



COMUNE DI VALLI DEL PASUBIO

PROVINCIA DI VICENZA

Via Bruno Brandellero n. 46 - 36030 Valli del Pasubio
Area Lavori Pubblici

PROGETTO ESECUTIVO

INTERVENTI DI RIPRISTINO E SALVAGUARDIA DI INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITA'
CITTADINA A SEGUITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI DELL'ANNO 2013

INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DI UN TRATTO DELLA STRADA COMUNALE DI COLLEGAMENTO IN LOCALITA' OFFICHE 09 - CODICE 09 TPROV

ELENCO ELABORATI

- 01 Relazione tecnico-illustrativa
- 02 **Relazione geologica e geotecnica**
- 03 Relazione paesaggistica semplificata
- 04 Relazione di fattibilità ambientale
- 05 Relazione di non necessità V.Inc.A
- 06 Relazione di calcolo elementi strutturali
- 07 Elenco Prezzi Unitari
- 08 Computo metrico estimativo
- 09 Quadro economico di spesa
- 10 Modello offerta prezzi
- 11 Capitolato speciale d'appalto - Parte tecnica
- 12 Capitolato speciale d'appalto - Parte amministrativa
- 13 Schema di contratto
- 14 Planimetria con rilievo e sezioni stato di fatto con inquadramento territoriale
- 15 Planimetria e sezioni stato di progetto
- 16 Particolari costruttivi
- 17 Piano di sicurezza e coordinamento
- 18 Fascicolo dell'opera

Pratica 09 - CODICE 09 TPROV

Data Maggio 2016

Aggiornamento

Livello di Progetto Esecutivo

File name

SCALA

- VARIE
- 1:20
- 1:50
- 1:100
- 1:250
- 1:500
- 1:1000
- 1:2000
- 1:5000
- 1:10000

ELABORATO

02

Relazione geologica e geotecnica

IL RESPONSABILE DELLA STRUTTURA TECNICA
geom. Ilario De Moro

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ing. Giovanni Fichera

COORDINAMENTO SICUREZZA
Ing. Lisa Carollo

COLLABORAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA
dott. Andrea geologo Bartolin

IL PROGETTISTA

Studio Toniolo architetture & consulting
Via San Valentino 2 - 36030 Costabissara (VI)
Tel.: 0444.972065 - Fax: 0444.973647
email: toniolo.costantino@gmail.com

arch. Costantino Toniolo



PREMESSA

Nell'ambito degli interventi di ripristino e salvaguardia di infrastrutture per la mobilità cittadina a seguito degli eventi alluvionali dell'anno 2013, per conto del Comune di Valli del Pasubio, è stata redatta la presente relazione geologica e geotecnica a corredo del progetto definitivo di sistemazione di un tratto della strada di collegamento del Quartiere Cavrega, in prossimità di località Offiche, nel Comune di Valli del Pasubio.

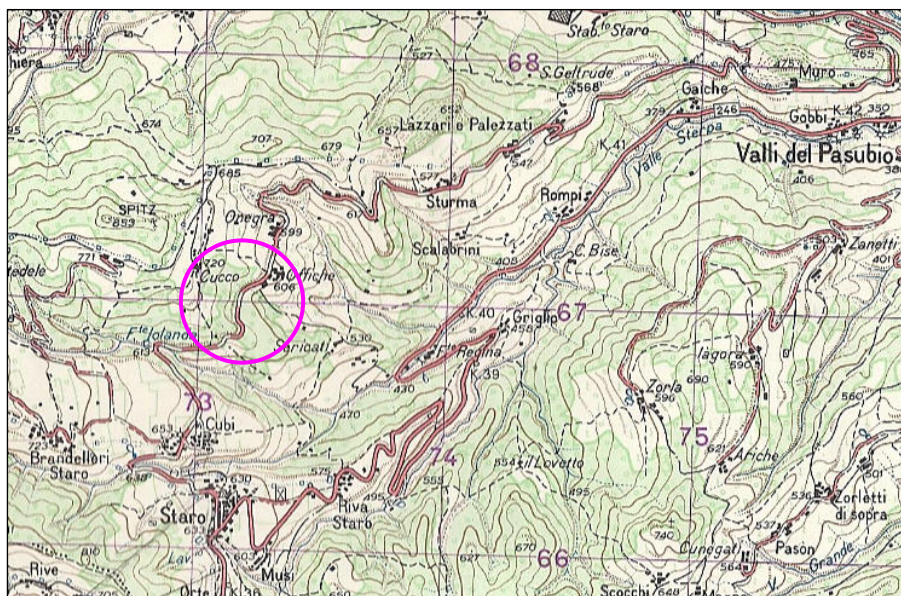
L'intervento è il n. 09; il codice è T.Prov.

La relazione che segue, redatta in ottemperanza a quanto disposto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" contenute nel D.M. 14/01/2008, si articola nel modo seguente:

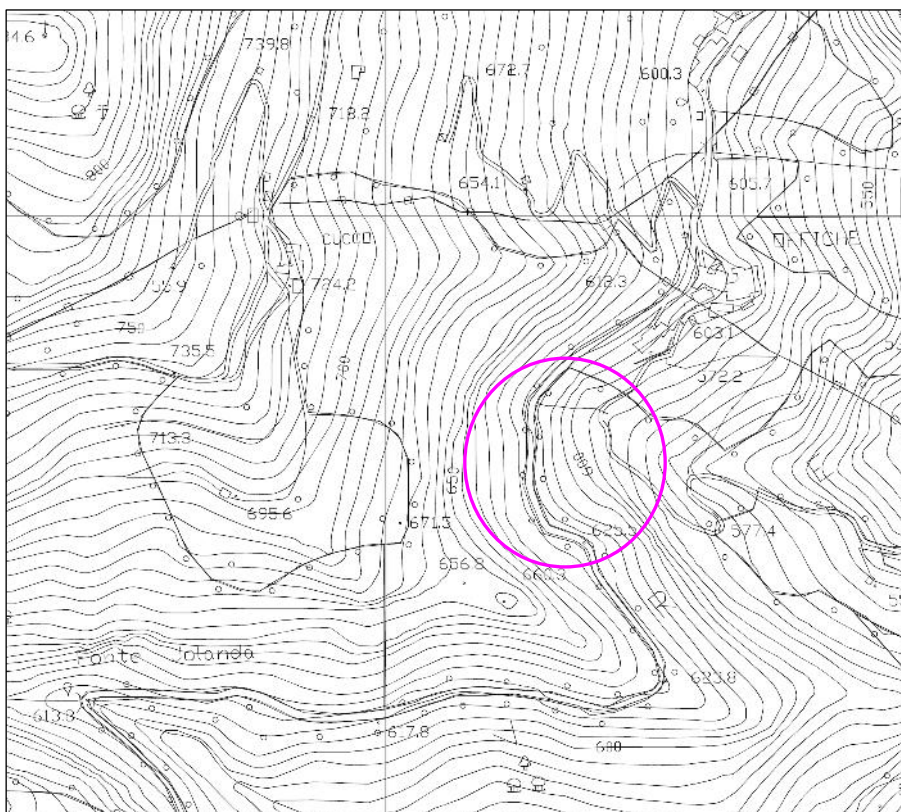
- inquadramento generale di tipo geografico, morfologico, geologico e sismico dell'area di studio;
- resoconto ed interpretazione delle indagini svolte in sito,
- rappresentazione del modello geologico, geotecnico ed idrogeologico locale,
- natura, estensione, origine, cause, possibile evoluzione del movimento franoso ed interventi da promuovere.

1 - INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 - Inquadramento Geografico



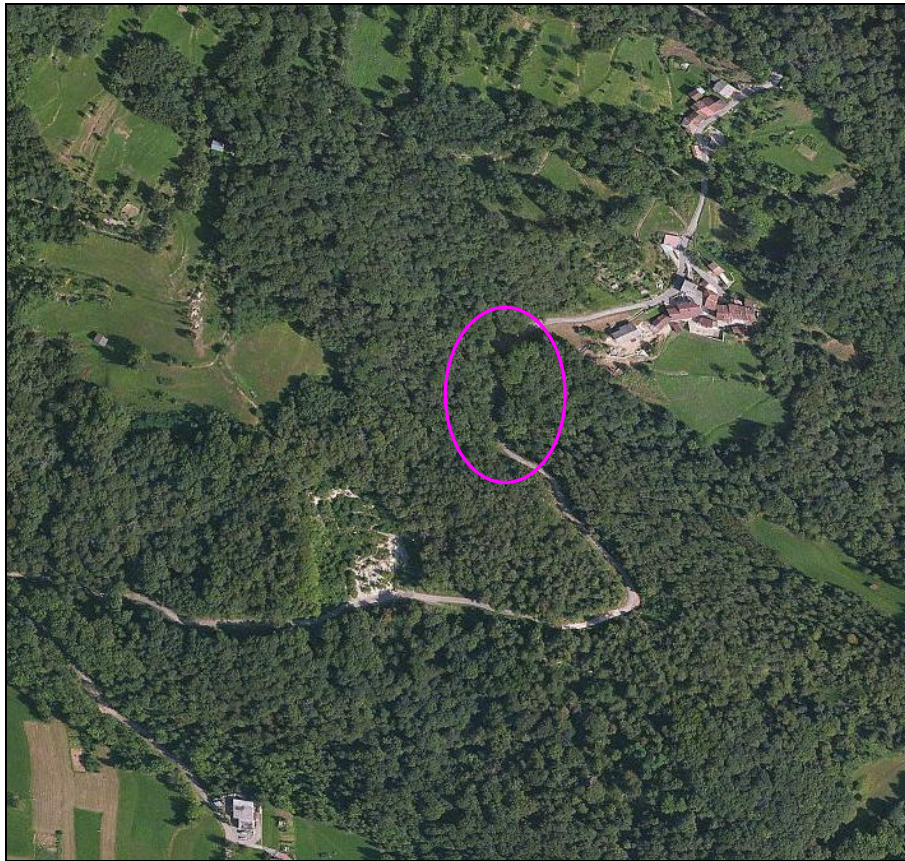
Estratto non in scala da
I.G.M. alla scala
1:25.000
Foglio 36 - Recoaro
Elemento II S.O.



Estratto non in scala da
C.T.R. alla scala
1:5.000
Elemento n. 102084
Valli del Pasubio

Il tratto di strada comunale oggetto di studio serve il Quartiere Cavrega che si estende nella parte sud-occidentale del territorio comunale di Valli del Pasubio, a sud-ovest del centro del capoluogo.

1.2 - Inquadramento Morfologico



- Immagine satellitare -

L'immagine sopra riportata propone una panoramica del contesto morfologico nella quale è inserito il tratto di strada oggetto dell'indagine. Quest'ultima si trova su di un versante, esposto ad est, ad una quota di circa 620 m s.l.m..

1.3 - Inquadramento Geologico

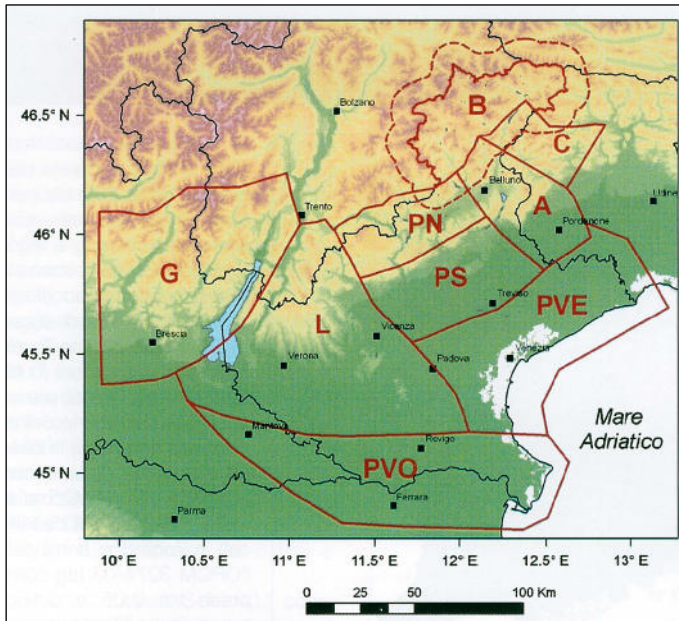


- Estratto non in scala della Carta Geologica dell'area di Recoaro -

La carta geologica dell'area di Recoaro, di cui si riporta un estratto, indica che il substrato roccioso del versante è costituito dai micascisti filladici del basamento metamorfico cristallino (identificati con il n. 39); quest'ultimo talora è affiorante, talora è occultato da coltri colluvio-eluviali di natura prevalentemente coesiva.

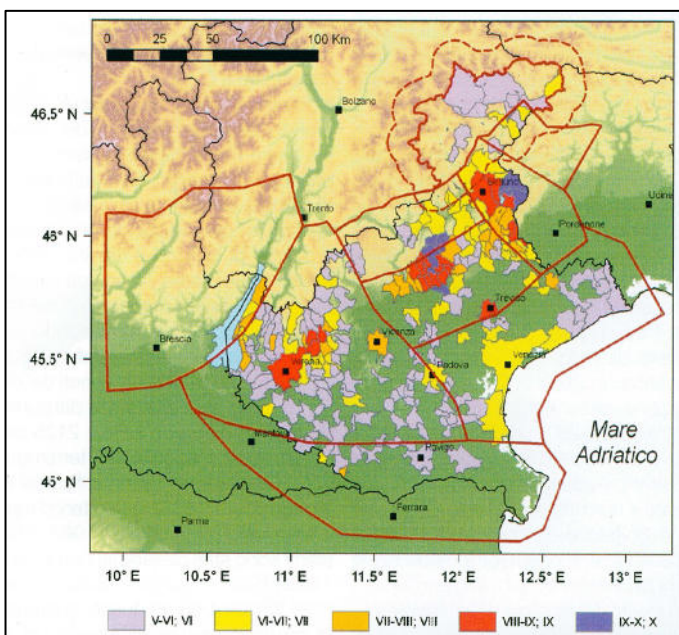
1.4 - Inquadramento Sismico

Il Veneto è una regione disomogenea dal punto di vista geologico-strutturale e, quindi, lo è anche dal punto di vista sismico. Sono stati riconosciuti dei "distretti sismici" definibili come zone all'interno delle quali i terremoti possono essere identificati da alcuni elementi sismogenetici comuni. Nella figura che segue vengono mostrati i distretti sismici del Veneto (tratto da Sukan e Peruzza - 2001).



Distretti sismici del Veneto: G Giudicarie; L Lessini-Schio; PS Pedemontana Sud; PN Pedemontana Nord; A Alpago-Cansiglio, C Calut; B Alto Bellunese-Dolomiti; PVE Pianura Veneta Est; PVO Pianura Veneta Ovest

Il Comune di Valli del Pasubio si trova all'interno del distretto sismico L - Lessini-Schio. All'interno di questo territorio i maggiori risentimenti in termini di intensità macrosismica sono stati del IX grado MCS (si veda la figura sotto riportata).



Massima intensità macrosismica osservata al di sopra della soglia di primo danno (V-VI MCS) - tratto da Stucchi et al. 2007.

Ad una situazione di questo tipo corrisponde un livello nella scala degli effetti di *distruzione* come indicato nella figura sottostante.

Intensità I_{MCS}	Scossa	Effetti	MAW - MD
I	strumentale		$\leq 2.6 - 2.3$
II	leggerissima		3.0 - 2.7
III	leggera		3.4 - 3.0
IV	mediocre	Percezione	3.9 - 3.4
V	forte		4.3 - 3.9
VI	molto forte		4.8 - 4.5
VII	fortissima	Danno	5.1 - 4.9
VIII	rovinosa		5.5
IX	disastrosa		5.9
X	disastrosissima		6.5
XI	catastrofica	Distruzione	7.0
XII	grande catastrofe		> 7.3

Relazione orientativa tra intensità macrosismica MCS, effetti e scala di magnitudo strumentali.

2 - INDAGINI IN SITO

Per poter delineare l'assetto geologico, geotecnico ed idrogeologico dell'area oggetto dell'intervento, sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

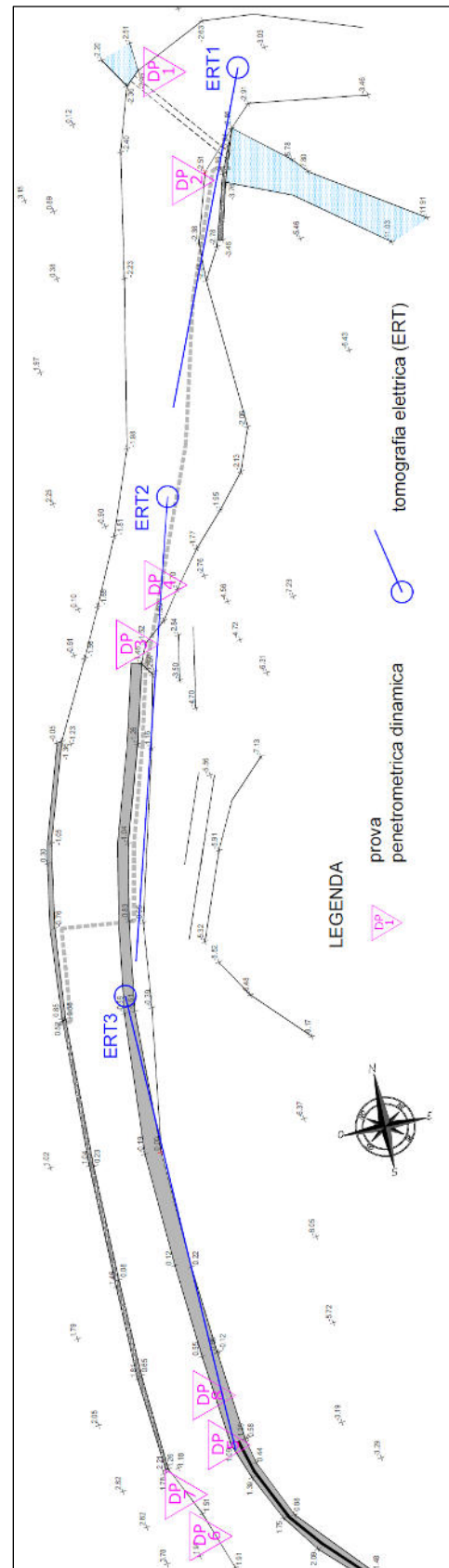
- n. 8 prove penetrometriche,
- n. 3 tomografie elettriche.

La loro distribuzione è riportata nell'immagine a fianco.

2.1 Prova Penetrometrica Dinamica

2.1.1 - Descrizione della tecnica adottata

La prova penetrometrica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica di dimensioni standard di cui si misura la resistenza all'avanzamento. In presenza di terreni granulari grossolani, o di terreni fini, ma caratterizzati dalla presenza di uno scheletro ghiaioso e da ciottoli, è possibile solamente ricorrere a prove penetrometriche di tipo dinamico. In questo caso la punta standard viene infissa nel terreno mediante l'energia, impressa attraverso una batteria di aste, di un maglio con peso e altezza di caduta standardizzate. La misura che viene effettuata è il n. di colpi per unità di lunghezza. Questo tipo di prova permette di riconoscere la stratigrafia dei terreni attraversati fino ad una profondità di massimo 5÷7 m (senza l'impiego di rivestimento delle aste), nonché di estrapolarne le principali grandezze geotecniche. N_{10} , infatti, può essere correlato al N_{SPT} della Standard Penetration Test (si vedano le schede allegate nelle pagine seguenti del penetrometro in uso), del quale esiste una estesa bibliografia che lo correla alle principali caratteristiche geotecniche dei terreni (Φ , densità relativa, c_u , ecc. – si vedano i grafici e le tabelle allegate dopo i grafici delle prove penetrometriche). Le correlazioni sopra citate fanno riferimento ad esperienze e ricerche condotte in vari Paesi da diversi Autori, nonché da conoscenze personali da parte di chi scrive (in particolare correlazioni con prove CPT). In assenza di prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati di terreno, le suddette correlazioni hanno ovviamente validità orientativa. Seguono le tabelle ed i grafici di correlazione.



ABACCHI DI CORRELAZIONE FRA N_{SPT} E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI TERRENI GRANULARI E COESIVI

Correlazioni da N_{SPT} per terreni a grana fine

definizione	SPT	RESIST. ALLA COMPRESIONE Q_u	Unità di Vol.
	N	q_{sp}	$\frac{q_{sp}}{9.81 \cdot 30}$
Priva di consistenza	< 2	< 25	< 1.6
Poca consistenza (molle)	2-4	25-50	1.6-1.7
Moderata consistenza consistente	4-8	50-100	1.7-1.8
Consistente	8-15	100-200	1.9-2.1
Molto consistente	16-32	200-400	2.0-2.2
Estremamente consistente (dura)	> 32	> 400	> 2.2

Basileia 1982

Correlazioni da N_{SPT} per terreni a grana media e grossa

definizione	SPT	Densità rel.	Angolo res. al taglio	Unità di Vol.
	N	d_r	ϕ°	$\frac{q_{sp}}{9.81 \cdot 30}$
Molto molle	5-10	0-15	25-25	1.1-1.2
Molle	10-15	15	27-32	1.4-1.6
Moderate	10-40	15	30-35	1.7-2.0
Dense	20-70	15	35-40	1.7-2.2
Molto dense	25	15-20	36-42	2.0-2.3

Terzaghi-Peck 1948 - Meyerhof 1950 - Bowles 1982

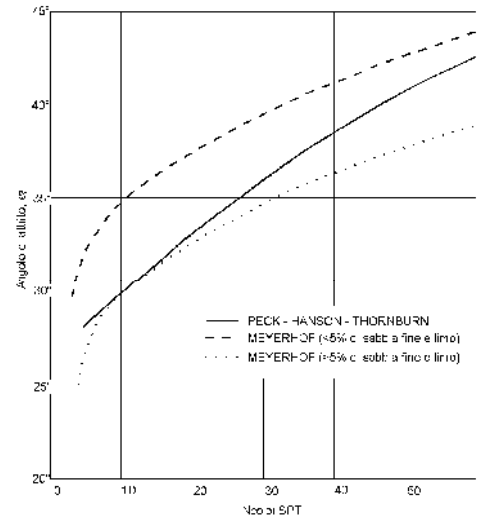


Fig. 1.12 - Correlazione tra N_{60} di SPT e Angolo di attrito (Metodo di Peck-Hanson-Thornburn e Meyerhof)

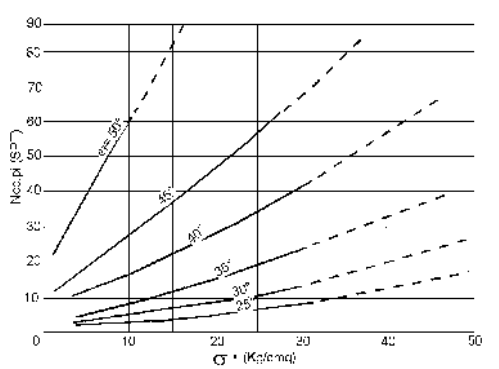


Fig. 1.10 - Correlazione di De Mello per la valutazione dell'angolo d'attrito.

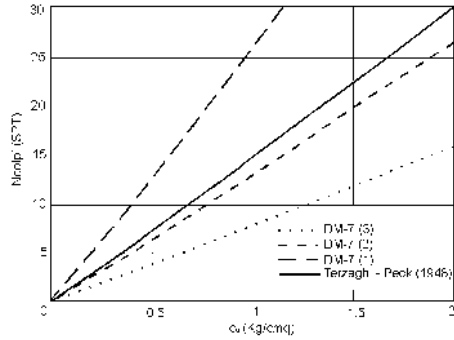


Fig. 1.17 - Metodi di Terzaghi e Peck e DM-7 per la valutazione della resistenza per densità

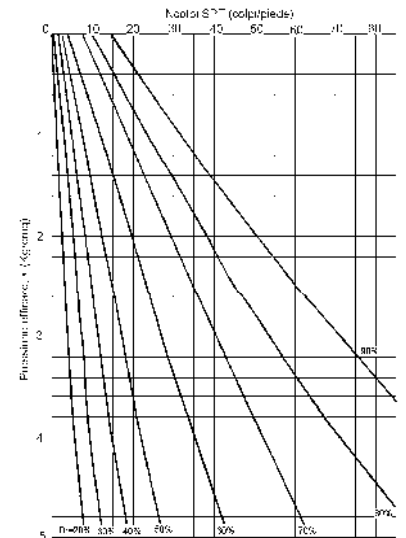


Fig. 1.13 - Metodi di Gross e Holtz per la valutazione della densità relativa

2.1.2 - Descrizione strumentazione impiegata

Nel corso di questa indagine è stato utilizzato un penetrometro di tipo dinamico medio (ritratto nella foto a fianco) le cui caratteristiche sono di seguito riportate, assieme ai tabulati ed ai grafici ottenuti.

CARATTERISTICHE TECNICHE : DL-30 (60°)

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 18,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 7,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 6,00 kg/cm² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ (teoricamente : Nspt = $\beta_t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta



2.1.3 - Tabulati e Grafici

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione tratto strada comunale
- località : C.da Offiche - Quartiere Cavrega

- data prova : 13/01/2016
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	1,10 - 1,20	25	75,0	----	2
0,10 - 0,20	----	----	----	1	1,20 - 1,30	20	60,0	----	2
0,20 - 0,30	----	----	----	1	1,30 - 1,40	29	87,0	----	2
0,30 - 0,40	45	150,0	----	1	1,40 - 1,50	22	66,0	----	2
0,40 - 0,50	41	136,7	----	1	1,50 - 1,60	18	54,0	----	2
0,50 - 0,60	38	126,7	----	1	1,60 - 1,70	11	33,0	----	2
0,60 - 0,70	18	60,0	----	1	1,70 - 1,80	14	42,0	----	2
0,70 - 0,80	12	40,0	----	1	1,80 - 1,90	8	21,8	----	3
0,80 - 0,90	8	24,0	----	2	1,90 - 2,00	15	40,9	----	3
0,90 - 1,00	20	60,0	----	2	2,00 - 2,10	100	272,7	----	3
1,00 - 1,10	46	138,0	----	2					

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio

- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	0,70 - 0,80	11	36,7	----	1
0,10 - 0,20	----	----	----	1	0,80 - 0,90	9	27,0	----	2
0,20 - 0,30	----	----	----	1	0,90 - 1,00	16	48,0	----	2
0,30 - 0,40	----	----	----	1	1,00 - 1,10	16	48,0	----	2
0,40 - 0,50	35	116,7	----	1	1,10 - 1,20	18	54,0	----	2
0,50 - 0,60	27	90,0	----	1	1,20 - 1,30	38	114,0	----	2
0,60 - 0,70	11	36,7	----	1	1,30 - 1,40	100	300,0	----	2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio

- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	0,50 - 0,60	38	126,7	----	1
0,10 - 0,20	----	----	----	1	0,60 - 0,70	35	116,7	----	1
0,20 - 0,30	----	----	----	1	0,70 - 0,80	22	73,3	----	1
0,30 - 0,40	----	----	----	1	0,80 - 0,90	88	264,0	----	2
0,40 - 0,50	26	86,7	----	1	0,90 - 1,00	100	300,0	----	2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio

- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	0,50 - 0,60	8	26,7	----	1
0,10 - 0,20	----	----	----	1	0,60 - 0,70	65	216,7	----	1
0,20 - 0,30	----	----	----	1	0,70 - 0,80	79	263,3	----	1
0,30 - 0,40	19	63,3	----	1	0,80 - 0,90	87	261,0	----	2
0,40 - 0,50	7	23,3	----	1	0,90 - 1,00	100	300,0	----	2

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 5

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio

- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	8	26,7	----	1	1,70 - 1,80	1	3,0	----	2
0,10 - 0,20	10	33,3	----	1	1,80 - 1,90	1	2,7	----	3
0,20 - 0,30	4	13,3	----	1	1,90 - 2,00	3	8,2	----	3
0,30 - 0,40	5	16,7	----	1	2,00 - 2,10	4	10,9	----	3
0,40 - 0,50	1	3,3	----	1	2,10 - 2,20	2	5,5	----	3
0,50 - 0,60	1	3,3	----	1	2,20 - 2,30	2	5,5	----	3
0,60 - 0,70	1	3,3	----	1	2,30 - 2,40	3	8,2	----	3
0,70 - 0,80	1	3,3	----	1	2,40 - 2,50	4	10,9	----	3
0,80 - 0,90	2	6,0	----	2	2,50 - 2,60	9	24,5	----	3
0,90 - 1,00	3	9,0	----	2	2,60 - 2,70	4	10,9	----	3
1,00 - 1,10	5	15,0	----	2	2,70 - 2,80	5	13,6	----	3
1,10 - 1,20	3	9,0	----	2	2,80 - 2,90	3	7,5	----	4
1,20 - 1,30	5	15,0	----	2	2,90 - 3,00	2	5,0	----	4
1,30 - 1,40	4	12,0	----	2	3,00 - 3,10	5	12,5	----	4
1,40 - 1,50	7	21,0	----	2	3,10 - 3,20	38	95,0	----	4
1,50 - 1,60	3	9,0	----	2	3,20 - 3,30	62	155,0	----	4
1,60 - 1,70	1	3,0	----	2	3,30 - 3,40	100	250,0	----	4

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 6

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio

- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	0,50 - 0,60	64	213,3	----	1
0,10 - 0,20	----	----	----	1	0,60 - 0,70	88	293,3	----	1
0,20 - 0,30	11	36,7	----	1	0,70 - 0,80	74	246,7	----	1
0,30 - 0,40	17	56,7	----	1	0,80 - 0,90	92	276,0	----	2
0,40 - 0,50	29	96,7	----	1	0,90 - 1,00	100	300,0	----	2

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 7

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio

- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	1,50 - 1,60	39	117,0	----	2
0,10 - 0,20	----	----	----	1	1,60 - 1,70	49	147,0	----	2
0,20 - 0,30	12	40,0	----	1	1,70 - 1,80	43	129,0	----	2
0,30 - 0,40	12	40,0	----	1	1,80 - 1,90	42	114,5	----	3
0,40 - 0,50	8	26,7	----	1	1,90 - 2,00	39	106,4	----	3
0,50 - 0,60	12	40,0	----	1	2,00 - 2,10	44	120,0	----	3
0,60 - 0,70	6	20,0	----	1	2,10 - 2,20	49	133,6	----	3
0,70 - 0,80	5	16,7	----	1	2,20 - 2,30	41	111,8	----	3
0,80 - 0,90	5	15,0	----	2	2,30 - 2,40	47	128,2	----	3
0,90 - 1,00	8	24,0	----	2	2,40 - 2,50	51	139,1	----	3
1,00 - 1,10	20	60,0	----	2	2,50 - 2,60	49	133,6	----	3
1,10 - 1,20	36	108,0	----	2	2,60 - 2,70	46	125,5	----	3
1,20 - 1,30	48	144,0	----	2	2,70 - 2,80	48	130,9	----	3
1,30 - 1,40	50	150,0	----	2	2,80 - 2,90	33	82,5	----	4
1,40 - 1,50	35	105,0	----	2	2,90 - 3,00	100	250,0	----	4

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 8

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio
- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	2,50 - 2,60	18	49,1	----	3
0,10 - 0,20	----	----	----	1	2,60 - 2,70	19	51,8	----	3
0,20 - 0,30	6	20,0	----	1	2,70 - 2,80	14	38,2	----	3
0,30 - 0,40	4	13,3	----	1	2,80 - 2,90	9	22,5	----	4
0,40 - 0,50	2	6,7	----	1	2,90 - 3,00	5	12,5	----	4
0,50 - 0,60	----	----	----	1	3,00 - 3,10	1	2,5	----	4
0,60 - 0,70	----	----	----	1	3,10 - 3,20	3	7,5	----	4
0,70 - 0,80	----	----	----	1	3,20 - 3,30	2	5,0	----	4
0,80 - 0,90	----	----	----	2	3,30 - 3,40	3	7,5	----	4
0,90 - 1,00	1	3,0	----	2	3,40 - 3,50	6	15,0	----	4
1,00 - 1,10	2	6,0	----	2	3,50 - 3,60	18	45,0	----	4
1,10 - 1,20	1	3,0	----	2	3,60 - 3,70	18	45,0	----	4
1,20 - 1,30	1	3,0	----	2	3,70 - 3,80	14	35,0	----	4
1,30 - 1,40	1	3,0	----	2	3,80 - 3,90	12	27,7	----	5
1,40 - 1,50	1	3,0	----	2	3,90 - 4,00	10	23,1	----	5
1,50 - 1,60	3	9,0	----	2	4,00 - 4,10	25	57,7	----	5
1,60 - 1,70	1	3,0	----	2	4,10 - 4,20	27	62,3	----	5
1,70 - 1,80	1	3,0	----	2	4,20 - 4,30	26	60,0	----	5
1,80 - 1,90	----	----	----	3	4,30 - 4,40	25	57,7	----	5
1,90 - 2,00	----	----	----	3	4,40 - 4,50	18	41,5	----	5
2,00 - 2,10	1	2,7	----	3	4,50 - 4,60	33	76,2	----	5
2,10 - 2,20	----	----	----	3	4,60 - 4,70	55	126,9	----	5
2,20 - 2,30	1	2,7	----	3	4,70 - 4,80	55	126,9	----	5
2,30 - 2,40	8	21,8	----	3	4,80 - 4,90	58	124,3	----	6
2,40 - 2,50	20	54,5	----	3	4,90 - 5,00	100	214,3	----	6

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO

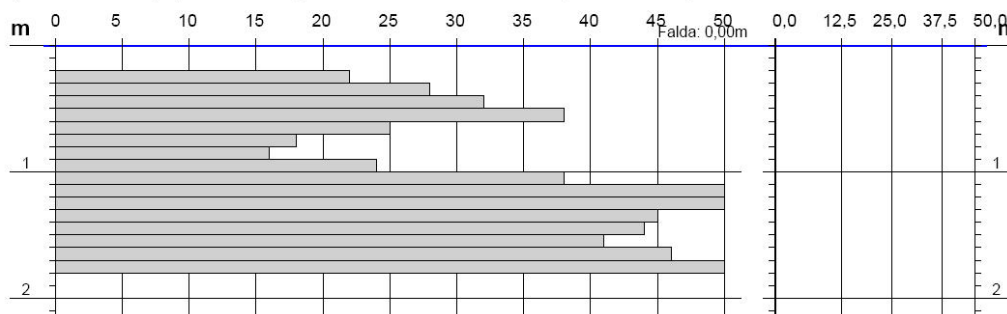
DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio
- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10,00$ cm Colpi Rivestimento



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO

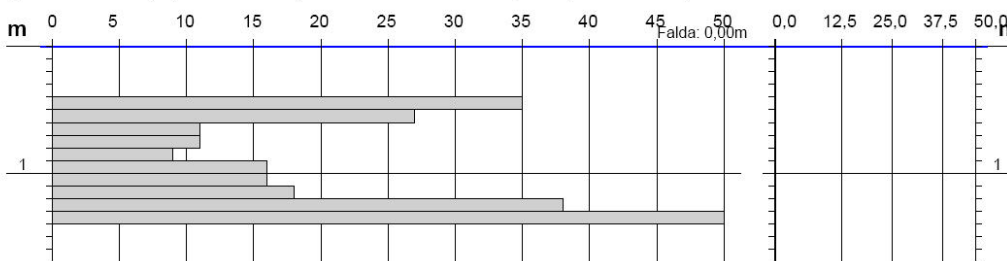
DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio
- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10,00$ cm Colpi Rivestimento

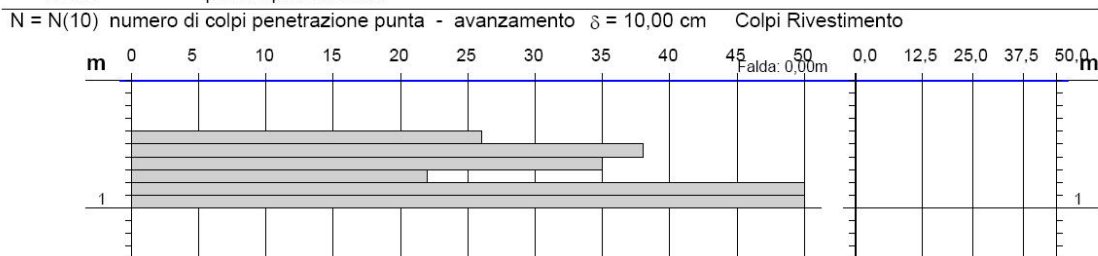


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO**

DIN 3
Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio - data prova : 12/01/2016
 - lavoro : sistemazione strada comunale - quota inizio : piano stradale
 - località : Savena - Valli del Pasubio - prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

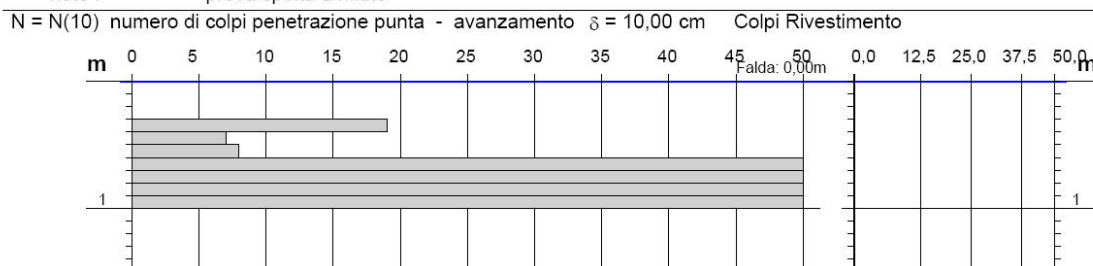


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO**

DIN 4
Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio - data prova : 12/01/2016
 - lavoro : sistemazione strada comunale - quota inizio : piano stradale
 - località : Savena - Valli del Pasubio - prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

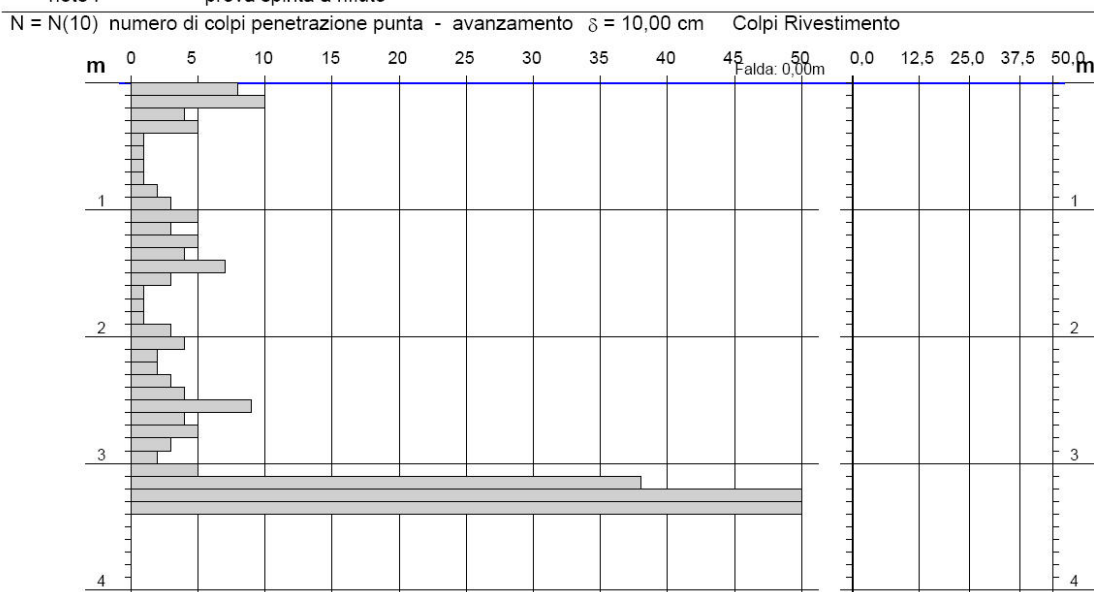


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO**

DIN 5
Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio - data prova : 12/01/2016
 - lavoro : sistemazione strada comunale - quota inizio : piano stradale
 - località : Savena - Valli del Pasubio - prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto



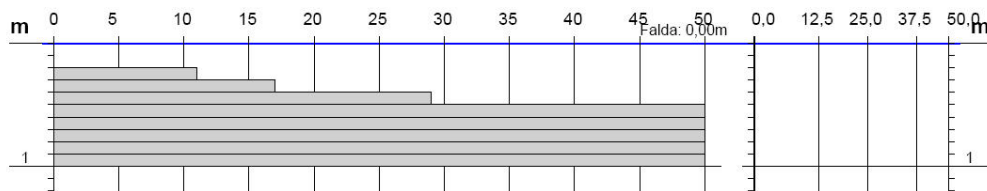
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO

DIN 6
 Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio
 - lavoro : sistemazione strada comunale
 - località : Savena - Valli del Pasubio
 - data prova : 12/01/2016
 - quota inizio : piano stradale
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10,00$ cm Colpi Rivestimento



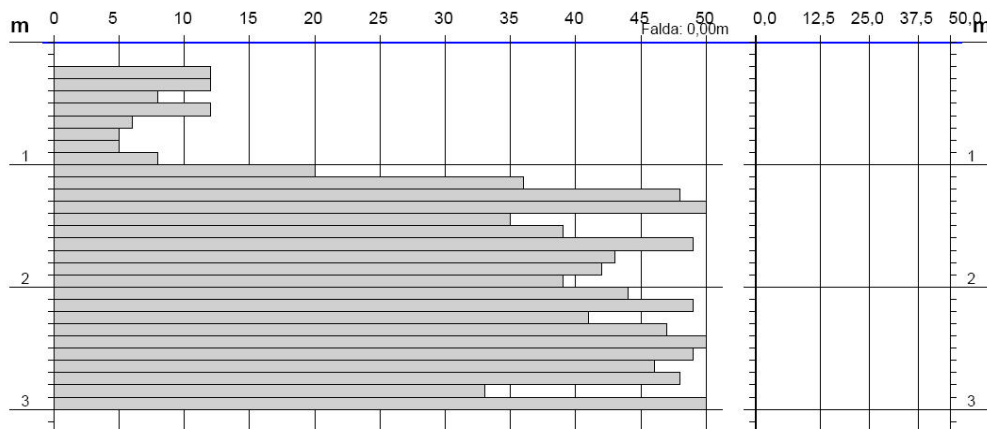
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO

DIN 7
 Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio
 - lavoro : sistemazione strada comunale
 - località : Savena - Valli del Pasubio
 - data prova : 12/01/2016
 - quota inizio : piano stradale
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10,00$ cm Colpi Rivestimento



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO

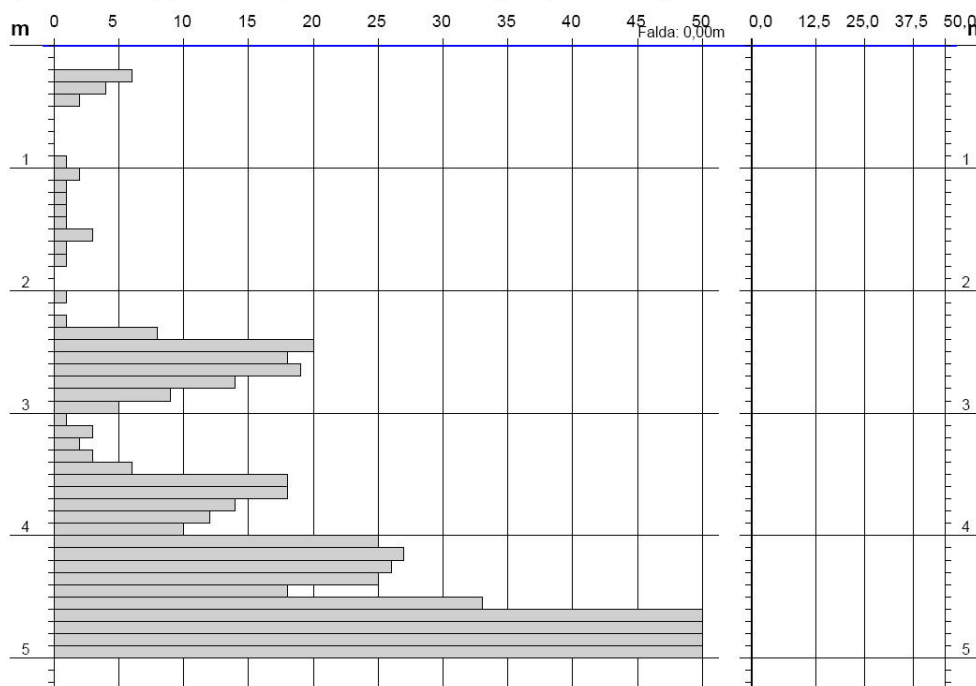
DIN 8
Scala 1: 50

- committente : Comune di Valli del Pasubio
- lavoro : sistemazione strada comunale
- località : Savena - Valli del Pasubio

- data prova : 12/01/2016
- quota inizio : piano stradale
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10,00$ cm Colpi Rivestimento



2.1.4 - Elaborazione ed Interpretazione dei Dati

Le prove n. 1 e 2, eseguite nel tratto 1, hanno fatto registrare valori di N_{10} compresi fra 10 e 40, registrati fino ad una profondità di quasi due metri da piano stradale quota alla quale è stato raggiunto il rifiuto all'avanzamento. Dal confronto dei dati ottenuti con la bibliografia tematica, tenuto conto anche di quanto ricavato dalle altre indagini svolte in sito, si è potuto accertare che i terreni attraversati dalle prove sono in prevalenza di natura mista: è presente una matrice fine caratterizzata dalla presenza di uno scheletro grossolano presente in percentuale variabile, talora abbondante e prevalente rispetto alla matrice fine. Si tratta in parte dell'originaria coltre colluviale che ricopre il substrato roccioso, in parte da terreni di riporto sistemati in posto all'epoca della costruzione della strada. Tenuto conto degli affioramenti esistenti e dei risultati delle tomografie elettriche, si ritiene che il rifiuto all'avanzamento, in entrambe i casi, sia attribuibile alla presenza del substrato roccioso.

Le prove 3 e 4, eseguite in corrispondenza del tratto 2, hanno fatto registrare valori di N_{10} compresi fra 20 e 40, registrati fino ad una profondità di appena un metro da piano stradale quota alla quale è stato raggiunto il rifiuto all'avanzamento. Dal confronto dei dati ottenuti con la bibliografia tematica, tenuto conto anche di quanto ricavato dalle altre indagini svolte in sito, si è potuto accertare che i terreni attraversati dalle prove sono in prevalenza di

natura granulare: si tratta di terreni di riporto sistemati in posto all'epoca della costruzione della strada. Tenuto conto degli affioramenti esistenti e dei risultati delle tomografie elettriche, si ritiene che il rifiuto all'avanzamento, in entrambe i casi, sia stato dettato dalla presenza del substrato roccioso.

Più articolati sono i risultati delle prove eseguite nel tratto n. 3. Le due prove eseguite a ridosso del ciglio di valle della strada (n. 5 e 8), hanno registrato valori molto bassi - $N_{10}=0\div 2$ - fino a profondità di $3.0\div 3.5$ m da piano stradale. Nella prova n. 8 ai valori sopra indicati segue un orizzonte con N_{10} compreso fra 10 e 25 fino a -5 m, quota alla quale è stato raggiunto il rifiuto all'avanzamento. Tenuto conto degli affioramenti esistenti e dei risultati delle tomografie elettriche, si ritiene che i primi, molto probabilmente, sono terreni di riporto sistemati in posto all'epoca della costruzione della strada, i secondi, invece, sono interpretabili come l'originaria coltre colluviale, ossia terreni di natura prevalentemente coesiva. Solamente nella prova n. 8 il rifiuto all'avanzamento è dovuto alla presenza del substrato roccioso.

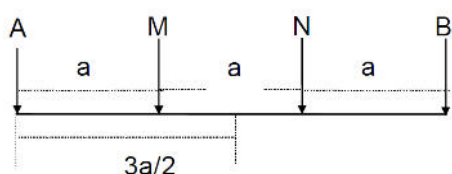
Le prove eseguite in corrispondenza del ciglio di monte (n. 6 e 7) hanno dato dei risultati molto diversi. Delle due la più significativa è la n. 7 nella quale sono stati registrati dei valori di N_{10} pari a 5 per il primo metro, di circa 35 a profondità maggiori. Il rifiuto all'avanzamento è stato raggiunto a -3 m da piano stradale. Tenuto conto degli affioramenti esistenti e dei risultati delle tomografie elettriche, si ritiene che il primo orizzonte costituisca l'originaria coltre colluviale, il secondo il substrato roccioso che, nel tratto in esame, risulta essere molto alterato.

Utilizzando le correlazioni presenti in bibliografia tra i valori di N_{10} con N_{SPT} (si vedano gli abachi e le tavole nel paragrafo precedente), è stato possibile anche attribuire ai terreni presenti le principali grandezze geotecniche che verranno riportate nel prossimo capitolo.

2.2 - Tomografie elettriche

2.2.1 - Descrizione della tecnica adottata

La resistività elettrica è una delle proprietà fisiche che può essere utilizzata per l'esplorazione geofisica del sottosuolo, grazie soprattutto all'ampio spettro di valori che essa può assumere al variare della natura dei corpi investigati. Tra i metodi più conosciuti, il metodo geoelettrico è stato sviluppato allo scopo di rilevare la distribuzione della resistività elettrica nel sottosuolo, elettricamente disomogeneo, iniettando una corrente continua mediante due elettrodi conficcati nel terreno, detti convenzionalmente AB, e misurando contemporaneamente la differenza di potenziale (d.d.p.), associata al campo elettrico generato, tra due elettrodi distinti dai primi, detti convenzionalmente MN (si veda la figura sotto riportata).



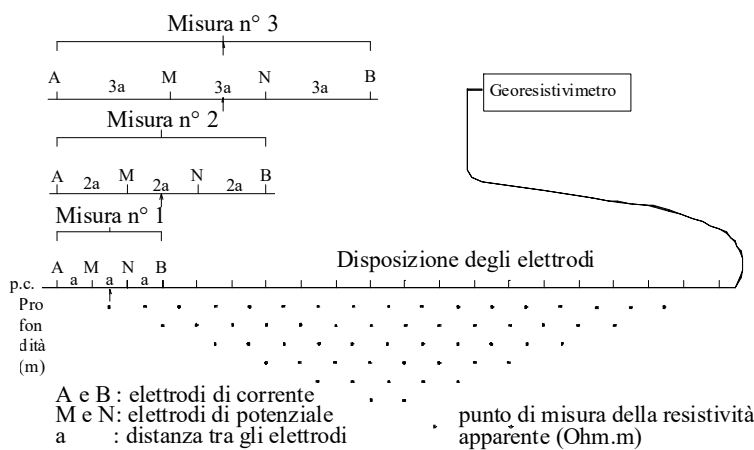
Schematizzazione del dispositivo quadripolare tipo WENNER utilizzato per l'acquisizione dei dati di resistività elettrica. AB: elettrodi di corrente; MN: elettrodi di potenziale.

Variando la distanza tra gli elettrodi A e B, o tra M e N, o tra AB e MN, e misurando ogni volta la corrente

immessa agli AB e la differenza di potenziale risultante agli MN, si ottiene la resistività detta apparente (in Ωm), secondo la nota formula:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \text{ dove } k = \pi \frac{AM * AN}{MN}$$

in cui k è la costante geometrica del dispositivo quadripolare e dipende soltanto dalle distanze interelettrodiche. La resistività apparente varia in funzione della posizione reciproca degli elettrodi A, B, M e N, (quadripolo elettrico) poiché di volta in volta parti diverse del terreno vengono investigate dal passaggio della corrente e dalla misura della risposta in termini di d.d.p. Per la loro maggiore convenienza in termini di tempi di esecuzione delle misure, la pratica geofisica ha privilegiato alcune combinazioni dei 4 elettrodi A, B, M e N, come ad esempio quella della figura sottostante, detta quadripolo "Wenner", dove gli elettrodi sono equidistanziati e sullo stesso asse.



Sistema di acquisizione "tomografica" dei dati utilizzando il dispositivo Wenner.

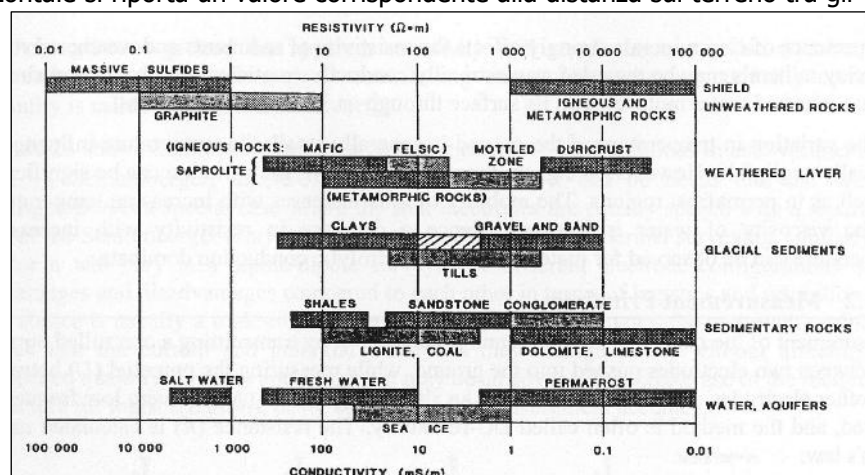
A distanza interelettrodica costante corrisponde una profondità di indagine all'interno del corpo all'incirca costante, mentre per ottenere un'informazione anche secondo la profondità occorre allargare progressivamente il passo del quadripolo.

La tomografia elettrica rappresenta la tecnica di indagine geoelettrica che permette di acquisire informazioni in simultanea dipendenza della profondità e della distanza orizzontale interelettrodica, e che quindi consente di ottenere informazioni reali sui valori di resistività sia in senso verticale che laterale (lungo cioè una sezione bidimensionale).

Questa metodologia di misura, che nella pratica geofisica costituisce l'evoluzione attuale della nota prospezione geoelettrica, è stata messa a punto alcuni anni fa, sfruttando i progressi dell'elettronica, sia per un'acquisizione automatica sul campo che per un'interpretazione dei dati in termini bi- e tri-dimensionali. Tale tecnica permette di disporre sul terreno da investigare un numero elevato di elettrodi (32, 64 o più), con distanza reciproca dipendente dalla risoluzione e dalla profondità d'indagine richieste; attraverso gli elettrodi viene alternativamente inviata corrente o misurata la differenza di potenziale, in una sequenza pre-programmata.

Si ottiene così l'andamento sia verticale che laterale della resistività apparente, che è uso rappresentare in forma di pseudosezione, ossia come tabella di valori organizzati in un piano di riferimento dove sull'asse orizzontale si riporta un valore corrispondente alla distanza sul terreno tra gli

elettrodi più esterni, e sull'asse verticale un'ordinata ricavata dalla complessiva larghezza del quadripolo (elettrodi di corrente + elettrodi di potenziale). Ad esempio, nel caso del dispositivo Wenner tale parametro è solitamente la semidistanza AB. Il risultato è quindi una figura bidimensionale nella quale tutti i punti di eguale



resistività apparente vengono collegati da una curva detta iso-resistiva. Questo quadro deve essere quindi opportunamente "interpretato" in modo da poter desumere dalle resistività apparenti i valori della resistività reale e la geometria della sua distribuzione. Nella pagine precedente si riporta una tabella tratta da manuale d'istruzioni Abem con i valori medi di resistività dei terreni e delle rocce più comuni.

2.2.2 - Descrizione strumentazione impiegata

Per le indagini è stato utilizzato un georesistivimetro mod. ABEM Terrameter SAS 1000 (la strumentazione ritratta nella foto a fianco) con compensazione automatica dei potenziali spontanei. Il trasmettitore di corrente opera con correnti da 0.2 a 1000 mA, con un voltaggio massimo di 400 V ed un impulso t di corrente variabile da 0.1 a 4 sec. Il ricevitore, monocanale, ha un'impedenza min. di 10

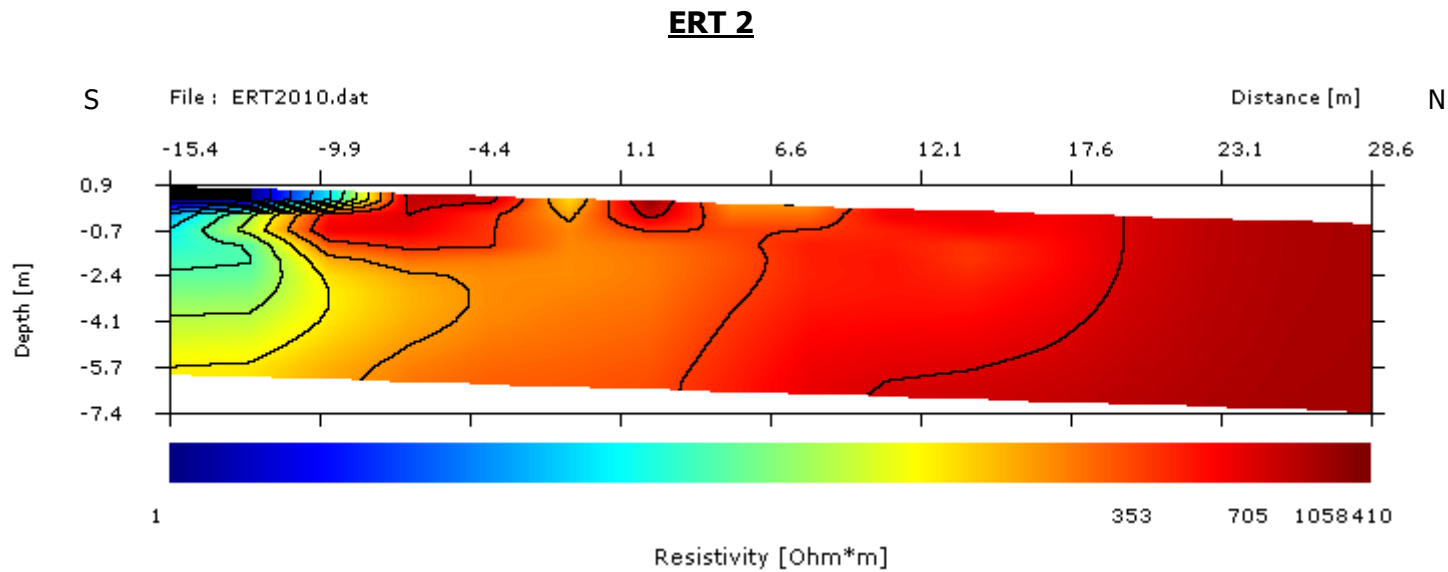


M Ω , e acquisisce con un *range* massimo di $\pm 400V$. La precisione di $\Delta V/I$ risulta superiore allo 0.5%. I dati sono stati elaborati e interpretati in termini di profilo di resistività mediante il software SensInv2D prodotto dalla *Geotomographie*. Sono stati eseguiti n. 3 stendimenti (si vedano le foto sotto riportate) con un interasse tra gli elettrodi pari, nel primo caso a 1.5 m, a 2.0 m negli altri due, per una profondità di indagine di circa 8÷10 m.



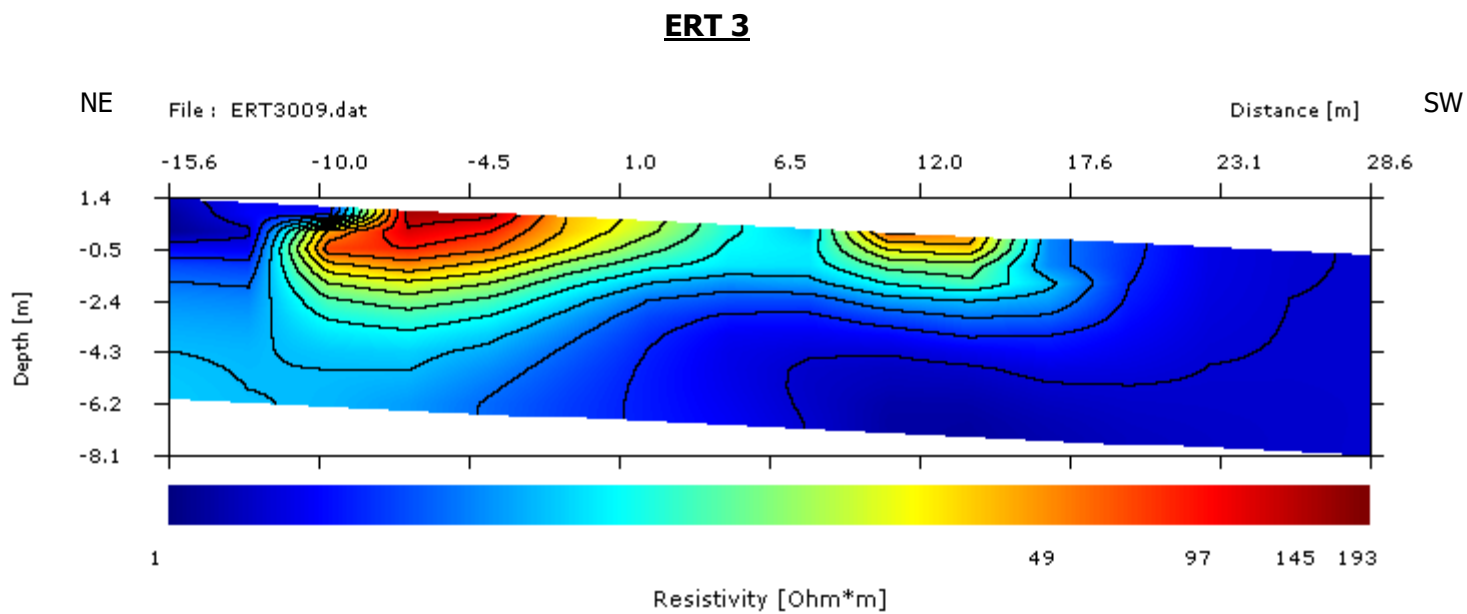
2.2.3 - Risultati Ottenuti

I grafici che seguono sono la pseudo-sezione ottenuta, ossia il modello di resistività reale del terreno ricavato dall'inversione dei dati di campagna. Sull'asse delle ascisse sono state plottate le distanze fra gli elettrodi in metri, su quello delle ordinate la profondità, sempre in metri, all'interno si può osservare la distribuzione della resistività, l'unità di misura è l'Ohm/m.



Il profilo è connotato da:

1. una successione di nuclei con resistività molto diverse presenti nella parte superficiale del profilo e che si spingono fino a massimo 1.5 m di profondità;
2. un esteso dominio di resistività connotato da valori compresi fra 1.050 Ohm/m decrescenti progressivamente da nord procedendo verso sud fino a raggiungere appena qualche decina di Ohm/m.



Il profilo è omogeneamente connotato da valori molto bassi di resistività pari ad appena qualche Ohm/m. Si distingue solo la presenza di un nucleo nella parte centro-settentrionale caratterizzato da valori che raggiungono il centinaio di Ohm/m e che si spinge fino ad una profondità di massimo 4 m da piano stradale.

2.2.4 - Elaborazione ed Interpretazione dei Dati

I tre stendimenti mettono ben in evidenza i terreni di riporto, quando presenti, ed il substrato roccioso. I primi sono rappresentati dai nuclei superficiali che si possono osservare in ERT 1 ed ERT3, rispettivamente più conduttivi e più resistivi rispetto ai valori registrati nel resto di ciascuno dei due profili. Il substrato roccioso, costituisce l'esteso dominio che in tutti e tre i casi contraddistingue la gran parte delle pseudo-sezioni. Tale interpretazione è basata anche sui numerosi affioramenti disponibili e sui risultati delle prove penetrometriche precedentemente descritte.

Va messo in evidenza il fatto che il substrato roccioso è caratterizzato da valori di resistività molto diversi: si passa dai 200÷300 Ohm/m della parte settentrionale di ERT 1, al migliaio di Ohm/m del profilo ERT2, fino a pochi Ohm/m registrati nella tomografia ERT3.

Variazioni di questo tipo sono dovute alla natura stessa del substrato roccioso locale, i micascisti filladici i quali, a seconda della loro composizione, dello stato di fratturazione e/o di alterazione possono essere molto conduttivi oppure molto resistivi.

Nel caso in esame, la descritta variazione di conducibilità è dovuta al diverso stato di alterazione e fratturazione dell'ammasso roccioso. Basandosi sui valori registrati, si può affermare che laddove i valori superiori a 400 Ohm/m, ossia in gran parte dello stendimento ERT 2 (tratto 2) i micascisti filladici sono integri, poco alterati e generano ammassi rocciosi lapidei e competenti. Con valori di resistività compresi fra 150 e 400 Ohm/m, ossia in gran parte dello stendimento ERT 1 (tratto 1), i micascisti filladici sono piuttosto alterati, ma ancora in grado di generare un ammasso roccioso lapideo e piuttosto competente. Laddove, infine, i valori registrati sono pari ad appena qualche Ohm/m, ossia in gran parte dello stendimento ERT 3 (tratto 3), i micascisti filladici sono molto alterati, fratturati, assimilabili più ad una coltre colluviale, ossia ad un terreno e non ad una roccia. Tale indicazione è confermata anche dalle prove penetrometriche: nella prova n. 7 lo strumento è riuscito ad attraversare il substrato roccioso per ben due metri prima di incontrare una resistenza eccessiva che ne ha decretato il rifiuto all'avanzamento.

3 - MODELLO GEOLOGICO

3.1 - Assetto Morfologico

Il versante è connotato dai lineamenti geomorfologici schematizzati nella carta geologica di seguito allegata. In corrispondenza del tratto centrale, a monte della strada, si può riconoscere una dorsale con asse orientato grossomodo ovest-est, immergente verso est, che si raccorda sia verso nord che verso sud ad un compluvio. Il primo ben definito e segnato da una valletta, il secondo, invece, molto più ampio e poco definito, non inciso da un corso d'acqua. A valle della strada l'assetto morfologico si uniforma: non si riconosce più la dorsale sopra descritta, ma si presenta un unico anfiteatro con asse immergente verso est.

Scendendo ad una scala di maggior dettaglio, il tratto di strada oggetto del presente studio può essere schematizzato nel modo seguente:

- il pendio a valle della strada si presenta nel complesso piuttosto omogeneo può essere a grandi linee equiparato ad un piano inclinato immergente verso est con una pendenza compresa fra il 60% ed il 70%.
- per quanto riguarda, invece, il pendio posto a monte della strada, in questo caso si devono distinguere tre assetti diversi. Nella parte più settentrionale (tratto 1) il pendio si presenta con una pendenza del 60%, 70%, aumenta progressivamente fino a raggiungere il 120% in corrispondenza della parte intermedia (tratto 2); infine, si riduce sensibilmente in corrispondenza del tratto 3, dove le pendenze sono piuttosto modeste, ossia pari al 20%, per almeno una ventina di metri procedendo ulteriormente verso monte.



panoramica da sud del tratto di strada oggetto dell'intervento

3.2 - Assetto Geologico e Geotecnico

L'assetto geologico e geotecnico del tratto di versante oggetto dello studio è stato rappresentato nella carta geologica e nelle sezioni interpretative riportate a fine capitolo.

Il sottosuolo è costituito da una coltre che poggia direttamente sul substrato roccioso. La prima è costituita in parte dall'originaria coltre colluviale, in parte da terreni di riporto sistemati in posto lungo il pendio all'epoca della costruzione della strada. Si tratta, in entrambe i casi, in prevalenza di terreni fini, di natura argilloso-limosa, caratterizzati dalla presenza di uno scheletro grossolano costituito da scaglie di fillade immerse nella matrice fine. Dal punto di vista geotecnico si ritiene che i terreni sopra descritti abbiano in prevalenza un comportamento di tipo coesivo, nonostante la presenza dello scheletro grossolano: la bibliografia geotecnica, infatti, sostiene che un terreno granulare con un contenuto pari ad almeno il 30% in volume di matrice fine conferisce al materiale un comportamento coesivo. Le caratteristiche geotecniche della coltre colluviale, ottenute basandosi sui risultati delle prove penetrometriche, sono le seguenti:

- $\gamma \approx 17\div 18 \text{ kN/m}^3$
- $c_u \approx 60\div 80 \text{ kN/m}^2$
- $\Phi \approx 20^\circ\div 22^\circ$
- K (coeff. di Winkler) $\approx 1.5\div 2.0 \text{ daN/cm}$
- permeabilità: bassa ($k \approx 10^{-5} \text{ m/s}$)

Ai terreni di riporto si possono attribuire grandezze paragonabili che, tuttavia, si ritiene opportuno ridurre di circa il 30% rispetto ai valori della coltre colluviale. Per quanto riguarda, invece, i terreni di riporto coinvolti dai dissesti, quest'ultimi si debbono ritenere scadenti:

- $\gamma \approx 16\div 17 \text{ kN/m}^3$
- $c_u \approx 25\div 30 \text{ kN/m}^2$
- $\Phi \approx 15^\circ\div 16^\circ$
- K (coeff. di Winkler) $\approx 0.5\div 1.0 \text{ daN/cm}$
- permeabilità: bassa ($k \approx 10^{-5} \text{ m/s}$)

Il substrato roccioso è costituito dai micascisti filladici del basamento metamorfico cristallino, di cui si possono osservare estesi affioramenti sia a monte della strada sia a valle della stessa (si veda la foto a fianco). Utilizzando la classificazione



dell'ammasso roccioso proposta dal ISRM 1978 (si veda la figura riportata a fianco), quest'ultimo si può definire lastriforme.

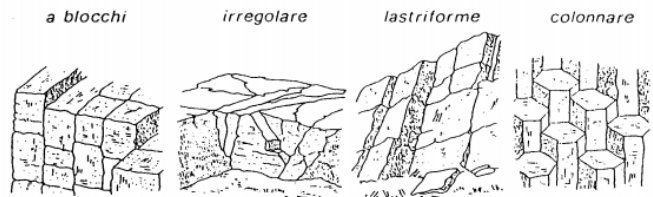
Il rilievo geomeccanico speditivo degli affioramenti disponibili, ma, soprattutto, i risultati delle indagini in sito discussi nel precedente capitolo, hanno permesso di accertare che nella parte centrale e settentrionale dell'area di studio (tratti 1 e 2) i micascisti filladici si possono considerare piuttosto integri ed in grado di generare un ammasso roccioso lapideo con un grado di competenza tipico del litotipo. Utilizzando la classificazione proposta da Merinos & Hoek - 2002, risulta un valore di GSI (Geological Stress Index) pari a 40÷50. Nel complesso si tratta, quindi, di un ammasso roccioso con un grado di fratturazione medio.


Le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso sono indicativamente le seguenti:







- VRU (volume roccioso unitario) $\approx 0.2 \div 0.3 \text{ m}^3$
- RQD (rock quality designation) $\approx 20\%$
- $\gamma \approx 24 \div 26 \text{ kN/m}^3$
- $\Phi \approx 28^\circ \div 30^\circ$
- c (coesione) $\approx 2.000 \div 8.000 \text{ kPa}$
- Permeabilità: bassa anche per fessurazione
- Erodibilità: medio-bassa
- la giacitura della scistosità è pressoché orizzontale.

Nella parte più meridionale (tratto 3), invece, l'ammasso roccioso è molto fratturato ed alterato a tal punto da essere assimilato almeno per i primi 6 m da piano stradale più ad un terreno che ad un vero e proprio substrato roccioso. Le caratteristiche geotecniche del substrato roccioso fratturato sono le seguenti:

- $\gamma \approx 18 \div 20 \text{ kN/m}^3$
- $c_u \approx 60 \div 80 \text{ kN/m}^2$



TIPO DI AMMASSO	N° DI FAMIGLIE					S P A Z I A T U R A			DIMENSIONI DEL BLOCCO 
	1	2	3	4	>4	estremi distanti	da molto distanti a vicine	da prossime a vicine	
MASSICCIO	•	•				•			$a \approx b \approx c$
A BLOCCHI			•				•		$a \approx b \approx c$
LASTRIFORME		•	•				•	•	$a \ll b \approx c$
COLONNARE			•	•			•		$a \approx b \ll c$
IRREGOLARE			•	•	•		•		$a \neq b \neq c$
FRATTURATO					•			•	$a \neq b \neq c$

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	N/A	N/A	N/A
 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
 VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70	60	50		
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60	50	40	30	
 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50	40	30	20	
 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A		10	

- $\Phi \approx 24^\circ \div 25^\circ$
- K (coeff. di Winkler) $\approx 2.5 \div 3.0$ daN/cm
- permeabilità: bassa ($k \approx 10^{-5}$ m/s)

Nelle tre sezioni interpretative vengono riportati gli spessori dei terreni di riporto e/o della coltre, la profondità e la natura del substrato roccioso, nonché l'estensione dei terreni interessati dai dissesti.

Nella sezione 1, relativa al tratto 1, si può notare che sono interessati dal dissesto solamente i terreni di riporto a diretto contatto con le gabbionate. Si tratta di spessori di circa due metri; il substrato roccioso si trova al piede delle gabbionate e costituisce anche una buona parte del sedime stradale.

Ancora migliore è l'assetto della sezione n. 2 (tratto 2). Anche in questo caso gran parte della strada insiste sul substrato roccioso che affiora a debole profondità (circa 1.5 m da piano stradale) anche nel punto in cui si è verificato il dissesto.

Nella sezione 3 (tratto 3) si può notare che la porzione di valle della strada poggia su terreni di riporto che raggiungono uno spessore di 3.5 m, segue per altri 1.5 m la coltre colluviale che insiste sul substrato roccioso il quale, nel tratto in esame, si presenta molto fratturato ed alterato. In corrispondenza del tratto di monte della carreggiata la coltre colluviale è presente da piano campagna fino a circa 1 m di profondità, segue ancora il substrato roccioso fratturato.

I terreni coinvolti nel dissesto sono gran parte dei terreni di riporto: quelli posti a valle del cordolo, ma anche quelli posti immediatamente a monte. Si ritiene che quest'ultimi, per effetto anche della presenza di acque sotterranee, riescano ad attraversare la cortina di micropali passando tra un palo e l'altro.

3.3- Assetto Idrogeologico ed Idraulico

L'assetto idrogeologico locale è il seguente: è presente una coltre costituita da terreni in prevalenza fini, caratterizzati da una permeabilità medio-bassa, localmente, tuttavia, laddove è maggiore lo scheletro grossolano, possono essere presenti fasce con permeabilità sensibilmente più elevata. Il substrato roccioso sottostante, invece, si può considerare pressoché impermeabile laddove quest'ultimo si presenta integro. Dove è invece fratturato, la circolazione idrica si può spingere a maggiori profondità. Quest'ultime si manifestano con continuità anche a monte della strada: il tubo di drenaggio presente a tergo della gabbionata raccoglie con continuità acque sotterranee presenti fin da debole profondità. I rilievi di superficie hanno permesso di accertare la presenza di affioramenti di acque sotterranee di tipo effimero anche a valle del tratto n. 3, dove sono presenti una successione di compluvi.

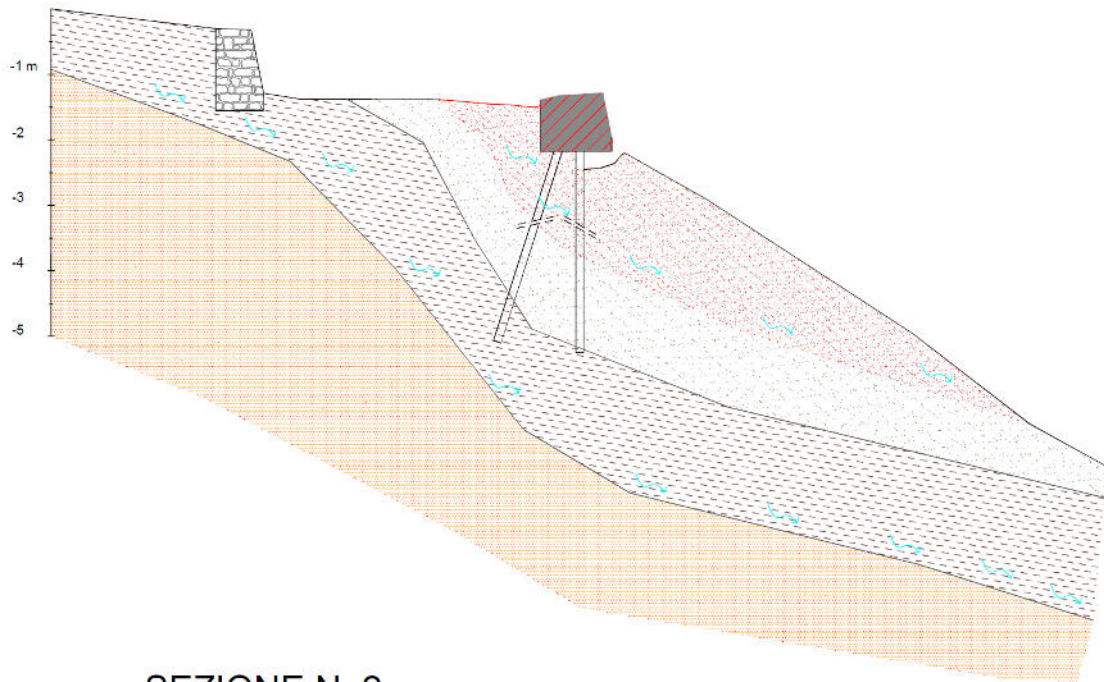
Alcuni residenti della vicina contrada hanno segnalato la presenza di acque di ruscellamento superficiale che interessano la strada nel punto in cui termina la gabbionata (tratto 3) provenienti dal versante a monte in occasione del verificarsi di eventi meteorici intensi e prolungati.

Il tratto di strada oggetto dell'intervento attraversa una valletta che comincia ad essere demaniale proprio a valle della strada stessa. Quest'ultima scorre in un alveo inciso nel substrato roccioso e non pone problematiche di tipo idraulico.

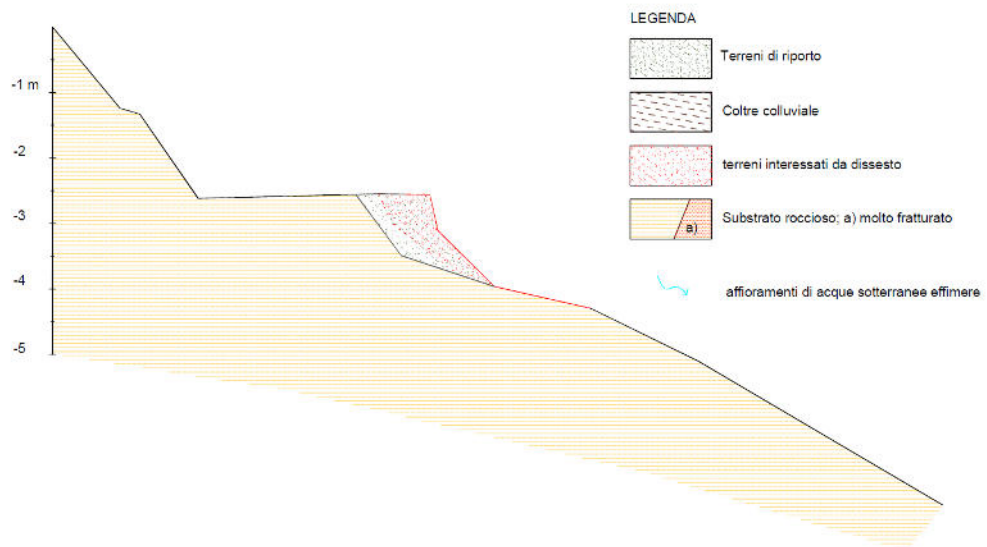


vista del tratto di strada oggetto dell'intervento nel punto in cui attraversa la valletta

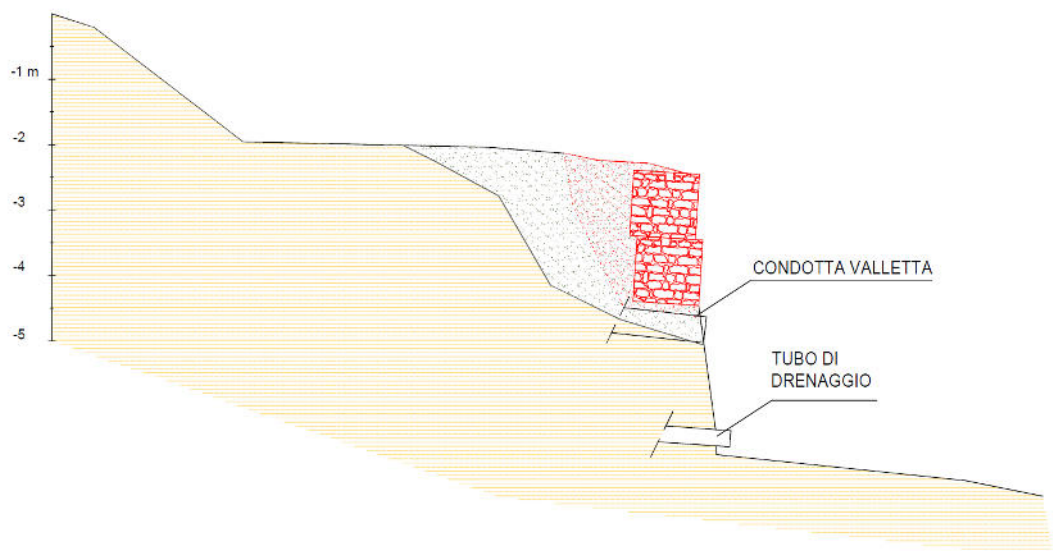
SEZIONE N. 3



SEZIONE N. 2



SEZIONE N. 1



4 - MODELLO SISMICO

Nel presente capitolo si forniscono i "parametri geologici" per la verifica in campo sismico:

1. l'accelerazione - a_g - e lo spettro di risposta elastico del sisma di progetto in funzione dell'ubicazione geografica;
2. la categoria del sottosuolo scaturita dall'assetto sismico locale;
3. la categoria topografica dipendente dalla configurazione morfologica locale.

4.1 – a_g e Spettro

La classificazione sismica nazionale - O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/06 - suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco attesa:

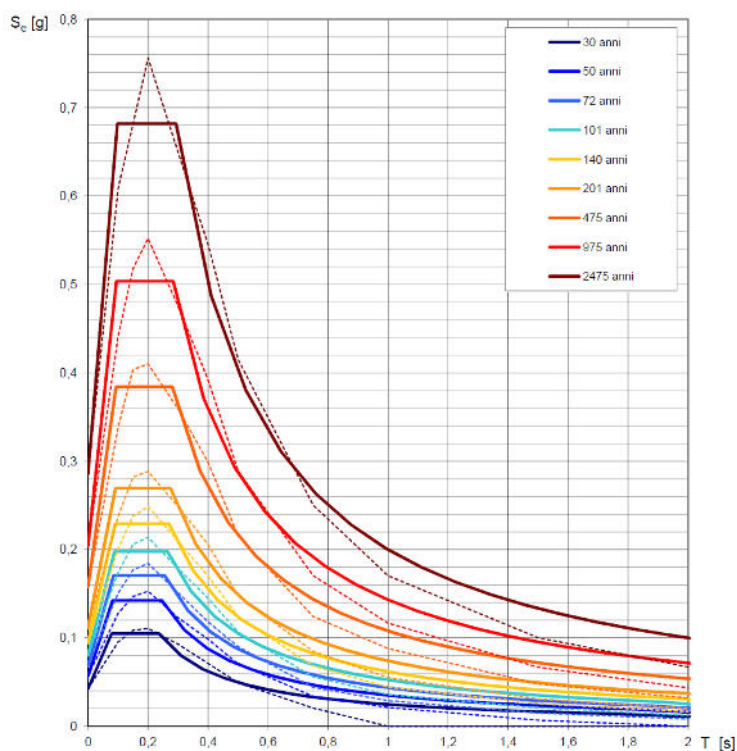
Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Il Comune di Valli del Pasubio ricade in zona 3.

Le NTC08, successivamente alla norma citata, hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune, ma per ogni punto del territorio facendo riferimento a punti di ancoraggio nodali con un reticolo di 4 km di lato. Inserendo le coordinate del sito (latitudine 45.73 e longitudine 11.23) nel file excel Spettri-NTC fornito dal C.S.L.P., si ottengono gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto in funzione del tempo di ritorno T_R :

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0,043	2,462	0,236
50	0,057	2,508	0,246
72	0,069	2,480	0,255
101	0,081	2,456	0,265
140	0,095	2,412	0,269
201	0,112	2,408	0,275
475	0,158	2,432	0,281
975	0,204	2,468	0,284
2475	0,286	2,385	0,293

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

4.2 – Categoria del Sottosuolo

Dalla ricostruzione del modello geologico locale si è potuto accertare che il sottosuolo appartiene alla categoria B, evidenziata e descritta nella tabella 3.2.II del D.M. 14.01.08 di seguito allegata.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Per il calcolo delle strutture, pertanto, si dovranno applicare fattori di amplificazione dello spettro sismico standard - S - dovuti all'assetto stratigrafico, i coefficienti S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e C_c , secondo quanto indicato nella tabella 3.2.V del D.M. 14.01.08 di seguito allegata.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

4.3 – Categorie Topografiche

Per quanto riguarda, invece, l'amplificazione topografica, l'area appartiene alla categoria T2, come indicato nella tabella 3.2.IV del D.M. 14.01.08 di seguito allegata.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

S_T , in questo caso, assume un valore pari ad 1.2, come indicato nella tabella 3.2.VI del D.M. 14.01.08 di seguito allegata.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

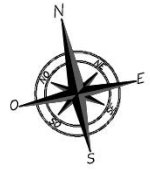
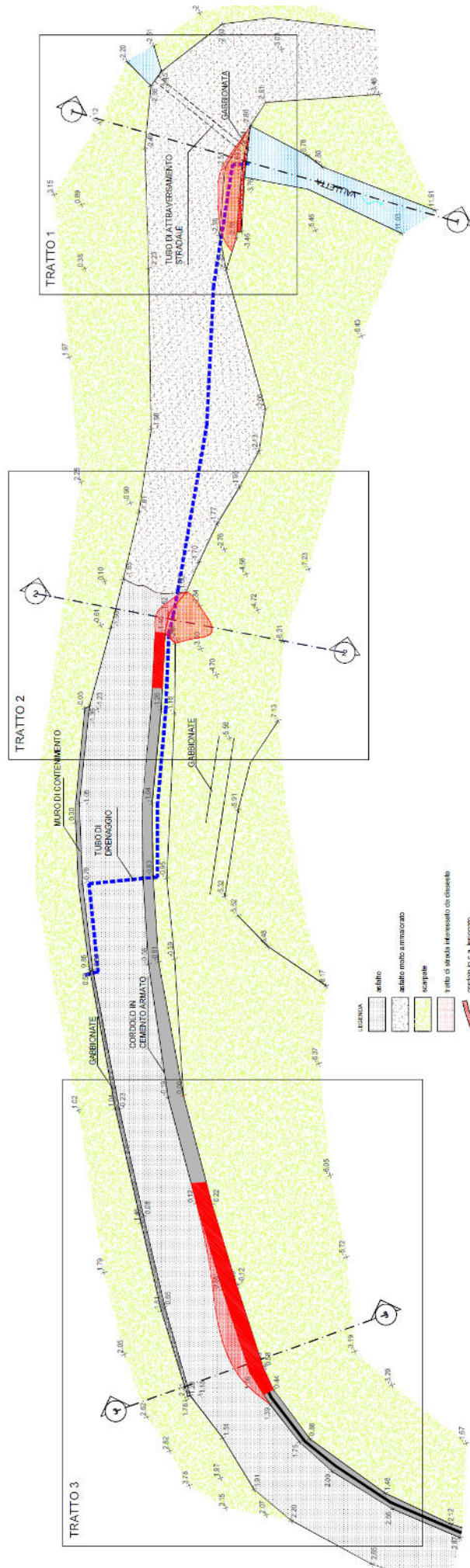
5 - CARATTERISTICHE DEI DISSESTI

La strada oggetto dell'intervento è la tipica strada montana realizzata a mezzacosta: la parte di valle è impostata su terreno di riporto, in gran parte sostenuto da manufatti di contenimento, la parte di monte, invece, è in gran parte incassata sul versante.

Il tratto di strada comunale oggetto del presente studio ha una lunghezza di circa una ottantina di metri ed è interessato in tre punti da dissesti che hanno interessato la sede stradale e/o gli esistenti manufatti realizzati a sostegno della stessa:

1. tratto 1 - cedimento della porzione di valle della sede stradale per una lunghezza di circa 10 m dovuto alla presenza di un manufatto di contenimento lesionato: si tratta di una gabbionata, con una altezza di massimo 2 metri, posta a sostegno della porzione di valle della carreggiata stradale nel tratto in cui viene attraversata una valletta;
2. tratto 2 - crollo di un tratto del cordolo in cemento esistente per una lunghezza di circa 2 m che delimita la porzione di valle della carreggiata stradale;
3. tratto 3 - cedimento della carreggiata stradale per un tratto con una lunghezza di circa una ventina di metri; il dissesto si esprime con un vistoso abbassamento di circa una decina di centimetri del sedime stradale; quest'ultimi sono dovuti al fatto che il terreno riesce a defluire verso valle tra un palo attraversando la paratia. Inoltre, nel tratto in cui si osserva il cedimento, il cordolo in cemento armato che delimita la carreggiata di valle della strada è lesionato in più punti; infine, a valle del menzionato cordolo, i terreni presenti hanno subito uno scivolamento ed un abbassamento di alcune decine di centimetri.

Segue una planimetria che illustra i tre tratti di strada interessati da dissesto.



5.1 Tratto 1

5.1.1 Tipo di Frana

In questo caso non si può parlare di un vero e proprio dissesto, ma, più semplicemente, del cedimento del manufatto di contenimento esistente costituito da una gabbionata che si presenta instabile: è ruotata verso valle e visibilmente deformata. Tale situazione è in parte attribuibile alla natura del manufatto, in parte allo scivolamento dell'opera sul sottostante substrato roccioso. Volendo utilizzare la classificazione di Varnes 1978, il dissesto può essere definito uno scorrimento traslativo (scivolamento, *slide*), ossia uno scivolamento di terra: si tratta dello scivolamento della coltre colluviale su cui poggia la gabbionata sul substrato roccioso.



Tratto 1 - particolare del tratto di strada sostenuto dalle gabbionate lesionate da consolidare

5.1.2 Caratteristiche geometriche

- Lunghezza ≈ 8 m
- Larghezza ≈ 2 m
- Dimensioni area in dissesto ≈ 20 m²
- Massimo spessore del corpo di frana ≈ 2.5 m
- Volume indicativo del corpo di frana ≈ 50 m³

5.1.3 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

Si tratta di una frana che si può definire in stato quiescente, ossia una frana inattiva che può essere riattivata dalle sue cause originali. In merito alla *distribuzione di attività*, la frana si può definire potenzialmente retrogressiva: la superficie di rottura tende ad estendersi in senso opposto alla direzione di movimento del materiale spostato fino ad interessare la porzione di strada costituita dai terreni di riporto. Per quanto riguarda, infine, lo stile di attività, la frana si può definire singola, ossia caratterizzata da un singolo movimento del materiale spostato.

5.1.4 Probabili Cause e Concause

Le cause che generano un dissesto possono essere distinte in predisponenti, preparatorie e determinanti: il loro effetto sinergico concorre nel generare l'evento franoso in un preciso momento.

Le prime sono quell'insieme di fattori che predispongono il versante ad essere colpito da fenomeni franosi. Nel caso in esame il versante si presenta nel complesso stabile, l'instabilità del manufatto di contenimento si è verificato a causa dell'elevata pendenza che contraddistingue la scarpata di valle ma, soprattutto, all'inadeguatezza dell'opera: le fondazioni non erano state ancorate al substrato roccioso, ma poggiano sulla coltre colluviale.

La vetustà del manufatto, peraltro di modesta fattura, ed il susseguirsi di annate caratterizzati da piovosità intense e persistenti hanno, infine, accentuato il fenomeno.

5.1.5 Danni Causati

Dato che il crollo del manufatto non si è ancora verificato, non si sono ancora manifestati danni se non un cedimento della sede stradale per un'area di circa una decina di metri quadrati.

5.1.6 Possibile Evoluzione ed Interventi da promuovere

Come riportato nel paragrafo 3.3, il dissesto è quiescente e potenzialmente retrogressivo. L'ulteriore evoluzione del fenomeno in atto consente di ipotizzare il crollo della gabbionata ed il coinvolgimento nel dissesto di almeno parte della carreggiata stradale costituita dai terreni di riporto.

Alla luce di quanto sopra riportato, si ritiene pertanto necessario porre in opera un insieme di interventi volti a consolidare il manufatto.

5.2 Tratto 2

5.2.1 Tipo di Frana

Il dissesto in esame consiste nel crollo della parte terminale del cordolo in cemento realizzato a sostegno della carreggiata stradale.

Volendo utilizzare la classificazione di Varnes 1978, il dissesto può essere definito uno scorrimento traslativo (scivolamento, *slide*), ossia uno scivolamento di terra: si tratta dello scivolamento della coltre colluviale su cui poggiava il manufatto sul substrato roccioso.



Tratto 2 - particolare da nord del tratto di strada interessato dal crollo

5.2.2 Caratteristiche geometriche

- Lunghezza ≈ 2.5 m
- Larghezza ≈ 3 m
- Dimensioni area in dissesto ≈ 7 m²
- Massimo spessore del corpo di frana ≈ 1.0 m
- Volume indicativo del corpo di frana ≈ 5 m³

5.2.3 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

Si tratta di una frana che si può definire in stato quiescente, ossia una frana inattiva che può essere riattivata dalle sue cause originali. In merito alla *distribuzione di attività*, la frana si può definire potenzialmente retrogressiva ed in allargamento: la superficie di rottura tende ad estendersi in senso opposto alla direzione di movimento del materiale spostato; in allargamento su entrambe i fianchi perchè possono crollare ulteriori porzioni del cordolo: quella presente a fianco del tratto già crollato. Per quanto riguarda, infine, lo stile di attività, la frana si può definire singola, ossia caratterizzata da un singolo movimento del materiale spostato.

5.2.4 Probabili Cause e Concause

Le cause che generano un dissesto possono essere distinte in predisponenti, preparatorie e determinanti: il loro effetto sinergico concorre nel generare l'evento franoso in un preciso momento.

Le prime sono quell'insieme di fattori che predispongono il versante ad essere colpito da fenomeni franosi. Nel caso in esame il versante si presenta nel complesso stabile, il crollo del muro di contenimento si è verificato a causa dell'elevata pendenza che contraddistingue la scarpata di valle ma, soprattutto, all'inadeguatezza delle fondazioni del

manufatto: quest'ultime poggiavano sulla coltre colluviale e non erano state ancorate al substrato roccioso.

La vetustà e la modesta fattura del manufatto: i rilievi hanno potuto accertare che il cordolo, almeno in questo tratto non dispone di fondazioni profonde, inoltre, non è dotato di una gabbia metallica. Il susseguirsi di annate caratterizzati da piovosità intense e persistenti ne hanno, infine, causato il crollo.

5.2.5 Danni Causati

I danni causati sono i seguenti: crollo del muro con una lunghezza di circa 2.5 m; restringimento della carreggiata stradale di circa 1.0 m.

5.2.6 Possibile Evoluzione ed Interventi da promuovere

Come riportato nel paragrafo 3.2.3, il dissesto è quiescente, potenzialmente retrogressivo ed in allargamento. L'ulteriore evoluzione del fenomeno in atto consente di ipotizzare il crollo di altre porzioni del cordolo, già peraltro lesionato ed il coinvolgimento nel dissesto di almeno parte della carreggiata stradale realizzata in riporto.

Alla luce di quanto sopra riportato, si ritiene pertanto necessario porre in opera un insieme di interventi volti a stabilizzare artificialmente il dissesto. In primis è necessario ricostruire il tratto di cordolo crollato; inoltre, si deve consolidare per alcuni metri quello esistente presente a fianco di quello crollato lesionato dal crollo avvenuto.

5.2 Tratto 3

5.3.1 Tipo di Frana

Utilizzando la classificazione di Varnes 1978, il dissesto può essere definito uno scorrimento traslativo (scivolamento, *slide*), ossia uno scivolamento di terra. Si tratta dello scivolamento della coltre colluviale/terreni di riporto sul substrato roccioso. Si sottolinea, tuttavia, il fatto che la frana è ancora in stato incipiente e si può definire, in realtà, un fenomeno più simile al *soil creep*, ossia il graduale movimento verso valle dovuto alla forza della gravità del suolo su di un pendio. Si ritiene sia già avvenuto il taglio del terreno lungo la superficie di scivolamento indicata nella sezione interpretativa. La frana non si è ancora espressa in modo evidente grazie alla presenza del cordolo di cemento armato esistente, il quale, essendo dotato di fondazioni profonde (micropali), è per ora in grado di impedire che il fenomeno gravitativo si manifesti nella sua interezza. Il manufatto, tuttavia, mostra grossi segni di grossa sofferenza e non sembra essere in grado di contrastare in modo adeguato il dissesto: in più punti il cordolo è interessato da lesioni, inoltre, i vistosi cedimenti della sede stradale dimostrano che i terreni di riporto stanno attraversando lentamente la cortina di micropali.



Tratto 3 - vista da sud del tratto di strada maggiormente lesionato



Tratto 3 - particolare dell'abbassamento del sedime stradale a monte del cordolo



Tratto 3 - particolare del versante a valle della strada; l'abbassamento del terreno ha messo a nudo le fondazioni su pali del cordolo.

5.3.2 Caratteristiche Geometriche

- Lunghezza \approx 20 m
- Larghezza \approx 5 m
- Dimensioni area in dissesto \approx 100 m²
- Massimo spessore del corpo di frana \approx 3.5 m
- Volume indicativo del corpo di frana \approx 350 m³

5.3.3 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

Si tratta di una frana che si può definire attiva. In merito alla *distribuzione di attività*, la frana si può definire potenzialmente retrogressiva ed in allargamento: la superficie di rottura tende ad estendersi in senso opposto alla direzione di movimento del materiale spostato; in allargamento su entrambe i fianchi perchè possono essere coinvolte ulteriori porzioni del cordolo. Per quanto riguarda, infine, lo stile di attività, la frana si può definire singola, ossia caratterizzata da un singolo movimento del materiale spostato.

5.3.4 Probabili Cause e Concause

Le cause che generano un dissesto possono essere distinte in predisponenti, preparatorie e determinanti: il loro effetto sinergico concorre nel generare l'evento franoso in un preciso momento.

Le prime sono quell'insieme di fattori che predispongono il versante ad essere colpito da fenomeni franosi. Nel caso in esame il versante, come indicato nella carta geologica, si presenta nel complesso instabile: il pendio sia a monte che a valle del tratto di strada è contrassegnato dalla presenza di nicchie di frana ed è caratterizzato da un "disordine" tipico dei pendii interessati da fenomeni di soliflusso. L'instabilità è aumentata dalla presenza diffusa di acque sotterranee, dal verificarsi occasionalmente di ruscellamento di acque superficiali; infine, dalla presenza di un substrato roccioso molto fratturato.

Il cordolo esistente, pur essendo dotato di micropali non è in grado di contrastare adeguatamente la dinamica delle spinte generate dal descritto assetto geologico ed idrogeologico.

Il susseguirsi di annate caratterizzati da piovosità intense e persistenti ne hanno, infine, causato il crollo.

5.3.5 Danni Causati

I danni causati sono i seguenti:

- lesioni per una lunghezza di circa 15 m sul cordolo in cemento;
- abbassamento di una quindicina di centimetri della porzione di valle della sede stradale per una estensione di una quindicina di metri quadrati;

- scivolamento verso valle dei terreni posti sulla scarpata a valle del cordolo.

5.3.6 Possibile Evoluzione ed Interventi da promuovere

Come riportato nel paragrafo 3.3.3, il dissesto è attivo, potenzialmente retrogressivo ed in allargamento. L'ulteriore evoluzione del fenomeno in atto consente di ipotizzare il crollo della paratia, già peraltro lesionata ed il coinvolgimento nel dissesto di gran parte della carreggiata stradale realizzata in riporto.

Alla luce di quanto sopra riportato, si ritiene pertanto necessario porre in opera un insieme di interventi volti a stabilizzare artificialmente il dissesto. In primis è necessario consolidare la paratia esistente in modo da renderla in grado di far fronte alle spinte del movimento franoso. E' necessario, inoltre, realizzare dei drenaggi sia a monte che a valle della strada in modo da captare le acque che ruscellano dal versante posto a monte e che filtrano a debole profondità. La regimazione delle acque di ruscellamento superficiale che interessano la strada dovrà essere perseguita conferendo alla strada per tutto il tratto una leggera pendenza contro monte dove la cunetta esistente potrà convogliare le acque nella valletta esistente.