutte le altre opere ed i casi particolari si dovrà far riferimento ai profili geotecnici specifici.

\* La permeabilità è stimata sulla base della granulometria / descrizione stratigrafica e, quando disponibili, su prove di permeabilità in sito.

\*\* Per tutte le verifiche di stabilità dei rilevati e di capacità portante delle fondazioni superficiali, per strati di materiale fine presenti nei primi 4+5m da P.C. si dovrà considerare un valore caratteristico minimo di coesione non drenata pari a 30+40 kPa (si veda §3.3.1).

**Tabella 2.4 – Profilo geotecnico di riferimento – SOAW1 (tratta da Pk 2+150 a 4+000)**

Società di Progetto  
Brebemi SpA



BreBeMi - Lotto 0A - SVA04 - Svincolo Tangenziale Sud di Brescia																									
Quota da P.C		Descrizione	Unità	Parametri in condizioni drenate											Parametri in condizioni non drenate					Peso di volume		Permeabilità* k (m/s)			
da	a			$\phi'_{k\_SPT}$	$\phi'_{k\_CONTROLLO}$	$\phi'_k$	$\phi'_{dM1}$	$\phi'_{dM2}$	$c'_k$	$c'_{dM1}$	$c'_{dM2}$	$E'_{25}$	$E_{LT}$	$C_{uk}^{**}$	$C_{u_{dM1}}$	$C_{u_{dM2}}$	$E_u$	naturale $\gamma_n$	sommerso $\gamma'$						
(m)	(m)	(-)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )							
0.0	4.0	Limo / Argilla	V / VI	-	-	30	30	25	10	10	8	-	-	20	20	100	100	71	30	30	20	11	$1 \times E^{-8.5} E^{-9}$		
4.0	17.5	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	42	38	40	40	34	0	0	0	40	40	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5.5} E^{-7}$		
17.5	25.5	Limo / Argilla	V / VI	-	-	30	30	25	10	10	8	-	-	12	12	100	100	71	40	40	20	11	$1 \times E^{-8.5} E^{-9}$		
25.5	35.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa	II / III	42	38	40	40	34	0	0	0	60	60	-	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5.5} E^{-7}$		

\* La permeabilità è stimata sulla base della granulometria / descrizione stratigrafica e, quando disponibili, su prove di permeabilità in sito.

\*\* Per tutte le verifiche di stabilità dei rilevati e di capacità portante delle fondazioni superficiali, per strati di materiale fine presenti nei primi 4+5m da P.C. si dovrà considerare un valore caratteristico minimo di coesione non drenata pari a 30+40 kPa (si veda §3.3.1).

**Tabella 2.5 – Profilo geotecnico di riferimento – SVA04- Svincolo Tangenziale Sud di brescia**

BreBeMi - Lotto 0A - SOA07																									
Quota da P.C		Descrizione	Unità	Parametri in condizioni drenate											Parametri in condizioni non drenate					Peso di volume		Permeabilità* k (m/s)			
da	a			$\phi'_{k\_SPT}$	$\phi'_{k\_CONTROLLO}$	$\phi'_k$	$\phi'_{dM1}$	$\phi'_{dM2}$	$c'_k$	$c'_{dM1}$	$c'_{dM2}$	$E'_{01}$	$E'_{25}$	$E_{LT}$	$C_{uk}^{**}$	$C_{u_{dM1}}$	$C_{u_{dM2}}$	$E_u$	naturale $\gamma_n$	sommerso $\gamma'$					
(m)	(m)	(-)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )					
0.0	9.0	Limo / Argilla	V / VI	-	-	30	30	25	10	10	8	-	-	-	-	15	15	100	100	71	30	30	20	11	$1 \times E^{-8.5} E^{-9}$
9.0	16.5	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	43	38	40	40	34	0	0	0	105	145	40	40	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5.5} E^{-7}$	
16.5	30.0	Limo / Argilla	V / VI	-	-	30	30	25	10	10	8	-	-	-	-	12	12	100	100	71	40	40	20	11	$1 \times E^{-8.5} E^{-9}$
30.0	35.0	Ghiaia sabbiosa / Sabbia ghiaiosa	II / III	43	38	40	40	34	0	0	0	190	190	70	70	-	-	-	-	-	-	20	11	$1 \times E^{-5.5} E^{-7}$	

\* La permeabilità è stimata sulla base della granulometria / descrizione stratigrafica e, quando disponibili, su prove di permeabilità in sito.

\*\* Per tutte le verifiche di stabilità dei rilevati e di capacità portante delle fondazioni superficiali, per strati di materiale fine presenti nei primi 4+5m da P.C. si dovrà considerare un valore caratteristico minimo di coesione non drenata pari a 30+40 kPa (si veda §3.3.1).

**Tabella 2.6 – Profilo geotecnico di riferimento – SOA07**



<b>WBS</b>	SP19 - SOTTOVIA VIA CHIESA VECCHIA - Pk 0+250 a 0+304 asse N - SCATOLARE STRADALE
<b>METODO</b>	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rit</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d granulare</sub>	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d coesivo</sub>	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	6.2	5.8	1.8	16	152	1363	219.84	-	0	0	0.00	0.00	6.20	3900	24183	-	-	-	-	-	24183

GRANULARE	
φ <sub>dm2</sub> (°)	34
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

1° strato Coesivo	
Cu <sub>dm2</sub> (kPa)	-
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	-
h <sub>testa</sub> (m)	-
h <sub>piede</sub> (m)	-


NTC2008	
γ <sub>R,CAP</sub>	1.8
γ <sub>R,SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

APPROVATO SDR

**Tabella 2.7** – SP19 – Sottovia Via Chiesa Vecchia – Verifica capacità portante SLU-GEO



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	50 di 104

WBS	SP19 SOTTOVIA VIA BRUSATI - Pk 0+076 a 0+159 asse N - SCATOLARE STRADALE
METODO	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rit</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d,granulare</sub>	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d,coesivo</sub>	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	10.6	4.3	3.3	16	152	2316.7	218.56	-	0	0	0.00	0.00	10.60	3736	39606	-	-	-	-	-	39606

GRANULARE	
φ <sub>dM2</sub> (°)	32
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11


1° strato Coesivo	
Cu <sub>dM2</sub> (kPa)	-
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	-
h <sub>resta</sub> (m)	-
h <sub>piede</sub> (m)	-

NTC2008	
γ <sub>R,CAP</sub>	1.8
γ <sub>R,SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

Tabella 2.8 – SP19 – Sottovia Via Brusati – Verifica capacità portante SLU-GEO

APPROVATO SDR

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	51 di 104

<b>WBS</b>	SP19 GALLERIA RAMP A - Pk 1+615 a 1+700 asse A - SCATOLARE STRADALE
<b>METODO</b>	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rit</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo		Verifiche			
														q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d</sub> granulare	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d</sub> coesivo	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	N <sub>r,d</sub> granulare (kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	N <sub>r,d</sub> coesivo (kN)	N <sub>r,d</sub> (kN)
Scatolare Stradale	18	11.8	1.1	16	258	3637.6	202.09	-	0	0	0.00	0.00	18.00	6086	109542	-	-	-	-	-	109542

GRANULARE	
φ <sub>dM2</sub> (°)	33
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

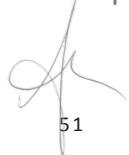
1° strato Coesivo	
Cu <sub>dM2</sub> (kPa)	-
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	-
h <sub>testa</sub> (m)	-
h <sub>piede</sub> (m)	-


NTC2008	
γ <sub>R,CAP</sub>	1.8
γ <sub>R,SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

APPROVATO SDR

**Tabella 2.9** – SP19 – Galleria Rampa A – Verifica capacità portante SLU-GEO



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	52 di 104

WBS	SP19 GALLERIA RAMPA D - Pk 4+485 a 4+560 asse D - SCATOLARE STRADALE - Tipologia 1
METODO	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rit</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d, granulare</sub>	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d, coesivo</sub>	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	18.6	10.65	0.9	16	231	3576	192.26	-	0	0	0.00	0.00	18.60	5141	95615	-	-	-	-	-	95615

GRANULARE	
φ <sub>dM2</sub> (°)	32
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

1° strato Coesivo	
Cu <sub>dM2</sub> (kPa)	-
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	-
h <sub>resta</sub> (m)	-
h <sub>piede</sub> (m)	-


NTC2008	
γ <sub>R, CAP</sub>	1.8
γ <sub>R, SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

Tabella 2.10 – SP19 – Galleria Rampa D – Tipo 1 – Verifica capacità portante SLU-GEO

APPROVATO SDR



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	53 di 104

<b>WBS</b>	SP19 GALLERIA RAMP A D - Pk 4+560 a 4+630 asse D - SCATOLARE STRADALE - Tipologia 2
<b>METODO</b>	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rit</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d granulare</sub>	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d coesivo</sub>	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	20.1	11.3	0.9	16	244	3840	191.04	-	0	0	0.00	0.00	20.10	5392	108377	-	-	-	-	-	108377

GRANULARE	
φ <sub>dM2</sub> (°)	32
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

1° strato Coesivo	
Cu <sub>dM2</sub> (kPa)	-
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	-
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	-
h <sub>testa</sub> (m)	-
h <sub>piede</sub> (m)	-


NTC2008	
γ <sub>R,CAP</sub>	1.8
γ <sub>R,SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

APPROVATO SDR

**Tabella 2.11** – SP19 – Galleria Rampa D – Tipo 2 – Verifica capacità portante SLU-GEO



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	54 di 104

WBS	SOAW1 - SCATOLARE STRADALE
METODO	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>ril</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d granulare</sub>	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d coesivo</sub>	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	13.5	7.67	2.1	16	195.4	2074.61	153.67	105.6	0	0	0.00	0.00	13.50	4461	60230	2.0	0.100	10.0	449.1	6063	6063

GRANULARE	
φ <sub>dM2</sub> (°)	32
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

1° strato Coesivo	
C <sub>u,dM2</sub> (kPa)	36
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11
h <sub>testa</sub> (m)	13
h <sub>piede</sub> (m)	15

NTC2008	
γ <sub>R_CAP</sub>	1.8
γ <sub>R_SCOR</sub>	1.1


Altri strati coesivi	
T(m)	0

Tabella 2.12 – SOAW1 – Scatolare stradale – Verifica capacità portante SLU-GEO

APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA

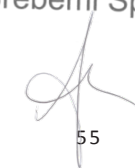



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	55 di 104

<b>WBS</b>		SOAW1 - TOMBINO																			
<b>METODO</b>		DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO																			
		<b>Granulare</b>											<b>Coesivo</b>				<b>Verifiche</b>				
<b>Sezione</b>	<b>B</b>	<b>z</b>	<b>H<sub>rit</sub></b>	<b>h<sub>w</sub></b>	<b>q<sub>lat</sub></b>	<b>N</b>	<b>q<sub>med</sub></b>	<b>q<sub>calcolo_coesivo</sub></b>	<b>M</b>	<b>H</b>	<b>e</b>	<b>H/N</b>	<b>B*</b>	<b>q<sub>amm,d</sub></b>	<b>N<sub>r,d,granulare</sub></b>	<b>T</b>	<b>T/B</b>	<b>N<sub>c</sub></b>	<b>q<sub>amm,d</sub></b>	<b>N<sub>r,d,coesivo</sub></b>	<b>N<sub>r,d</sub></b>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Tombino	2.4	2.46	1.35	17.35	76.2	243.89	101.62	16.7	0	0	0.00	0.00	2.40	1384	3322	2.0	0.800	5.1	875.8	2102	2102
<b>GRANULARE</b>				<b>1° strato Coesivo</b>																	
$\phi'_{dM2}$ (°)	32			$Cu_{dM2}$ (kPa)	36																
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	21			$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	21																
$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	20			$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	20																
$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	11			$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	11																
				$h_{testa}$ (m)	13																
				$h_{piede}$ (m)	15																
<b>NTC2008</b>				<b>Altri strati coesivi</b>																	
$\gamma_{R,CAP}$	1.8			$T(m)$	0																
$\gamma_{R,SCOR}$	1.1																				

APPROVATO SDR

**Tabella 2.13** – SOAW1 – Tombino – Verifica capacità portante SLU-GEO



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	56 di 104

WBS	SOA04 - SCATOLARE STRADALE
METODO	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rit</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d granulare</sub>	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm.d</sub>	N <sub>r,d coesivo</sub>	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	16.4	1.55	13	8.5	291	3205	195.43	195.4	0	0	0.00	0.00	16.40	7610	124803	2.5	0.100	10.0	556.1	9120	9120

GRANULARE	
φ <sub>dM2</sub> (°)	34
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

1° strato Coesivo	
Cu <sub>dM2</sub> (kPa)	71
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11
h <sub>testa</sub> (m)	1.55
h <sub>piede</sub> (m)	4


NTC2008	
γ <sub>R,CAP</sub>	1.8
γ <sub>R,SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

Tabella 2.14 – SOA04 – Verifica capacità portante SLU-GEO

APPROVATO SDR



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60400-00010-A00.doc	04RODII100010000000500A	00	57 di 104

WBS	SOA05 - SCATOLARE STRADALE
METODO	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rit</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo_coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d,granulare</sub>	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d,coesivo</sub>	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	22.1	1.55	11.5	8.5	261	4032.5	182.47	182.5	0	0	0.00	0.00	22.10	7834	173142	2.5	0.100	10.0	539.4	11922	<b>11922</b>

GRANULARE	
φ <sub>dM2</sub> (°)	34
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

1° strato Coesivo	
Cu <sub>dM2</sub> (kPa)	71
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11
h <sub>testa</sub> (m)	1.55
h <sub>piede</sub> (m)	4

NTC2008	
γ <sub>R,CAP</sub>	1.8
γ <sub>R,SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

Tabella 2.15 – SOA05 – Verifica capacità portante SLU-GEO

APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA



WBS	SOA06 - SCATOLARE STRADALE
METODO	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rl</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo_coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d</sub> granulare	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d</sub> coesivo	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	25.35	1.2	12	8.5	264	4787	188.84	185.9	0	0	0.00	0.00	25.35	8331	211197	2.5	0.100	10.0	549.7	13936	13936

GRANULARE	
φ <sub>dm2</sub> (°)	34
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11

1° strato Coesivo	
Cu <sub>dm2</sub> (kPa)	71
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11
h <sub>resta</sub> (m)	1.55
h <sub>piede</sub> (m)	4

NTC2008	
γ <sub>R_CAP</sub>	1.8
γ <sub>R_SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

Tabella 2.16 – SOA06 – Verifica capacità portante SLU-GEO

APPROVATO SDR

WBS	SOA07 - SCATOLARE STRADALE
METODO	DM 2008 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M2-R2) - SLU-GEO

Sezione	B	z	H <sub>rl</sub>	h <sub>w</sub>	q <sub>lat</sub>	N	q <sub>med</sub>	q <sub>calcolo_coesivo</sub>	M	H	e	H/N	B*	Granulare		Coesivo			Verifiche		
														q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d</sub> granulare	T	T/B	N <sub>c</sub>	q <sub>amm,d</sub>	N <sub>r,d</sub> coesivo	N <sub>r,d</sub>
(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kN)	(kPa)	(kPa)	(kNm)	(kN)	(m)	(-)	(m)	(kPa)	(kN)	(m)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)
Scatolare Stradale	9.2	9	2	8.5	215.5	1711	185.98	95.8	0	0	0.00	0.00	9.20	4679	43046	13.5	1.500	1.0	308.9	2842	2842

GRANULARE	
φ <sub>dm2</sub> (°)	34
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11


1° strato Coesivo	
Cu <sub>dm2</sub> (kPa)	71
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21
γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20
γ' (kN/m <sup>3</sup> )	11
h <sub>resta</sub> (m)	16.5
h <sub>piede</sub> (m)	30

NTC2008	
γ <sub>R_CAP</sub>	1.8
γ <sub>R_SCOR</sub>	1.1

Altri strati coesivi	
T(m)	0

Società di Progetto  
Brebemi SpA

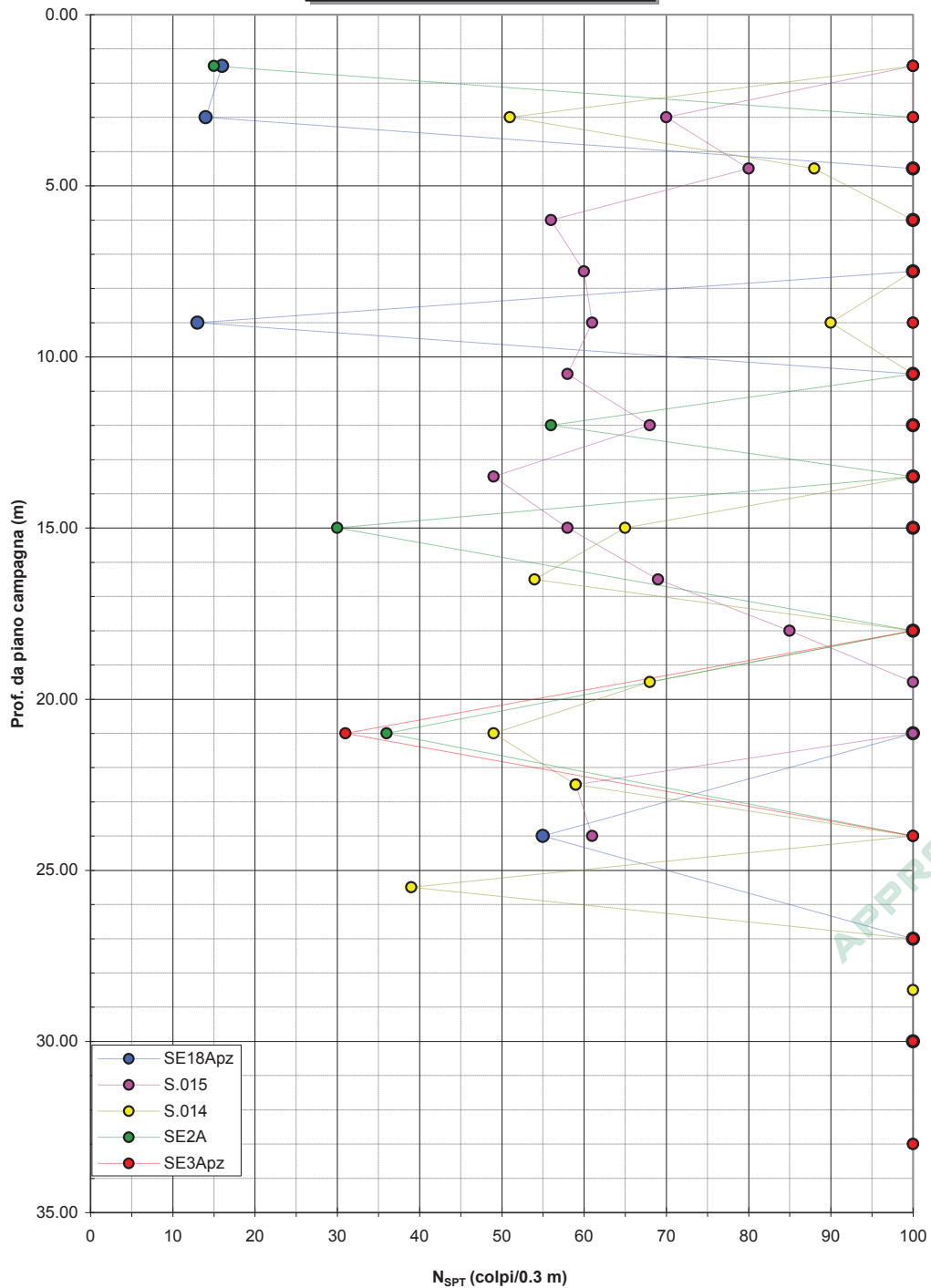


	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 59 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Tabella 2.17 – SOA07 – Verifica capacità portante SLU-GEO**

APPROVATO SDR

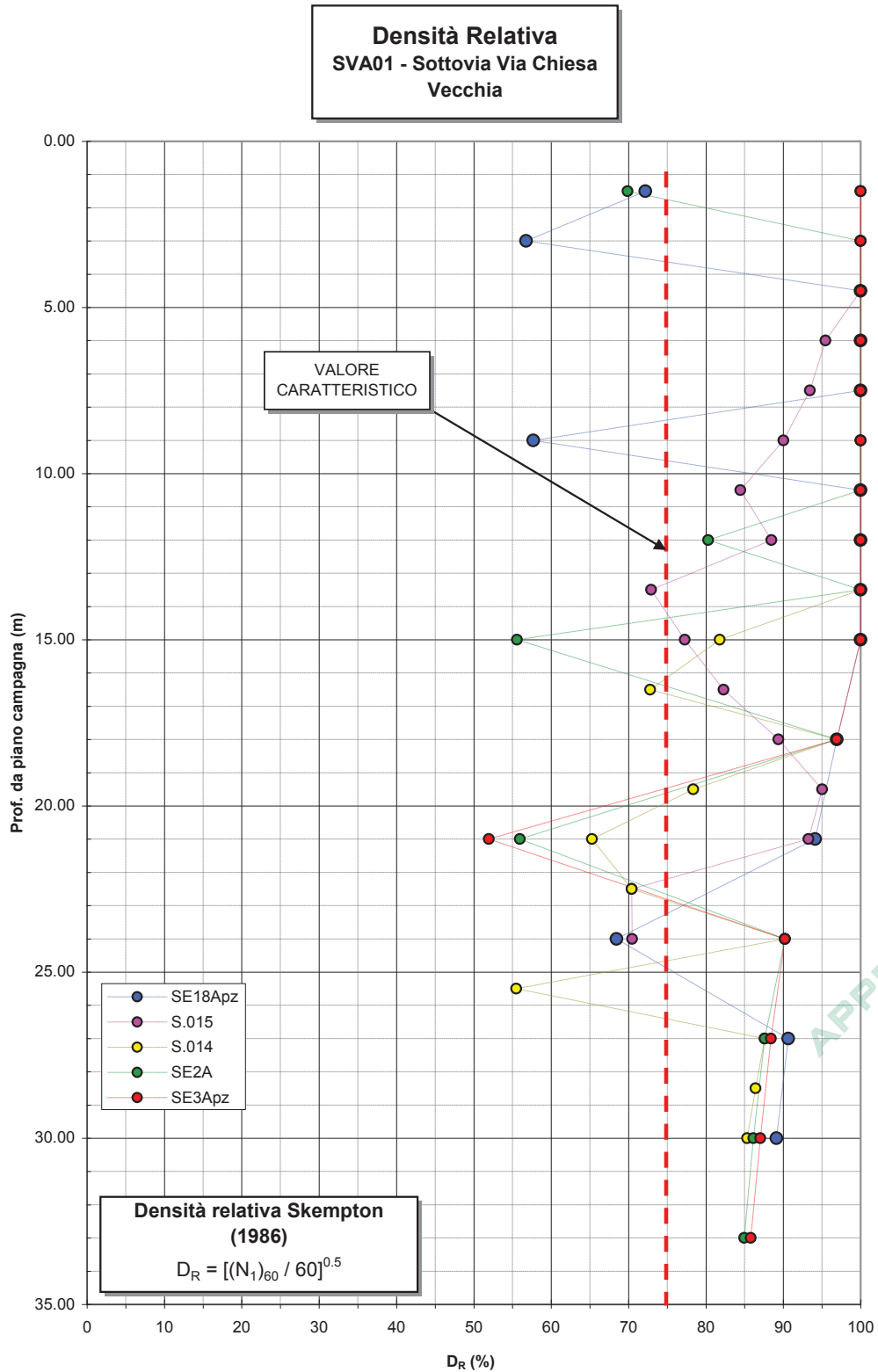
**Resistenza dinamica**  
**SVA01 - Sottovia Via Chiesa**  
**vecchia**



**Figura 2.1 – SVA01 – Sottovia Via Chiesa Vecchia: andamento resistenza dinamica per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



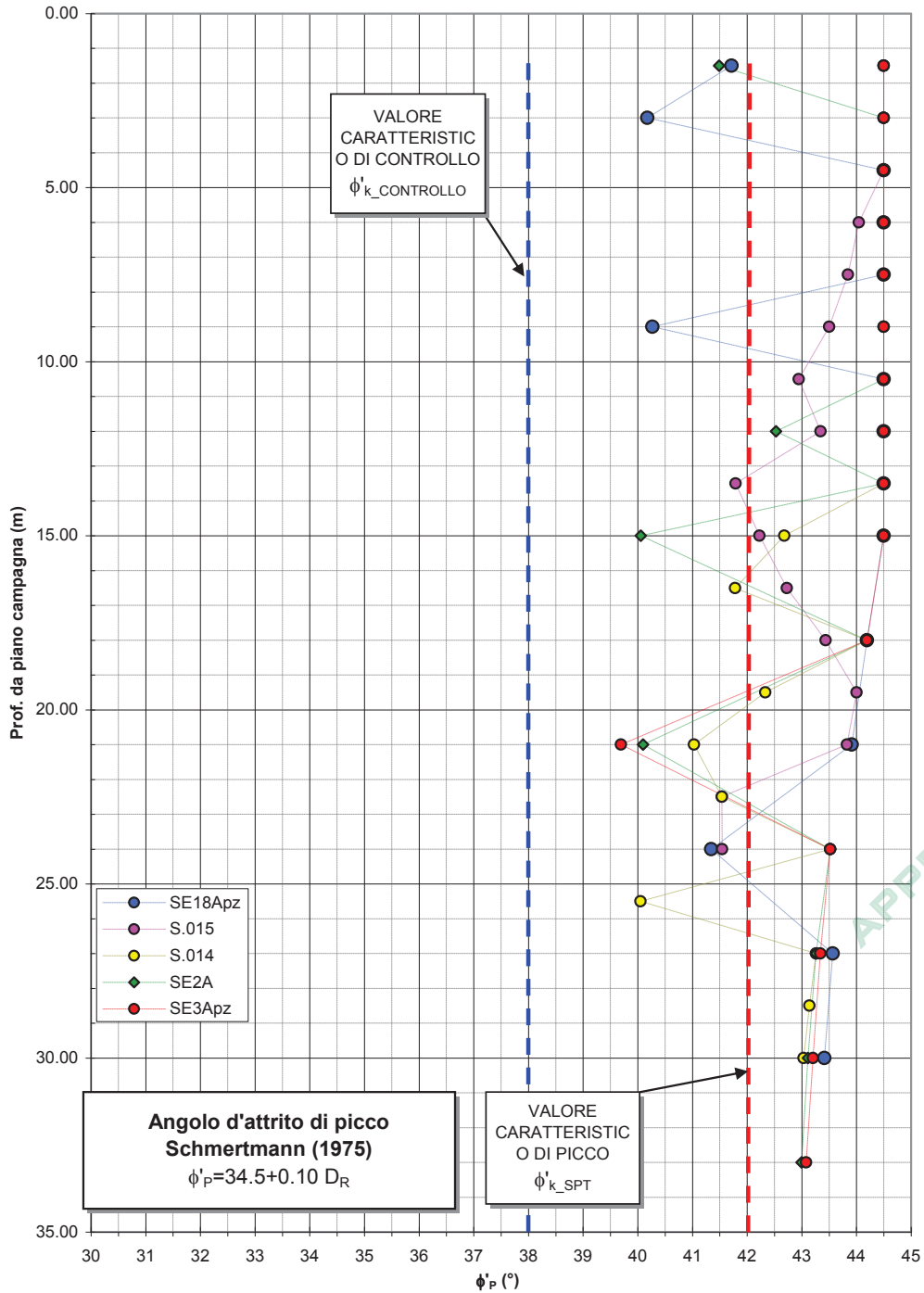


**Figura 2.2** – SVA01 – Sottovia Via Chiesa Vecchia: andamento densità relativa per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Angolo d'attrito di picco e operativo**  
**SVA01 - Sottovia Via Chiesa vecchia**

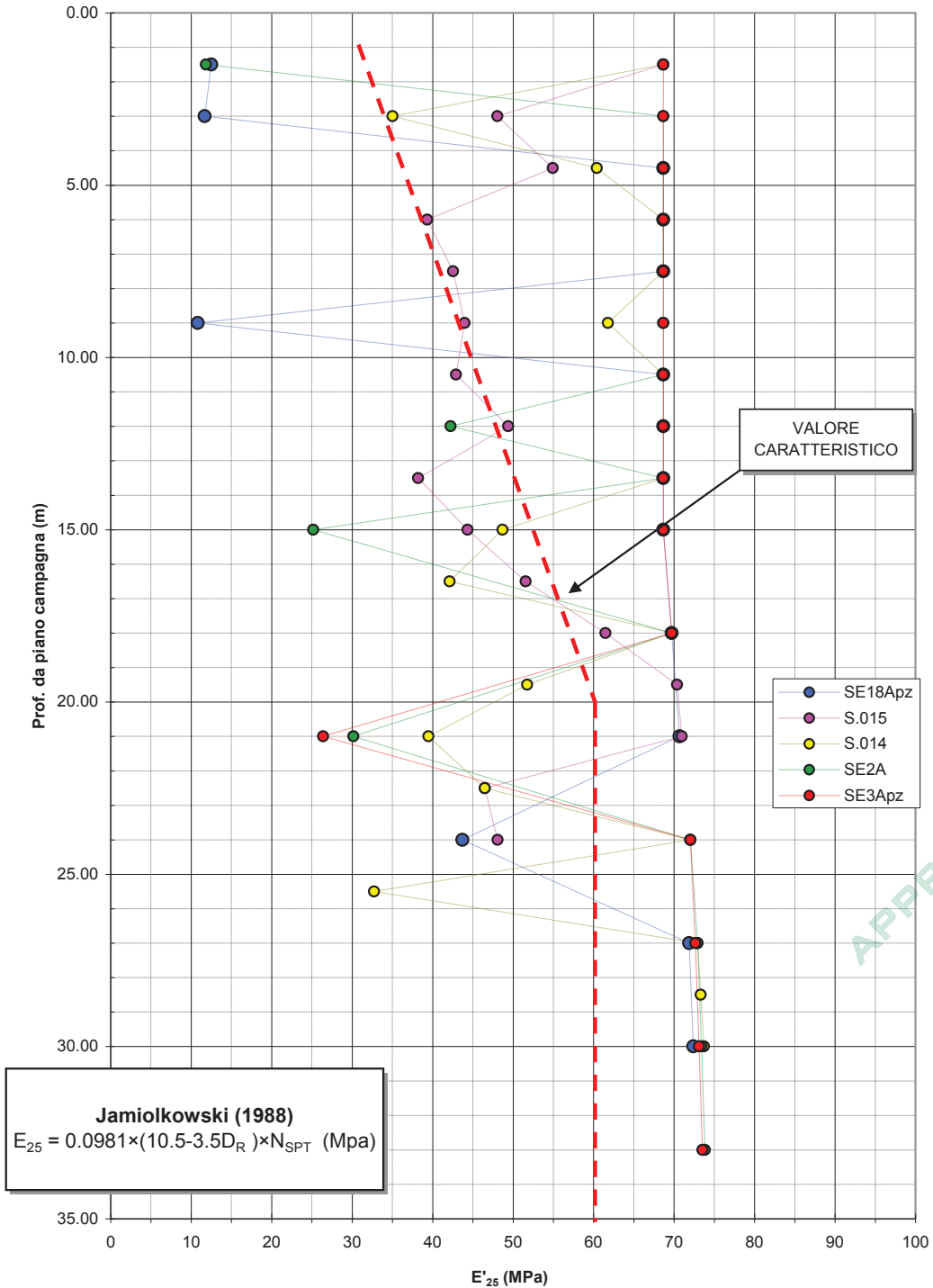


**Figura 2.3** – SVA01 – Sottovia Via Chiesa Vecchia: andamento angolo d'attrito di picco per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Modulo Elastico  $E_{25}$**   
**SVA01 - Sottovia Via Chiesa vecchia**

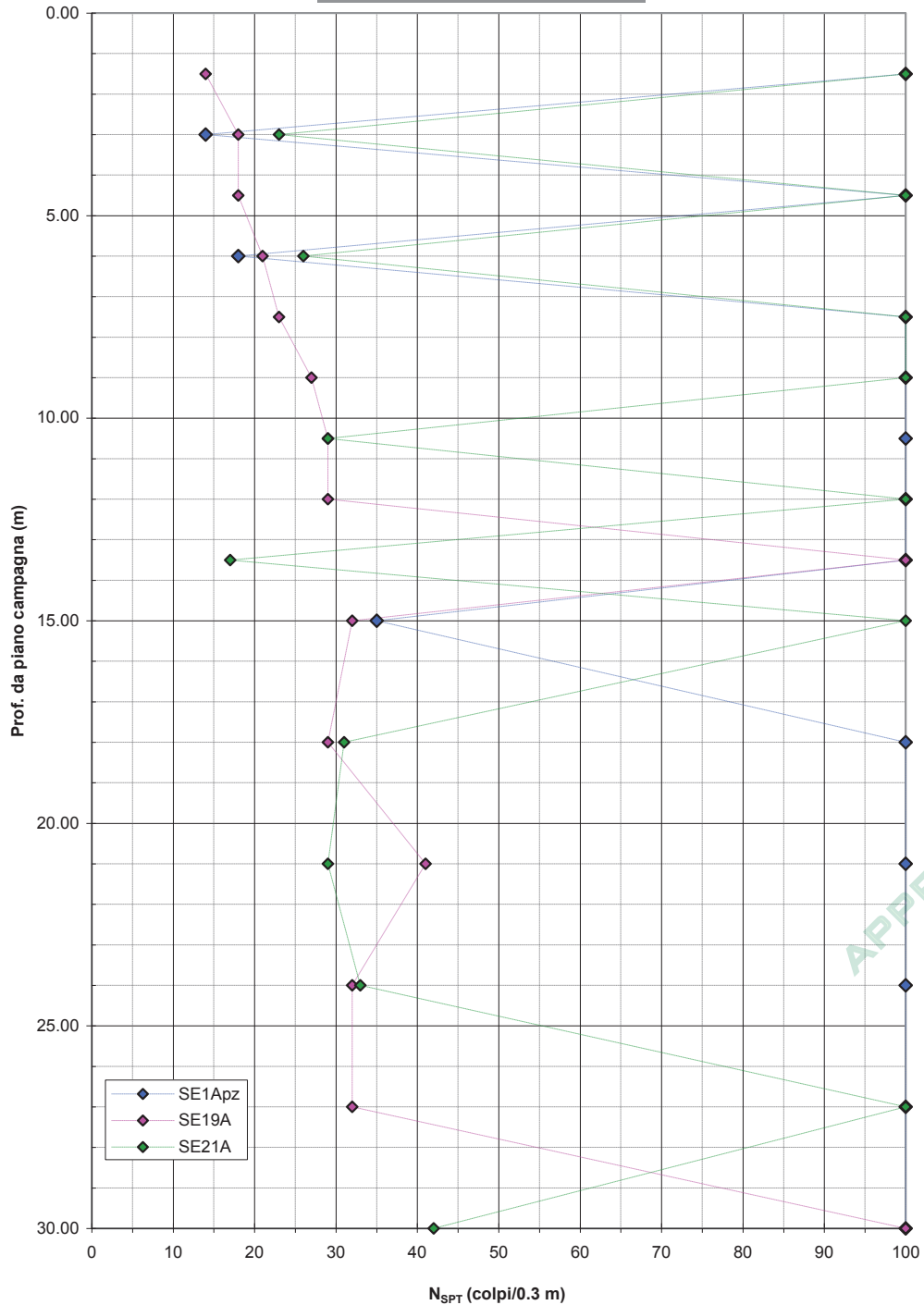


**Figura 2.4 – SVA01 – Sottovia Via Chiesa Vecchia: andamento profilo di rigidezza  $E_{25}$  per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Resistenza dinamica**  
**SVA01 - Sottovia Via Brusati -**  
**Galleria Ramo D**



APPROVATO SDP

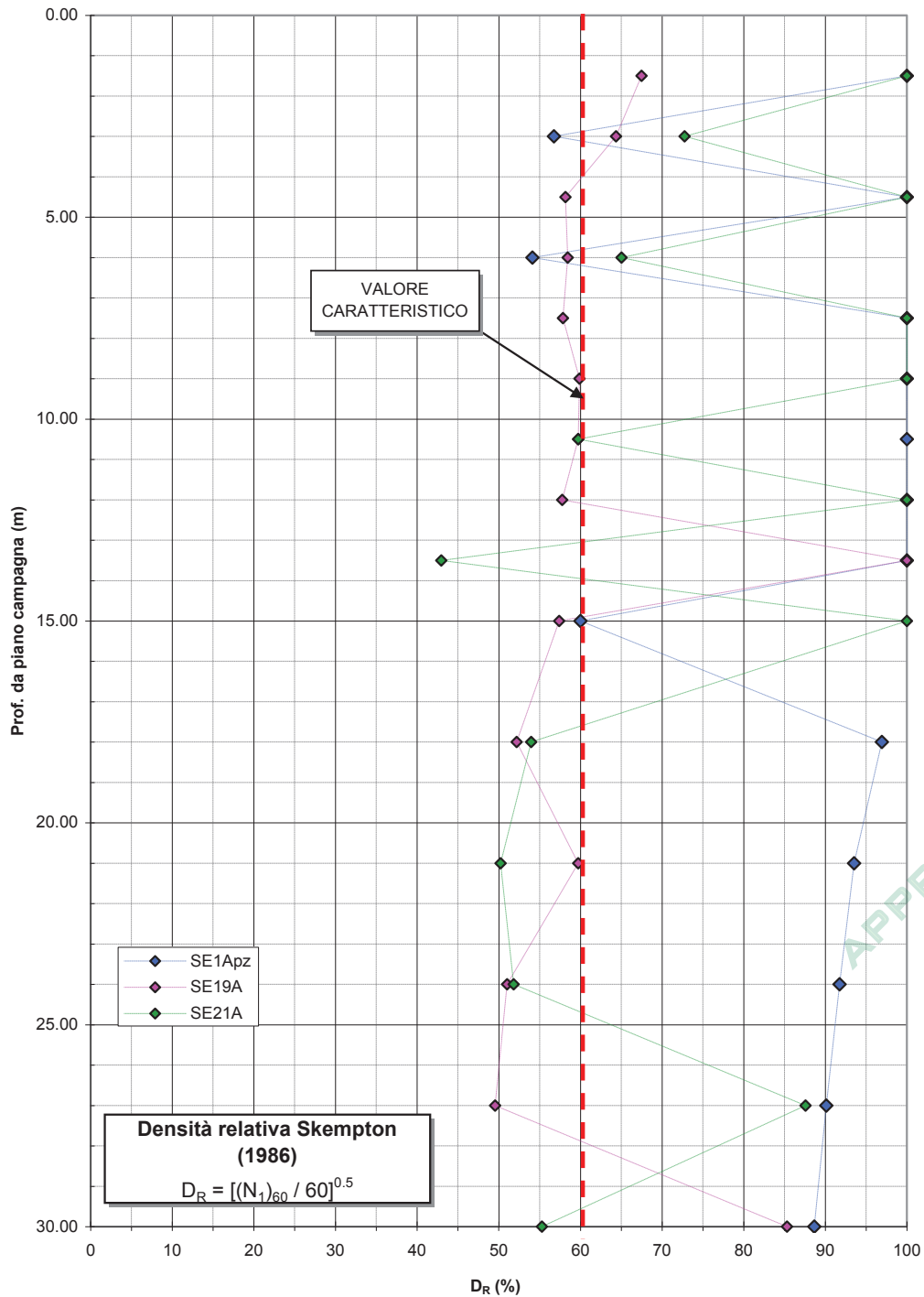
**Figura 2.5 – SVA01 – Sottovia Via Brusati e Galleria Ramo D: andamento resistenza dinamica per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





**Densità Relativa**  
**SVA01 - Sottovia Via Brusati -**  
**Galleria Ramo D**

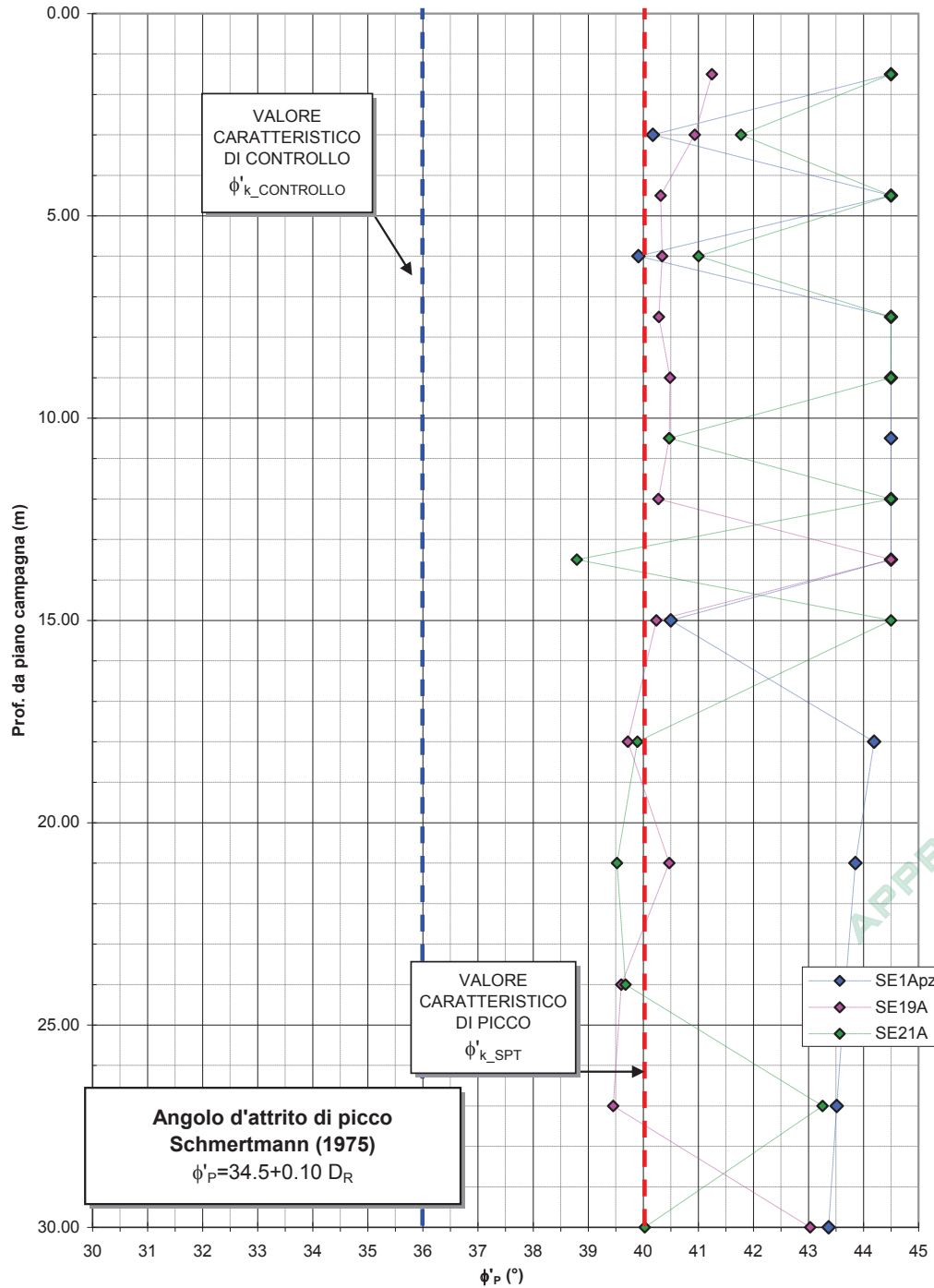


**Figura 2.6** – SVA01 – Sottovia Via Brusati e Galleria Ramo D: andamento densità relativa per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
 Brebemi SpA



**Angolo d'attrito di picco e operativo**  
**SVA01 - Sottovia Via Brusati - Galleria Ramo D**

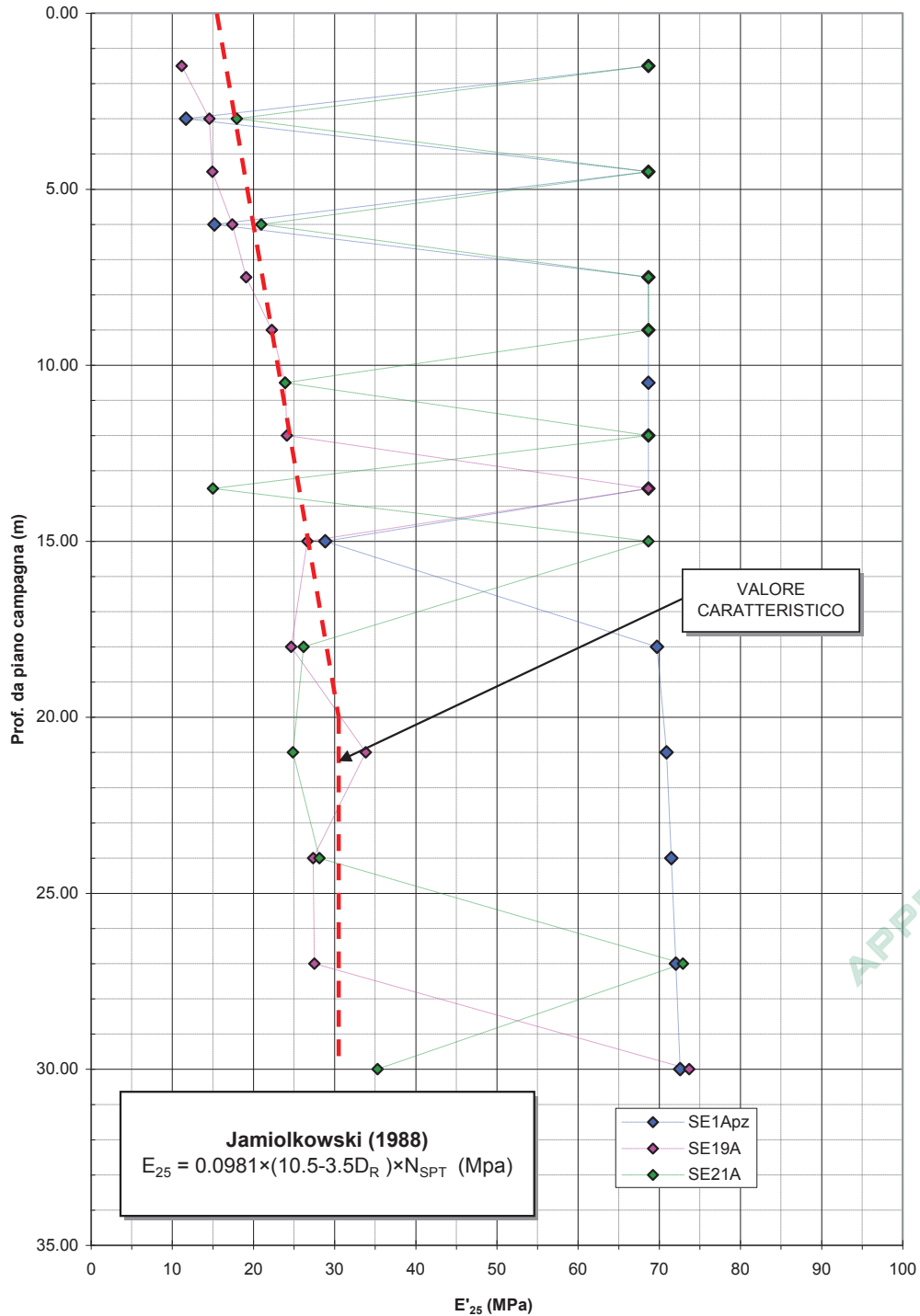


**Figura 2.7 – SVA01 – Sottovia Via Brusati e Galleria Ramo D: andamento angolo d'attrito di picco per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Modulo Elastico  $E_{25}$**   
**SVA01 - Sottovia Via Brusati -**  
**Galleria Ramo D**

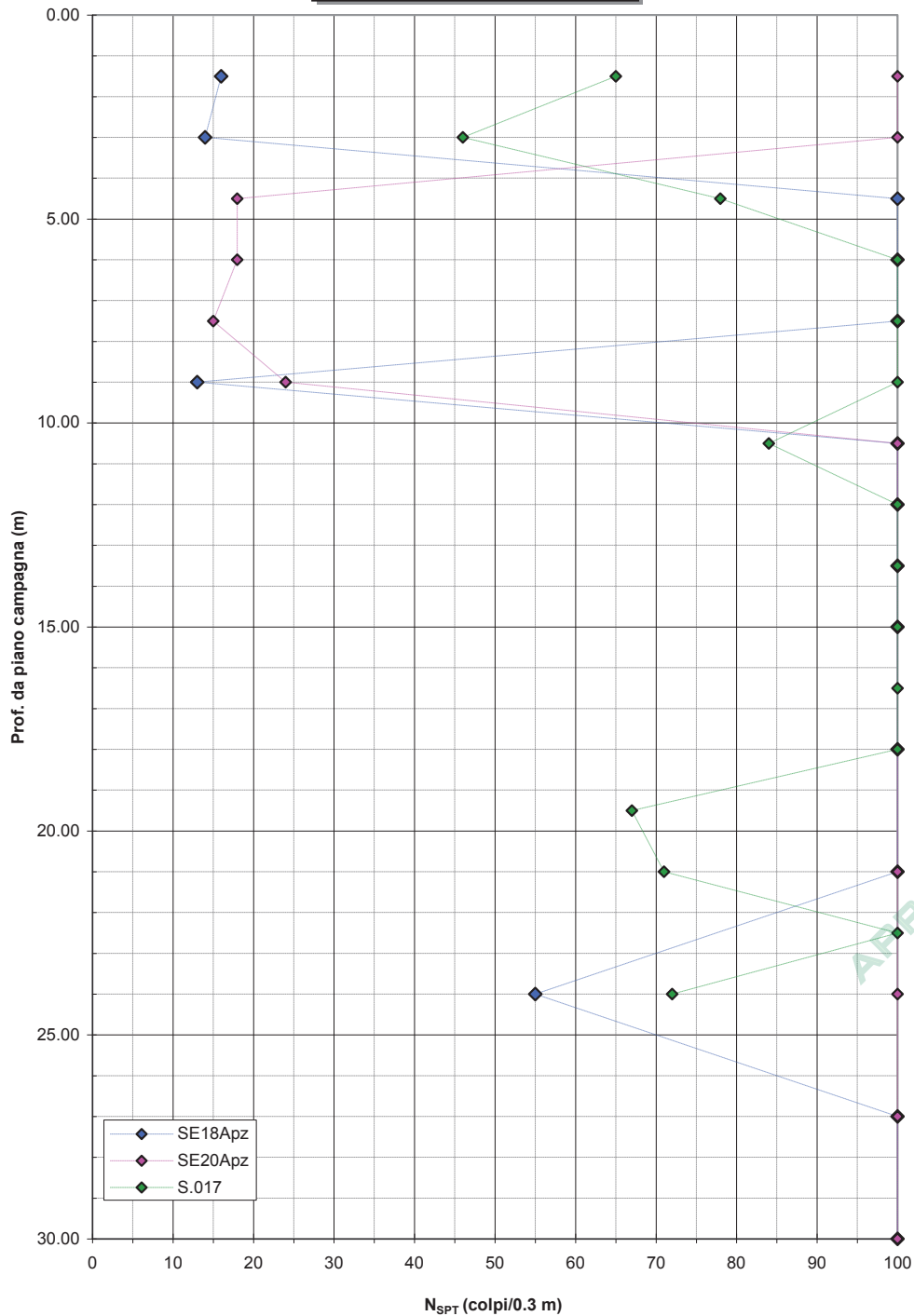


**Figura 2.8 – SVA01 – Sottovia Via Brusati e Galleria Ramo D: andamento profilo di rigidezza  $E_{25}$  per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Resistenza dinamica**  
**SVA01 - Galleria Rampa A**

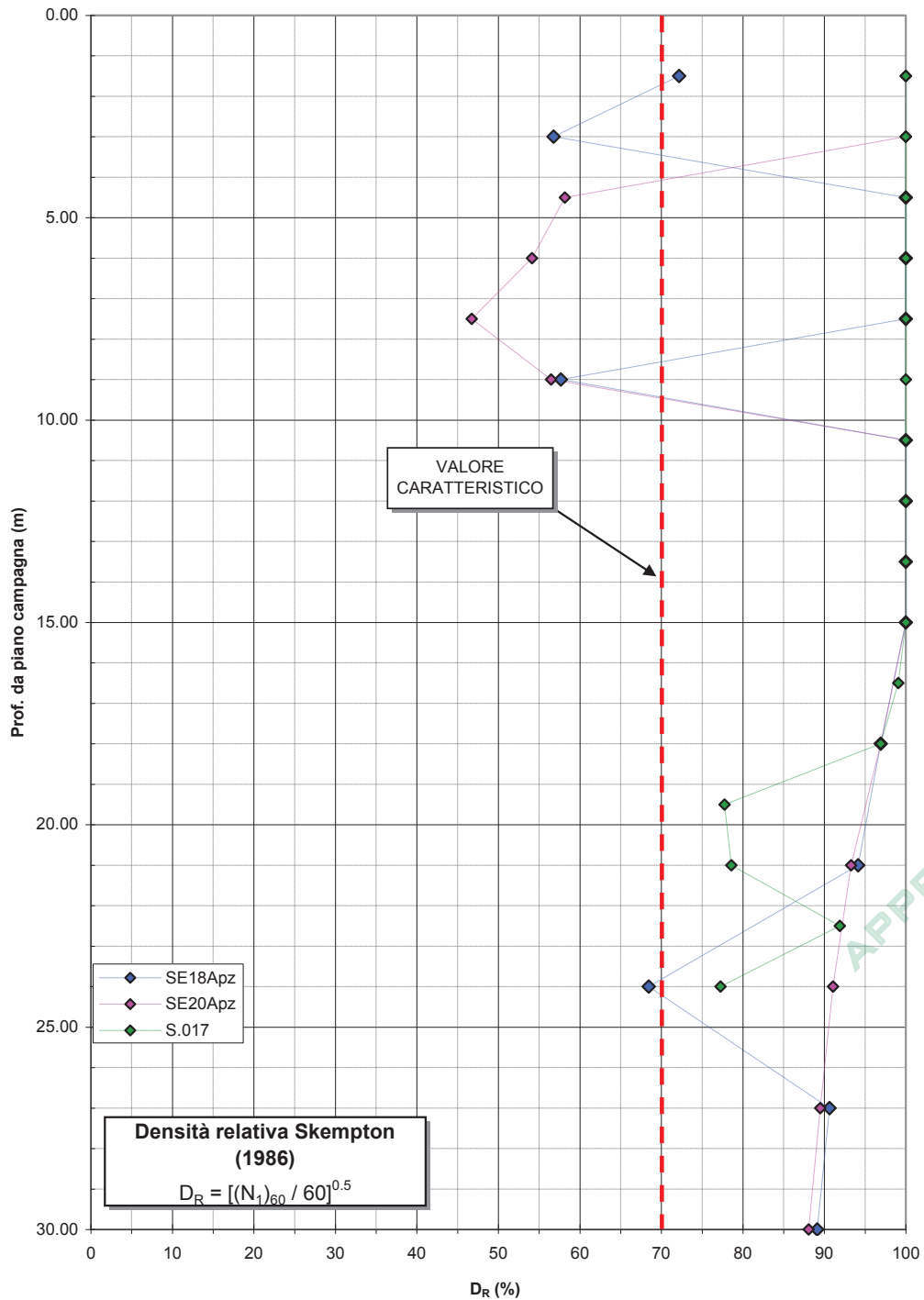


**Figura 2.9 – SVA01 –Galleria Rampa A: andamento resistenza dinamica per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
 Brebemi SpA



**Densità Relativa**  
**SVA01 - Galleria Rampa A**

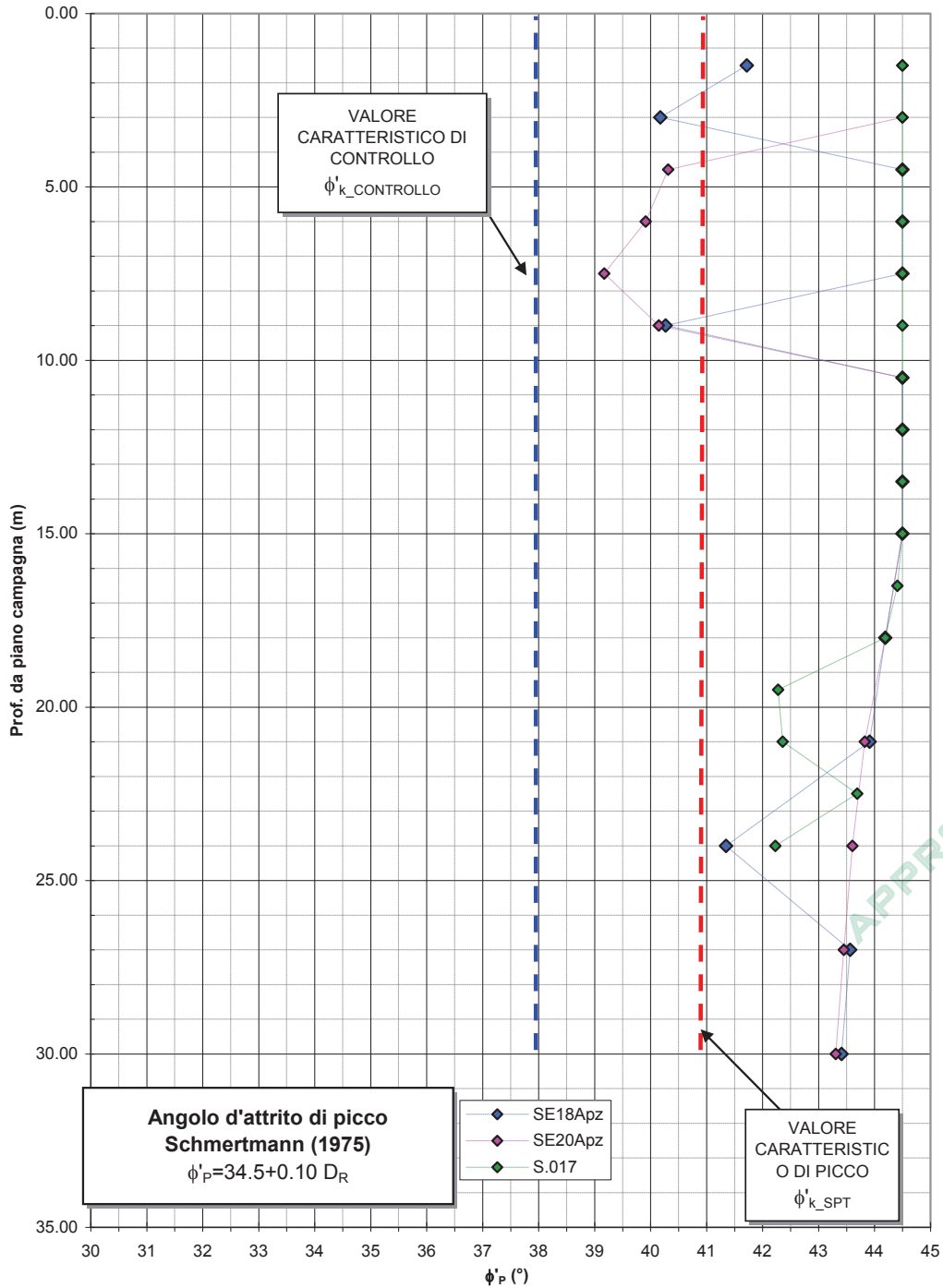


**Figura 2.10** – SVA01 –Galleria Rampa A: andamento densità relativa per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
 Brebemi SpA



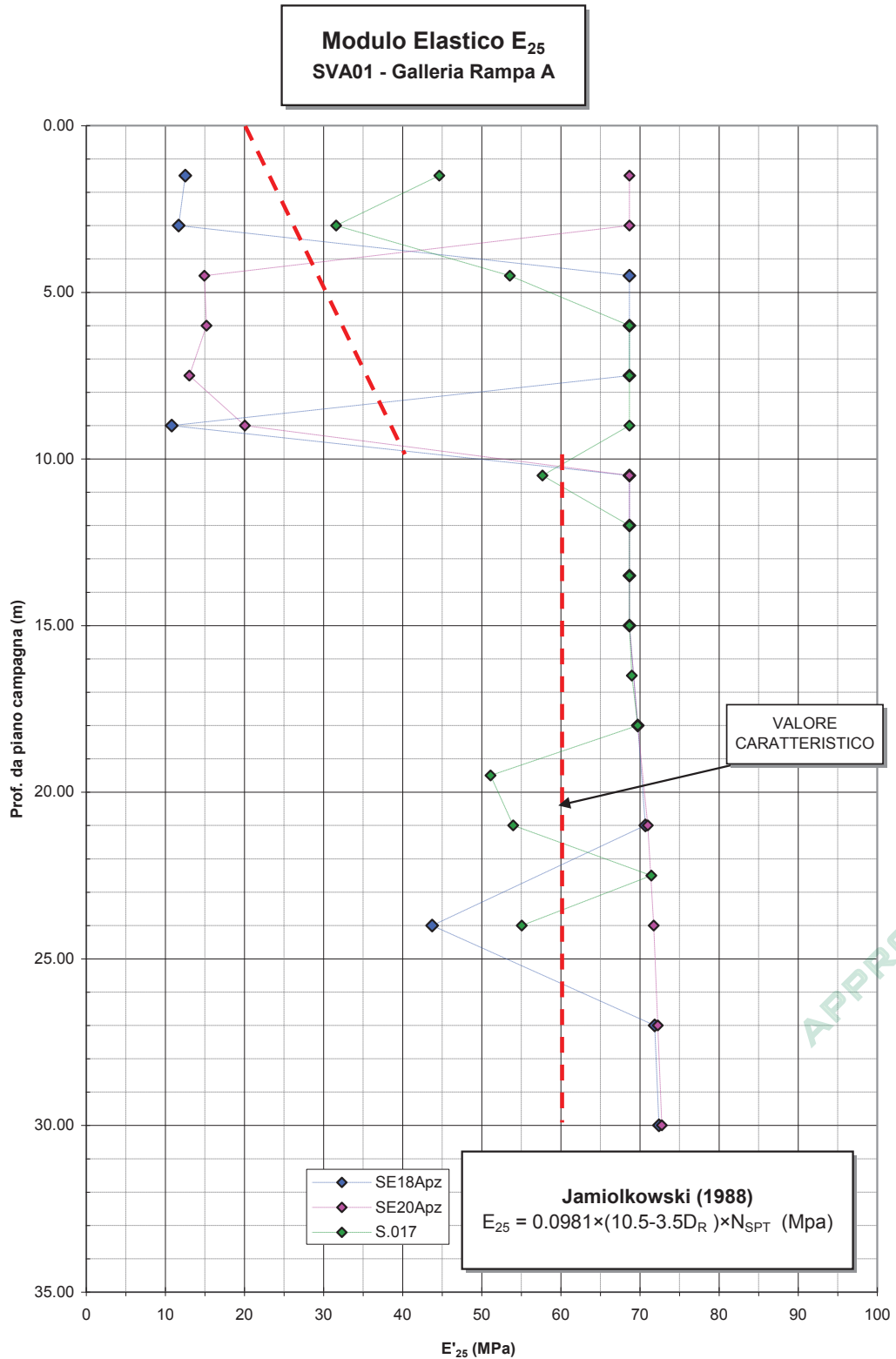
**Angolo d'attrito di picco e operativo**  
**SVA01 - Galleria Rampa A**



**Figura 2.11 – SVA01 –Galleria Rampa A: andamento angolo d'attrito di picco per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



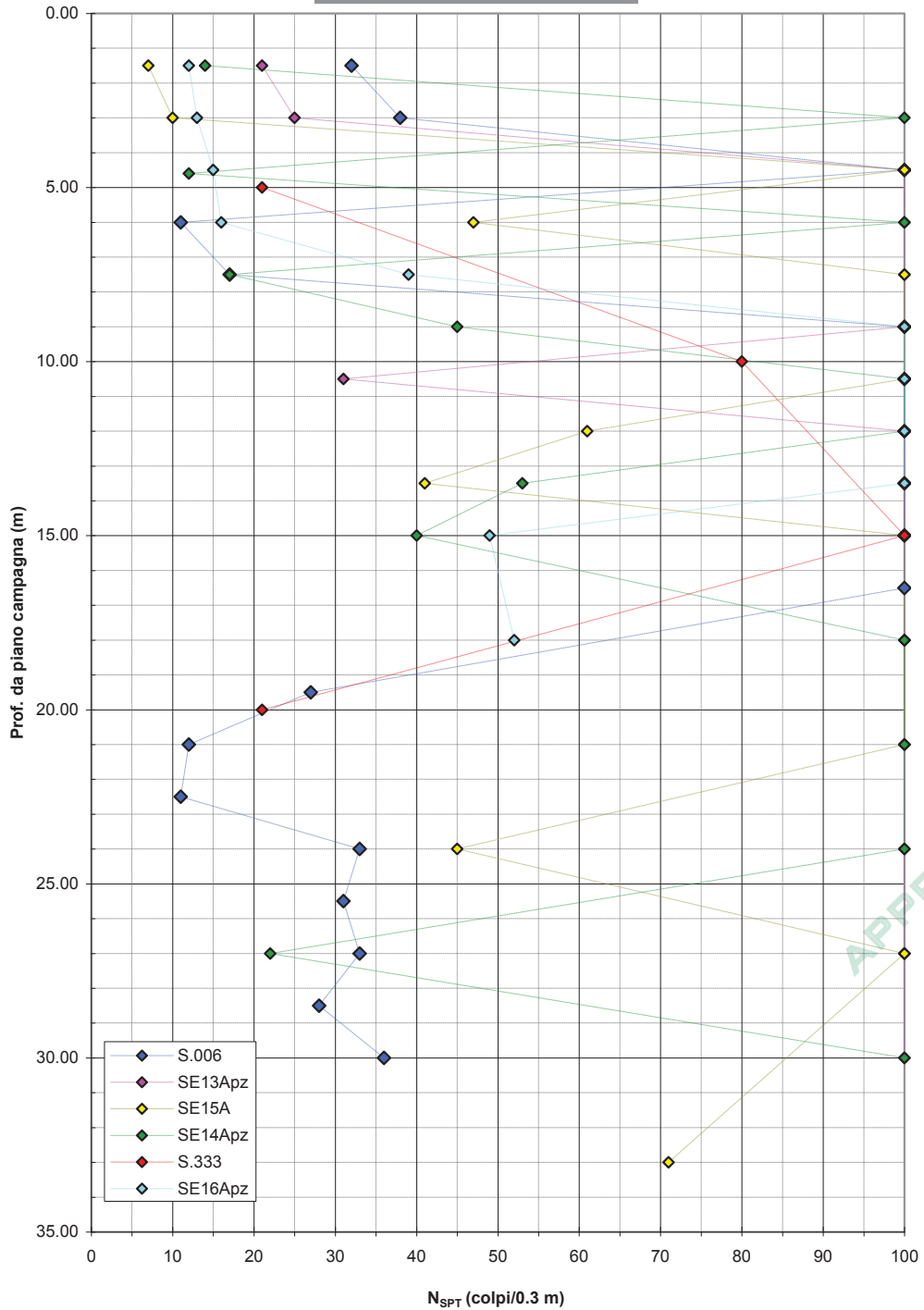


**Figura 2.12 – SVA01 –Galleria Rampa A: andamento profilo di rigidezza  $E_{25}$  per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Resistenza dinamica**  
**SVA04 - Svincolo Tangenziale**  
**Sud di Brescia**



APPROVATO SDP

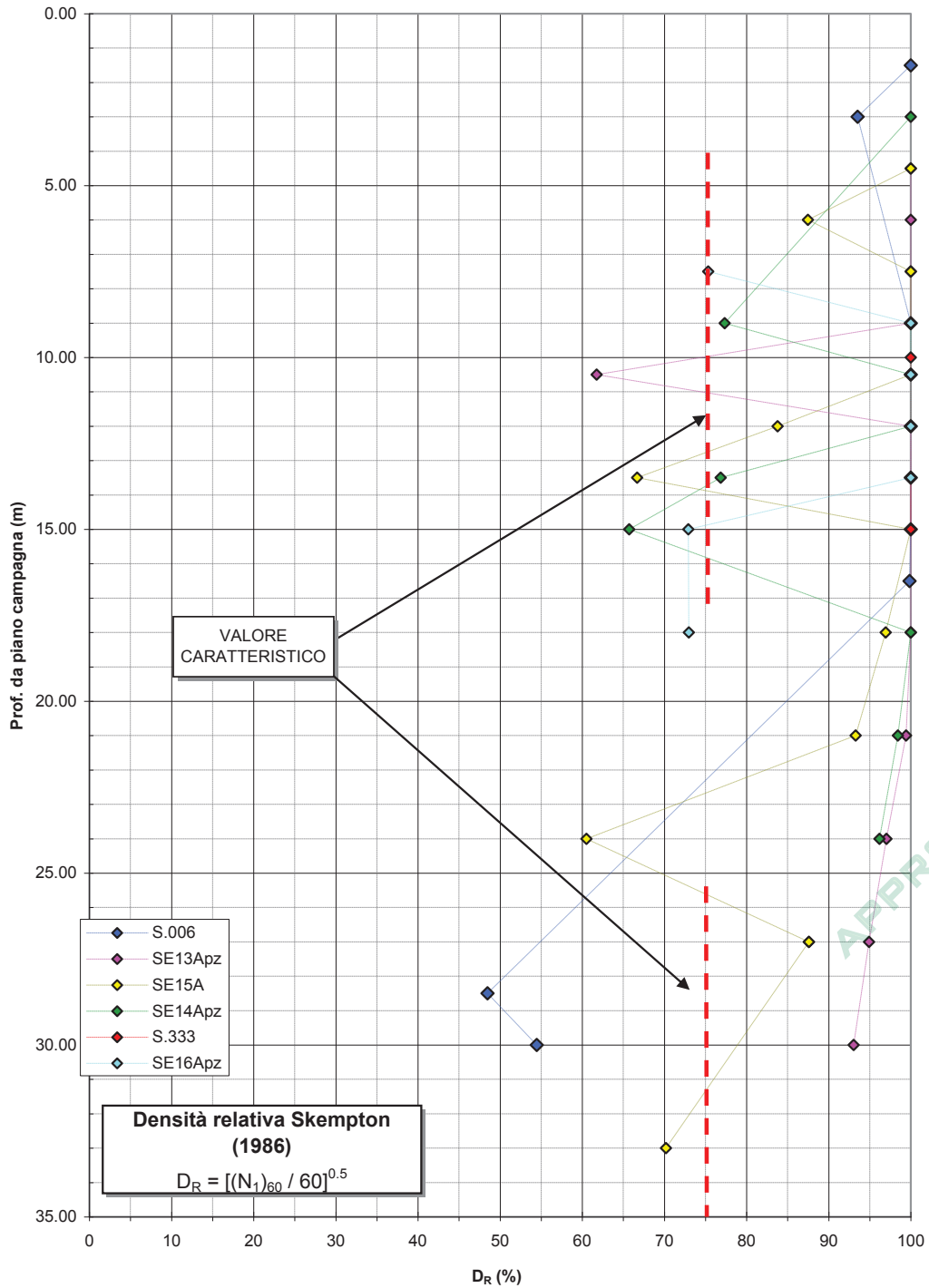
**Figura 2.13** – SVA04 – Svincolo Tangenziale Sud di Brescia: andamento resistenza dinamica per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





**Densità Relativa**  
**SVA04 - Svincolo Tangenziale**  
**Sud di Brescia**

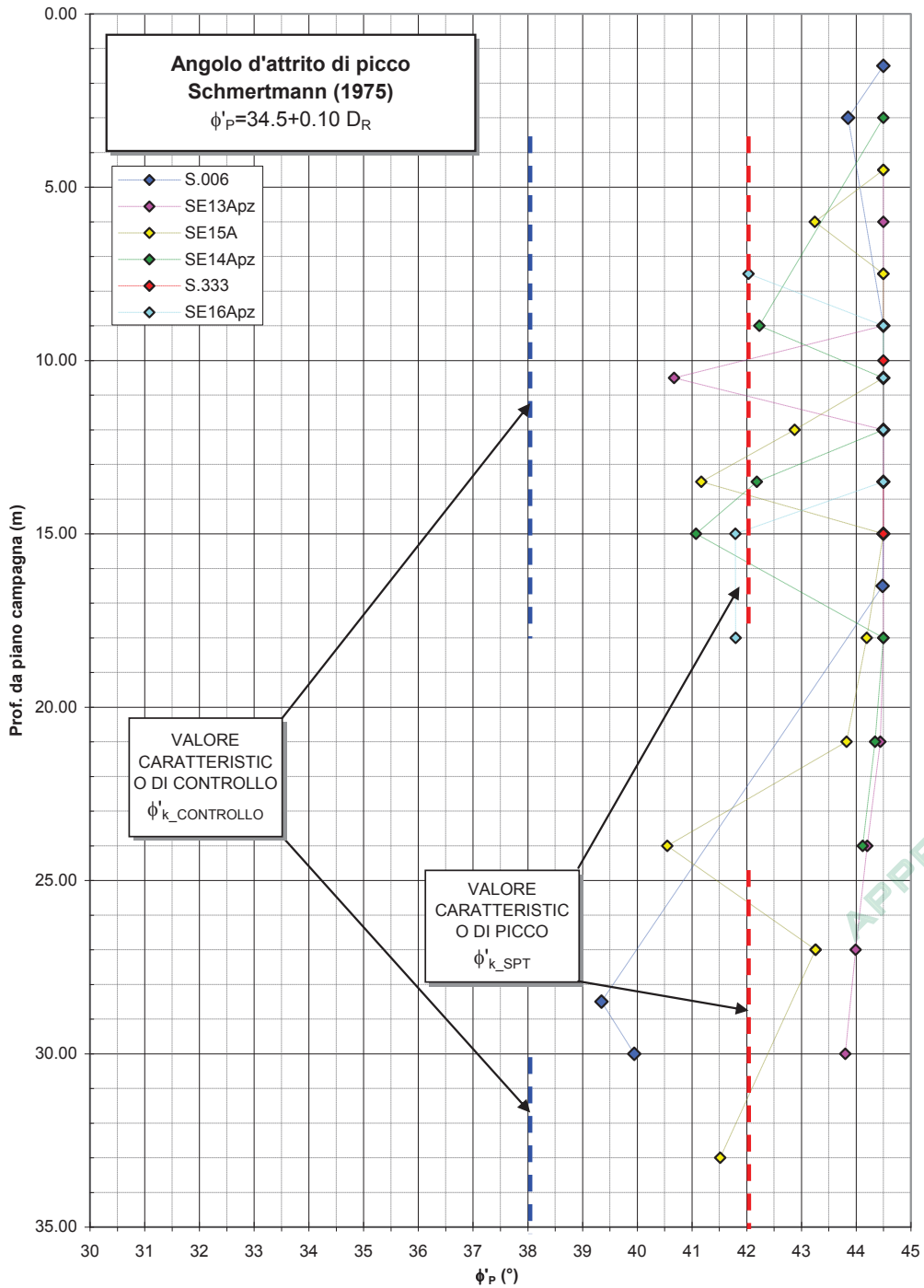


**Figura 2.14** – SVA04 – Svincolo Tangenziale Sud di Brescia: andamento densità relativa per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



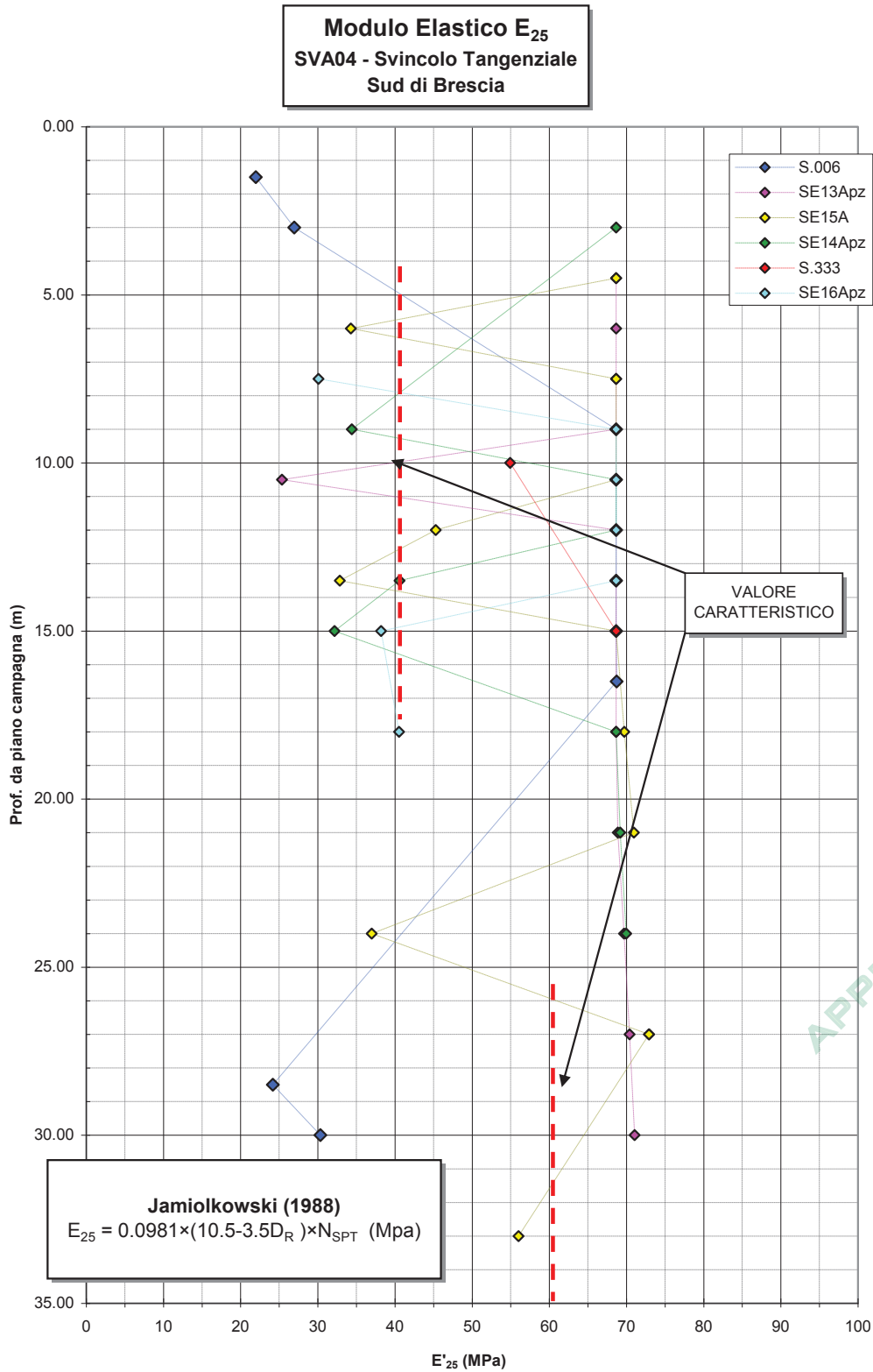
**Angolo d'attrito di picco e operativo**  
**SVA04 - Svincolo Tangenziale Sud di Brescia**



**Figura 2.15** – SVA04 – Svincolo Tangenziale Sud di Brescia: andamento angolo d'attrito di picco per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**

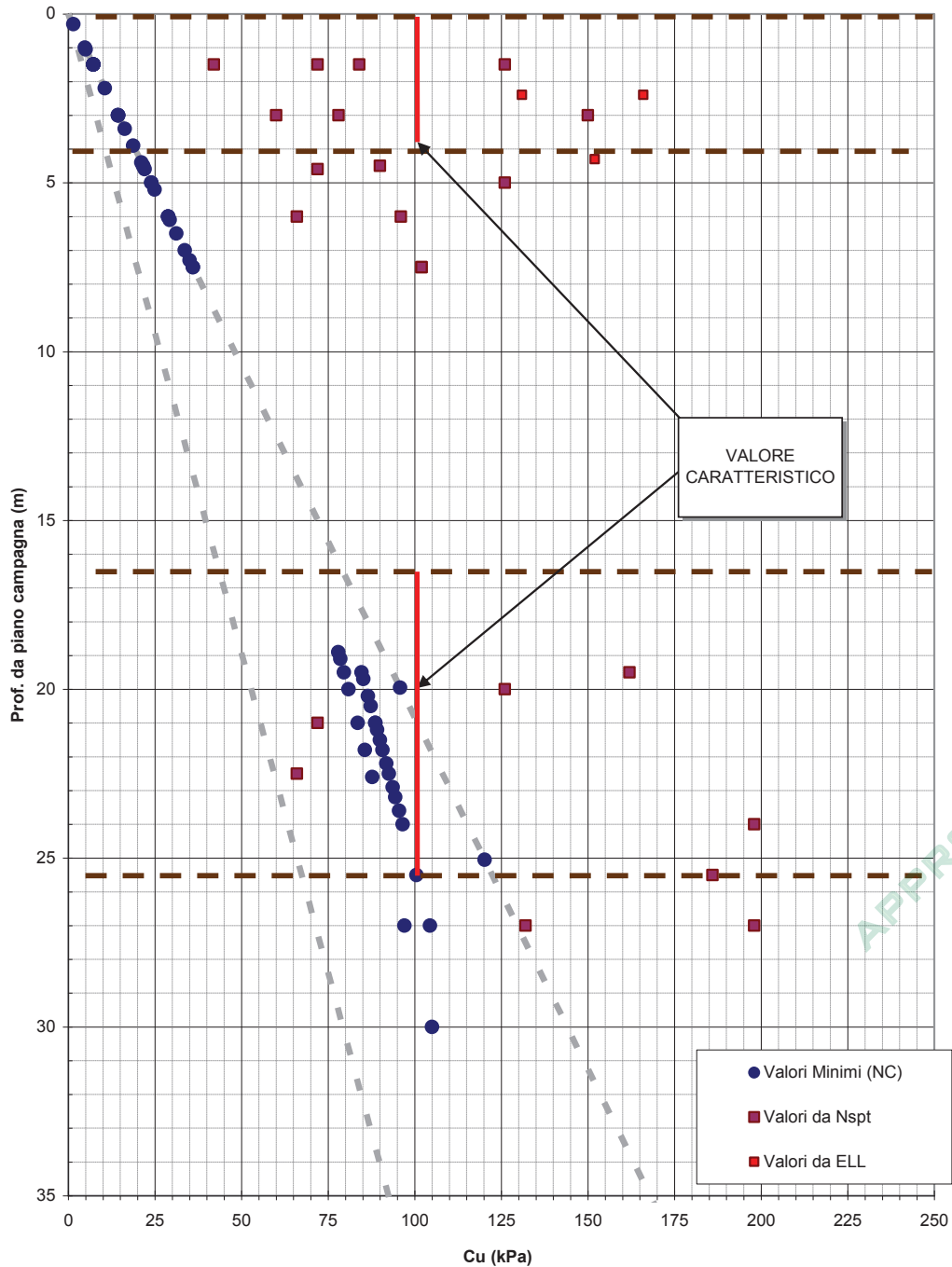




**Figura 2.16** – SVA04 – Svincolo Tangenziale Sud di Brescia: andamento profilo di rigidezza  $E_{25}$  per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**

**Coesione non drenata**  
**SVA04 - Svincolo Tangenziale Sud di**  
**Brescia**

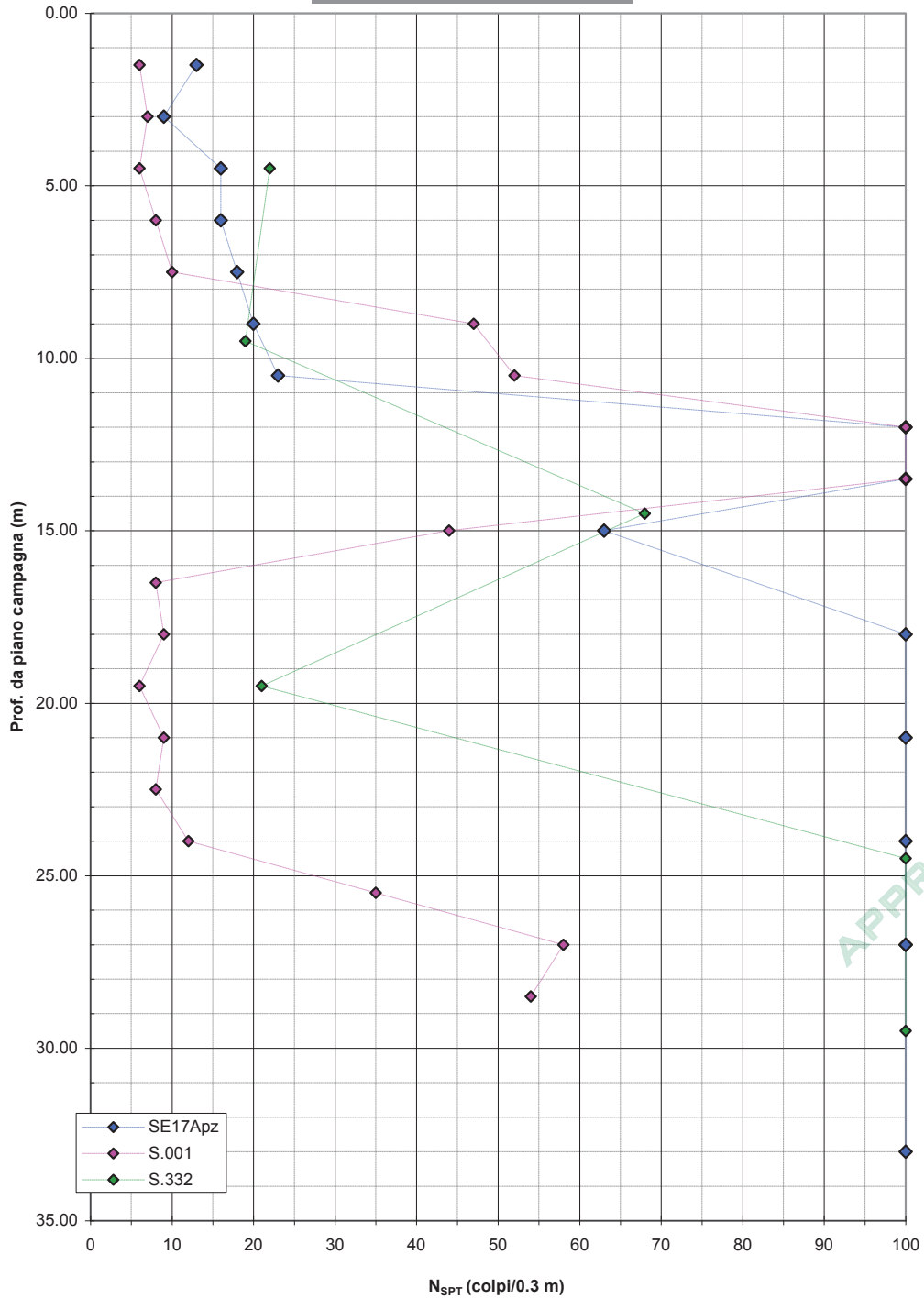


**Figura 2.17 – SVA04 – Svincolo Tangenziale Sud di Brescia: andamento coesione non drenata per le verticali di riferimento.**

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Resistenza dinamica  
 SOA07**

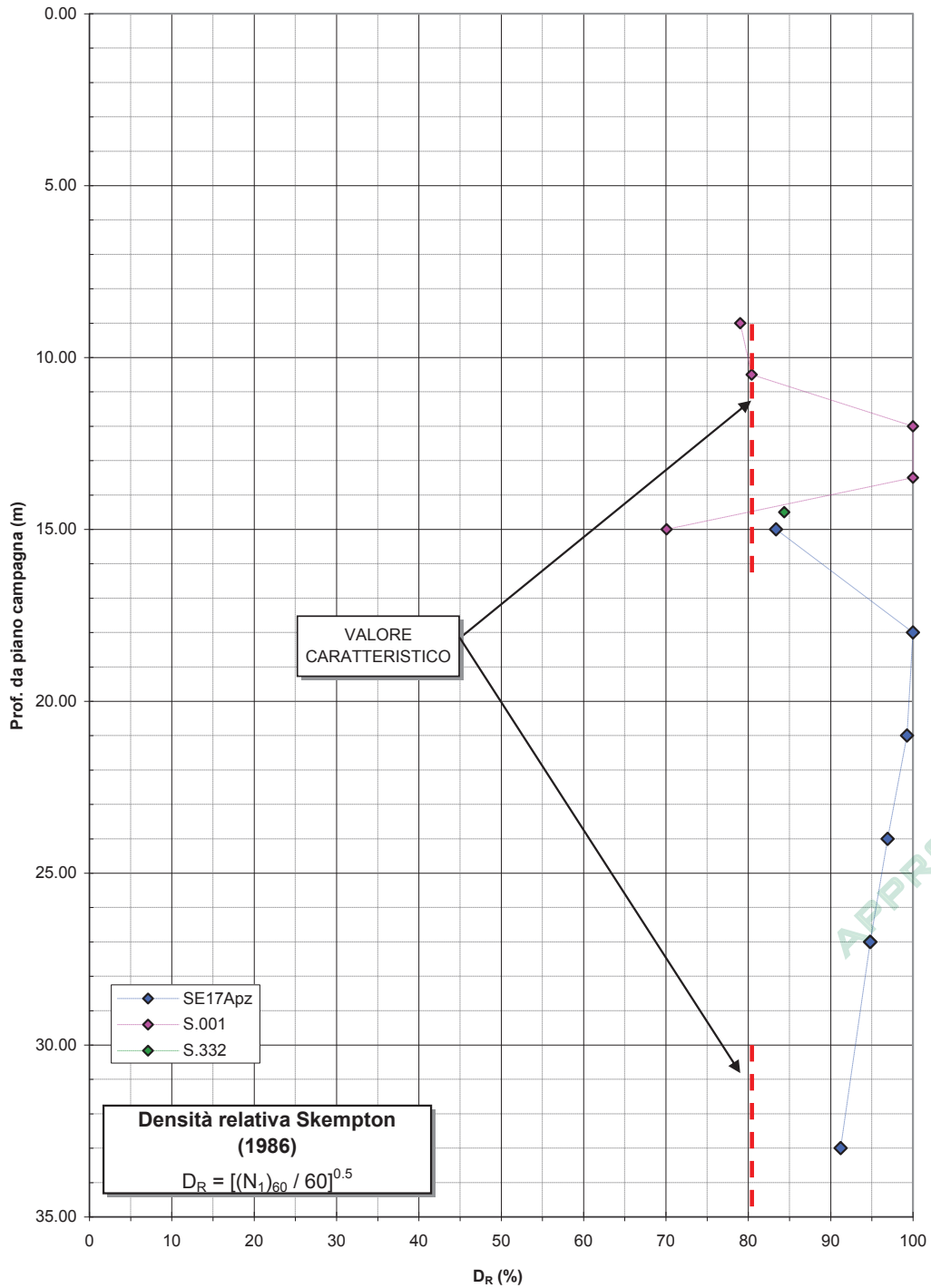


**Figura 2.18** – SOA07: andamento resistenza dinamica per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**Densità Relativa SOA07**

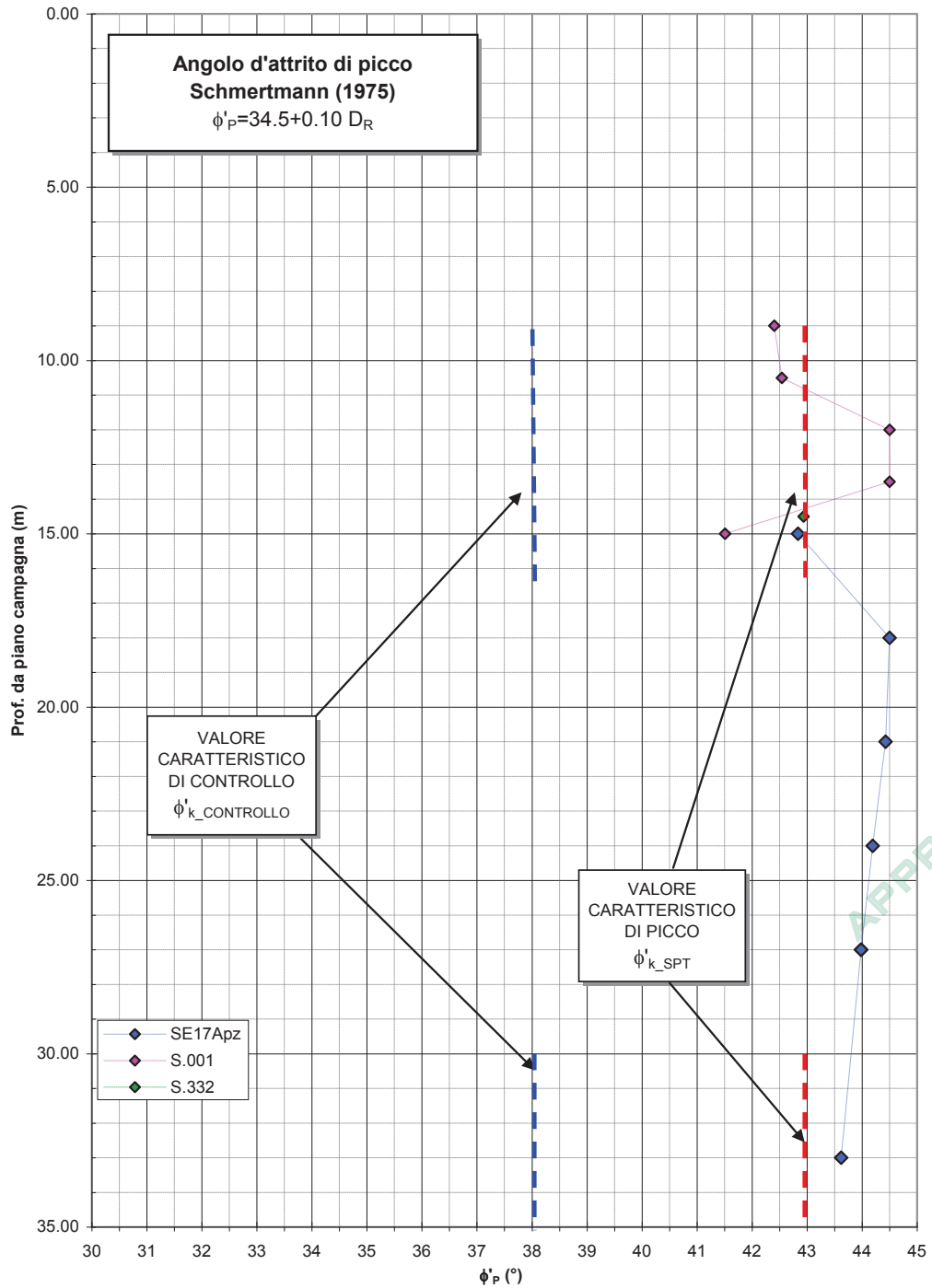


**Figura 2.19** – SOA07: andamento densità relativa per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



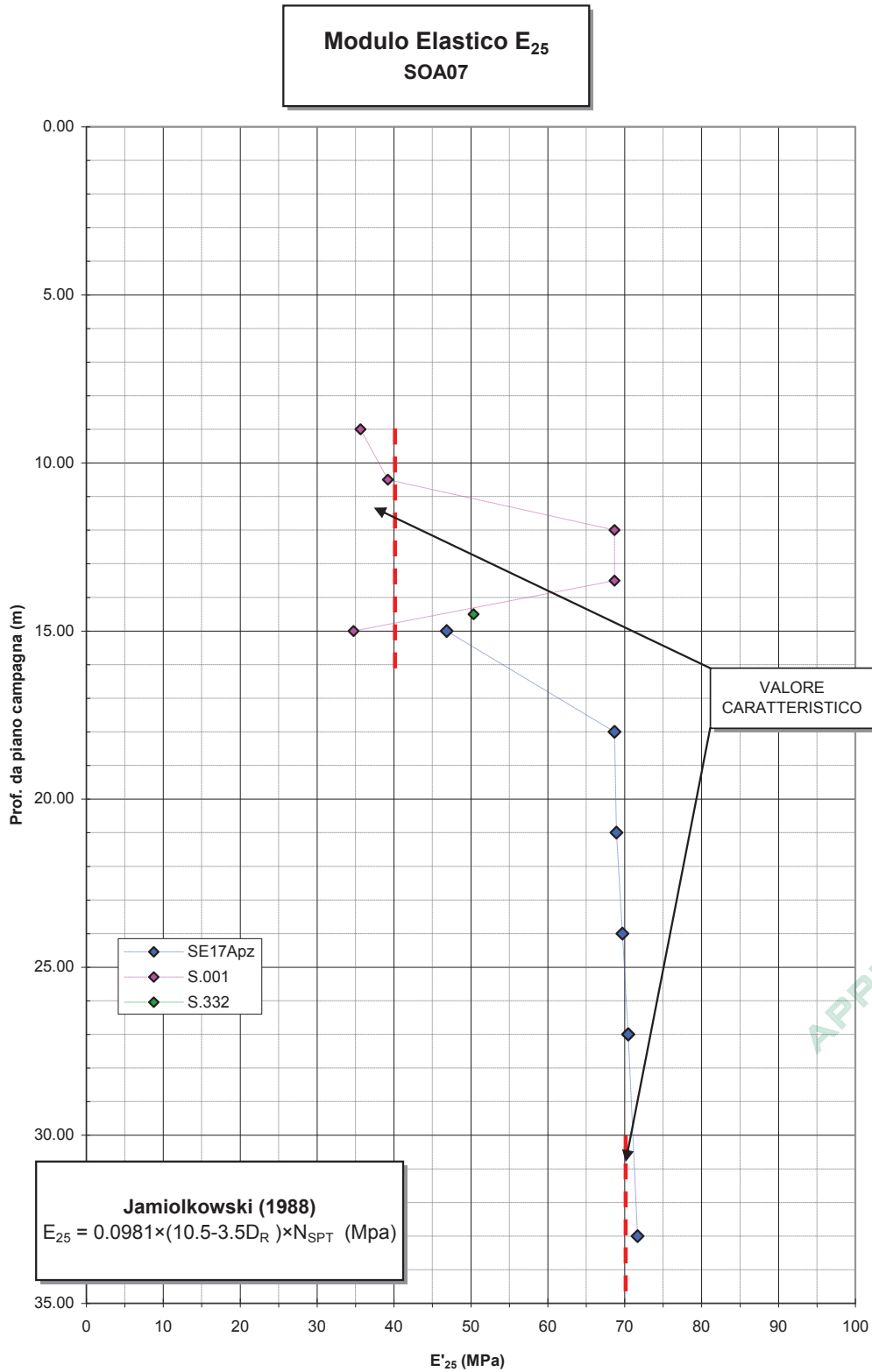
**Angolo d'attrito di picco e operativo  
SOA07**



**Figura 2.20** – SOA07: andamento angolo d'attrito di picco per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





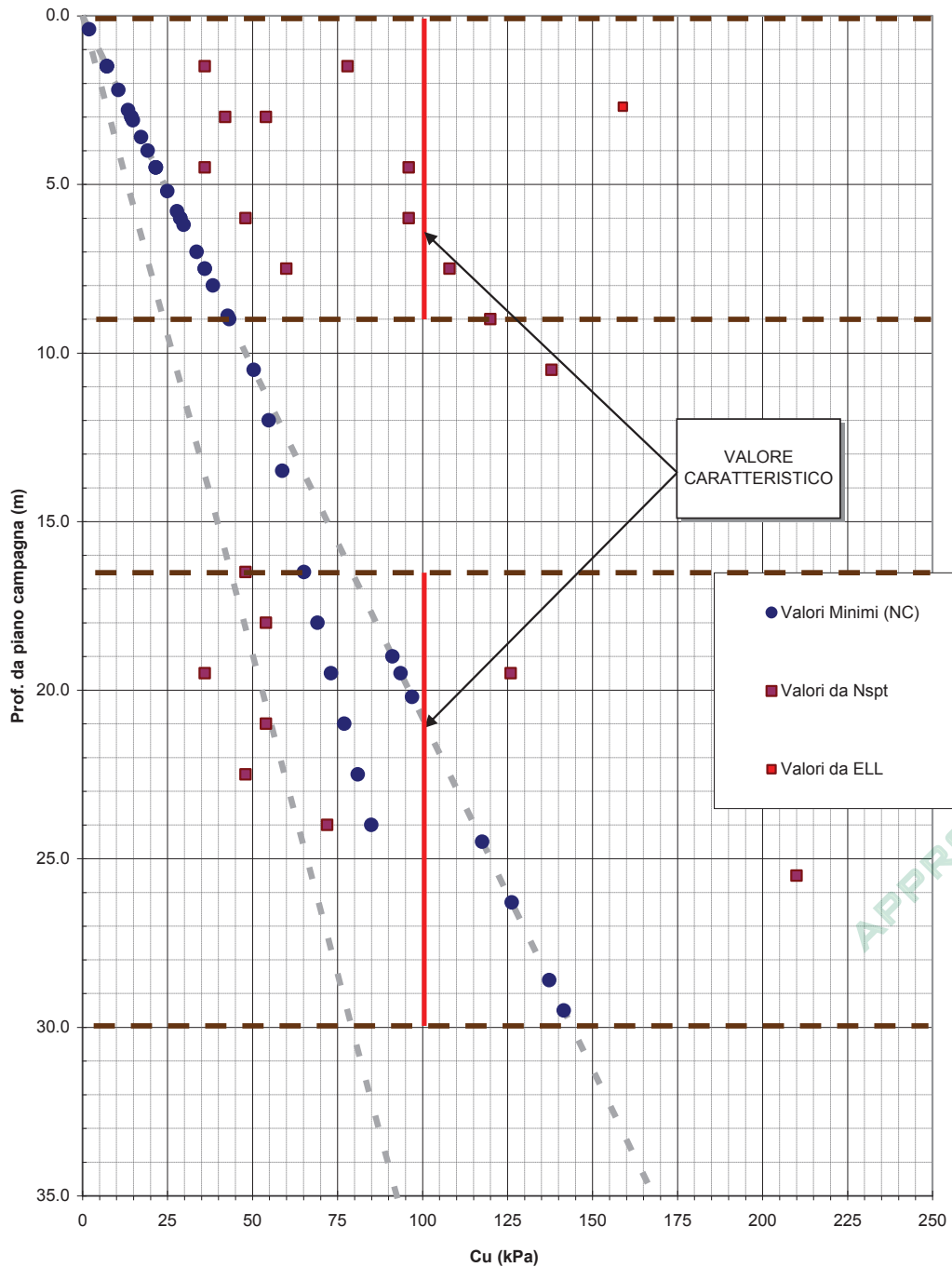
**Figura 2.21** – SOA07: andamento profilo di rigidezza  $E_{25}$  per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





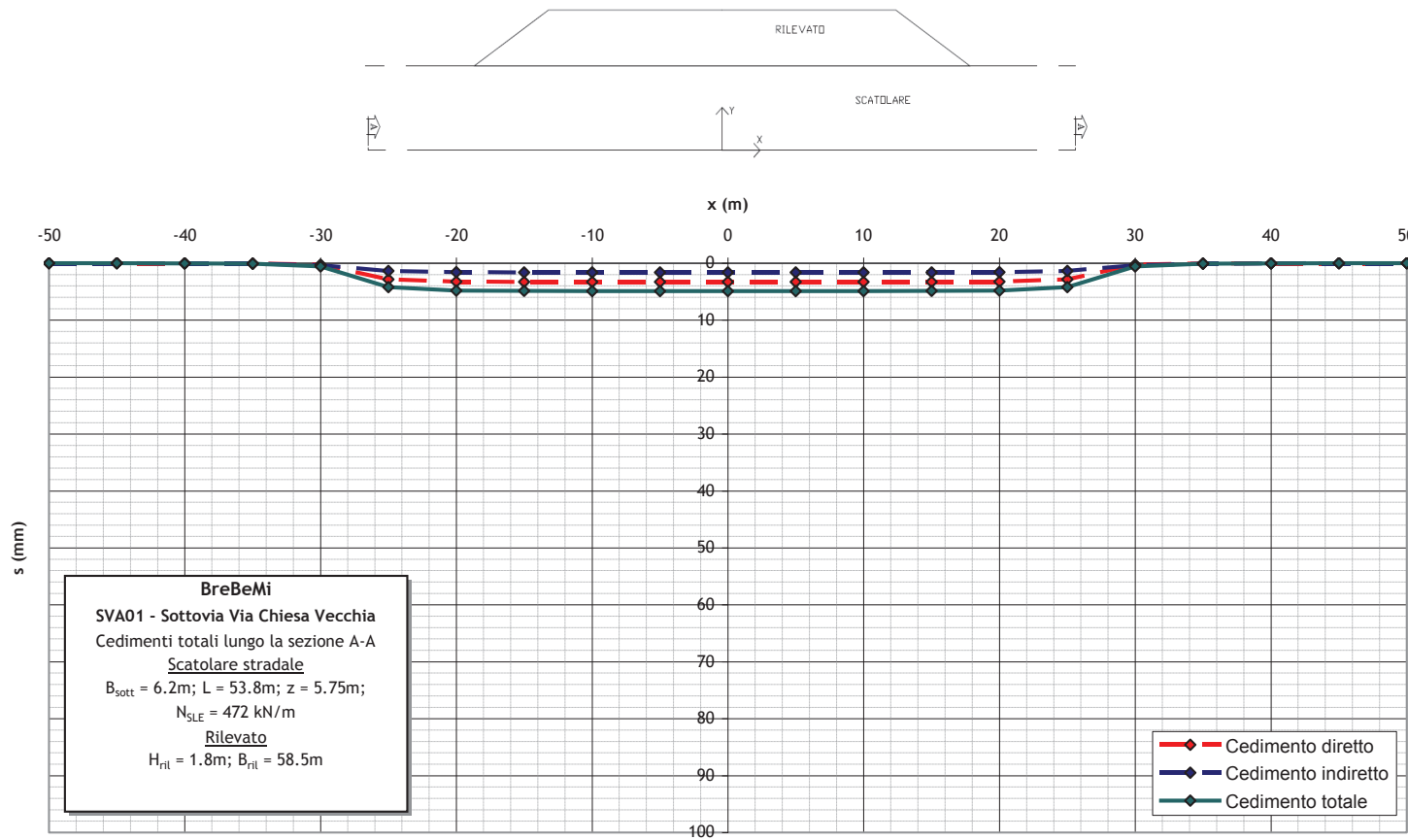
**Coesione non drenata  
 SOA07**



**Figura 2.22** – SOA07: andamento coesione non drenata per le verticali di riferimento.

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**






APPROVATO SDR

Società di Progetto  
 Brebemi SpA



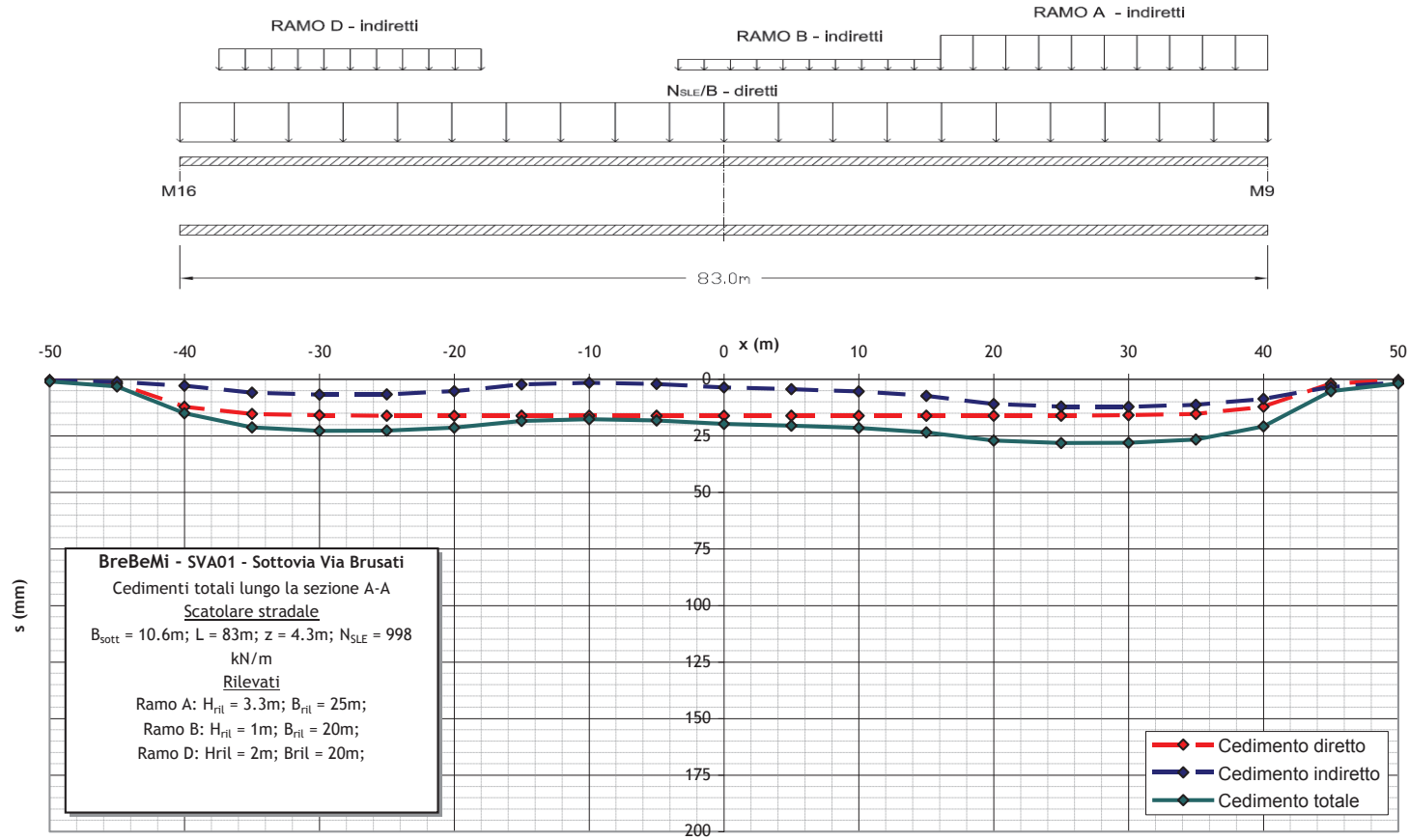
	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 83 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Figura 2.23** – SVA01 – Sottovia Via Chiesa Vecchia - cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR


Società di Progetto  
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

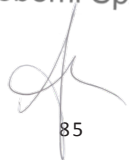
Società di Progetto  
Brebemi SpA

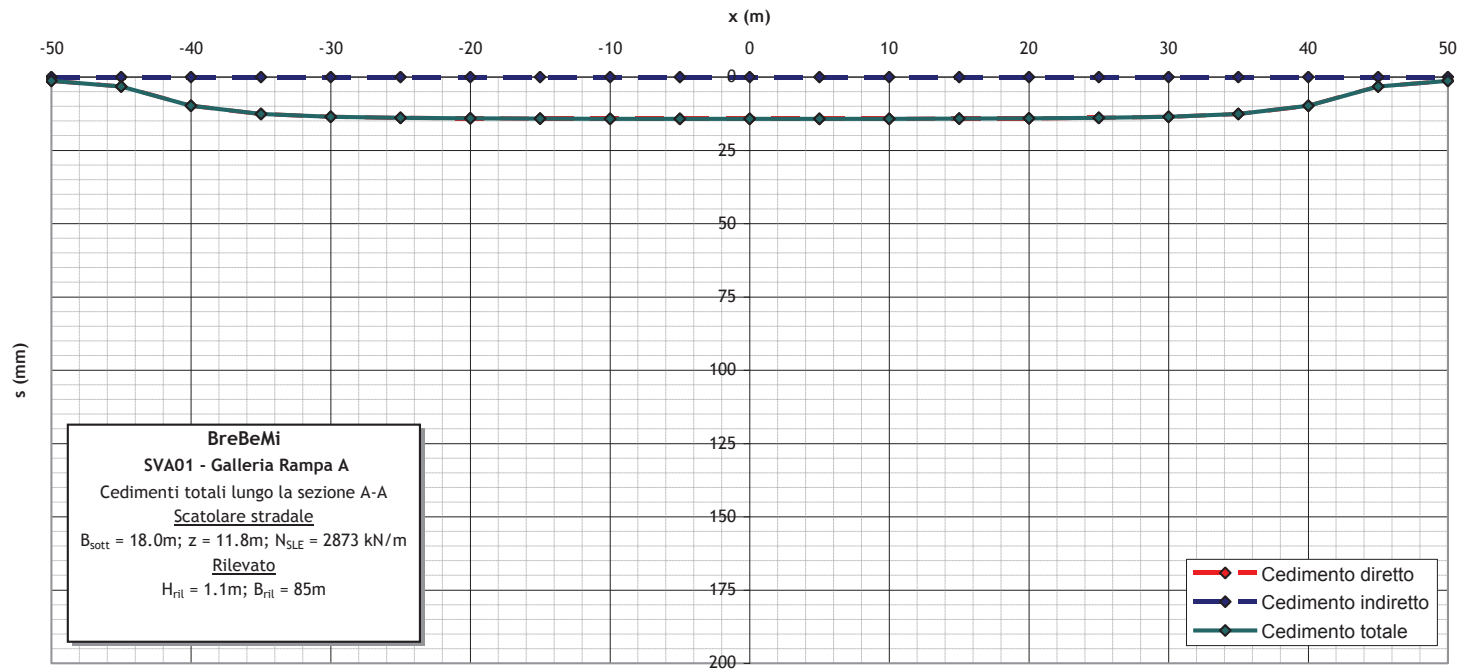
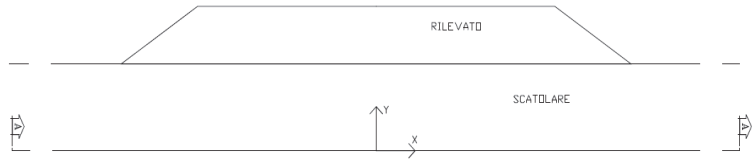
	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 85 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Figura 2.24** – SVA01 – Sottovia Via Brusati - cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR


Società di Progetto  
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

Società di Progetto  
 Brebemi SpA

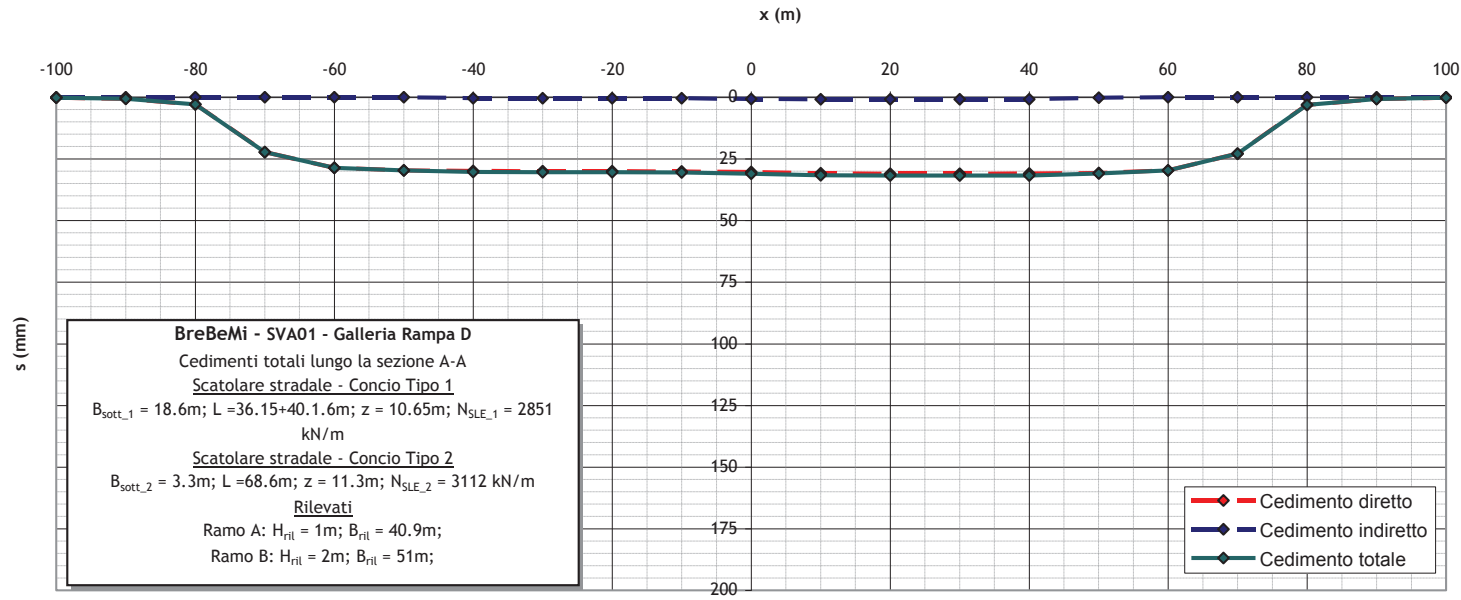
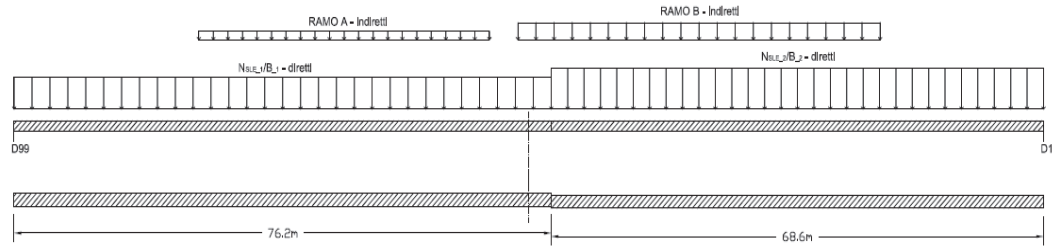
	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 87 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Figura 2.25** – SVA01 – Galleria Rampa A - cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA






APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA



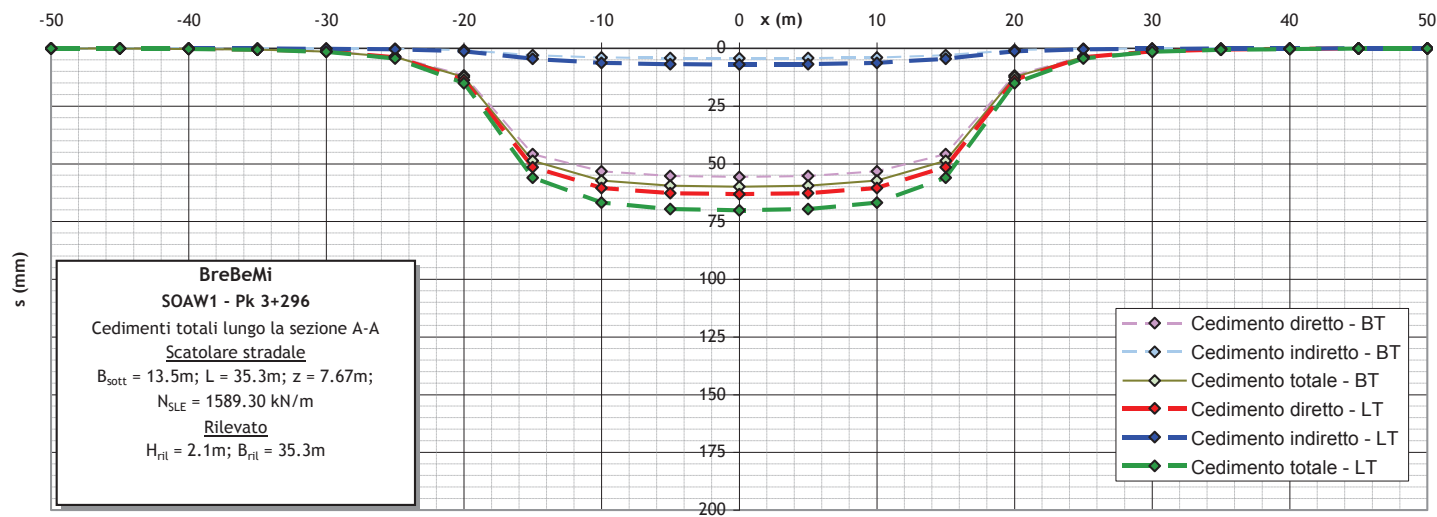
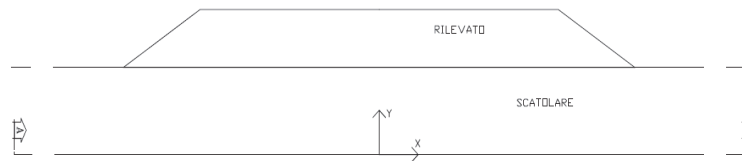
	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 89 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Figura 2.26** – SVA01 – Galleria Rampa D - cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA






APPROVATO SDR

Figura 2.27 – SOAW1 – cedimenti dello scatolare stradale lungo l’asse A-A.

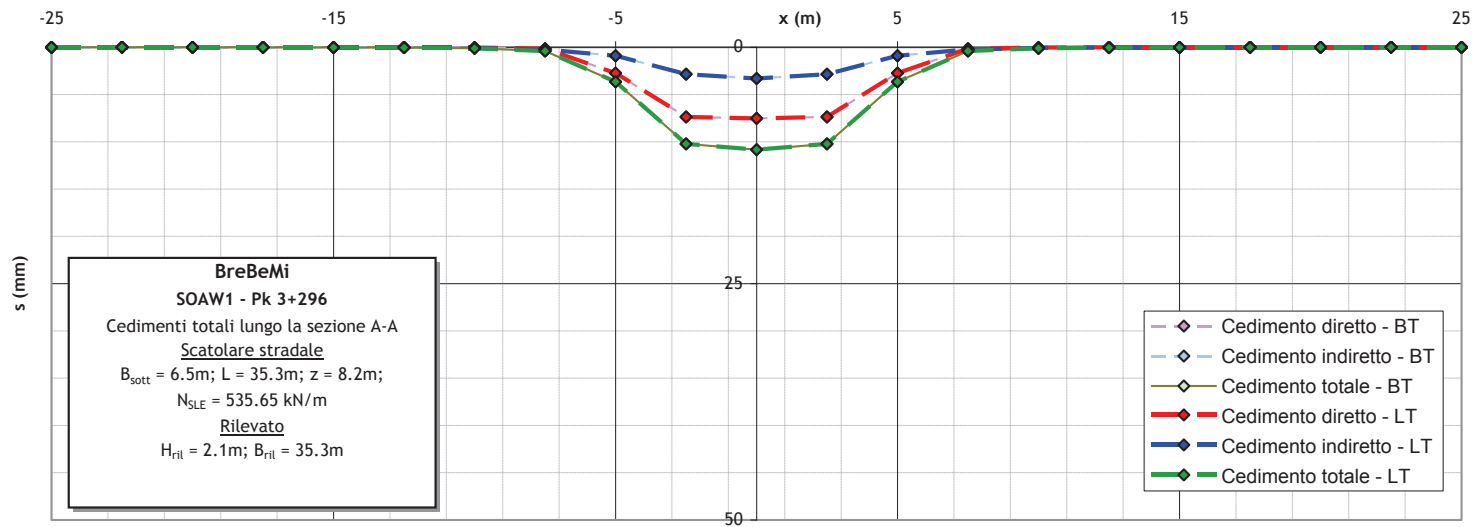
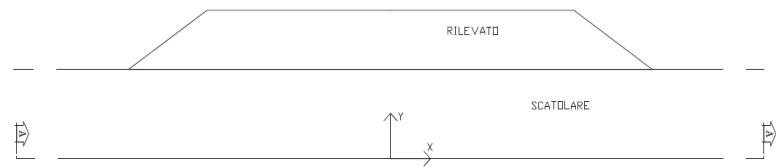
Società di Progetto  
 Brebemi SpA

	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 91 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

Società di Progetto  
**Brebemj SpA**


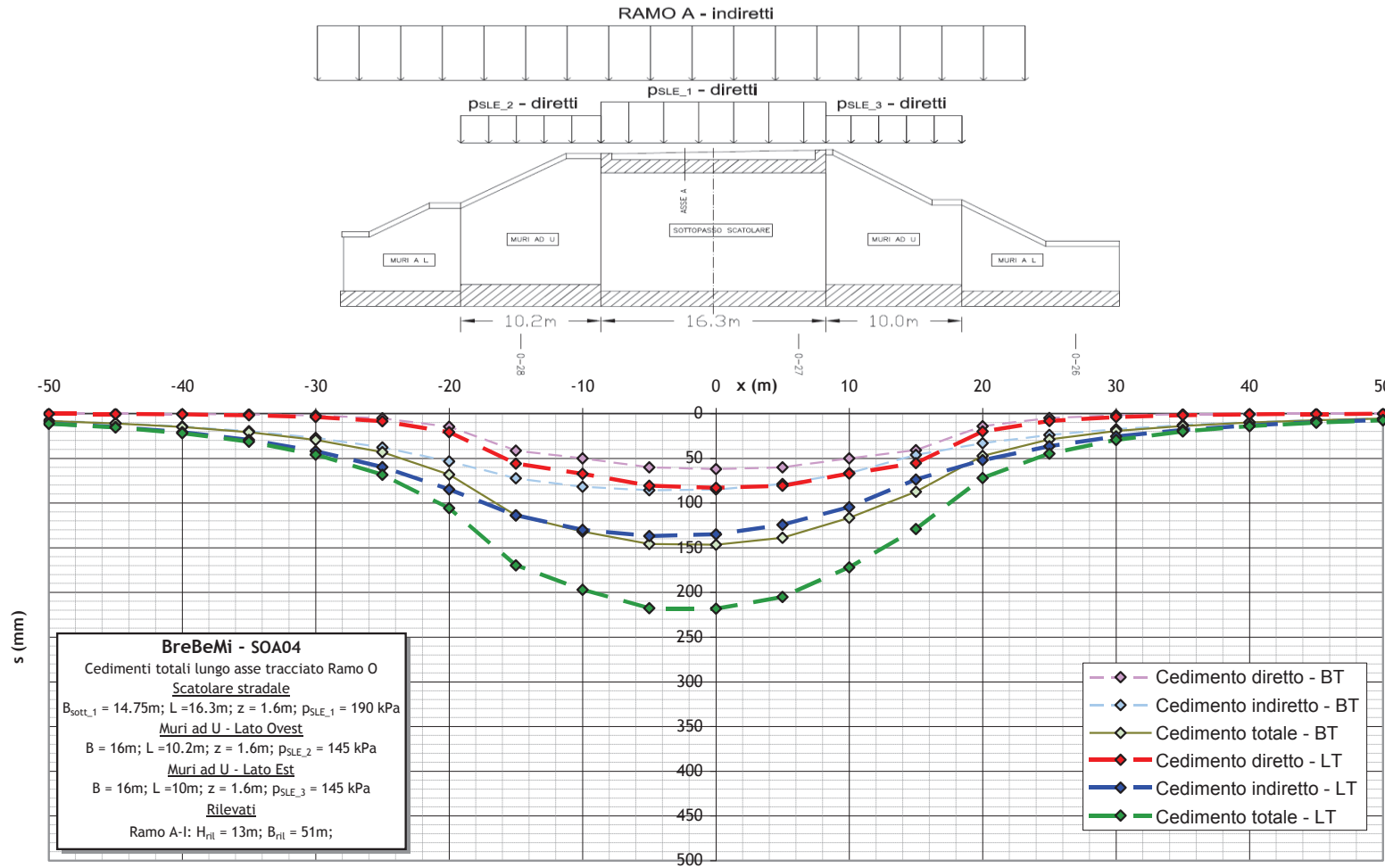
	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 93 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

Figura 2.28 – SOAW1 – cedimenti del tombino lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR


Società di Progetto  
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA

	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 95 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Figura 2.29** – SOA04 – cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR

Società di Progetto  
Brebemi SpA



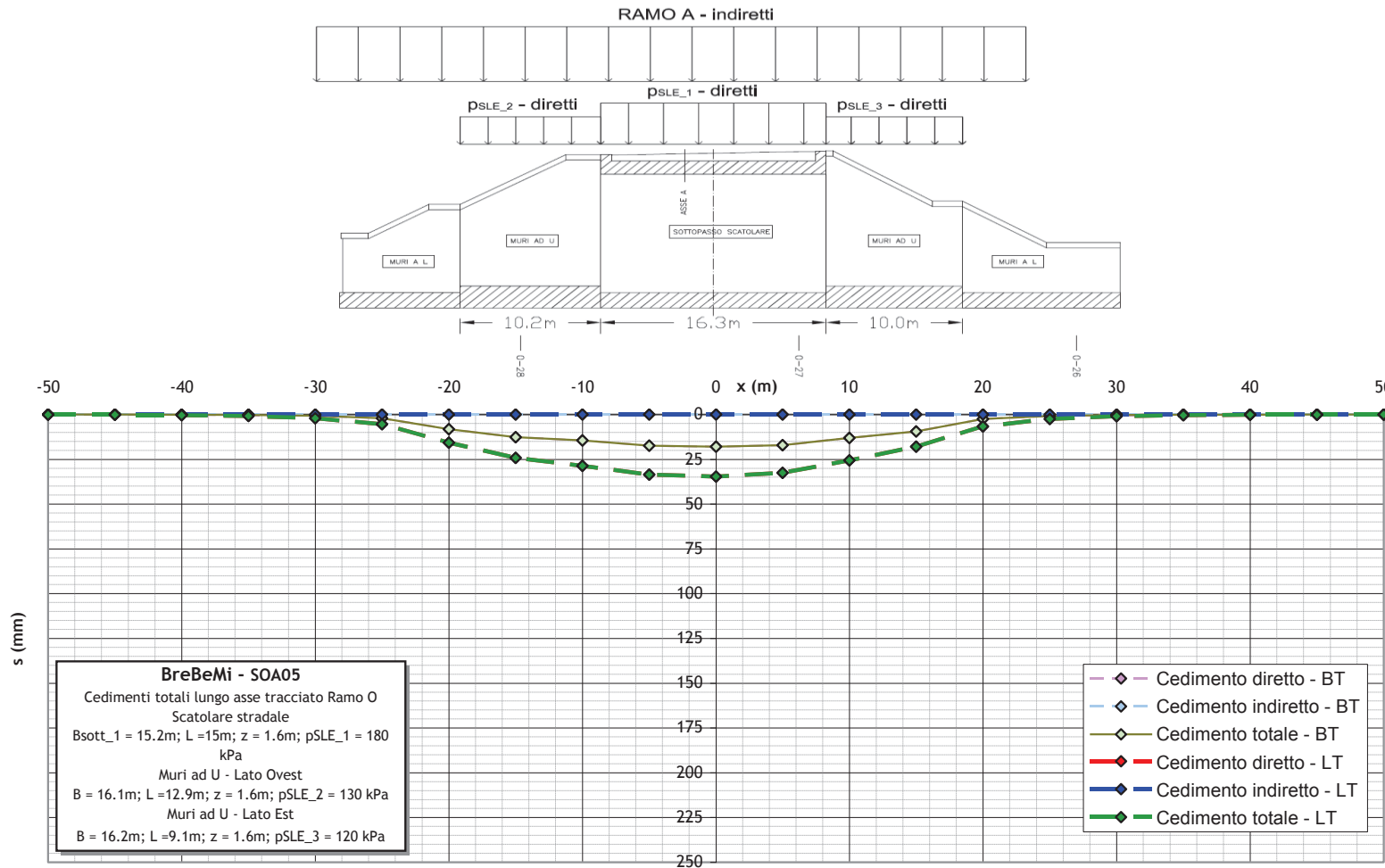



Figura 2.30 – SOA05 – cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR

Società di Progetto  
 Brebemi SpA



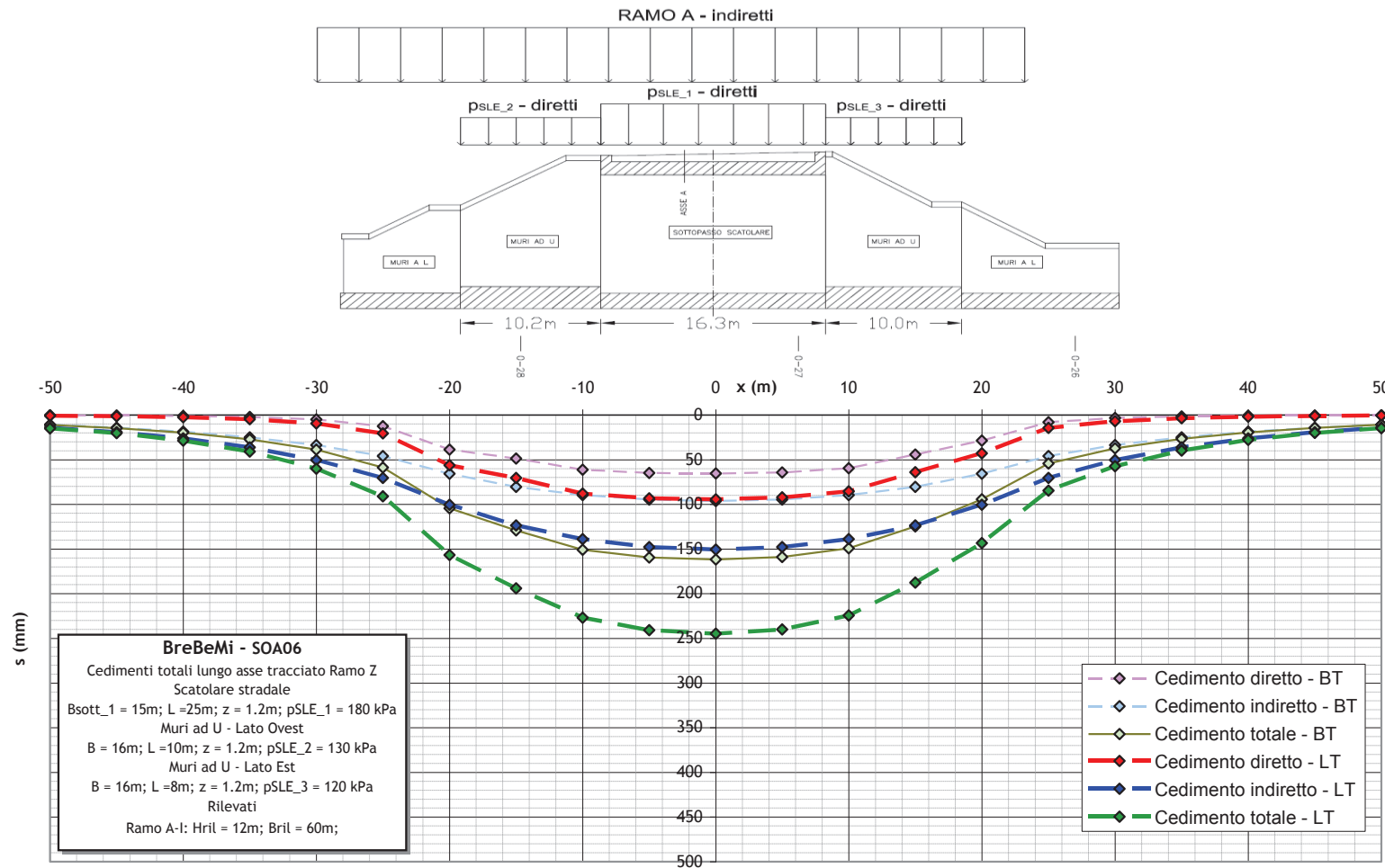


	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 97 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

APPROVATO SDR


Società di Progetto  
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

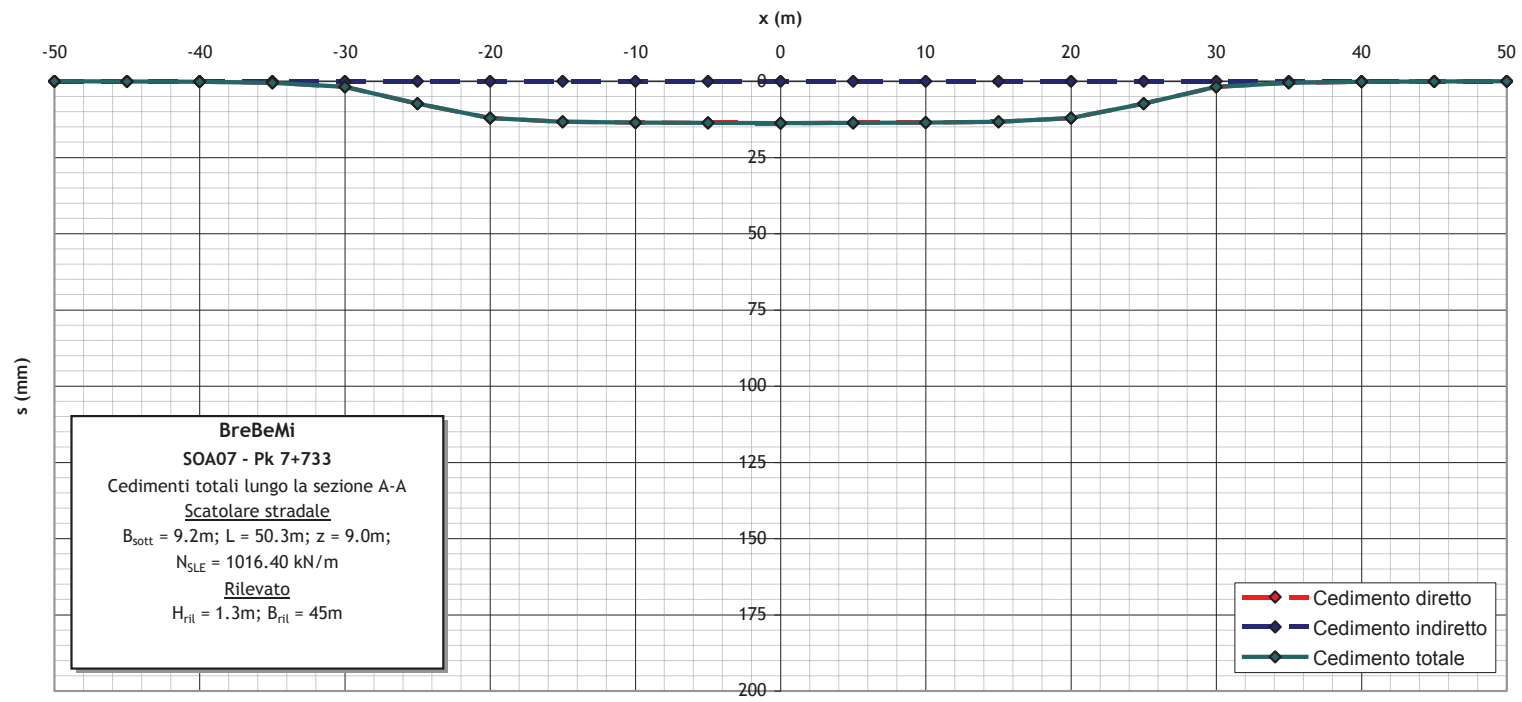
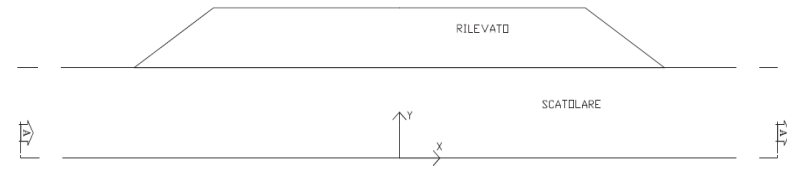
Società di Progetto  
Brebemi SpA

	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 99 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	---------------------

**Figura 2.31 – SOA06 – cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.**

APPROVATO SDR






**BreBeMi**  
**SOA07 - Pk 7+733**  
 Cedimenti totali lungo la sezione A-A  
Scatolare stradale  
 $B_{sott} = 9.2m$ ;  $L = 50.3m$ ;  $z = 9.0m$ ;  
 $N_{SLE} = 1016.40 \text{ kN/m}$   
Rilevato  
 $H_{ril} = 1.3m$ ;  $B_{ril} = 45m$

◆ Cedimento diretto  
◆ Cedimento indiretto  
◆ Cedimento totale


APPROVATO SDR

Società di Progetto  
 Brebemi SpA

	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 101 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	----------------------

**Figura 2.32** – SOA07 – cedimenti dello scatolare stradale lungo l'asse A-A.

APPROVATO SDR

	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 102 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	----------------------

### 3. BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Normative e raccomandazioni

3.1.1 D.M. 14/1/08 - “Norme tecniche per le costruzioni – Testo Unico”;

#### 3.2 Documentazione di progetto

3.2.1 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo  
“Geotecnica - Relazione Geotecnica Generale”

3.2.2 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo  
“Geotecnica - Relazione metodologica”

3.2.3 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo  
“Geotecnica - Addendum alla Relazione Geotecnica – Indagini Geognostiche in sito / Prove di laboratorio”

3.2.4 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo  
“Parte Generale – Geotecnica - Profilo Geotecnico longitudinale con nuovo asse autostradale-Asse Principale”


3.2.5 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo  
“Geologia Idrogeologia e Geomorfologia - Profilo idrogeologico longitudinale con nuovo asse stradale”

3.2.6 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo  
“Geologia Idrogeologia e Geomorfologia - Relazione idrogeologica”

3.2.7 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo  
“Geotecnica – Verifiche geotecniche”

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 103 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	----------------------

### 3.3 Riferimenti bibliografici

3.3.1 Berardi R., Lancellotta R., "Stiffness of Granular Soils from Field Performance" ; 1991, Geotechnique

3.3.2 Renato Lancellotta - Geotecnica – II edizione – Zanichelli – 1993

3.3.3 Berardi R., "Non linear elastic approaches in foundation design" ; 1999, Pre-Failure Deformation Characteristics of Geomaterials, Torino, Balkema

3.3.4 Skempton, A. W. (1986), "Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation". Geotechnique 36, n°2

3.3.5 Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) – "New correlations of penetration tests for design practice", Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando

3.3.6 Naval Facilities Engineering Command (1986) "Design Manual 7.02 – Foundation & Earth Structures" 200 Stovall Street – Alexandria, Virginia 22332-2300

3.3.7 Burland, J.B., Burbidge, M.C. (1985) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel"- Proc. Inst. Civ. Engrs., Part 1, 78, 1325-1381

3.3.8 R.Paolucci, A.Pecker (1997) " Seismic bearing capacity of shallow strip foundations on dry soils" Soil and Foundations Vol. 37, No. 3, 95-105, Sept. 1997

3.3.9 D.M.Burmister, "The General Theory of Stresses and Displacement in layered systems", Jurnal of applied physics, vol.16 February 1945


3.3.10 Schmertmann, J.H. (1975), "Measurement of in situ shear strength, keynote lecture, Proceedings of the conference on in-situ measurement of soil properties", June 1-4, 1975, vol. II, American Society of Civil Engineers.

3.3.11 [www.ingv.it](http://www.ingv.it) – sito Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia

3.3.12 CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION, "The design and construction of sheet-piled cofferdams", CIRIA and Thomas Telford, London, 1993, 85pp. ISBN 0 7277 1980 7, London, 1993, 85pp

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N. 60400-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000500A	REV. 00	FOGLIO 104 di 104
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	------------	----------------------

3.3.13 Timoshenko S.P. and Gere J.M., “Theory of Elastic Stability”, McGrawHill, 1961

3.3.14 Jamiolkowski M., Ladd C. C., Germaine J.T., Lancellotta R.. (1985) – “New development in Field and Laboratory testing of Soils”, Proceedings of 11th international conference on soil mechanics and foundation engineering

3.3.15 EPRI EL-6800, “Manual on estimate Soil properties for foundation design” 1990

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



104