

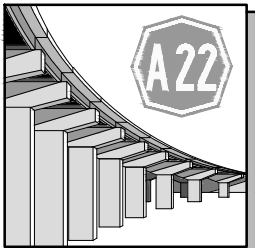
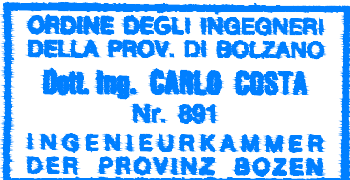
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

1	ELABORATI GENERALI
2.1.17.	STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI Regione Veneto Relazione geotecnica

0	MAR. 2021	EMISSIONE	ENGE0 S.r.l.	G. BERRERA	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			DIREZIONE TECNICA GENERALE		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 31/09					

INDICE

1	Premesse	2
1.1	Inquadramento geografico	2
1.2	Normativa di riferimento	3
1.3	Elaborati grafici prodotti	4
1.4	Report verifiche geotecniche	4
2	Indagini geologiche e geotecniche in situ	6
2.1	Indagini geognostiche pregresse	6
2.1.1	Sondaggi a carotaggio continuo	6
2.1.2	Trincee o pozzetti esplorativi	8
2.1.3	Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono	9
2.1.4	Prove penetrometriche dinamiche	10
2.2	Indagini integrative	11
3	Analisi di laboratorio	12
4	Modello geologico	21
5	Elaborazione dei risultati delle indagini in situ	22
5.1	Depositi coesivi	22
5.1.1	Coesione in condizioni non drenate	22
5.1.2	Coesione in condizioni drenate	22
5.1.3	Angolo di resistenza al taglio	22
5.1.4	Modulo edometrico	22
5.2	Depositi granulari	23
5.2.1	Angolo di resistenza al taglio	23
5.2.2	Modulo elastico	23
6	Modello geotecnico	24
6.1	Orizzonte A	26
6.2	Orizzonte B	27
6.3	Orizzonte C	27
6.4	Orizzonte D	27
6.5	Orizzonte E	28
6.6	Orizzonte F	28
6.7	Modelli geotecnici di dettaglio per i tratti interessati dalle barriere antirumore	29
6.7.1	Tratto Km 241 - 242	30
6.7.2	Tratto Km 243 - 246	31
7	Verifiche geotecniche	32
7.1	Valutazione della stabilità dei rilevati	32
7.1.1	Approccio normativo di verifica	32
7.1.2	Analisi statica e pseudostatica	32
7.1.3	Sovraccarico (carico mobile da traffico)	34
7.1.4	Sezioni verificate	35
7.1.5	Risultati della verifica	35
7.1.5.1	Verifica con sovraccarico	36
7.1.5.2	Verifica in condizioni sismiche	45
7.2	Valutazione delle bonifiche dei terreni di fondazione	53
7.3	Valutazione dei cedimenti indotti dai rilevati	53
7.3.1	Risultati della verifica	54

1 PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio geotecnico effettuato a supporto della progettazione esecutiva per la realizzazione della terza corsia dell'autostrada A22, "del Brennero", prevista tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314), relativamente al tratto ricadente nella sola Regione Veneto.

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel paragrafo 0, e, in particolare del D.M. 14/01/2008, Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Esso ha comportato:

- l'elaborazione e l'integrazione di tutti i dati geotecnici disponibili, individuati nello studio geologico (cfr. elaborato VEN-GE.1);
- la correlazione dei dati stratigrafici con le caratteristiche geotecniche e la definizione, per orizzonti omogenei, con metodo statistico, dei parametri da utilizzare per le valutazioni progettuali delle opere minori;
- l'individuazione, per ciascun parametro, dei metodi di elaborazione da utilizzare, sulla base della tipologia e della quantità dei dati di input;
- l'effettuazione dei seguenti verifiche, per i nuovi rilevati:
 - valutazione dello spessore delle bonifiche dei terreni di fondazione;
 - valutazione della stabilità globale dell'insieme rilevato-terreno di fondazione, per tutti i rilevati più significativi;
 - valutazione dei cedimenti, per tutti i rilevati più significativi;

1.1 Inquadramento geografico

Il tratto veneto dell'autostrada A22 "del Brennero", ha una lunghezza di oltre una ventina di chilometri, collegando all'incirca le chilometriche 223 e 246 (cfr. immagine aerea di Fig. 1).

Esso ricade interamente in provincia di Verona, interessando, da nord verso sud, i comuni di Bussolengo, Sona, Verona, Sommacampagna, Villafranca, Vigasio, Povegliano Veronese e Nogarole Rocca.

In questo tratto, l'infrastruttura attraversa una porzione dell'alta alta pianura padana, compresa tra i fiumi Adige e Mincio, lambendo la città di Verona e incrociando, al limite sud-orientale di tale abitato, l'autostrada A4.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	2 di 55

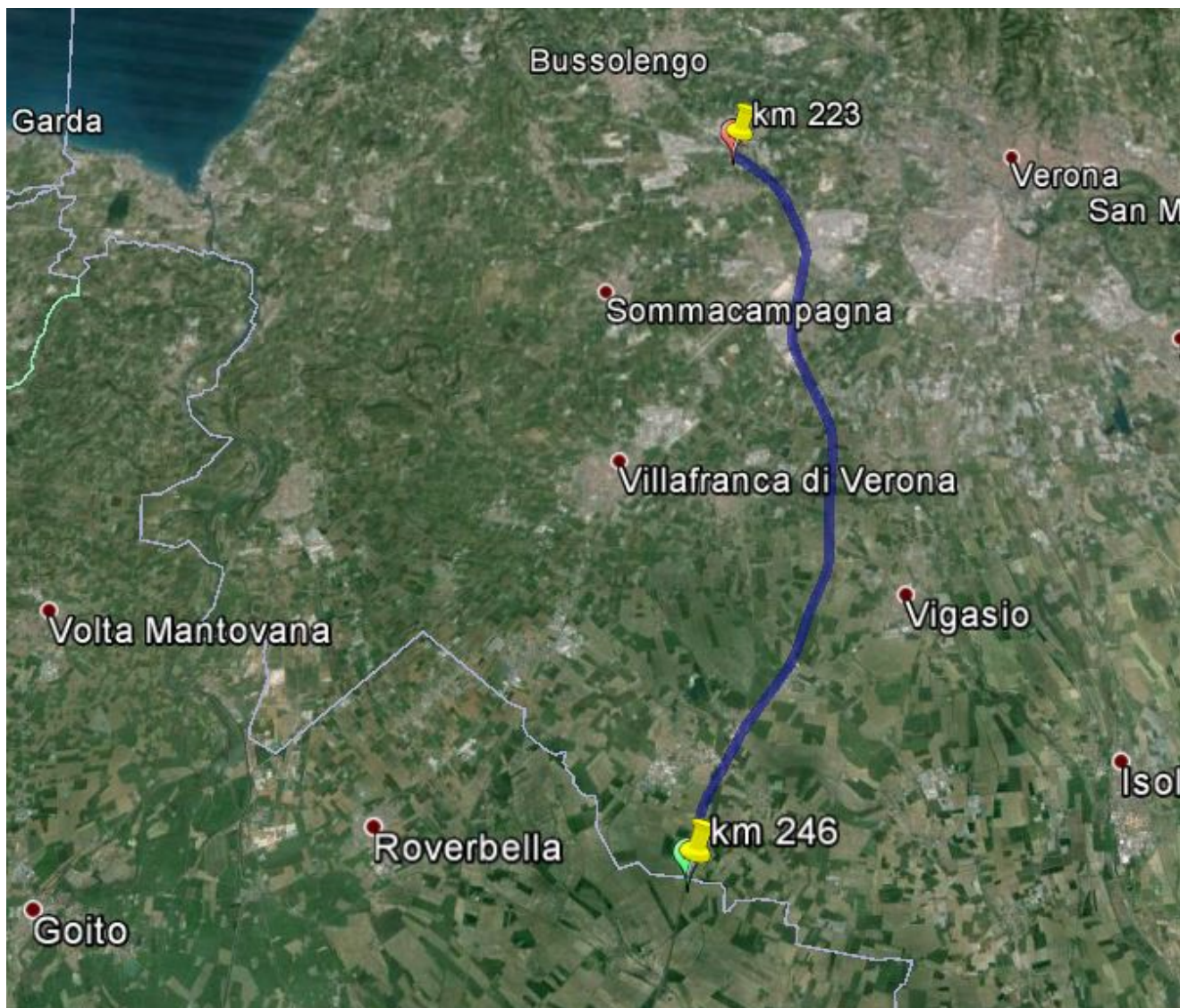


FIG. 1 – IMMAGINE AEREA DEL TRATTO DI AUTOSTRADA VENETO OGGETTO D'INTERVENTO
 (DA GOOGLE EARTH)

1.2 Normativa di riferimento

- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14-01-2008, Circolare 2 febbraio 2009
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007

 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	3 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito - UNI
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

1.3 Elaborati grafici prodotti

A supporto della presente relazione sono stati redatti gli elaborati grafici indicati nella seguente tabella (cfr. Tab. 1– Elaborati grafici prodotti):

Codice	Codice	Scala
VEN-GT.2.1	Modello geotecnico (Tav. 1/3)	D=1:5.000, H=1:500
VEN-GT.2.2	Modello geotecnico (Tav. 2/3)	D=1:5.000, H=1:500
VEN-GT.2.3	Modello geotecnico (Tav. 3/3)	D=1:5.000, H=1:500


TAB. 1– ELABORATI GRAFICI PRODOTTI

1.4 Report verifiche geotecniche

I risultati delle indagini geognostiche utilizzati nel presente studio sono riportati negli allegati elencati nella seguente tabella (cfr. Tab. 2– Allegati con report delle indagini geognostiche):

Codice	Titolo
VEN-GE.5.1	Report indagini geognostiche - Stratigrafie sondaggi
VEN-GE.5.2	Report indagini geognostiche - Prove penetrometriche
VEN-GE.5.3.1	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 1/2
VEN-GE.5.3.2	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 2/2
VEN-GE.5.4	Report indagini geognostiche - Sismica
VEN-GE.5.5	Report indagini geognostiche - Sondaggi con escavatore

TAB. 2– ALLEGATI CON REPORT DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	4 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

Va chiarito che nell'elaborato VEN-GE.5.4 sono riportati i risultati delle indagini sismiche la cui ubicazione è raffigurata nella Carta geolitologica con ubicazione indagini (cfr. elaborati VEN-GE.2.1, VEN-GE.2.2 e VEN-GE.2.3), ma che questi dati non saranno analizzati nella presente relazione. Per la trattazione di tale argomento si rimanda alla Relazione sismica.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	5 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

2 INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE IN SITU

2.1 Indagini geognostiche pregresse

Per ricostruire le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni dell'area oggetto di studio, sono stati considerati, innanzitutto, i dati pregressi.

In particolare, va sottolineata la vasta mole di informazioni fornite dalle campagne geognostiche effettuate dopo la redazione del progetto definitivo dell'intervento in esame.

Nei successivi paragrafi, sono descritte le varie tipologie di indagini di cui si sono potuti esaminare i risultati.


2.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Per la conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti lungo il tratto di infrastruttura oggetto d'intervento sono stati eseguiti 62 sondaggi a carotaggio continuo.

In Tab. 3, per ciascun sondaggio sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- eventuale prova *down-hole* effettuata nel foro di sondaggio
- eventuale piezometro installato nel foro di sondaggio
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

provincia	Codice	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	down hole	piezometro	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SC1-DH	98,4	222+887	40	X		5034344,43	647634,99
VR	VR-SC2	91,5	224+080	20			5033496,28	648477,85
VR	VR-SC3-DH	91,1	224+080	35	X		5033547,1	648524,28
VR	VR-SC4	88,8	224+725	20			5033045,38	648932,74
VR	VR-SC5	88	224+858	20			5032963,59	649044,85
VR	VR-SC6	84,2	225+344	20			5032530,81	649277,88
VR	VR-SC7	83,1	225+682	20			5032221,38	649401,94
VR	VR-SC8-DH	81,9	225+682	35	X		5032151,12	649226,08
VR	VR-SC9	82,7	225+854	20			5032027,47	649388,21
VR	VR-SC10	77	227+050	20			5030907,9	649831,97

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	6 di 55

provincia	Codice	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	down hole	piezometro	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SC11-DH	77,5	227+050	35	X		5030904,55	649766,82
VR	VR-SC12	75	227+251	30			5030708,29	649757,72
VR	VR-SC13	72,5	227+572	20			5030394,8	649711,53
VR	VR-SC14-PZ	71,4	227+885	25		X	5030071,36	649743,32
VR	VR-SC15-DH	71,4	227+930	40	X		5030045,64	649629,42
VR	VR-SC16	68,3	228+257	20			5029723,78	649572,96
VR	VR-SC17-PZ	58,8	228+688	30		X	5029292,65	649532,24
VR	VR-SC18	66,7	229+113	20			5028865,66	649511,59
VR	VR-SC19-PZ	65,5	229+281	40		X	5028701,75	649476,71
VR	VR-SC20-DH	66,7	229+303	30	X		5028688,21	649418,89
VR	VR-SC21-PZ	65,7	229+517	25		X	5028467,41	649443,73
VR	VR-SC22-DH	67,5	229+649	40	X		5028346,19	649366,33
VR	VR-SC23	63,1	229+932	20			5028059,61	649344,6
VR	VR-SC24-PZ	62,6	230+138	25		X	5027849,78	649359,27
VR	VR-SC25-DH	62,6	230+170	35	X		5027830,62	649438,01
VR	VR-SC26-PZ	59	231+000	25		X	5027030,41	649670,03
VR	VR-SC27-PZ	48,5	232+887	30		X	5025296,13	650402,17
VR	VR-SC28-DH	49	232+897	30	X		5025262,65	650317,89
VR	VR-SC29-DH	47 / 52.8	234+007	45	X		5024165,94	650354,18
VR	VR-SC30-PZ	47 / 55	234+007	45		X	5024163,61	650410,37
VR	VR-SC31	41	236+154	20,3			5022024,35	650249,19
VR	VR-SC32	41,1	236+200	30			5021977,3	650265,58
VR	VR-SC33-DH	41	236+704	40	X		5021475,08	650211,95
VR	VR-SC34-PZ	41	236+704	40		X	5021472,75	650268,14
VR	VR-SC35-PZ	38	238+667	40		X	5019627,76	649615,64
VR	VR-SC36-DH	38	238+667	40	X		5019610,34	649669,11
VR	VR-SC37-PZ	39,6	239+000	25		X	5019306,51	649545,18
VR	VR-SC38	41.3/33.2	240+008	40			5018343,09	649216,31
VR	VR-SC39	41,3	240+008	65			5018348,26	649206,77
VR	VR-SC40-PZ	36	240+019	60		X	5018365,69	649153,3
VR	VR-SC41	35	240+823	20			5017704,04	648701,48
VR	VR-SC42	32,5	240+832	20			5017665,6	648740,55
VR	VR-SC43-PZ	36	241+527	22		X	5017098,3	648337,94
VR	VR-SC44	36	241+541	22			5017127,58	648273,08
VR	VR-SC45-DH	36	241+546	40	X		5017088,51	648319,53
VR	VR-SC46-DH	36	241+588	40	X		5017080,61	648257,8
VR	VR-SC47-DH	40.6/35	243+198	40	X		5015690,86	647443,15
VR	VR-SC48-PZ	35	243+259	40		X	5015596,04	647492,68
VR	VR-SC49-PZ	37,1	243+521	25		X	5015489,4	647130,98
VR	VR-SC50-PZ	36,9	243+656	15		X	5015257,54	647284,56
VR	VR-SC51-PZ	36,7	243+679	15		X	5015253,21	647242,07
VR	VR-SC52-DH	32,1	245+536	45	X		5013474,4	646751,21
VR	VR-SC53-PZ	37,3	245+554	45		X	5013475,56	646653,36

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

provincia	Codice	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	down hole	piezometro	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SC54	53	232+200	20,4			5025926,37	650110,24
VR	VR-SC55	46,5	234+020	17,7			5024162,91	650385,13
VR	VR-SC56	38,5	235+950	18,6			5022239,88	650208,26
VR	VR-SC57	40	236+630	20,3			5021551,15	650253,78
VR	VR-SC58	40	237+500	17,7			5020706,62	650081,77
VR	VR-SC59	35,5	240+090	20,4			5018283,8	649130,22
VR	VR-SC60	36	241+570	20,6			5017087,65	648297,16
VR	VR-SC61	36,0	243+220	18,6			5015656,55	647476,59
VR	VR-SC62	34,5	243+670	20,7			5015254,55	647267,93

TAB. 3– TABELLA RIEPILOGATIVA DEI SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO PREGRESSI

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi e i risultati delle prove in foro sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.1.

Per le analisi dei campioni prelevati si rimanda, invece, agli elaborati VEN-GE.5.3.1 e VEN-GE.5.3.2 dello studio geologico.

2.1.2 Trincee o pozzetti esplorativi

Per l'approfondimento della conoscenza dei soli terreni più superficiali, in corrispondenza della fascia di spartitraffico, è stata eseguita una campagna di trincee e pozzetti che, nel tratto in esame ha previsto la realizzazione di 32 indagini.

In Tab. 4 per ciascun saggio sono riportati:

- provincia
- codice
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

provincia	codice	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-T1	230+200	- 2,3 m	5027798,92	649417,56
VR	VR-T2	230+750	- 2,3 m	5027280,59	649589,15
VR	VR-T3	231+200	- 2,3 m	5026861,12	649751,82
VR	VR-T4	231+700	- 2,4 m	5026396,44	649936,14
VR	VR-T5	232+200	- 2,3 m	5025932,30	650123,60
VR	VR-T6	232+700	- 2,3 m	5025464,63	650303,22

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	8 di 55

provincia	codice	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-T7	233+200	- 2,3 m	5024976,86	650417,41
VR	VR-T8	233+700	- 2,4 m	5024476,77	650432,67
VR	VR-T9	234+200	- 2,3 m	5023979,01	650386,76
VR	VR-T10	234+700	- 2,3 m	5023481,07	650346,02
VR	VR-T11	235+200	- 2,3 m	5022981,74	650326,41
VR	VR-T12	235+700	- 2,3 m	5022481,64	650305,36
VR	VR-T13	236+200	- 2,3 m	5021982,28	650285,02
VR	VR-T14	236+700	- 2,3 m	5021482,53	650266,73
VR	VR-T15	237+200	- 2,3 m	5020983,72	650201,81
VR	VR-T16	237+700	- 2,3 m	5020516,86	650020,09
VR	VR-T17	238+200	- 2,3 m	5020054,26	649829,68
VR	VR-T18	238+700	- 2,1 m	5019586,95	649654,94
VR	VR-T19	239+250	- 2,1 m	5019065,60	649482,51
VR	VR-T20	239+700	- 2,1 m	5018639,63	649332,13
VR	VR-T21	240+200	- 2,2 m	5018196,39	649098,90
VR	VR-T22	240+700	- 2,1 m	5017784,76	648813,48
VR	VR-T23	241+200	- 2,2 m	5017377,03	648523,36
VR	VR-T24	241+700	- 2,1 m	5016972,11	648229,98
VR	VR-T25	242+200	- 2,0 m	5016554,15	647959,27
VR	VR-T26	242+750	- 1,8 m	5016067,43	647703,93
VR	VR-T27	243+200	- 2,0 m	5015667,13	647497,91
VR	VR-T28	243+700	- 2,3 m	5015220,69	647272,81
VR	VR-T29	244+250	- 2,1 m	5014731,62	647024,94
VR	VR-T30	244+700	- 2,1 m	5014302,44	646900,11
VR	VR-T31	245+200	- 2,1 m	5013812,71	646801,68
VR	VR-T32	245+700	- 2,1 m	5013322,39	646704,37

TAB. 4– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE TRINCEE O POZZETTI ESPLORATIVI PREGRESSI

Le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi sono riportate nel report di cui all'elaborato LOM-GE.5.5 dello studio geologico.

2.1.3 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono

Queste prove consistono nella misurazione della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica dotata di piezocono, di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione per la

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici e successivamente elaborati.

Nel tratto in esame sono state realizzate 2 prove CPTU.

In Tab. 5, per ciascuna prova, sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

provincia	codice PROVA	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-CPTU1	59,0	231+000	2,12	5027019,49	649676,37
VR	VR-CPTU2	39,6	239+000	0,92	5019293,54	649540,55

TAB. 5– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPTU PREGRESSE

I report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza, rilevati nel corso delle prove CPTU, sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.2 dello studio geologico.

2.1.4 Prove penetrometriche dinamiche

Le indagini denominate SCPT sono delle prove penetrometriche dinamiche superpesanti.

Tali prove consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica tramite battitura con un maglio di massa pari a 63.5 Kg e con altezza di caduta di 75 cm e la conseguente determinazione del numero di colpi necessari ad infiggere la punta conica (area della punta 20.43 cm²) e le aste ad essa collegate, per una profondità di 20 cm.

Nel tratto in esame sono state realizzate 2 prove SCPT.

In Tab. 6, per ciascuna prova, sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	10 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

provincia	codice PROVA	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SCPT1	32,6	244+618	- 8,00 m	5014374,30	646927,67
VR	VR-SCPT2	32,1	246+053	- 8,00 m	5012966,94	646649,32

TAB. 6– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPTU PREGRESSE

I report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza, rilevati nel corso delle prove SCPT, sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.2 dello studio geologico.

2.2 Indagini integrative

Alla luce delle necessità progettuali e, soprattutto, di quanto ricostruito grazie alla raccolta e analisi critica della documentazione esistente, relativa all'area oggetto d'intervento, descritta nel capitolo 2, all'interno del presente studio, è stato pianificato un programma di indagini integrative.

Dette indagini sono state eseguite dalla ditta Intergeo s.r.l. di Modena tra l'ottobre e il dicembre 2015.

Come indicato in Tab. 7, nel tratto veneto sono state realizzate 2 prove CPTU, entrambe approfondite fino a rifiuto: la prova VR-CPTU3 è stata interrotta a soli -3,50 m dal piano campagna; mentre, la VR-CPTU4 è riuscita a indagare un discreto spessore di sottosuolo, pari a 16 m.

Per l'attraversamento dell'orizzonte più superficiale, è stato sempre necessario realizzare un preforo tramite sondaggio a carotaggio continuo.

provincia	codice prova	sondaggio di preforo	quota (m)	progressiva (km)	eseguita nel	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-CPTU3	si	39,00	239+366	ott-15	- 3,50 m	5018932,23	649449,98
VR	VR-CPTU4	si	34,10	242+399	ott-15	- 16,00 m	5016398,34	647824,08

TAB. 7 – INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE RELATIVE AL TRATTO AUTOSTRADALE IN ESAME

Anche i report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza rilevati nel corso delle prove CPTU integrative sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.2 dello studio geologico.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	11 di 55

3 ANALISI DI LABORATORIO

Come anticipato precedentemente (cfr. paragrafo 2.1.1), nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati campioni che sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio.

I risultati di tali analisi sono riportati negli elaborati VEN-GE.5.3.1 e VEN-GE.5.3.2 dello studio geologico e, più sinteticamente, nelle seguenti tabelle:

- in Tab. 8 i risultati delle prove di classificazione e di quelle per la determinazione dei pesi di volume
- in Tab. 9 i risultati delle prove per la determinazione dei contenuti d'acqua e delle analisi granulometriche.
- in Tab. 10 i risultati delle prove a compressione assiale semplice non confinata (espansione libera laterale) e di taglio diretto
- in Tab. 11 i risultati delle prove edometriche (Modulo Edometrico)
- in Tab. 12 i risultati delle prove edometriche (Coefficiente di Consolidazione)
- in Tab. 13 i risultati delle prove edometriche (Permeabilità)

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Descrizione	Classificazione terre				Peso di volume		
				LL	LP	IP	CNR-UNI 10006	γ_{nat}	γ_{sec}	γ_{gran}
				%	%	%		(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)
VR-SC3-DH	CR3	26.00-26.20	Limo con sabbia argilloso	22.0%	15.2%	6.8%				26.46
VR-SC3-DH	CR4	31.00-31.20	Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa							26.66
VR-SC11-DH	CR5	32.00-32.30	Limo sabbioso debolmente argilloso	23.8%	20.1%	3.7%				26.85
VR-SC19-PZ	CR1	16.00	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa-argillosa-ciottolosa					19.38		
VR-SC19-PZ	CR2	25.00	Ghiaia con sabbia debolmente limosa-argillosa					20.28		
VR-SC20-DH	CR1	10.00	Ghiaia con sabbia debolmente limosa-argillosa							26.46
VR-SC20-DH	CR2	21.00	Ghiaia con sabbia debolmente limosa-argillosa					19.02		
VR-SC26-PZ	CR1	1.50-1.95	Argilla limosa	23.0%	18.0%	5.0%				26.95
VR-SC26-PZ	CR2	7.50-8.00	Sabbia con ghiaia	N.D.	N.P.					

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Descrizione	Classificazione terre				Peso di volume		
				LL	LP	IP	CNR-UNI 10006	γ_{nat}	γ_{sec}	γ_{gran}
				%	%	%		(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)
VR-SC26-PZ	CR3	13.50-14.00	Sabbia con ghiaia	N.D.	N.P.					
VR-SC27-PZ	CR1	4.50-5.00	Ghiaia con sabbia limosa	N.D.	N.P.	N.P.				26.75
VR-SC27-PZ	CR3	14.00-14.50	Sabbia limosa debolmente argillosa	N.D.	N.P.	N.P.				
VR-SC28-DH	CR1	3.50-4.00	Ghiaia con sabbia limosa	N.D.	N.P.	N.P.				26.95
VR-SC29-DH	CR1	3.50-4.00	Limo argilloso con sabbia	16.0%	15.0%	1.0%				26.56
VR-SC29-DH	CR4	40.50-41.00	Sabbia limosa					16.86		
VR-SC30-PZ	CR1	2.50-3.00	Limo con sabbia debolmente argilloso	21.0%	20.0%	1.0%				27.05
VR-SC30-PZ	CR3	14.50-15.00	Sabbia con limo debolmente argillosa	13.0%	12.0%	1.0%				
VR-SC33-DH	CR2	3.00-3.50	Limo argilloso	19.0%	18.0%	1.0%		20.87		
VR-SC33-DH	CR4	32.00-32.50	Limo sabbioso. Tracce di sostanze organiche							26.17
VR-SC34-PZ	SH1	33.20-33.80	Alternanza di sabbia con limo e limo con argilla. Tracce di sostanze organiche	30.0%	18.0%	12.0%				27.15
VR-SC34-PZ	CR1	3.50-4.00	Sabbia con limo argilloso	15.0%	N.P.	N.P.		19.80		
VR-SC35-PZ	SH1	30.10-30.70	Limo con argilla. Abbondanti resti di sostanze organiche	36.0%	19.0%	17.0%				26.56
VR-SC35-PZ	CR1	3.00-3.50	Limo argilloso sabbioso. Tracce di sostanze organiche							
VR-SC35-PZ	CR2	4.00-4.50	Limo sabbioso debolmente argilloso. Tracce di sostanze organiche	N.D.	N.P.	N.P.				26.36
VR-SC35-PZ	CR3	9.50-10.00	Sabbia debolmente limosa							
VR-SC36-DH	CR1	4.00-4.50	Limo sabbioso argilloso	18.0%	15.0%	3.0%		20.48		
VR-SC36-DH	CR4	33.00-34.00	Torba con sabbia limosa							18.23
VR-SC37-PZ	SPT1	1.50-1.95	Sabbia con ghiaino	N.D.	N.P.	0.0%				
VR-SC37-PZ	SPT2	4.50-4.95	Sabbia limosa	20.4%	19.3%	1.0%				
VR-SC37-PZ	SPT4	10.50-10.95	Sabbia	N.D.	N.P.	0.0%				
VR-SC37-PZ	SPT6	16.50-16.95	Sabbia	N.D.	N.P.	0.0%				
VR-SC37-PZ	SPT7	19.50-19.95	Sabbia	N.D.	N.P.	0.0%				
VR-SC37-PZ	SPT8	22.50-22.95	Sabbia	N.D.	N.P.	0.0%				
VR-SC39	SH1	10.80-11.40	Argilla limosa					20	16.5	26.2

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Descrizione	Classificazione terre				Peso di volume		
				LL	LP	IP	CNR-UNI 10006	γ_{nat}	γ_{sec}	γ_{gran}
				%	%	%		(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)
VR-SC39	CR2	8.25-8.45	Limo con sabbia debolmente argilloso ghiaioso	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			25.1
VR-SC39	CR3	9.50-9.70	Limo con sabbia debolmente argilloso	31.0%	21.0%	10.0%				25.2
VR-SC39	CR4	18.00-18.30	Sabbia							
VR-SC39	CR5	29.00-29.30	Sabbia debolmente limosa	n.d.	n.d.	n.d.				25.1
VR-SC39	CR6	35.00-35.20	Limo con argilla debolmente sabbioso	51.0%	31.0%	20.0%				26.1
VR-SC39	CR7	38.90-39.10	Sabbia con ghiaia limosa	n.d.	n.d.	n.d.				24.1
VR-SC39	CR8	41.60-41.80	Limo con argilla debolmente sabbioso	35.0%	26.0%	9.0%				24.60
VR-SC39	CR9	46.30-46.50	Limo con argilla debolmente sabbioso	41.0%	28.0%	13.0%				26.3
VR-SC42	CR1	4.00-4.30	Ghiaia con sabbia limosa	19.9%	16.0%	3.9%				
VR-SC42	CR2	6.80-7.00	Limo con argilla debolmente sabbioso	23.4%	15.4%	7.9%				
VR-SC43-PZ	CR13	3.40-3.80	Argilla	21.1%	16.2%	4.9%				
VR-SC45-DH	CI1	2.70-3.00	Limo argilloso	32.0%	20.2%	11.7%	A6	19.7	16.10	
VR-SC45-DH	CI2	34.20-34.60	Limo argilloso con torba	50.7%	37.1%	13.7%	A7 5	16.9	12.00	
VR-SC45-DH	CR3	39.50-40.00	Limo argilloso con torba	45.2%	17.8%	27.3%	A7 6	18.3	14.6	
VR-SC47-DH	CR1	7.00-7.50	Ghiaia				A1-b			
VR-SC47-DH	CR2	14.00-14.50	Sabbia				A4			
VR-SC47-DH	CR3	30.40-30.70	Sabbia				A4			
VR-SC47-DH	CR4	34.50-35.00	Limo argilloso con torba				A4			
VR-SC47-DH	CR5	39.50-40.00	Limo argilloso con torba				A4			
VR-SC48-PZ	CI1	30.00-30.65	Limo argilloso con torba	34.4%	28.5%	5.9%		19.9	14.8	
VR-SC48-PZ	CI2	33.00-33.65	Limo argilloso con torba	32.6%	26.5%	6.1%	A4	18	13.10	
VR-SC48-PZ	CI3	36.00-36.65	Limo argilloso con torba	33.0%	25.5%	7.6%				
VR-SC48-PZ	CR1	6.00-6.50	Ghiaia				A1-a			
VR-SC48-PZ	CR2	11.00-11.50	Sabbia				A2 4			
VR-SC48-PZ	CR3	19.00-19.50	Sabbia				A3			
VR-SC48-PZ	CR4	24.50-25.00	Sabbia				A3			
VR-SC48-PZ	CR5	38.50-39.00	Limo argilloso con torba				A2 4			

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Descrizione	Classificazione terre				Peso di volume		
				LL	LP	IP	CNR-UNI 10006	γ_{nat}	γ_{sec}	γ_{gran}
				%	%	%		(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)
VR-SC49-PZ	CR2	4.00-4.50	Argilla debolmente limosa debolmente sabbiosa	43.4%		23.9%				
VR-SC49-PZ	CR3	7.00-7.50	Argilla sabbiosa debolmente limosa con resti vegetali	32.8%		112.8%				
VR-SC50-PZ	CR1	2.50	Sabbia limosa	11.8%	10.1%	1.7%				
VR-SC50-PZ	CR2	7.00	Sabbia con ghiaia debolmente limosa	11.9%	10.1%	1.8%				
VR-SC50-PZ	CR4	8.50	Sabbia	11.5%	9.9%	1.6%				
VR-SC51-PZ	CR1	2.30	Ghiaino in abbondante matrice limoso sabbiosa	12.8%	10.9%	1.9%				
VR-SC51-PZ	CR2	2.80	Sabbia con ghiaia debolmente limosa	12.5%	9.3%	3.2%				
VR-SC53-PZ	CI1	36.00-36.50	da 0a12cm Torba compatta da12a53.5 cm Limo argilloso	N.P.	N.P.			18.9	26.3	

TAB. 8 – RISULTATI DELLE PROVE DI CLASSIFICAZIONE E DI QUELLE PER LA DETERMINAZIONE DEI PESI DI VOLUME

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità	Analisi granulometrica				
			W	Ciottoili	Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	%
VR-SC1-DH	CR1	6.00-6.20			82.0%	11.0%	4.0%	3.0%
VR-SC1-DH	CR2	13.00-13.20		2.0%	69.0%	17.0%	8.0%	4.0%
VR-SC1-DH	CR3	20.80-21.00		2.0%	78.0%	12.0%	5.0%	3.0%
VR-SC1-DH	CR4	28.00-28.20		2.0%	52.0%	34.0%	9.0%	3.0%
VR-SC1-DH	CR5	32.00-32.20			68.0%	19.0%	9.0%	4.0%
VR-SC2	CR1	7.80-8.00			62.0%	28.0%	7.0%	3.0%
VR-SC3-DH	CR1	11.00-11.20			66.0%	26.0%	6.0%	2.0%
VR-SC3-DH	CR2	20.00-20.40			72.0%	20.0%	6.0%	2.0%
VR-SC3-DH	CR3	26.00-26.20			1.0%	34.0%	50.0%	15.0%
VR-SC3-DH	CR4	31.00-31.20			35.0%	44.0%	15.0%	6.0%
VR-SC4	CR1	13.00-13.20		3.0%	70.0%	17.0%	4.0%	6.0%
VR-SC5	CR1	13.00-13.20		9.0%	72.0%	11.0%	5.0%	3.0%
VR-SC8-DH	CR1	26.00-26.20		3.0%	80.0%	8.0%	7.0%	2.0%
VR-SC9	CR1	12.00-12.20		2.0%	76.0%	12.0%	8.0%	2.0%
VR-SC10	CR1	13.00-13.20		2.0%	71.0%	16.0%	9.0%	2.0%
VR-SC11-DH	CR1	6.00-6.20		2.0%	60.0%	30.0%	6.0%	2.0%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica				
			W		Ciottoli	Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	%	%
VR-SC11-DH	CR2	9.00-9.20				65.0%	20.0%	10.0%	5.0%
VR-SC11-DH	CR3	14.00-14.20				36.0%	54.0%	8.0%	2.0%
VR-SC11-DH	CR4	26.00-26.20				78.0%	13.0%	7.0%	2.0%
VR-SC11-DH	CR5	32.00-32.30					23.0%	69.0%	8.0%
VR-SC12	CR1	19.00-19.20				60.0%	28.0%	10.0%	2.0%
VR-SC17-PZ	CR1	12.40-12.60				53.0%	34.0%	8.0%	5.0%
VR-SC17-PZ	CR2	15.20-15.40				20.0%	64.0%	11.0%	5.0%
VR-SC18	CR1	8.00-8.20				61.0%	28.0%	7.0%	4.0%
VR-SC18	CR2	14.00-14.20				59.0%	30.0%	7.0%	4.0%
VR-SC19-PZ	CR1	16.00	4.80	6.22%		59.16%	23.77%	10.86%	
VR-SC19-PZ	CR2	25.00	4.50			43.35%	40.82%	15.84%	
VR-SC20-DH	CR1	10.00				52.87%	32.36%	14.77%	
VR-SC20-DH	CR2	21.00	4.40			59.53%	35.14%	5.34%	
VR-SC21-PZ	CR1	9.00-9.20				50.0%	41.0%	5.0%	4.0%
VR-SC21-PZ	CR2	13.00-13.20				73.0%	19.0%	6.0%	2.0%
VR-SC21-PZ	CR3	19.00-19.20				70.0%	21.0%	6.0%	3.0%
VR-SC22-DH	CR1	10.00-10.50				62.0%	31.0%	4.0%	3.0%
VR-SC22-DH	CR2	18.00-18.50		2.0%		70.0%	20.0%	5.0%	3.0%
VR-SC22-DH	CR3	24.00-24.20		9.0%		60.0%	24.0%	5.0%	2.0%
VR-SC23	CR1	4.40-4.60				19.0%	69.0%	10.0%	2.0%
VR-SC23	CR2	12.40-12.60				62.0%	27.0%	9.0%	2.0%
VR-SC24-PZ	CR1	2.50-2.70				51.0%	39.0%	7.0%	3.0%
VR-SC24-PZ	CR2	12.00-12.20				15.0%	70.0%	11.0%	4.0%
VR-SC24-PZ	CR3	17.50-17.70				76.0%	19.0%	3.0%	2.0%
VR-SC25-DH	CR1	9.80-10.00				60.0%	32.0%	6.0%	2.0%
VR-SC25-DH	CR2	16.00-16.20				72.0%	20.0%	6.0%	2.0%
VR-SC25-DH	CR3	21.00-21.20				32.0%	55.0%	11.0%	2.0%
VR-SC25-DH	CR4	29.00-29.20		2.0%		76.0%	18.0%	3.0%	1.0%
VR-SC26-PZ	CR1	1.50-1.95	13.89			1.1%	50.9%	34.6%	13.4%
VR-SC26-PZ	CR2	7.50-8.00	1.09	4.0%		74.1%	16.9%	5.0%	
VR-SC26-PZ	CR3	13.50-14.00	2.45			60.8%	31.2%	8.0%	
VR-SC27-PZ	CR1	4.50-5.00	5.18			54.6%	29.4%	10.4%	5.5%
VR-SC27-PZ	CR2	7.50-8.00				21.0%	64.5%	14.5%	
VR-SC27-PZ	CR3	14.00-14.50				20.6%	52.2%	20.3%	6.9%
VR-SC27-PZ	CR4	20.00-20.50				33.8%	57.6%	8.6%	
VR-SC28-DH	CR1	3.50-4.00				44.0%	42.5%	10.4%	3.1%
VR-SC28-DH	CR2	7.00-7.50				52.9%	33.8%	9.4%	3.9%
VR-SC28-DH	CR3	15.00-15.50				54.1%	40.3%	5.7%	
VR-SC28-DH	CR4	20.00-21.00					93.0%	7.0%	
VR-SC29-DH	CR1	3.50-4.00				2.7%	30.7%	52.8%	13.8%
VR-SC29-DH	CR2	6.50-7.00				51.5%	35.2%	10.3%	3.0%
VR-SC29-DH	CR3	17.00-17.50				30.9%	61.2%	8.0%	
VR-SC29-DH	CR4	40.50-41.00				13.7%	73.1%	13.2%	
VR-SC30-PZ	CR1	2.50-3.00				0.6%	29.3%	64.9%	5.1%
VR-SC30-PZ	CR3	14.50-15.00				0.1%	64.5%	28.6%	6.8%
VR-SC30-PZ	CR4	16.00-16.50				66.2%	27.8%	6.0%	
VR-SC33-DH	CR1	1.00-1.50				0.8%	2.4%	96.9%	
VR-SC33-DH	CR2	3.00-3.50					2.8%	80.2%	17.1%
VR-SC33-DH	CR3	12.00-12.50				0.1%	93.7%	6.2%	
VR-SC33-DH	CR4	32.00-32.50					54.8%	40.7%	4.5%
VR-SC34-PZ	SH1	33.20-33.80	23.50			1.2%	13.9%	52.5%	32.3%
VR-SC34-PZ	CR1	3.50-4.00				0.1%	47.7%	41.8%	10.4%
VR-SC34-PZ	CR2	16.00-16.50				5.2%	91.6%	3.2%	

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica				
			W		Ciottoli	Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	%	%
VR-SC34-PZ	CR3	20.00-20.50					3.5%	96.5%	
VR-SC35-PZ	SH1	30.10-30.70	34.83				0.8%	59.3%	39.9%
VR-SC35-PZ	CR1	3.00-3.50					11.9%	75.5%	12.7%
VR-SC35-PZ	CR2	4.00-4.50				0.4%	22.8%	70.0%	6.9%
VR-SC35-PZ	CR3	9.50-10.00				5.0%	89.7%		5.4%
VR-SC36-DH	CR1	4.00-4.50				0.1%	22.5%	66.7%	10.7%
VR-SC36-DH	CR2	6.00-6.50					94.7%		5.3%
VR-SC36-DH	CR3	18.00-19.00				10.5%	88.5%		1.1%
VR-SC36-DH	CR4	33.00-34.00				7.6%	61.5%	29.0%	2.0%
VR-SC37-PZ	SPT1	1.50-1.95	11.95			36.5%	47.6%		15.9%
VR-SC37-PZ	SPT2	4.50-4.95	23.92				0.2%	7.6%	92.2%
VR-SC37-PZ	SPT4	10.50-10.95	13.73				4.2%	83.6%	12.1%
VR-SC37-PZ	SPT6	16.50-16.95	19.53				2.1%	92.6%	5.3%
VR-SC37-PZ	SPT7	19.50-19.95	19.47				5.2%	87.9%	6.9%
VR-SC37-PZ	SPT8	22.50-22.95	18.41				0.1%	94.1%	5.8%
VR-SC39	SH1	10.80-11.40	20.80				9.0%	60.0%	31.0%
VR-SC39	CR1	3.50-3.80				62.0%	26.0%	8.0%	4.0%
VR-SC39	CR2	8.25-8.45				9.0%	33.0%	48.0%	10.0%
VR-SC39	CR3	9.50-9.70				2.0%	26.0%	57.0%	15.0%
VR-SC39	CR4	18.00-18.30				2.0%	94.0%	2.0%	2.0%
VR-SC39	CR5	29.00-29.30					90.0%	8.0%	2.0%
VR-SC39	CR6	35.00-35.20					8.0%	48.0%	44.0%
VR-SC39	CR7	38.90-39.10				40.0%	42.0%	13.0%	5.0%
VR-SC39	CR8	41.60-41.80				2.0%	7.0%	52.0%	39.0%
VR-SC39	CR9	46.30-46.50					5.0%	62.0%	33.0%
VR-SC39	CR10	53.00-53.30				70.0%	27.0%	2.0%	1.0%
VR-SC39	CR11	61.50-61.80				78.0%	19.0%	2.0%	1.0%
VR-SC41	CR1	3.00-3.30				14.9%	74.3%		10.8%
VR-SC41	CR2	11.00-11.30				2.6%	87.6%		9.8%
VR-SC42	CR1	4.00-4.30				47.2%	29.4%	17.1%	6.3%
VR-SC42	CR2	6.80-7.00				2.8%	8.6%	46.9%	41.7%
VR-SC42	CR3	12.00-12.30				5.4%	69.9%	20.5%	4.2%
VR-SC43-PZ	CR13	3.40-3.80	20.43						
VR-SC43-PZ	CR19	13.20-13.80				5.7%	84.3%		10.0%
VR-SC45-DH	CI1	2.70-3.00	22.23						
VR-SC45-DH	CI2	34.20-34.60	40.65						
VR-SC45-DH	CR3	39.50-40.00	25.55						
VR-SC48-PZ	CI1	30.00-30.65	34.76						
VR-SC48-PZ	CI2	33.00-33.65	37.67						
VR-SC48-PZ	CI3	36.00-36.65	36.73						
VR-SC49-PZ	CR2	4.00-4.50	23.6				6.0%	8.0%	86.0%
VR-SC49-PZ	CR3	7.00-7.50	26.6				16.0%	6.0%	78.0%
VR-SC50-PZ	CR1	2.50	7.5			11.8%	73.3%		14.9%
VR-SC50-PZ	CR2	7.00	12.2			19.7%	68.1%		12.2%
VR-SC50-PZ	CR3	7.60	12.1			2.2%	92.2%		5.6%
VR-SC50-PZ	CR4	8.50	10			12.8%	75.2%		12.0%
VR-SC50-PZ	CR5	14.50	16.8			9.4%	88.8%		1.8%
VR-SC51-PZ	CR1	2.30	14			0.9%	37.7%		61.4%
VR-SC51-PZ	CR2	2.80	19.4			37.9%	42.6%		19.5%
VR-SC51-PZ	CR3	5.00	18			2.2%	95.0%		2.8%
VR-SC51-PZ	CR4	8.00	14.8			0.3%	95.4%		4.3%
VR-SC51-PZ	CR5	8.50	10.5			0.5%	95.3%		4.2%
VR-SC51-PZ	CR6	10.50	12			26.4%	73.1%		0.5%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica				
			W	Ciottoli	Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla	
			%	%	%	%	%	%	
VR-SC53-PZ	CI1	36.00-36.50	30.67		0.1%	1.3%	57.4%	41.2%	

TAB. 9 – RISULTATI DELLE PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEI CONTENUTI D'ACQUA E DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Compressione Assiale Semplice non confinata (C.N.C.) (E.L.L.)			Prove di taglio			
			Cu	Pressione a rottura	Deformazione a rottura	CD piccolo		CD vol. cost	
						ϕ'	c'	ϕ'	c'
			Kpa	Kpa	%	°	Kpa	°	Kpa
VR-SC20-DH	CR2	21.00				33.00	0.00		
VR-SC27-PZ	CR2	7.50-8.00				38.34	8.24		
VR-SC29-DH	CR1	3.50-4.00	16.08	32.15	3.40%				
VR-SC30-PZ	CR1	2.50-3.00	22.01	44.02	1.66%				
VR-SC30-PZ	CR2	9.00-9.50				40.83	0.09		
VR-SC34-PZ	SH1	33.20-33.80						23.73	56.52
VR-SC34-PZ	CR1	3.50-4.00	9.01	18.02	2.62%				
VR-SC34-PZ	CR3	20.00-20.50				28.53	37.77		
VR-SC35-PZ	SH1	30.10-30.70						11.83	110.87
VR-SC35-PZ	CR2	4.00-4.50	8.99	17.97	11.70%				
VR-SC35-PZ	CR3	9.50-10.00				39.41	5.37		
VR-SC36-DH	CR1	4.00-4.50	9.82	19.63	5.62%				
VR-SC39	SH1	10.80-11.40	109.00	218.00	5.53%	29.00	22.00		
VR-SC45-DH	CI1	2.70-3.00	113.50	227.00	2.52%				
VR-SC45-DH	CI2	34.20-34.60	90.50	181.00	3.10%				
VR-SC45-DH	CR3	39.50-40.00	14.00	28.00	2.91%				
VR-SC48-PZ	CI1	30.00-30.65	51.00	102.00	0.84%				
VR-SC48-PZ	CI2	33.00-33.65	66.00	132.00	1.62%	25.6	7.00	25.1	0.80
VR-SC49-PZ	CR2	4.00-4.50	65.22	130.43	19.74%			38.0	1.47
VR-SC49-PZ	CR3	7.00-7.50	65.22	130.43	20.00%			36.0	29.42
VR-SC53-PZ	CI1	36.00-36.50	32.00	64.00	5.78%	24.8	11.0	25.7	2.4

TAB. 10 – RISULTATI DELLE PROVE A COMPRESSIONE ASSIALE SEMPLICE NON CONFINATA (ESPANSIONE LIBERA LATERALE) E DI TAGLIO DIRETTO

Sondaggio	Campione (CR \ SH \ SPT)	Prof. (m)	Edometria							
			M (MPa) (Modulo Edometrico Eed)							
			Intervalli di carico in KPa							
			25.0	49.0	98.0	196.0	392.0	785.0	1569.0	3138.0
VR-SC29-DH	CR1	3.50-4.00	1.78	3.54	6.13	9.06	14.91	27.14	38.59	71.39
VR-SC30-PZ	CR1	2.50-3.00	2.31	3.83	7.04	10.05	17.09	29.47	37.63	69.87
VR-SC33-DH	CR4	32.00-32.50	1.70	2.22	3.07	5.66	9.29	15.78	25.87	42.19
VR-SC34-PZ	SH1	33.20-33.80	1.81	2.04	3.60	6.22	9.62	15.14	24.98	44.34
VR-SC35-PZ	SH1	30.10-30.70	0.83	1.46	2.44	4.18	6.03	8.18	11.72	18.85
VR-SC39	SH1	10.80-11.40	1.90	4.90	5.40	6.40	8.10	13.40	21.50	39.20
VR-SC45-DH	CI1	2.70-3.00						22.20		
VR-SC45-DH	CI2	34.20-34.60						13.80		
VR-SC48-PZ	CI2	33.00-33.65						11.50		
VR-SC49-PZ	CR3	7.00-7.50			7.72	13.16				
VR-SC53-PZ	CI1	36.00-36.50	1.77	2.16	3.63	5.00	8.63	12.94		

TAB. 11 – RISULTATI DELLE PROVE EDOMETRICHE (MODULO EDOMETRICO)

Sondaggio	Campione (CR \ SH \ SPT)	Prof. (m)	Edometria									
			Cv (cm ² /s) (Coefficiente di consolidazione)									
			Intervalli di carico in Kpa									
			25.0	49.0	98.0	196.0	392.0	785.0	1569.0	3138.0		
VR-SC29-DH	CR1	3.50-4.00		1.15E-02	5.12E-03							
VR-SC30-PZ	CR1	2.50-3.00		1.45E-02	1.11E-03							
VR-SC33-DH	CR4	32.00-32.50				4.80E-03	1.02E-02					
VR-SC34-PZ	SH1	33.20-33.80				5.23E-03	5.68E-03					
VR-SC35-PZ	SH1	30.10-30.70				4.34E-03	7.57E-03					
VR-SC39	SH1	10.80-11.40	3.20E-03	2.75E-03	2.32E-03	2.11E-03	1.55E-03	1.33E-03	5.50E-04	4.40E-04		
VR-SC45-DH	CI1	2.70-3.00						4.40E-02				
VR-SC45-DH	CI2	34.20-34.60						1.17E-02				
VR-SC48-PZ	CI2	33.00-33.65						3.98E-03				
VR-SC49-PZ	CR3	7.00-7.50			2.80E-03	3.50E-03						
VR-SC53-PZ	CI1	36.00-36.50	3.59E-02	5.05E-03	5.78E-03	9.36E-03	9.04E-03	1.23E-02				

TAB. 12 – RISULTATI DELLE PROVE EDOMETRICHE (COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE)

Sondaggio	Campione (CR \ SH \ SPT)	Prof. (m)	Edometria									
			K (cm/s) (Permeabilità)									
			Intervalli di carico in Kpa									
			25.0	49.0	98.0	196.0	392.0	785.0	1569.0	3138.0		
VR-SC29-DH	CR1	3.50-4.00		3.18E-07	8.17E-08							
VR-SC30-PZ	CR1	2.50-3.00		3.71E-07	1.55E-08							
VR-SC33-DH	CR4	32.00-32.50				8.25E-08	1.07E-07					
VR-SC34-PZ	SH1	33.20-33.80				8.19E-08	5.74E-08					
VR-SC35-PZ	SH1	30.10-30.70				1.01E-07	1.21E-07					
VR-SC39	SH1	10.80-11.40	1.68E-07	5.58E-08	4.27E-08	3.27E-08	1.92E-08	9.96E-09	2.56E-09	1.12E-09		
VR-SC49-PZ	CR3	7.00-7.50			3.56E-05	2.60E-05						
VR-SC53-PZ	CI1	36.00-36.50	1.99E-06	2.30E-07	1.56E-07	1.83E-07	1.03E-07	9.32E-08				

TAB. 13 – RISULTATI DELLE PROVE EDOMETRICHE (PERMEABILITÀ)

4 MODELLO GEOLOGICO

Le indagini pregresse e di nuova esecuzione hanno consentito di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di studio.

In particolare, alla luce di quanto emerso nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e delle prove penetrometriche, si sono potute redigere le sezioni, in scala L=1:5.000 H=1:500, raffigurate negli elaborati VEN-GE.4.1, VEN-GE.4.2 e VEN-GE.4.3 dello studio geologico.

I dati delle indagini sono stati correlati nelle sezioni utilizzando 7 differenti classi di terreni:

1. Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie
2. Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli
3. Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi
4. Depositi prevalentemente limosi o limoso sabbiosi
5. Depositi prevalentemente argillosi, argilloso limosi o limoso argillosi
6. Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe
7. Rilevato autostradale esistente

Dalla lettura di questi elaborati si possono fare le seguenti considerazioni:

- Tutto il settore più settentrionale del territorio in esame, a nord della chilometrica 232, è largamente dominato dai "Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie" al cui interno si trovano solo piccole lenti di "Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli".
- Nel tratto compreso all'incirca tra la chilometrica 232 e la chilometrica 237, si osserva che livelli di "Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie" si interdigitano a livelli costituiti da sedimenti più fini (dai limi alle sabbie con ghiaie e ciottoli), rilasciati da correnti a minor energia di trasporto.
- I "Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe" sono stati rappresentati a costituire delle piccole lenti, tra cui, l'unica significativa è quella nel primo sottosuolo nella valle del fiume Tartaro.
- Tra la chilometrica 237 e la chilometrica 242, almeno nei primi 50 m di sottosuolo, la classe più presente è quella dei "Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli", sottostanti una copertura di spessore variabile (fino a 7÷8 m) di depositi a differenti tessiture (da argillosa a sabbiosa).
- A sud della chilometrica 242 dominano i "Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi" con locali lenti appartenenti alle altre classi.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	21 di 55

5 ELABORAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI IN SITU

Le indagini effettuate, descritte nel capitolo 2, oltre a consentire di determinare la successione litostratimetrica dei terreni costituenti il corpo arginale e di fondazione, hanno permesso di dedurre i parametri geotecnici.

A riguardo, di seguito, vengono descritte le correlazioni semi-empiriche utilizzate, che gli scriventi hanno individuato come più affidabili nel contesto geologico in esame, tenuto conto anche dei risultati delle analisi di laboratorio, di cui al capitolo 3, che sono servite per la taratura delle stesse.

Per i depositi coesivi sono stati utilizzati valori ottenuti da prove SCPT, mentre per i depositi granulari sono stati utilizzati anche valori ottenuti da prove SPT.

5.1 Depositi coesivi

5.1.1 Coesione in condizioni non drenate

La resistenza al taglio non drenata (c_u) è stata determinata dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SCPT mediante l'equazione di *Sanglerat* che lega la coesione non drenata al numero di colpi NSPT ed è espressa in kg/cm^2 ; viene calcolata come:

$$C_u = 0.125 \cdot N_{SPT}$$

5.1.2 Coesione in condizioni drenate

La resistenza al taglio in condizioni drenate, o coesione efficace c' , è stata determinata facendo riferimento a quanto proposto da *Cherubini* (2000), (*Reliability evaluation of shallow foundation bearing capacity on c' , ϕ' soils, Canadian Geotechnical Journal, 37, 264–269*), applicando la correlazione più cautelativa:

$$c' = (-0.1793 \cdot \Phi + 15.21) \cdot 0.010197$$

5.1.3 Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio (ϕ') è stato stimato mediante la formula proposta da *Shioi e Fukuni* (1982):

$$\Phi' = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

5.1.4 Modulo edometrico

Il modulo (E_{ed}) è stato ricavato direttamente dalla prova SCPT utilizzando la seguente espressione (*Stroud*, 1989):

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	22 di 55

$$E_{ed} = (6,3 \div 10,4) \cdot N_{SPT}$$

In questo lavoro è stato utilizzato: $E_{ed} = 7,1 \cdot N_{SPT}$

5.2 Depositi granulari

5.2.1 Angolo di resistenza al taglio

Anche per i depositi granulari l'angolo di resistenza al taglio (ϕ') è stato stimato mediante la formula proposta da *Shioi e Fukuni* (1982), sia usando dati ottenuti da prove SPT sia da prove SCPT:

$$\Phi' = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

5.2.2 Modulo elastico

I valori del modulo elastico E (di Young) per i terreni granulari indagati sono stati ottenuti tramite la relazione proposta da D'Apollonia et alii per le prove SCPT:

$$E = 7.71 \cdot N_{SPT} + 191$$

Per entrambe le correlazioni riportate, il valore di N_{SPT} , per le prove penetrometriche dinamiche (SCPT), è stato ricavato utilizzando la seguente formulazione:

$$N_{SPT} = C_f \cdot N_{SCPT}$$

Dove il fattore correttivo C_f è dato dalla seguente formula:

$$C_f = \frac{M_1 \cdot H_1 \cdot P_{l1} \cdot A_{p1}}{M_2 \cdot H_2 \cdot P_{l2} \cdot A_{p2}}$$

Dove: M_2 peso del maglio SPT, H_2 volata del maglio SPT (75 cm), P_{l2} passo di lettura SPT (20 cm), A_{p2} area della punta SPT (20.4 cm²), mentre i medesimi termini con pedice 1 si riferiscono alle caratteristiche del penetrometro dinamico utilizzato.

Il valore di C_f così calcolato risulta pari a 1.3.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	23 di 55

6 MODELLO GEOTECNICO

Partendo dagli accorpamenti litologici rappresentati negli elaborati VEN-GE.4.1, VEN-GE.4.2, VEN-GE.4.3 è stato possibile individuare il modello geotecnico dei terreni di fondazione, in asse all'A22, rappresentato graficamente, sempre in scala L=1:5.000 H=1:500, negli elaborati VEN-GT.4.1, VEN-GT.4.2, VEN-GT.4.3.

Anche in queste tavole, le singole indagini sono state posizionate in relazione dell'ubicazione planimetrica fornita, determinandone la quota di inizio sulla base dei dati altimetrici al contorno.

Sotto ogni sezione sono rappresentate le distanze, progressive e parziali, e la quota del terreno sul livello del mare (s.l.m.).

Per ogni sondaggio sono indicati:

- il codice
- la profondità in m
- la quota assoluta di bocca foro in m s.l.m.
- l'ubicazione rispetto all'asse del tracciato con distanza espressa in m
- l'anno in cui è stato realizzato
- se è stato o meno traslato dalla posizione originale (ai fini di consentirne la lettura)
- l'eventuale effettuazione di campionamenti, indisturbati, rimaneggiati e/o di prove SPT
- il livello massimo raggiunto dalla falda
- se è stato attrezzato con un piezometro a tubo aperto, rappresentando il tratto fenestrato

Inoltre, è stata raffigurata la successione litostratimetrica incontrata, distinguendo le seguenti classi:

- R = materiale di riporto
- V = terreno vegetale
- C = ciottoli
- G = ghiaia
- S = sabbia
- L = limo
- A = argilla
- T = torba
- ASF = asfalto
- O = materiale organico

e seguenti condizioni di copresenza o alternanza:

- XY = deposito misto con parti uguali di X e di Y
- X-Y = deposito misto con X molto più abbondante di Y

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	24 di 55

- X/Y = alternanze paritetiche di X e Y

e rappresentando, sulla colonna stratigrafica, le profondità (in m) sia dei cambi litologici che dei multipli di 5 m.

Anche per le prove penetrometriche sono stati indicati:

- il codice
- la profondità in m
- la quota assoluta di bocca foro in m s.l.m.
- l'ubicazione rispetto all'asse del tracciato con distanza espressa in m
- l'anno in cui è stata realizzata
- se è stata o meno traslata dalla posizione originale (ai fini di consentirne la lettura)

Inoltre sono rappresentati i grafici, al variare della profondità, rispettivamente:

- di N20 per le prove penetrometriche dinamiche
- della resistenza alla punta, Rp (MPa), e della pressione interstiziale dei pori, u (MPa), per le prove penetrometriche statiche con punta elettrica dotata piezocono

Nel modello geotecnico i parametri relativi a ciascun orizzonte, sono espressi sia indicandone i valori medi sia quelli caratteristici (da utilizzare per valutazioni semiprobabilistiche, in ottemperanza alle N.T.C. 01/2008).

Il valore caratteristico della coesione non drenata, della coesione efficace e dei parametri di deformabilità, è stato valutato come il valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione della media, utilizzando una distribuzione log-normale.

Per l'angolo di attrito interno il valore caratteristico è sempre riferito al 5° percentile della distribuzione del campione utilizzando però una distribuzione gaussiana (normale).

A titolo esemplificativo delle elaborazioni effettuate, in Fig. 2, si riporta la curva di distribuzione dei valori del modulo elastico dei terreni sabbioso ghiaiosi dell'Orizzonte B.

In tale esempio a fronte di un parametro caratteristico calcolato di E=44.59 MPa, il margine di errore, considerato l'insieme dei dati disponibili, risulta pari a circa 1.60 MPa, con un intervallo di confidenza pari al 95%.

Tali elaborazioni sono state effettuate per tutti i parametri geotecnici per ciascun orizzonte individuato.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	25 di 55

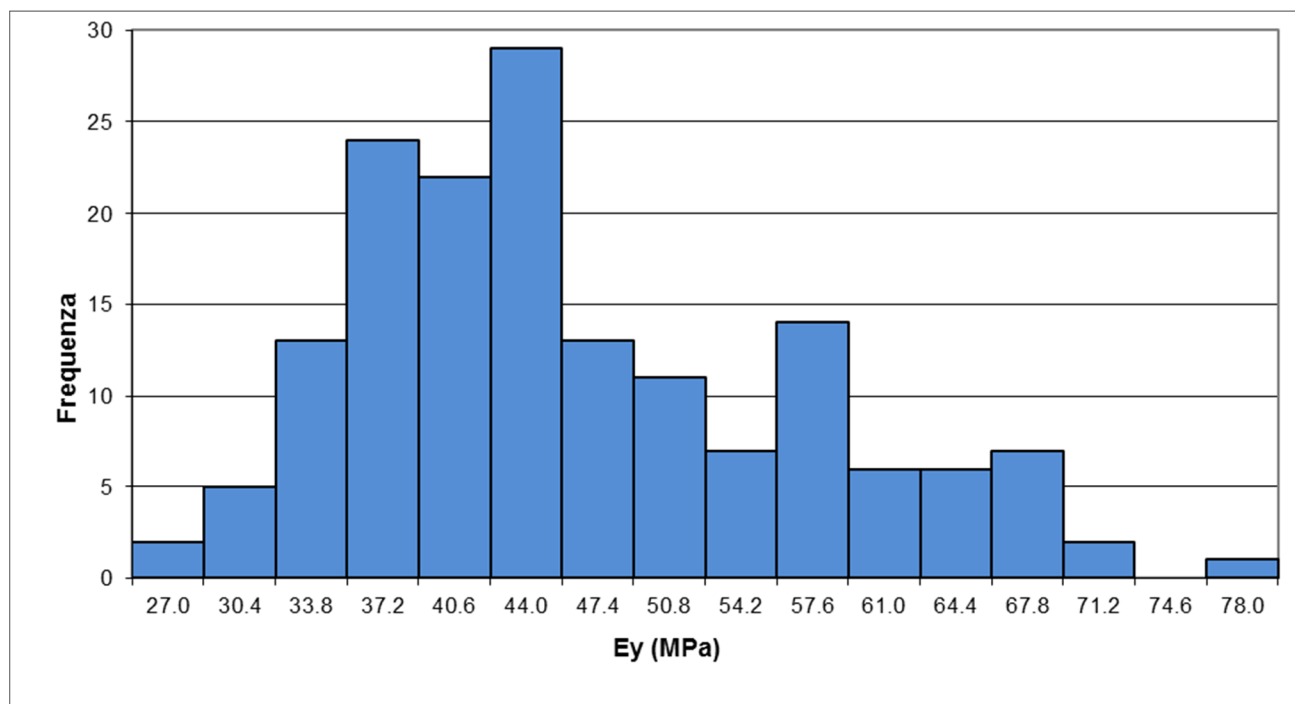


FIG. 2 - DISTRIBUZIONE LOGNORMALE DEL MODULO ELASTICO DELL'ORIZZONTE SABBIOSO GHIAIOSO

La modellazione geotecnica effettuata nel presente studio ha previsto la distinzione degli orizzonti descritti nei seguenti paragrafi.

6.1 Orizzonte A

- Comportamento: granulare
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 22.00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito:
 - valore caratteristico $\varphi'_k = 40.00^\circ$
 - valore medio $\varphi'_m = 41.37^\circ$
 - modulo elastico:
 - valore caratteristico: $E_{y_k} = 50.93 \text{ MPa}$
 - valore medio: $E_{y_m} = 54.99 \text{ MPa}$

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	26 di 55

6.2 Orizzonte B

- Comportamento: granulare
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 21.00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito:
 - valore caratteristico $\varphi'_k = 36.81^\circ$
 - valore medio $\varphi'_m = 37.38^\circ$
 - modulo elastico:
 - valore caratteristico: $E_{y_k} = 43.00 \text{ MPa}$
 - valore medio: $E_{y_m} = 44.59 \text{ MPa}$

6.3 Orizzonte C

- Comportamento: granulare
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito:
 - valore caratteristico $\varphi'_k = 35.10^\circ$
 - valore medio $\varphi'_m = 35.70^\circ$
 - modulo elastico:
 - valore caratteristico: $E_{y_k} = 38.32 \text{ MPa}$
 - valore medio: $E_{y_m} = 40.45 \text{ MPa}$

6.4 Orizzonte D

- Comportamento: granulare
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito:
 - valore caratteristico $\varphi'_k = 29.40^\circ$
 - valore medio $\varphi'_m = 30.73^\circ$

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	27 di 55

- modulo elastico:
 valore caratteristico: $E_{y_k} = 26.41 \text{ MPa}$
 valore medio: $E_{y_m} = 27.97 \text{ MPa}$

6.5 Orizzonte E

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata:
 valore caratteristico $Cu_k = 79.12 \text{ kPa}$
 valore medio $Cu_m = 89.95 \text{ kPa}$
 - coesione efficace:
 valore caratteristico $c'_k = 10.53 \text{ kPa}$
 valore medio $c'_m = 10.67 \text{ kPa}$
 - angolo d'attrito:
 valore caratteristico $\varphi'_k = 26.60^\circ$
 valore medio $\varphi'_m = 27.42^\circ$
 - modulo edometrico:
 valore caratteristico: $E_{ed_k} = 4.45 \text{ MPa}$
 valore medio: $E_{ed_m} = 5.23 \text{ MPa}$

6.6 Orizzonte F

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata:
 valore caratteristico $Cu_k = 53.26 \text{ kPa}$
 valore medio $Cu_m = 56.27 \text{ kPa}$
 - coesione efficace:
 valore caratteristico $c'_k = 11.59 \text{ kPa}$
 valore medio $c'_m = 11.62 \text{ kPa}$

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	28 di 55

- angolo d'attrito:
 valore caratteristico $\varphi'_k = 20.10^\circ$
 valore medio $\varphi'_m = 20.23^\circ$
- modulo edometrico:
 valore caratteristico: $E_{ed_k} = 2.85 \text{ MPa}$
 valore medio: $E_{ed_m} = 2.94 \text{ MPa}$

Nel modello geotecnico sono stati raffigurati anche il rilevato autostradale esistente e il livello di involucro dei massimi di falda che rappresenta sempre i livelli più alti tra quelli indicati nello studio a supporto del progetto definitivo e i dati considerati nel presente approfondimento.

6.7 Modelli geotecnici di dettaglio per i tratti interessati dalle barriere antirumore

La schematizzazione per orizzonti omogenei effettuata nel paragrafo precedente tiene conto di tutti i dati sia di campagna che di laboratorio che interessano l'orizzonte, identificato con criteri litostratimetrici.


È evidente che localmente vi possono essere delle variazioni, rispetto ai parametri medi, che rivestono particolare importanza per la progettazione esecutiva delle opere, con particolare riferimento alle barriere antirumore.

Per questo motivo, nel presente paragrafo verranno specificati i modelli geotecnici di dettaglio per i tratti interessati dalle barriere.

Tale distinzione non è stata adottata nel settore della conoide ghiaiosa, fino a Villafranca (Km 233 circa), dove i parametri geotecnici sono sostanzialmente costanti, risultando, quindi, applicabili quelli del modello generale.

Di seguito per ciascun tratto viene proposta una tabella riepilogativa dei parametri da adottare. La tabella è stata redatta tenendo conto della successione stratigrafica riprodotta nelle tavole del modello geotecnico (riportata in stralcio anche nella figura seguente alla tabella) indicando, per ciascun orizzonte, la profondità da piano campagna del tetto e della base dell'orizzonte stesso.

Quando necessario ciascun orizzonte è stato suddiviso in più suborizzonti che mantengono la denominazione, ma acquisiscono una numerazione progressiva.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	29 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

6.7.1 Tratto Km 241 - 242

Orizzonte	tipo	da m	a m	g kN/m3	f'k °	c' kPa	cu kPa	Eyk Mpa	Eed Mpa
E	coesivo	p.c.	2.80-5.0	18.5	25	10.5	110		7
C	granulare	2.80-5.00	10.40-11.60	20	34	0	0	31	
B	granulare	10.40-11.60	20.00	21	36.8	0	0	43	
B1	granulare	20.00	29.00	21	40	0	0	50.5	
E1	coesivo	29.00	34.00	18.5	24	10	90.5		7
C1	granulare	34.00	39.00	21	42	0	0	65	

TAB. 14 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

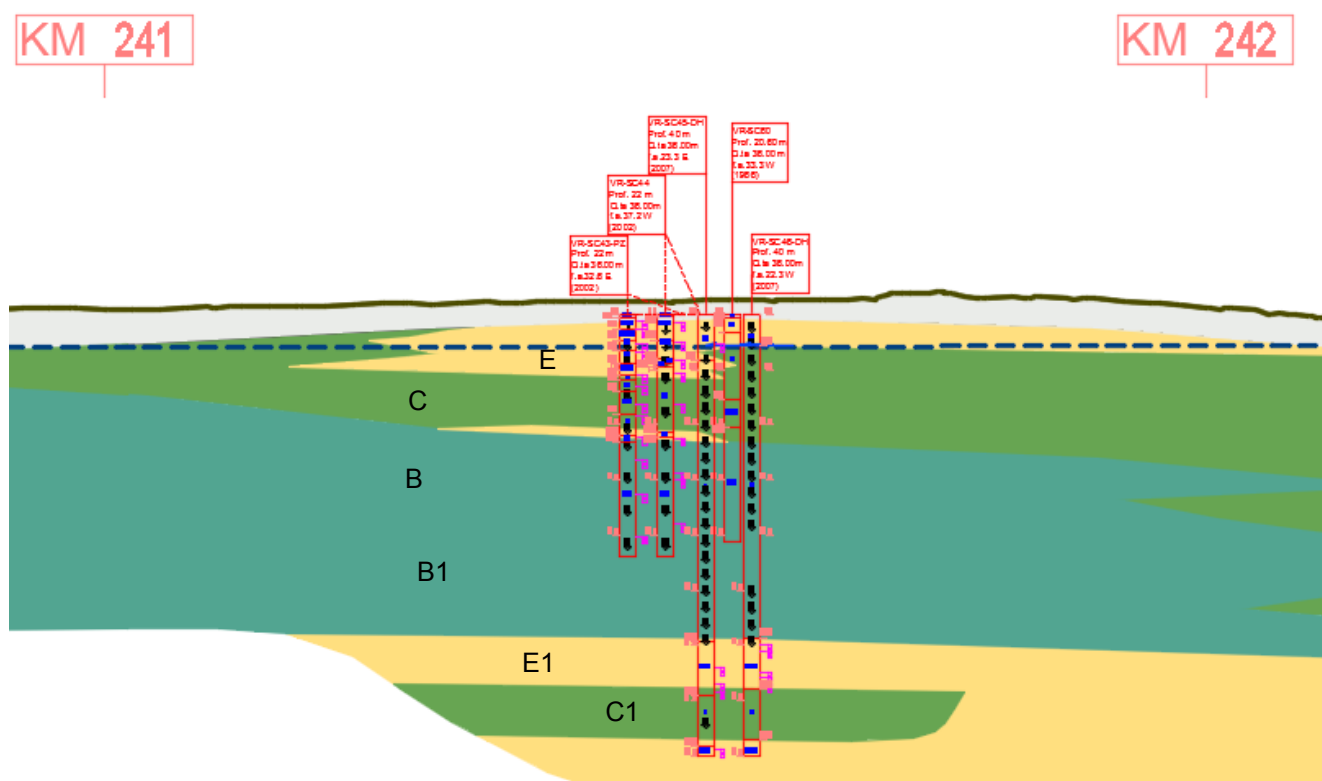



FIG. 3 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	30 di 55

6.7.2 Tratto Km 243 – 246

Orizzonte	tipo	da m	a m	g kN/m3	f'k °	c' kPa	cu kPa	Eyk Mpa	Eed Mpa
E*	coesivo	p.c.	1.90-7.30	18.5	26	10.5	65.2		7
C	granulare	p.c.	10.00	20	33	0	0	30	
C1	granulare	10.00	28.90-33.60	21	39	0	0	48	
A*	granulare	2.0-6.0	9.30-9.40	21	33	0	0	30	
B*	granulare	1.60-2.90	6.40	21	34	0	0	37	
E1	coesivo	28.90-33.60	40.00	18.5	25	7	55		11.5

* presente solo in alcuni tratti

TAB. 15 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

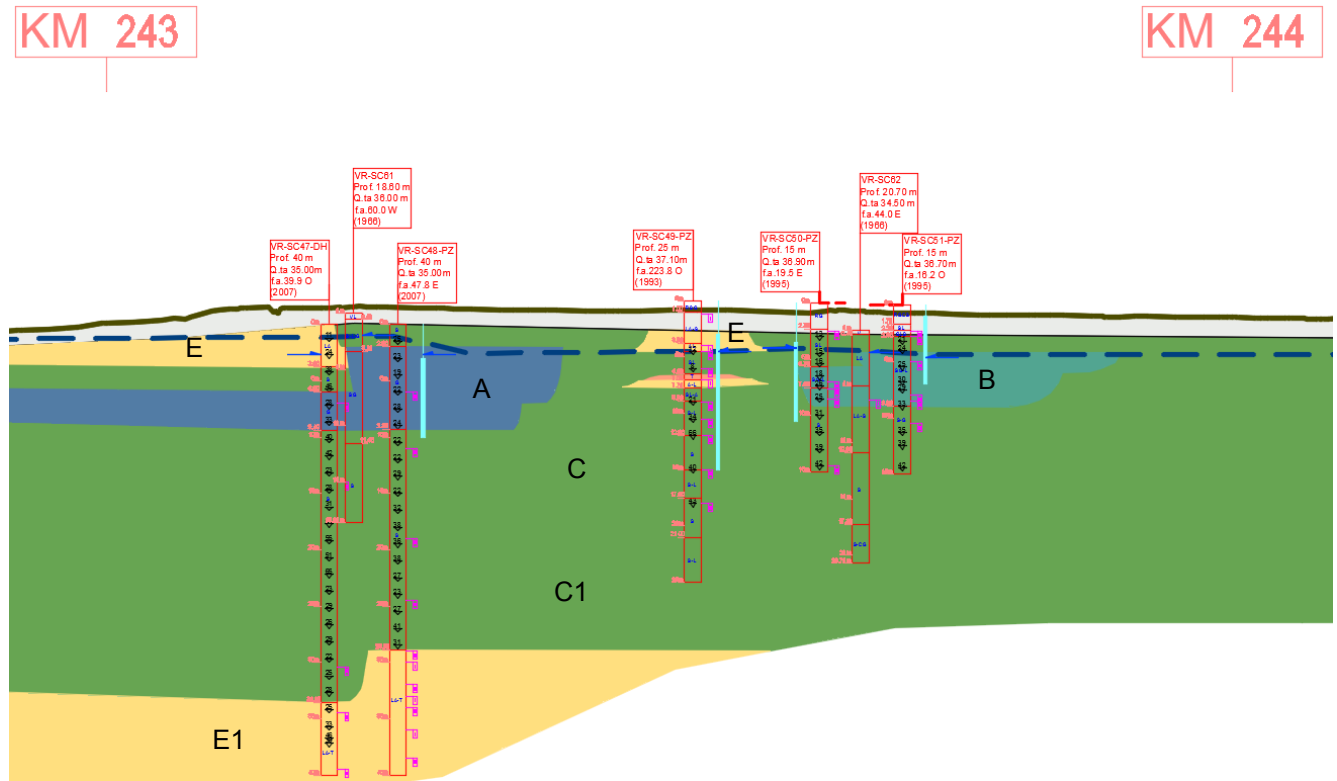


FIG. 4 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

7 VERIFICHE GEOTECNICHE

7.1 Valutazione della stabilità dei rilevati

7.1.1 Approccio normativo di verifica

Le verifiche di stabilità dei rilevati sono state effettuate in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Secondo tale normativa la stabilità è considerata accettabile quando è verificata la disequazione $Ed < Rd/\gamma_r$, dove $\gamma_r=1.1$, mentre la resistenza va calcolata utilizzando i parametri di progetto del terreno, cioè i parametri caratteristici ridotti mediante i coefficienti stabiliti dalla normativa adottando l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2) riportati nella seguente tabella.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

TAB. 16 – COEFFICIENTI RIDUTTIVI DEI PARAMETRI CARATTERISTICI ADOTTATI PER LE VERIFICHE (NTC 2008 TAB. 6.2.II)


7.1.2 Analisi statica e pseudostatica

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, riconducibili a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

A causa dell'impossibilità di definire una legge costitutiva che descriva esattamente il comportamento del terreno, mezzo per di più multifase, vengono introdotte delle ipotesi semplificative.

Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di *Mohr-Coulomb*.

In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	32 di 55

Nel presente studio, a valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità è stata condotta mediante il programma di calcolo SLOPE (v. 2017.25.6) della GEOSTRU, con il metodo di Morgenstern & Price (1965) applicato a superficie circolare.

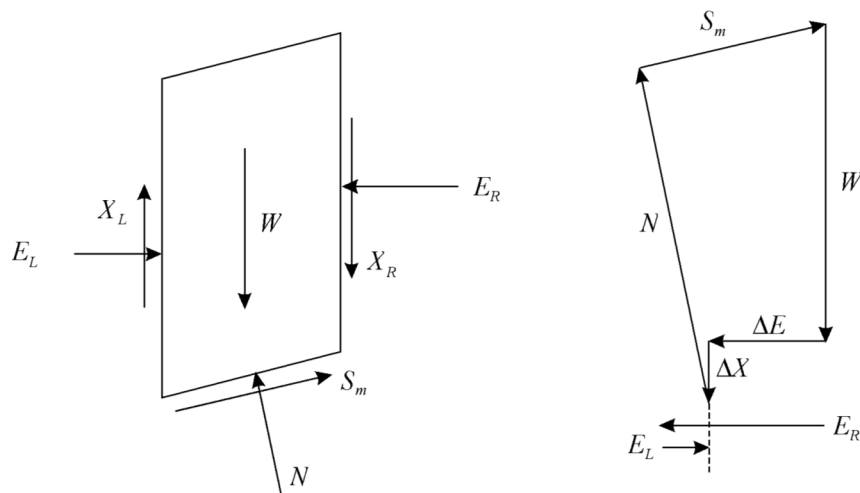


FIG. 5 – NOTAZIONI ADOTTATE NELLE FORMULE PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ


il metodo di Morgenstern & Price stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \varphi \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	33 di 55

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma.

Per considerare l'azione sismica è stato utilizzato il metodo pseudo-statico: sotto l'azione di un carico ciclico il terreno può sviluppare pressioni interstiziali elevate, pertanto viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica sono state considerate le seguenti forze:

$$F_H = \pm 0,5 S_a g W$$

$$F_V = \pm 0,5 F_H$$

essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro della massa instabile;
- W il peso della massa stessa.

Nella ricerca della superficie di scorrimento critica, non avendo a disposizione metodi per individuarla, occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.

Nel presente studio, si è ipotizzato che detta superficie abbia forma circolare.

Posizionata una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne sono state esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato *range* di valori tale da considerare tutte le superfici cinematicamente ammissibili.

7.1.3 Sovraccarico (carico mobile da traffico)

Per tutte le sezioni in esame è stato considerato un sovraccarico pari a 20 kPa sulla sommità del rilevato, rappresentativo del carico mobile da traffico veicolare.

Tale sovraccarico non è stato considerato agente in presenza di sisma.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	34 di 55

7.1.4 Sezioni verificate

Nel presente studio la verifica di stabilità, su indicazione dei Progettisti, è stata effettuata nella sezione più critica dell'intera tratta, corrispondente alla zona dove verrà effettuato l'allargamento del rilevato autostradale presso l'intersezione con l'autostrada A4. In tale tratto è stata prescelta la sezione con la massima altezza (Sez. 225+625).

I parametri geotecnici adottati, sono quelli caratteristici indicati al paragrafo 6, dando per scontato che l'allargamento del rilevato arginale venga effettuato con materiali che abbiano almeno le stesse resistenze a rottura di quelli che costituiscono gran parte del rilevato esistente.


Le verifiche sono state eseguite solo in condizioni drenate, vista la presenza di terreni esclusivamente granulari.

Sono state eseguite 2 distinte verifiche, una in assenza di sisma ma con sovraccarico stradale ed una in condizioni sismiche.

Come si può osservare nel paragrafo seguente, secondo i calcoli effettuati, il fattore di sicurezza minimo è risultato essere sempre superiore al limite di 1,1 (γ_r nel paragrafo 7.1.1). Ne consegue che la stabilità del rilevato in progetto risulta verificata.

7.1.5 Risultati della verifica

Di seguito vengono presentati i grafici ed i tabulati relativi alle verifiche effettuate.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	35 di 55

7.1.5.1 Verifica con sovraccarico

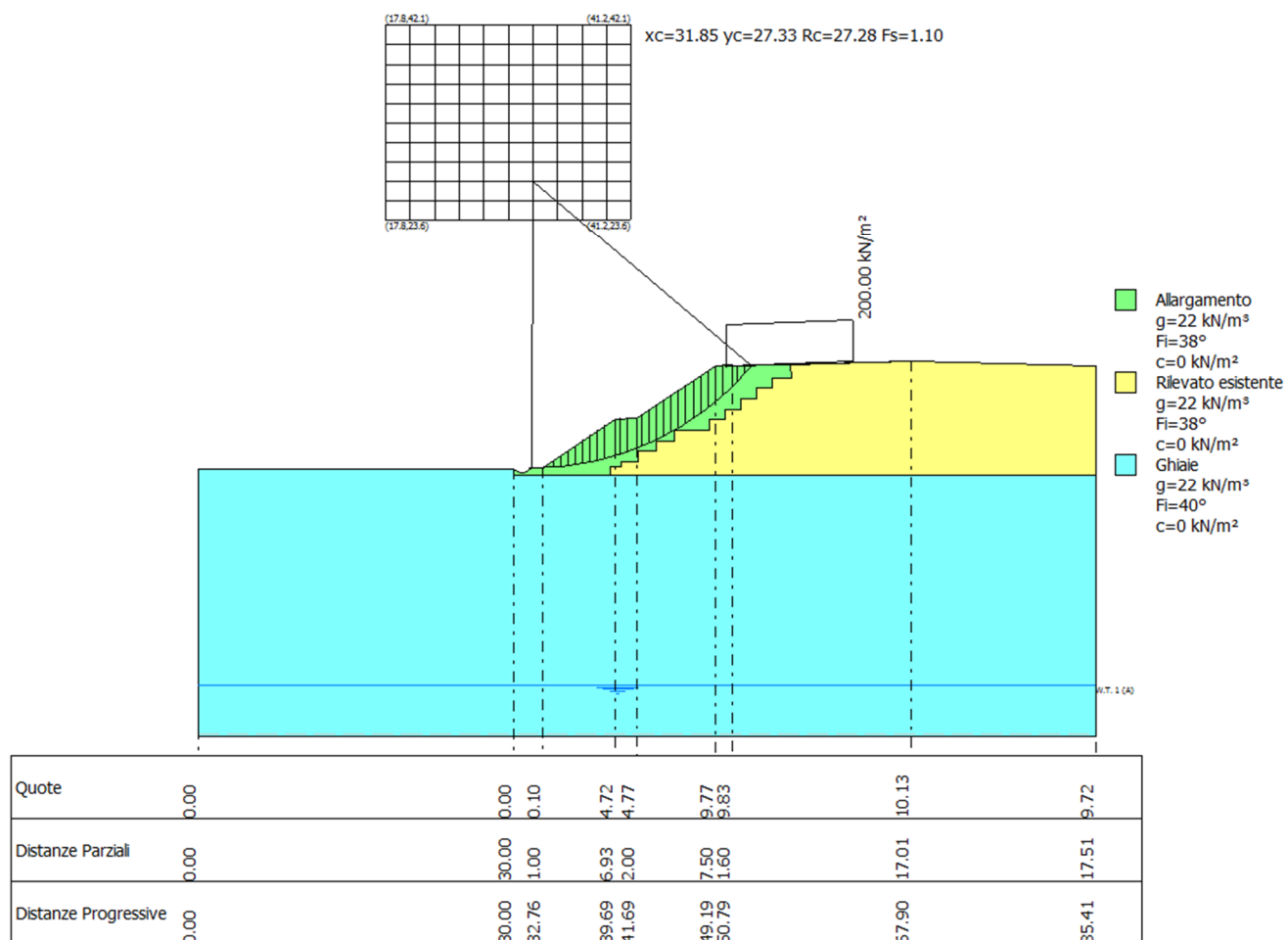


FIG. 6 – SUPERFICIE DI SCORRIMENTO A MINOR COEFFICIENTE DI SICUREZZA

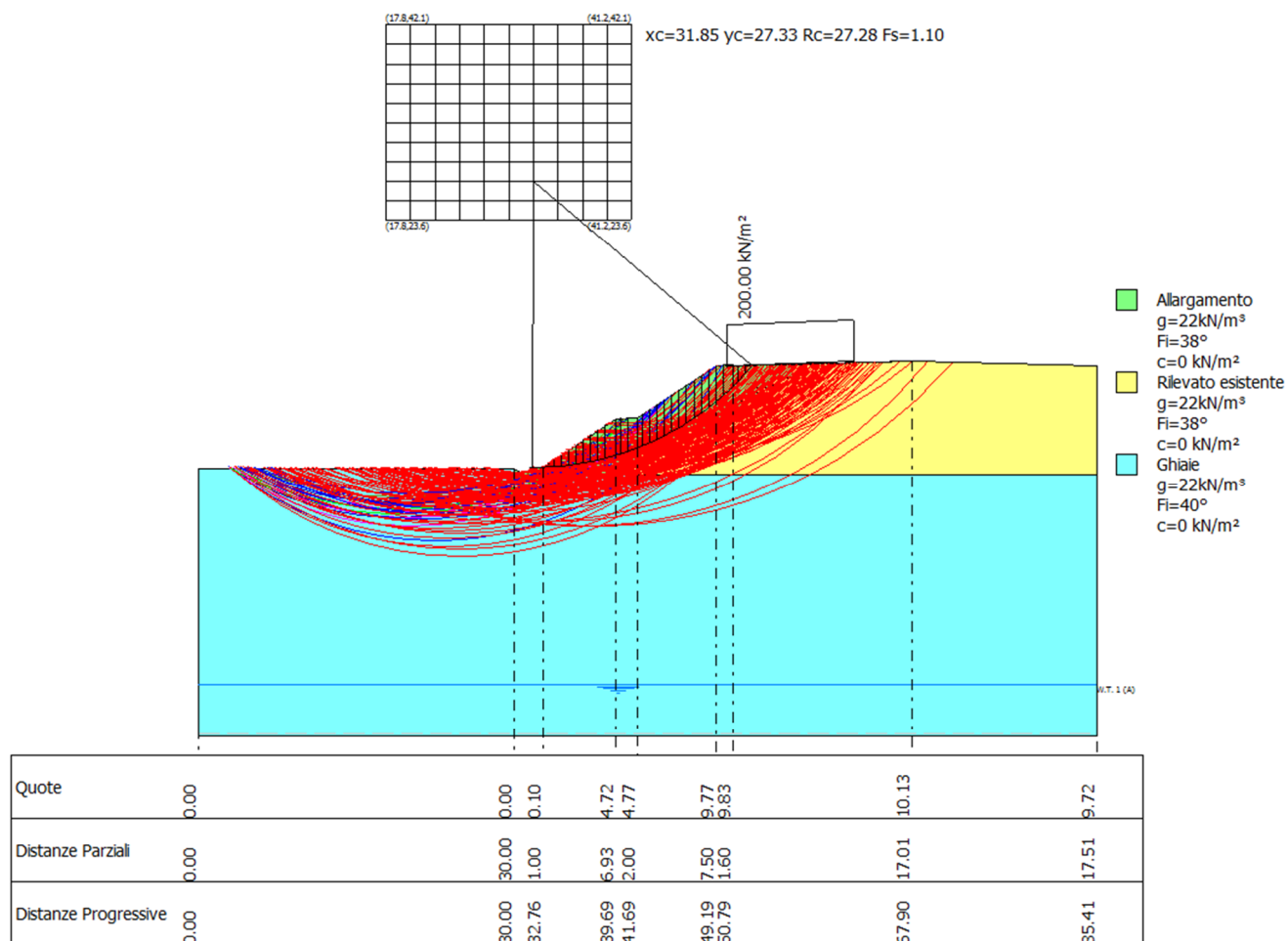


FIG. 7 – RAPPRESENTAZIONE DI TUTTE LE SUPERFICI VERIFICATE

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	45.427089/10.909608
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17.83 m
---------------------------------------	---------

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	37 di 55

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23.64 m
Ascissa vertice destro superiore xs	41.2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	42.11 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	30.0	0.0
3	30.56	-0.37
4	31.06	-0.37
5	31.76	0.1
6	32.76	0.1
7	39.69	4.72
8	41.69	4.77
9	49.19	9.77
10	50.79	9.83
11	50.89	9.69
12	67.9	10.13
13	85.41	9.72

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-20.62
2	40.0	-20.62
3	85.41	-20.62

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	30.0	0.0
3	30.0	0.0
4	30.0	-0.62
5	39.2	-0.62
6	39.2	0.15
7	40.21	0.15
8	40.21	0.62
9	41.91	0.62
10	41.91	1.62
11	43.6	1.62
12	43.6	2.62
13	45.3	2.62
14	45.3	3.62
15	48.6	3.62
16	48.6	4.62
17	50.11	4.62
18	50.11	5.62

19	51.63	5.62
20	51.63	6.62
21	53.15	6.62
22	53.15	7.62
23	54.68	7.62
24	54.68	8.62
25	56.43	8.62
26	56.4	9.84
27	67.9	10.13
28	85.41	9.72

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	30.0	0.0
3	30.0	-0.62
4	39.2	-0.62
5	85.41	-0.62

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0	0	38	22	23	Allargamento
2	0	0	38	22	23	Rilevato esistente
3	0	0	40	22	23	Ghiaie

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	50.28	9.69	62.28	10.17	200

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.1
Ascissa centro superficie	31.85 m
Ordinata centro superficie	27.33 m
Raggio superficie	27.28 m

xc = 31.852 yc = 27.334 Rc = 27.281 Fs=1.104

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	39 di 55

Lambda = 0.545

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.07	-0.26	0.07	0.04
2	1.0	0.87	1.0	0.97
3	1.03	3.0	1.03	8.01
4	0.7	4.82	0.7	13.42
5	0.7	6.3	0.7	19.56
6	0.7	7.78	0.71	25.42
7	0.7	9.27	0.71	31.0
8	0.7	10.76	0.71	36.28
9	0.7	12.26	0.72	41.28
10	0.7	13.77	0.72	45.97
11	1.0	15.62	1.04	73.01
12	0.4	17.15	0.42	30.68
13	0.7	18.37	0.74	50.78
14	0.9	20.15	0.96	59.91
15	0.5	21.72	0.54	32.69
16	0.7	23.09	0.76	47.79
17	0.7	24.7	0.77	50.2
18	0.7	26.33	0.78	52.24
19	0.7	27.98	0.79	53.9
20	0.7	29.66	0.81	55.16
21	0.7	31.36	0.82	56.0
22	0.7	33.1	0.84	56.39
23	0.7	34.88	0.85	56.31
24	0.7	36.69	0.87	55.72
25	0.69	38.54	0.89	54.12
26	0.71	40.45	0.93	49.95
27	0.89	42.7	1.22	152.72
28	0.51	44.72	0.71	120.92
29	0.7	46.54	1.02	157.72
30	0.7	48.73	1.06	126.18

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.02	0.03	0.0	0.0	0.02	0.01	0.0
2	0.43	0.79	0.02	0.03	0.57	0.32	0.0
3	3.44	6.32	0.43	0.79	5.28	3.01	0.0
4	7.96	14.61	3.44	6.32	9.57	5.44	0.0
5	13.97	25.64	7.96	14.61	14.68	8.35	0.0
6	21.07	38.69	13.97	25.64	19.91	11.33	0.0
7	28.93	53.11	21.07	38.69	25.16	14.31	0.0
8	37.23	68.35	28.93	53.11	30.33	17.26	0.0
9	45.71	83.92	37.23	68.35	35.36	20.11	0.0
10	54.13	99.37	45.71	83.92	40.16	22.84	0.0


11	65.62	120.47	54.13	99.37	64.93	36.94	0.0
12	69.83	128.19	65.62	120.47	27.57	15.69	0.0
13	76.01	139.54	69.83	128.19	45.9	26.11	0.0
14	82.01	150.56	76.01	139.54	54.41	30.95	0.0
15	84.69	155.48	82.01	150.56	29.7	16.9	0.0
16	87.88	161.33	84.69	155.48	43.32	24.65	0.0
17	90.36	165.89	87.88	161.33	45.26	25.75	0.0
18	92.06	169.01	90.36	165.89	46.69	26.56	0.0
19	92.92	170.59	92.06	169.01	47.59	27.07	0.0
20	92.91	170.57	92.92	170.59	47.94	27.27	0.0
21	92.0	168.91	92.91	170.57	47.72	27.15	0.0
22	90.2	165.6	92.0	168.91	46.94	26.7	0.0
23	87.52	160.68	90.2	165.6	45.58	25.93	0.0
24	84.0	154.22	87.52	160.68	43.64	24.83	0.0
25	79.75	146.4	84.0	154.22	40.79	23.21	0.0
26	75.04	137.76	79.75	146.4	35.99	20.47	0.0
27	57.91	106.31	75.04	137.76	103.5	58.88	0.0
28	42.42	77.88	57.91	106.31	76.91	43.76	0.0
29	20.02	36.74	42.42	77.88	94.03	53.5	0.0
30	0.0	0.0	20.02	36.74	68.82	39.15	0.0

Numero di superfici esaminate....(195)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17.8	23.6	27.9	20.00
2	19.0	24.6	29.3	15.17
3	20.2	23.6	29.2	9.15
4	21.3	24.6	28.7	7.87
5	22.5	23.6	30.6	5.05
6	23.7	24.6	32.0	3.64
7	24.8	23.6	32.1	3.27
8	26.0	24.6	26.1	2.77
9	27.2	23.6	26.1	2.52
10	28.3	24.6	26.4	2.01
11	29.5	23.6	26.4	1.82
12	30.7	24.6	26.7	1.52
13	31.9	23.6	26.8	1.60
14	33.0	24.6	27.1	1.46
15	34.2	23.6	23.5	1.13
16	35.4	24.6	27.4	1.51
17	36.5	23.6	23.5	1.20
18	37.7	24.6	23.5	1.21
19	38.9	23.6	23.6	1.31
20	40.0	24.6	23.6	1.35
21	41.2	23.6	23.3	1.44
22	19.0	26.4	30.8	13.71
23	20.2	25.5	28.8	15.93
24	21.3	26.4	30.0	7.47
25	22.5	25.5	30.0	5.15
26	23.7	26.4	33.2	3.33
27	24.8	25.5	33.2	3.04


PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

28	26.0	26.4	31.8	2.54
29	27.2	25.5	26.4	1.90
30	28.3	26.4	29.7	1.88
31	29.5	25.5	26.7	1.50
32	30.7	26.4	27.0	1.19
33	31.9	25.5	27.0	1.33
34	33.0	26.4	27.3	1.21
35	34.2	25.5	27.4	1.37
36	35.4	26.4	27.7	1.32
37	36.5	25.5	27.7	1.46
38	37.7	26.4	28.0	1.45
39	38.9	25.5	23.5	1.24
40	40.0	26.4	24.4	1.33
41	41.2	25.5	24.1	1.42
42	19.0	28.3	32.2	13.56
43	20.2	27.3	32.0	7.75
44	21.3	28.3	33.2	5.24
45	22.5	27.3	33.1	4.20
46	23.7	28.3	34.3	3.08
47	24.8	27.3	31.7	2.93
48	26.0	28.3	29.7	2.22
49	27.2	27.3	29.7	2.02
50	28.3	28.3	30.3	1.62
51	29.5	27.3	30.3	1.67
52	30.7	28.3	30.9	1.54
53	31.9	27.3	27.3	1.10
54	33.0	28.3	31.5	1.59
55	34.2	27.3	27.6	1.17
56	35.4	28.3	27.9	1.20
57	36.5	27.3	27.9	1.29
58	37.7	28.3	28.3	1.34
59	38.9	27.3	28.7	1.50
60	40.0	28.3	25.5	1.33
61	41.2	27.3	25.0	1.41
62	17.8	29.2	32.3	20.00
63	19.0	30.1	33.4	14.85
64	20.2	29.2	33.3	7.52
65	21.3	30.1	34.4	4.89
66	22.5	29.2	34.3	3.80
67	23.7	30.1	35.5	2.85
68	24.8	29.2	35.5	2.64
69	26.0	30.1	33.5	2.11
70	27.2	29.2	30.3	1.72
71	28.3	30.1	30.9	1.31
72	29.5	29.2	30.9	1.42
73	30.7	30.1	31.5	1.31
74	31.9	29.2	31.5	1.46
75	33.0	30.1	32.1	1.42
76	34.2	29.2	32.1	1.56
77	35.4	30.1	32.7	1.55
78	36.5	29.2	28.2	1.24
79	37.7	30.1	29.4	1.34
80	38.9	29.2	29.8	1.45
81	40.0	30.1	31.1	1.65

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	42 di 55


PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

82	41.2	29.2	25.9	1.42
83	17.8	31.0	33.7	20.00
84	19.0	32.0	34.8	18.04
85	20.2	31.0	34.6	7.33
86	21.3	32.0	35.7	4.57
87	22.5	31.0	35.6	3.47
88	23.7	32.0	33.7	2.99
89	24.8	31.0	33.6	2.44
90	26.0	32.0	34.4	1.88
91	27.2	31.0	34.4	1.85
92	28.3	32.0	35.3	1.73
93	29.5	31.0	31.5	1.15
94	30.7	32.0	36.1	1.78
95	31.9	31.0	32.1	1.26
96	33.0	32.0	32.6	1.25
97	34.2	31.0	32.7	1.40
98	35.4	32.0	33.4	1.43
99	36.5	31.0	29.0	1.24
100	37.7	32.0	30.5	1.35
101	38.9	31.0	30.9	1.45
102	40.0	32.0	32.0	1.60
103	41.2	31.0	31.2	1.73
104	19.0	33.8	36.1	20.00
105	20.2	32.9	35.9	7.25
106	21.3	33.8	37.0	4.25
107	23.7	33.8	38.0	2.43
108	24.8	32.9	34.5	2.19
109	26.0	33.8	35.4	1.63
110	27.2	32.9	35.3	1.66
111	28.3	33.8	36.2	1.56
112	29.5	32.9	36.1	1.66
113	30.7	33.8	37.0	1.64
114	31.9	32.9	32.6	1.14
115	33.0	33.8	33.2	1.19
116	34.2	32.9	38.0	1.99
117	35.4	33.8	34.6	1.39
118	36.5	32.9	34.9	1.58
119	37.7	33.8	31.7	1.36
120	38.9	32.9	32.0	1.47
121	40.0	33.8	32.9	1.58
122	41.2	32.9	32.2	1.71
123	19.0	35.6	37.4	20.00
124	20.2	34.7	37.2	7.40
125	22.5	34.7	38.1	2.87
126	23.7	35.6	39.2	2.25
127	24.8	34.7	39.1	2.16
128	26.0	35.6	40.2	2.05
129	27.2	34.7	36.2	1.45
130	28.3	35.6	37.1	1.38
131	29.5	34.7	37.0	1.52
132	30.7	35.6	37.9	1.51
133	31.9	34.7	37.9	1.64
134	33.0	35.6	34.2	1.19
135	34.2	34.7	34.4	1.27

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	43 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

136	35.4	35.6	35.9	1.37
137	36.5	34.7	36.1	1.54
138	37.7	35.6	32.9	1.38
139	38.9	34.7	33.2	1.48
140	40.0	35.6	33.9	1.57
141	41.2	34.7	33.1	1.69
142	20.2	36.6	38.5	20.00
143	22.5	36.6	39.4	2.60
144	23.7	37.5	40.5	2.07
145	24.8	36.6	40.3	2.03
146	26.0	37.5	41.5	1.93
147	27.2	36.6	37.2	1.22
148	28.3	37.5	38.0	1.20
149	29.5	36.6	38.0	1.36
150	30.7	37.5	38.8	1.38
151	31.9	36.6	38.8	1.53
152	33.0	37.5	40.3	1.64
153	34.2	36.6	35.7	1.29
154	35.4	37.5	37.1	1.38
155	36.5	36.6	42.1	2.41
156	37.7	37.5	38.8	1.75
157	38.9	36.6	34.4	1.50
158	40.0	37.5	34.8	1.59
159	41.2	36.6	34.1	1.67
160	20.2	38.4	39.9	20.00
161	21.3	39.3	41.0	3.28
162	24.8	38.4	41.6	1.90
163	26.0	39.3	42.7	1.83
164	28.3	39.3	39.0	1.12
165	29.5	38.4	38.9	1.22
166	30.7	39.3	40.1	1.30
167	31.9	38.4	40.2	1.48
168	33.0	39.3	41.6	1.60
169	34.2	38.4	36.9	1.30
170	35.4	39.3	38.4	1.40
171	36.5	38.4	38.6	1.50
172	37.7	39.3	44.9	2.61
173	38.9	38.4	35.5	1.53
174	40.0	39.3	35.9	1.62
175	41.2	38.4	35.1	1.69
176	26.0	41.2	44.0	1.73
177	28.3	41.2	45.0	1.82
178	29.5	40.3	40.0	1.18
179	30.7	41.2	46.4	2.15
180	31.9	40.3	41.5	1.43
181	33.0	41.2	43.0	1.56
182	34.2	40.3	38.2	1.32
183	35.4	41.2	39.7	1.43
184	36.5	40.3	39.9	1.51
185	37.7	41.2	41.4	1.72
186	38.9	40.3	36.6	1.56
187	40.0	41.2	36.9	1.66
188	41.2	40.3	36.2	1.73
189	27.2	42.1	45.2	1.72

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	44 di 55

190	29.5	42.1	41.4	1.19
191	31.9	42.1	42.9	1.40
192	34.2	42.1	39.5	1.35
193	36.5	42.1	41.2	1.53
194	38.9	42.1	42.4	1.90
195	41.2	42.1	41.6	2.14

7.1.5.2 Verifica in condizioni sismiche

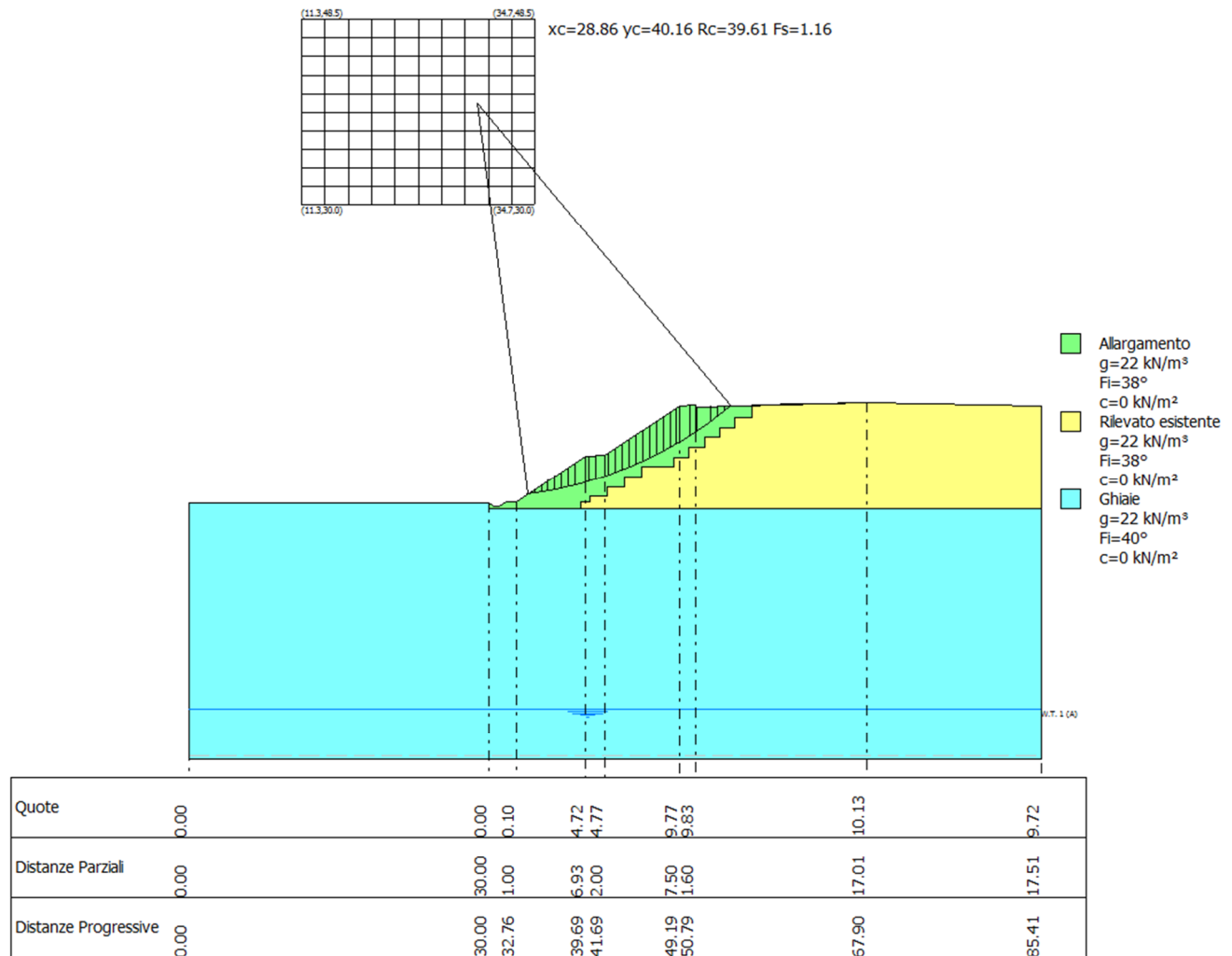


FIG. 8 – SUPERFICIE DI SCORRIMENTO A MINOR COEFFICIENTE DI SICUREZZA

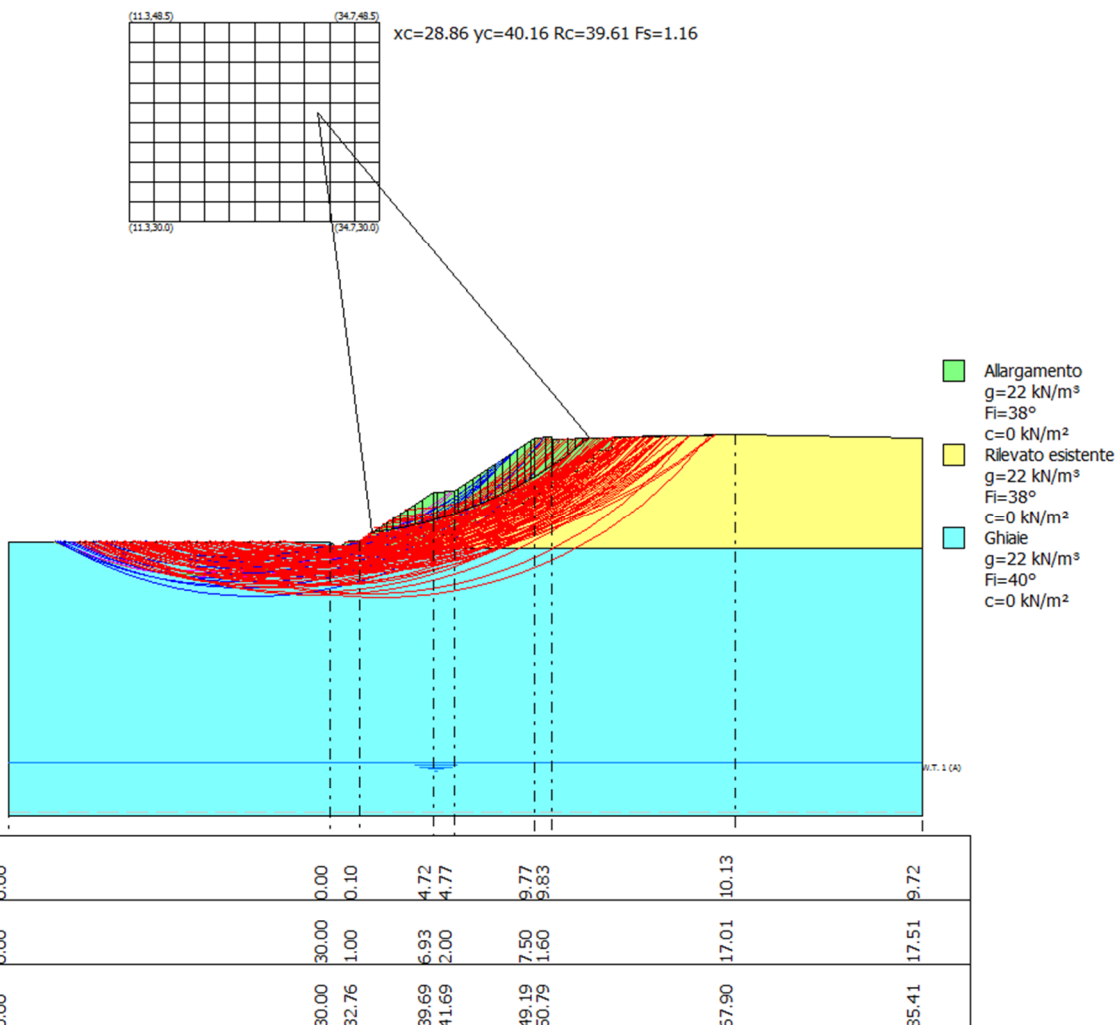


FIG. 9 – RAPPRESENTAZIONE DI TUTTE LE SUPERFICI VERIFICATE

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	45.427089/10.909608
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	46 di 55

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11.33 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	30.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	34.7 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48.47 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.85	2.44	0.26
S.L.D.	201.0	1.09	2.41	0.27
S.L.V.	1898.0	2.55	2.41	0.29
S.L.C.	2475.0	2.81	2.38	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.02	0.18	0.0187	0.0094
S.L.D.	1.308	0.24	0.032	0.016
S.L.V.	2.9308	0.31	0.0927	0.0463
S.L.C.	3.1674	0.31	0.1001	0.0501

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0927
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0463

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	30.0	0.0
3	30.56	-0.37
4	31.06	-0.37
5	31.76	0.1

6	32.76	0.1
7	39.69	4.72
8	41.69	4.77
9	49.19	9.77
10	50.79	9.83
11	50.89	9.69
12	67.9	10.13
13	85.41	9.72

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-20.62
2	40.0	-20.62
3	85.41	-20.62

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	30.0	0.0
3	30.0	0.0
4	30.0	-0.62
5	39.2	-0.62
6	39.2	0.15
7	40.21	0.15
8	40.21	0.62
9	41.91	0.62
10	41.91	1.62
11	43.6	1.62
12	43.6	2.62
13	45.3	2.62
14	45.3	3.62
15	48.6	3.62
16	48.6	4.62
17	50.11	4.62
18	50.11	5.62
19	51.63	5.62
20	51.63	6.62
21	53.15	6.62
22	53.15	7.62
23	54.68	7.62
24	54.68	8.62
25	56.43	8.62
26	56.4	9.84
27	67.9	10.13
28	85.41	9.72

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	30.0	0.0
3	30.0	-0.62

4	39.2	-0.62
5	85.41	-0.62

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	0	0	38	22	23	Allargament o	
2	0	0	38	22	23	Rilevato esistente	
3	0	0	40	22	23	Ghiaie	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.16
Ascissa centro superficie	28.86 m
Ordinata centro superficie	40.16 m
Raggio superficie	39.61 m

xc = 28.857 yc = 40.163 Rc = 39.609 Fs=1.156
 Lambda = 0.601

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.68	7.86	0.68	2.69
2	0.68	8.85	0.69	7.95
3	0.68	9.85	0.69	13.02
4	0.68	10.84	0.69	17.91
5	0.68	11.84	0.69	22.62
6	0.68	12.85	0.7	27.15
7	0.68	13.86	0.7	31.49
8	1.01	15.12	1.05	54.79
9	0.34	16.14	0.36	19.62
10	0.68	16.91	0.71	36.84
11	0.98	18.17	1.03	48.09
12	0.38	19.2	0.4	17.64
13	0.68	20.01	0.72	34.31
14	0.68	21.05	0.73	37.27
15	0.68	22.11	0.73	40.01
16	0.68	23.17	0.74	42.53
17	0.68	24.24	0.74	44.83

18	0.68	25.32	0.75	46.9
19	0.68	26.41	0.76	48.74
20	0.68	27.51	0.76	50.34
21	0.68	28.62	0.77	51.68
22	0.68	29.75	0.78	52.78
23	0.35	30.6	0.4	27.37
24	1.01	31.75	1.19	73.4
25	0.59	33.12	0.71	36.88
26	0.1	33.72	0.12	5.6
27	1.34	34.99	1.64	59.06
28	0.68	36.79	0.85	19.33
29	0.68	38.02	0.86	11.87
30	0.68	39.28	0.88	4.05

Sforzi sui conci


Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.63	1.04	0.0	0.0	2.28	1.23	0.0
2	2.32	3.86	0.63	1.04	6.86	3.71	0.0
3	4.85	8.07	2.32	3.86	11.44	6.19	0.0
4	8.02	13.34	4.85	8.07	15.97	8.64	0.0
5	11.63	19.36	8.02	13.34	20.43	11.05	0.0
6	15.52	25.83	11.63	19.36	24.78	13.4	0.0
7	19.53	32.5	15.52	25.83	28.99	15.68	0.0
8	25.45	42.35	19.53	32.5	50.87	27.51	0.0
9	27.28	45.39	25.45	42.35	18.31	9.9	0.0
10	30.3	50.43	27.28	45.39	34.46	18.63	0.0
11	33.42	55.62	30.3	50.43	45.08	24.37	0.0
12	34.33	57.12	33.42	55.62	16.54	8.94	0.0
13	35.72	59.44	34.33	57.12	32.13	17.37	0.0
14	36.75	61.15	35.72	59.44	34.81	18.82	0.0
15	37.33	62.12	36.75	61.15	37.21	20.12	0.0
16	37.41	62.26	37.33	62.12	39.34	21.27	0.0
17	36.94	61.48	37.41	62.26	41.17	22.26	0.0
18	35.88	59.71	36.94	61.48	42.7	23.09	0.0
19	34.2	56.91	35.88	59.71	43.92	23.75	0.0
20	31.86	53.02	34.2	56.91	44.83	24.24	0.0
21	28.86	48.03	31.86	53.02	45.41	24.56	0.0
22	25.2	41.93	28.86	48.03	45.67	24.7	0.0
23	23.06	38.37	25.2	41.93	23.39	12.65	0.0
24	16.5	27.46	23.06	38.37	61.56	33.29	0.0
25	12.72	21.16	16.5	27.46	30.18	16.32	0.0
26	12.11	20.15	12.72	21.16	4.53	2.45	0.0
27	5.02	8.36	12.11	20.15	46.53	25.16	0.0
28	2.39	3.97	5.02	8.36	14.61	7.9	0.0
29	0.64	1.07	2.39	3.97	8.69	4.7	0.0
30	0.0	0.0	0.64	1.07	2.86	1.55	0.0

Numero di superfici esaminate....(115)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	18.3	30.0	33.1	8.42


PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

2	19.5	30.9	34.2	4.61
3	20.7	30.0	34.1	3.53
4	21.8	30.9	35.2	2.83
5	23.0	30.0	35.1	2.67
6	24.2	30.9	33.3	2.11
7	25.4	30.0	33.2	2.07
8	26.5	30.9	34.1	1.93
9	27.7	30.0	30.7	1.24
10	28.9	30.9	35.0	1.97
11	30.0	30.0	31.3	1.37
12	31.2	30.9	31.9	1.32
13	32.4	30.0	31.9	1.54
14	33.5	30.9	32.5	1.51
15	34.7	30.0	32.5	1.70
16	19.5	32.8	35.5	4.68
17	20.7	31.9	35.3	3.40
18	21.8	32.8	36.5	2.68
19	23.0	31.9	33.4	2.60
20	24.2	32.8	34.2	1.86
21	25.4	31.9	34.1	1.84
22	26.5	32.8	35.0	1.71
23	27.7	31.9	35.0	1.85
24	28.9	32.8	35.8	1.80
25	30.0	31.9	35.8	1.95
26	31.2	32.8	32.5	1.16
27	32.4	31.9	32.4	1.30
28	33.5	32.8	37.7	2.09
29	34.7	31.9	33.1	1.52
30	20.7	33.7	36.6	3.28
31	21.8	34.6	37.8	2.53
32	23.0	33.7	37.6	2.38
33	24.2	34.6	38.7	2.24
34	25.4	33.7	35.1	1.58
35	26.5	34.6	36.0	1.46
36	27.7	33.7	35.9	1.64
37	28.9	34.6	36.7	1.61
38	30.0	33.7	36.7	1.78
39	31.2	34.6	37.6	1.78
40	32.4	33.7	33.0	1.22
41	33.5	34.6	33.8	1.30
42	34.7	33.7	38.9	2.16
43	19.5	36.5	38.2	7.93
44	20.7	35.5	38.0	3.18
45	23.0	35.5	38.9	2.24
46	24.2	36.5	40.0	2.10
47	25.4	35.5	39.9	2.18
48	27.7	35.5	36.8	1.42
49	28.9	36.5	37.7	1.41
50	30.0	35.5	37.6	1.61
51	31.2	36.5	38.5	1.62
52	32.4	35.5	38.5	1.79
53	33.5	36.5	35.1	1.31
54	34.7	35.5	35.3	1.41
55	20.7	37.4	39.3	3.12

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	51 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <i>Tratto Regione Veneto</i>	<i>Progetto definitivo</i>

56	21.8	38.3	40.4	2.20
57	23.0	37.4	40.2	2.10
58	25.4	37.4	41.1	2.07
59	26.5	38.3	42.3	2.05
60	27.7	37.4	42.2	2.15
61	28.9	38.3	43.3	2.17
62	30.0	37.4	38.5	1.43
63	31.2	38.3	39.6	1.51
64	32.4	37.4	39.8	1.72
65	33.5	38.3	36.4	1.31
66	34.7	37.4	36.6	1.42
67	20.7	39.2	40.7	7.94
68	21.8	40.2	41.7	2.01
69	24.2	40.2	42.6	1.85
70	25.4	39.2	42.4	1.95
71	26.5	40.2	43.5	1.95
72	28.9	40.2	39.6	1.16
73	31.2	40.2	41.0	1.44
74	32.4	39.2	41.1	1.65
75	33.5	40.2	42.6	1.79
76	34.7	39.2	37.9	1.43
77	23.0	41.1	42.8	1.79
78	25.4	41.1	43.7	1.83
79	26.5	42.0	44.8	1.84
80	28.9	42.0	46.0	2.02
81	30.0	41.1	41.0	1.25
82	31.2	42.0	42.4	1.37
83	32.4	41.1	42.5	1.59
84	33.5	42.0	43.9	1.73
85	34.7	41.1	39.2	1.43
86	23.0	42.9	44.2	1.61
87	24.2	43.9	45.3	1.57
88	25.4	42.9	45.0	1.72
89	26.5	43.9	46.1	1.74
90	30.0	42.9	42.4	1.26
91	31.2	43.9	43.8	1.36
92	32.4	42.9	43.9	1.53
93	33.5	43.9	45.3	1.68
94	34.7	42.9	40.5	1.44
95	25.4	44.8	46.4	1.59
96	27.7	44.8	47.5	1.84
97	30.0	44.8	43.8	1.27
98	31.2	45.7	45.2	1.37
99	32.4	44.8	45.3	1.48
100	33.5	45.7	46.7	1.63
101	34.7	44.8	41.8	1.45
102	25.4	46.6	47.8	1.50
103	26.5	47.6	49.2	1.62
104	27.7	46.6	49.1	1.79
105	28.9	47.6	50.5	1.89
106	30.0	46.6	45.3	1.29
107	31.2	47.6	46.7	1.38
108	32.4	46.6	46.7	1.47
109	33.5	47.6	48.1	1.58

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	52 di 55

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	<i>Progetto definitivo</i>

110	34.7	46.6	48.2	1.77
111	25.4	48.5	49.4	1.43
112	27.7	48.5	50.6	1.74
113	30.0	48.5	46.7	1.30
114	32.4	48.5	48.1	1.48
115	34.7	48.5	49.6	1.73

=====

7.2 Valutazione delle bonifiche dei terreni di fondazione

Lo spessore della bonifica dei terreni di fondazione è stato valutato sulla base dei dati disponibili per il tratto in cui l'ampliamento del rilevato autostradale avviene per allargamento laterale interessando, quindi, terreni non precedentemente bonificati. L'allargamento nella porzione centrale interessa, infatti, un rilevato già esistente.

L'ampliamento in questione interessa il tratto dalla progressiva 223+100 alla progressiva 230+217. Tutto questo tratto è caratterizzato, sotto la copertura vegetale, peraltro di spessore sempre modesto (20-30 cm), da depositi ghiaiosi molto addensati, i cui moduli di deformazione garantiscono il raggiungimento delle prestazioni richieste per il terreno di fondazione.

La bonifica, quindi, dovrà prevedere la scarifica del terreno vegetale e l'asportazione del primo strato di terreno, potenzialmente alterato dagli acidi umici del suolo, per uno spessore complessivo di 50 cm.

7.3 Valutazione dei cedimenti indotti dai rilevati

Anche in questo caso il cedimento indotto dalla realizzazione dei rilevati è stato valutato solo per i tratti in cui l'ampliamento avviene per allargamento laterale.

Il cedimento dei rilevati poggianti su terreni granulari, quali quelli in questione, può essere determinato ricorrendo alla teoria dell'elasticità ed alla seguente espressione:

$$s_t = \sum_1^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu'(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_i'}$$

essendo:

s_t = cedimento immediato e di consolidazione primaria;


$\Delta\sigma_z$, $\Delta\sigma_x$, $\Delta\sigma_y$ = tensioni indotte dal carico;

h_i = altezza dello strato i-esimo;

n = numero di strati in cui è suddivisa lo strato compressibile (H_c);

E_i' = modulo di Young in condizioni drenate dello strato i-esimo;

ν' = coefficiente di Poisson = 0.35.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	53 di 55

Per il calcolo dei cedimenti è stato utilizzato il modulo "RILEVATI" del Programma LOADCAP della Geostru. I parametri geotecnici utilizzati sono quelli illustrati nel Cap. 6. Il cedimento è stato calcolato per 5 punti "notevoli", che consentono una dettagliata descrizione dello sviluppo dei cedimenti.

Il sovraccarico indotto dall'ampliamento è stato schematizzato, a favore di sicurezza, come ripartito in piano, come illustrato in Fig. 10.

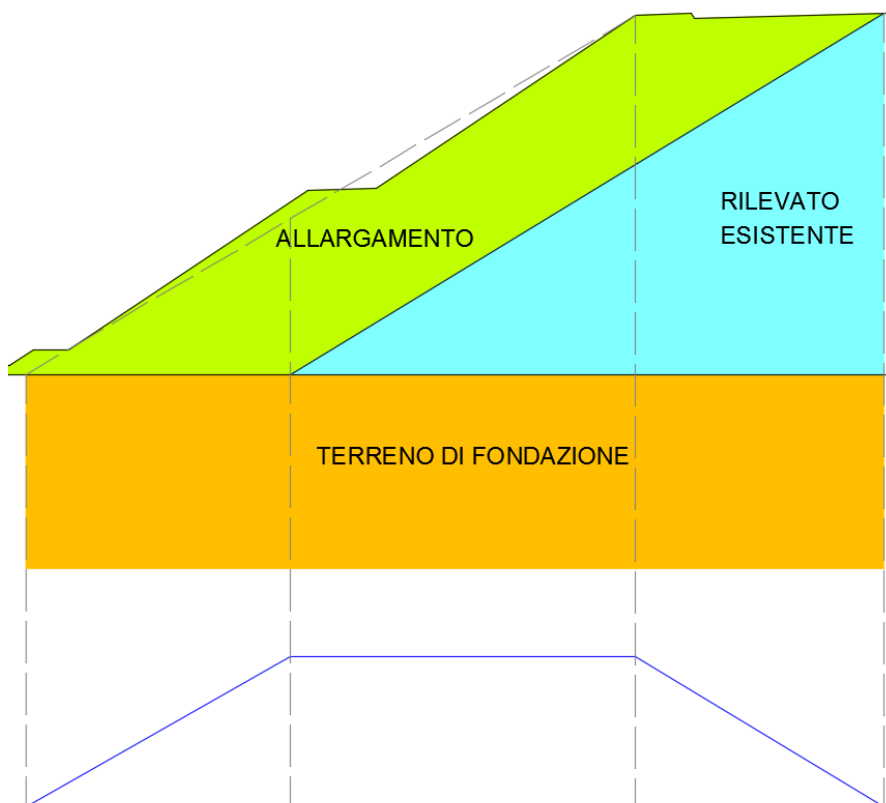



FIG. 10 – SCHEMA DI RIPARTIZIONE IN PIANO DEL CARICO INDOTTO DALL'ALLARGAMENTO

7.3.1 Risultati della verifica

Riferimento zona	SEZ 225+625
Carico statico sul rilevato	0 t/m ²
Carico dinamico sul rilevato	0 t/m ²
1/2 Larghezza rettangolo	5 m
Larghezza base triangolo	7.5 m
Imposta piano di posa sbancamento	.5 m
Peso unità volume sbancamento	2 t/m ³
Incremento netto al piano di posa	6.3 t/m ²
Distanza asse - IV punto a scelta	15 m
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO	18 m
Altezza rilevato	4.51 m
Peso unità volume rilevato	2 t/m ³

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GT.1 - Relazione geotecnica	Aprile 2017	0	54 di 55

Peso unità volume fondazione rilevato

1.9 t/m³

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato m	Modulo elastico Kg/cm ²	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	3	509	0.371	0.368	0.029	0.006
2	3	509	0.338	0.304	0.064	0.025
3	3	509	0.264	0.243	0.079	0.041
4	3	509	0.216	0.198	0.082	0.05
5	3	509	0.182	0.165	0.08	0.054
6	3	509	0.156	0.141	0.076	0.055

Cedimenti totali

Asse	1.527 cm
Bordo	1.419 cm
Piede	0.41 cm
IV Punto	0.231 cm

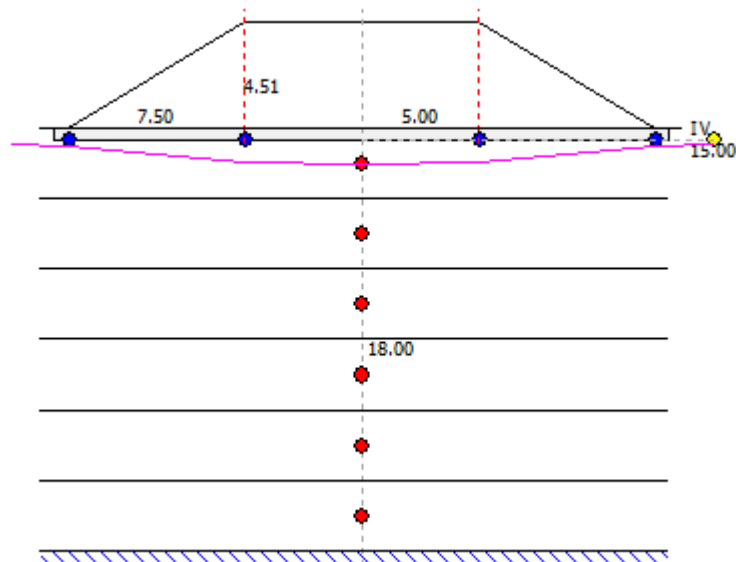


FIG. 11 – SCHEMA DI RIPARTIZIONE IN PIANO DEL CARICO INDOTTO DALL'ALLARGAMENTO

Come si può constatare il cedimento totale, nella zona di massimo carico, è di circa 1.5 cm, perfettamente tollerabile per la situazione studiata, considerato anche che lo sviluppo dei cedimenti nei terreni granulari è pressoché immediato.