

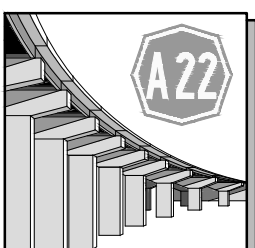

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

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
2.3.25	STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI Regione Emilia Romagna Relazione geotecnica

1	SETT. 2023	RICHIESTE INTEGRAZIONI M.A.S.E.	ENGE0 s.r.l.	G. BERRERA	C. COSTA
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.....	3
1.1	Inquadramento geografico.....	3
1.2	Normativa di riferimento.....	4
1.3	Elaborati grafici prodotti.....	5
1.4	Report verifiche geotecniche.....	5
2	Indagini geologiche e geotecniche in situ.....	7
2.1	Indagini geognostiche pregresse.....	7
2.1.1	Sondaggi a carotaggio continuo.....	7
2.1.2	Trincee o pozzetti esplorativi.....	9
2.1.3	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica.....	10
2.1.4	Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono.....	12
2.2	Indagini integrative.....	13
3	Analisi di laboratorio.....	15
4	Modello geologico.....	47
5	Elaborazione dei risultati delle indagini in situ.....	48
5.1	Depositi coesivi.....	48
5.1.1	Coesione in condizioni non drenate.....	48
5.1.2	Coesione in condizioni drenate.....	48
5.1.3	Angolo di resistenza al taglio.....	48
5.1.4	Modulo edometrico.....	49
5.2	Depositi granulari.....	49
5.2.1	Angolo di resistenza al taglio.....	49
5.2.2	Modulo elastico.....	49
6	Modello geotecnico.....	51
6.1	Orizzonte A.....	53
6.2	Orizzonte B.....	54
6.3	Orizzonte C.....	54
6.4	Orizzonte D.....	55
6.5	Orizzonte E.....	55
6.6	Modelli geotecnici di dettaglio per i tratti interessati dalle barriere antirumore.....	56
6.6.1	Tratto Km 285+300-285+500.....	57
6.6.2	Tratto Km 286+200-287+700.....	58
6.6.3	Tratto Km 287+850-288+800.....	59
6.6.4	Tratto Km 288+800-290+100.....	60
6.6.5	Tratto Km 290+500-291+500.....	61
6.6.6	Tratto Km 293+850-296+100.....	62
6.6.7	Tratto Km 296+550-298+000.....	63
6.6.8	Tratto Km 298+000-299+500.....	63
6.6.9	Tratto Km 299+600-301+300.....	64
6.6.10	Tratto Km 304+600-306+200.....	65
6.6.11	Tratto Km 307+700-309+800.....	66
6.6.12	Tratto Km 310+250-311+600.....	67
6.6.13	Tratto Km 311+600-312+300.....	68
7	Verifiche geotecniche.....	70
7.1	Valutazione della stabilità dei rilevati.....	70
7.1.1	Approccio normativo di verifica.....	70
7.1.2	Analisi statica e pseudostatica.....	70

7.1.3	Sovraccarico (carico mobile da traffico).....	72
7.1.4	Sezioni verificate.....	72
7.1.5	Risultati della verifica.....	74
7.2	Valutazione delle bonifiche dei terreni di fondazione.....	124
7.2.1	Metodo di Burmister per la definizione dello spessore di bonifica.....	124
7.2.2	Calcolo degli spessori di bonifica.....	125
7.3	Valutazione dei cedimenti indotti dai rilevati.....	127
7.3.1	Risultati delle verifiche dei cedimenti.....	129
7.4	Valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione.....	132
7.4.1	Determinazione teorica dell'andamento dei cedimenti nel tempo.....	132
7.4.2	Sezioni verificate e risultati.....	132

1 PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio geotecnico effettuato a supporto della progettazione definitiva 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 Emilia Romagna.

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel paragrafo 1.2, e, in particolare del D.M. 17/01/2018, 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 ER-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;
 - valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione a seguito della realizzazione dei rilevati ed eventuale verifica di sistemi di accelerazione dei cedimenti residui (dreni verticali).

1.1 Inquadramento geografico

Il tratto emiliano dell'autostrada A22 "del Brennero", ha una lunghezza di una trentina di chilometri, collegando all'incirca la chilometrica 284 con l'intersezione con l'autostrada A1, nei pressi del km 314.

Come rappresentato nell'immagine aerea di Fig. 1, nella porzione settentrionale ricade in provincia di Reggio Emilia, interessando i comuni di Reggiolo e Rolo; mentre, più a sud attraversa i comuni di Carpi e Campogalliano, in provincia di Modena.

In questo tratto, l'infrastruttura attraversa una porzione di pianura padana in cui gli unici elementi geografici significativi sono due corsi d'acqua artificiali: il cavo Lama e il canale della Bonifica Parmigiana Moglia.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	3 di 143

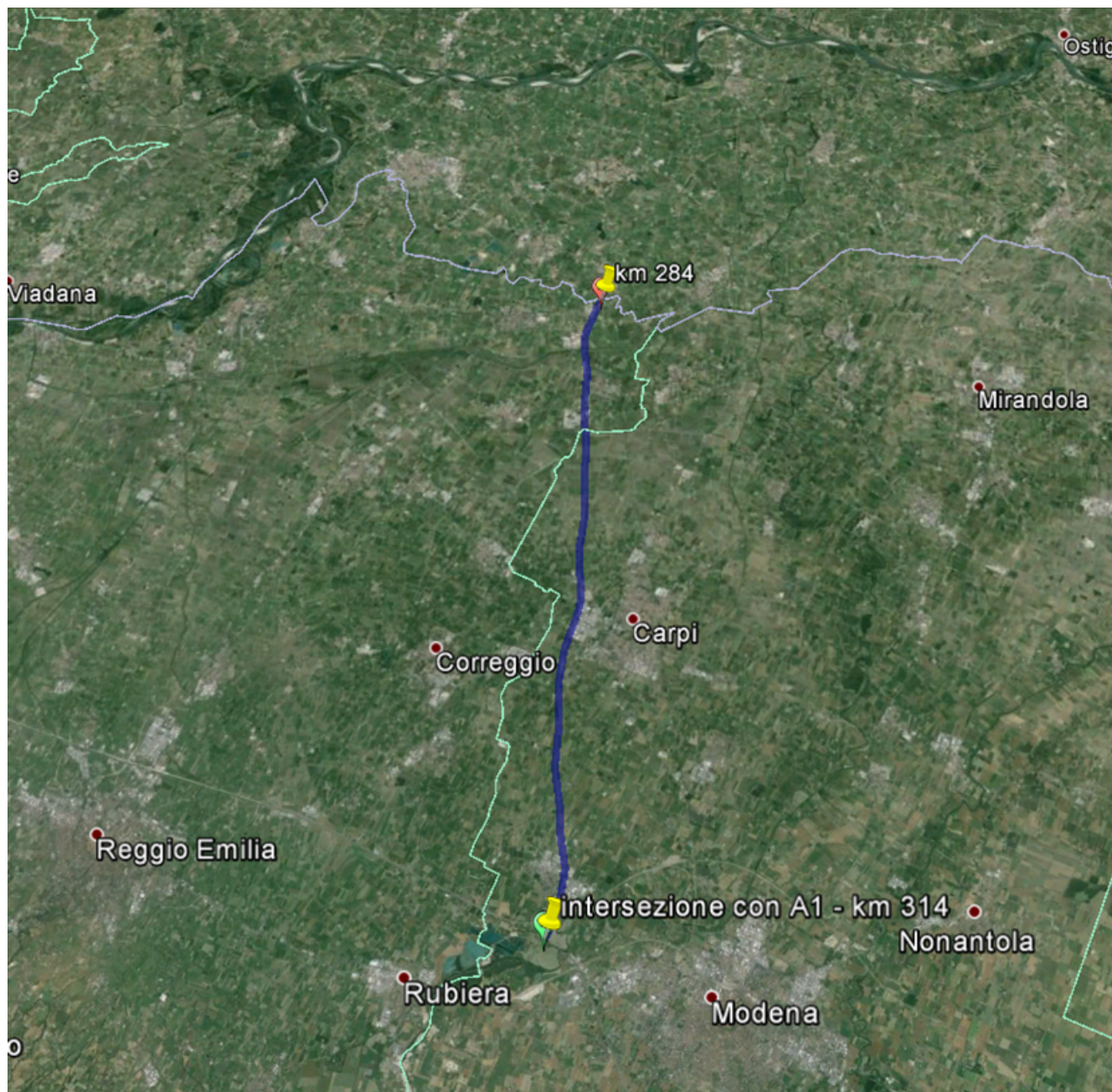


FIG. 1 – IMMAGINE AEREA DEL TRATTO DI AUTOSTRADA EMILIANO OGGETTO D'INTERVENTO
 (DA GOOGLE EARTH)

1.2 Normativa di riferimento

- Circolare 21-1-2019 n° 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/1/2018.
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	4 di 143

- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni – Allegato A;
- 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;
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (UNI-EN 1998-5:2005);
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole Generali – UNI-EN 1997-1:2013;
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo UNI EN 1997-2:2007;
- 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";
- L.R. n. 19 del 30/10/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- D.G.R 23 luglio 2018 n.1164 “Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna”;
- Ordinanza P.C.M n° 24 del 12 maggio 2017 del Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016 – Allegato 1 -Criteri generali per l'utilizzo dei risultati degli studi di Microzonazione Sismica di livello 3 per la ricostruzione nei territori colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016;
- Ordinanza P.C.M n° 55 del 24 aprile 2018 del Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016.

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
ER-GT.2.1	Modello geotecnico (Tav. 1/4)	D=1:5.000, H=1:500
ER-GT.2.2	Modello geotecnico (Tav. 2/4)	D=1:5.000, H=1:500
ER-GT.2.3	Modello geotecnico (Tav. 3/4)	D=1:5.000, H=1:500
ER-GT.2.4	Modello geotecnico (Tav. 4/4)	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
ER-GE.5.1	Report indagini geognostiche - Stratigrafie sondaggi

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	5 di 143

Codice	Titolo
ER-GE.5.2	Report indagini geognostiche - Prove penetrometriche
ER-GE.5.3.1	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 1/7
ER-GE.5.3.2	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 2/7
ER-GE.5.3.3	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 3/7
ER-GE.5.3.4	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 4/7
ER-GE.5.3.5	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 5/7
ER-GE.5.3.6	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 6/7
ER-GE.5.3.7	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 7/7
ER-GE.5.4	Report indagini geognostiche - Sismica
ER-GE.5.5	Report indagini geognostiche - Sondaggi con escavatore

TAB. 2– ALLEGATI CON REPORT DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Va chiarito che nell'elaborato ER-GE.5.4 sono riportati i risultati delle indagini sismiche la cui ubicazione è raffigurata nella Carta geolitologica con ubicazione indagini (cfr. elaborati ER-GE.2.1, ER-GE.2.2, ER-GE.2.3 e ER-GE.2.4), ma che questi dati non saranno analizzati nella presente relazione. Per la trattazione di tale argomento si rimanda alla Relazione sismica.

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 Emilia-Romagna	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 45 sondaggi a carotaggio continuo: 34 in provincia di Modena e 11 in provincia di Reggio Emilia.

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
RE	RE-SC1-PZ	20,0	285+456	25,00		X	4975173,72	645757,47
RE	RE-SC2-DH	20,3	285+852	45,00	X		4974711,15	645914,10
RE	RE-SC3-PZ	19,73	287+000	25,00		X	4973550,30	645987,44
RE	RE-SC4-PZ	20,8	288+410	-33,60		X	4972164,72	646126,32
RE	RE-SC5-DH	20,8	290+732	45,00	X		4969849,76	646206,14
RE	RE-SC6-DH	18,5	290+783	45,00	X		4969795,91	646187,93
RE	RE-SC7	18,8	285+450	27,70			4975104,83	646052,44
RE	RE-SC8	19,0	286+700	21,30			4973873,00	645933,10
RE	RE-SC9	19,0	288+240	20,60			4972353,19	646125,92


 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	7 di 143

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 Emilia-Romagna	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
RE	RE-SC10	19,6	288+560	32,30			4972029,37	646124,48
RE	RE-SC11	20,0	290+720	25,40			4969878,23	646201,61
MO	MO-SC1-PZ	20,5	290+827	45,00		X	4969755,54	646218,08
MO	MO-SC2-PZ	20,2	291+993	-45,00		X	4968603,06	646349,19
MO	MO-SC3-DH	20,2	292+025	45,00	X		4968558,78	646259,96
MO	MO-SC4-PZ	20,8	294+039	60,00		X	4966552,43	646444,69
MO	MO-SC5-DH	21,0	294+068	60,00	X		4966518,28	646379,97
MO	MO-SC6-PZ	22,2	295+000	25,00		X	4965575,64	646455,01
MO	MO-SC7-PZ	23,7	296+626	60,00		X	4963968,87	646370,94
MO	MO-SC8-DH	23,0	296+658	60,00	X		4963937,98	646304,81
MO	MO-SC9-DH	29,0	300+893	60,00	X		4959757,60	646132,11
MO	MO-SC10-PZ	29,0	300+890	60,00		X	4959775,17	646079,29
MO	MO-SC11-DH	29,7	302+141	45,00	X		4958529,98	645923,99
MO	MO-SC12-PZ	29,7	302+177	45,00		X	4958488,72	645986,80
MO	MO-SC13-PZ	31,0	304+403	60,00		X	4956270,41	646006,19
MO	MO-SC14-DH	31,1	304+464	60,00	X		4956210,63	646087,00
MO	MO-SC15-PZ	33,1	305+200	25,00		X	4955474,25	646028,59
MO	MO-SC16-DH	36,0	308+503	55,00	X		4952202,43	646402,29
MO	MO-SC17-PZ	36,0	308+514	55,00		X	4952186,35	646348,94
MO	MO-SC18	36,3	309+019	25,00			4951671,77	646348,92
MO	MO-SC19	36,3	309+044	22,00			4951652,15	646379,12
MO	MO-SC20	36,3	309+102	15,00			4951590,46	646372,44
MO	MO-SC21	41,1	312+030	35,00			4948699,30	646492,09
MO	MO-SC22-DH	42,0	312+611	30,00	X		4948166,89	646291,84
MO	MO-SC23	20,0	294+150	27,70			4966457,06	646420,97
MO	MO-SC24	23,0	296+540	22,30			4964075,44	646340,62
MO	MO-SC25	26,0	297+940	28,30			4962678,81	646457,89
MO	MO-SC26	28,5	299+700	22,30			4960938,13	646412,95
MO	MO-SC27	33,8	307+080	40,30			4953625,90	646172,72
MO	MO-SC28	36,5	309+470	23,70			4951259,57	646521,37
MO	MO-SC29-PZ	35,5	307+333	55,00		X	4953349,53	646167,05
MO	MO-SC30-DH	35,1	307+347	55,00	X		4953350,83	646255,51
MO	MO-SC31-DH	40,2	310+467	55,00	X		4950259,70	646682,36
MO	MO-SC32-PZ	40,2	310+505	55,00		X	4950226,40	646617,66
MO	MO-SC33-PZ	40,4	311+205	50,00		X	4949523,85	646609,23
MO	MO-SC34-DH	40,9	311+207	50,00	X		4949529,62	646535,69

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

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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	8 di 143

Per le analisi dei campioni prelevati si rimanda, invece, agli elaborati ER-GE.5.3.1, ER-GE.5.3.2, ER-GE.5.3.3, ER-GE.5.3.4, ER-GE.5.3.5, ER-GE.5.3.6 e ER-GE.5.3.7 sempre dello studio geologico.

2.1.2 Trincee o pozzetti esplorativi

Per l'approfondimento delle conoscenze 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 58 indagini: 44 in provincia di Modena e 14 in provincia di Reggio Emilia.

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
RE	RE-T1	284+200	2,3	4976293,44	646431,55
RE	RE-T2	284+700	2,5	4975820,94	646276,89
RE	RE-T3	285+200	2,5	4975340,22	646137,51
RE	RE-T4	285+700	2,5	4974860,37	646000,96
RE	RE-T5	286+200	2,3	4974372,44	645927,56
RE	RE-T6	286+650	2,3	4973927,06	645945,38
RE	RE-T7	287+200	2,3	4973385,79	646033,49
RE	RE-T8	287+700	2,4	4972891,61	646114,78
RE	RE-T9	288+150	2,6	4972440,69	646148,82
RE	RE-T10	288+700	2,6	4971890,79	646139,72
RE	RE-T11	289+200	2,4	4971391,35	646131,87
RE	RE-T12	289+700	2,8	4970891,44	646124,09
RE	RE-T13	290+230	2,5	4970365,07	646161,31
RE	RE-T14	290+600	3,4	4969997,98	646205,48
MO	MO-T1	291+200	2,3	4969402,72	646279,51
MO	MO-T2	291+700	2,3	4968902,59	646308,15
MO	MO-T3	292+200	2,3	4968402,91	646330,88
MO	MO-T4	292+700	2,3	4967903,78	646355,77
MO	MO-T5	293+200	2,2	4967404,97	646382,73
MO	MO-T6	293+720	2,3	4966886,02	646412,93
MO	MO-T7	294+200	2,3	4966406,61	646441,19
MO	MO-T8	294+700	2,4	4965907,68	646468,23
MO	MO-T9	295+200	2,2	4965406,85	646466,42
MO	MO-T10	295+600	2,4	4965007,48	646435,31

provincia	codice	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
MO	MO-T11	296+200	2,4	4964409,68	646381,58
MO	MO-T12	296+700	2,5	4963912,55	646352,52
MO	MO-T13	297+200	2,1	4963415,58	646393,67
MO	MO-T14	297+700	2,3	4962918,13	646450,25
MO	MO-T15	298+200	2,4	4962421,55	646504,20
MO	MO-T16	298+700	2,3	4961923,34	646550,92
MO	MO-T17	299+200	2,0	4961422,33	646531,50
MO	MO-T18	299+700	2,3	4960931,64	646427,85
MO	MO-T19	300+200	2,4	4960447,64	646303,11
MO	MO-T20	300+700	2,4	4959963,32	646178,73
MO	MO-T21	301+200	2,3	4959479,58	646061,47
MO	MO-T22	301+700	2,0	4958983,20	646006,78
MO	MO-T23	302+200	2,4	4958485,74	645961,55
MO	MO-T24	302+700	2,4	4957986,57	645936,03
MO	MO-T25	303+200	2,5	4957488,57	645971,23
MO	MO-T26	303+700	2,3	4956990,70	646014,28
MO	MO-T27	304+200	2,3	4956491,33	646049,58
MO	MO-T28	304+700	2,4	4955990,92	646056,39
MO	MO-T29	305+200	2,5	4955490,91	646046,13
MO	MO-T30	305+700	2,3	4954990,74	646035,95
MO	MO-T31	306+200	2,3	4954492,02	646042,02
MO	MO-T32	306+700	2,4	4953999,52	646119,40
MO	MO-T33	307+200	2,0	4953508,29	646213,98
MO	MO-T34	307+700	2,3	4953016,02	646303,33
MO	MO-T35	308+200	2,4	4952517,92	646358,33
MO	MO-T36	308+700	2,4	4952020,13	646405,49
MO	MO-T37	309+200	2,2	4951528,74	646481,87
MO	MO-T38	309+700	2,0	4951038,75	646582,45
MO	MO-T39	310+200	2,3	4950544,89	646668,88
MO	MO-T40	310+700	2,3	4950041,98	646663,91
MO	MO-T41	311+200	2,4	4949544,82	646600,44
MO	MO-T42	311+700	2,2	4949047,89	646540,82
MO	MO-T43	312+200	2,2	4948565,54	646408,02
MO	MO-T44	312+700	2,0	4948088,66	646243,71

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 ER-GE.5.5 dello studio geologico.

2.1.3 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica

Le prove penetrometriche statiche, o CPT (*Cone Penetration Test*), sono delle indagini, eseguite in situ, per poter determinare la stratificazione e le proprietà meccaniche del terreno.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	10 di 143

Sviluppate negli anni cinquanta in Olanda, sono oggi, in Italia, uno dei più usati ed accettati test di campagna. Sono indicate per tutte le tipologie di terreni, a parte in presenza di orizzonti ghiaiosi o di sabbie molto addensate, che non si riescono ad attraversare.

Uno dei principali vantaggi delle prove penetrometriche è la possibilità di ottenere dei dati in continuo. Esse, infatti, consistono nell'infissione all'interno del terreno, a velocità standardizzata costante, pari a 2 cm/s ± 0.5 cm/s, di una punta.

Per separare la resistenza alla punta da quella dovuta all'attrito lungo la batteria di aste, si agisce su una serie di aste interne ed indipendenti da quelle principali: esse agiscono direttamente solo sulla punta che può, così, penetrare di qualche centimetro prima di trascinare anche le aste esterne.

Abitualmente si fa uso della punta meccanica "di *Begemann*" (dal nome dell'ingegnere che l'ha progettata e realizzata), dotata di un manicotto cilindrico, posto sopra la punta stessa.

Anche le dimensioni della punta e del manicotto sono standardizzate, come di seguito elencato:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\beta = 60^\circ$

Spingendo sulle aste interne si fa penetrare dapprima la punta e si effettua la prima lettura; dopo circa 40 mm di penetrazione, viene agganciato anche il manicotto cilindrico e si misura pertanto la resistenza alla punta più quella dovuta all'attrito sul manicotto (seconda lettura). Per differenza si può ottenere, pertanto, anche il valore dell'attrito laterale (adesione terreno-acciaio). Infine spingendo sulle aste esterne, si ricompatta dapprima la punta precedentemente estesa (senza nessuna misura) e, insistendo, si può misurare lo sforzo totale necessario per far avanzare la punta, il manicotto e la batteria di aste esterne.

Nel tratto in esame sono state realizzate 11 prove CPT: 7 in provincia di Modena e 4 in provincia di Reggio Emilia.

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
-----------	--------------	-----------	------------------	----------------	--------------------------------	---------------------------------

provincia	codice PROVA	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
RE	RE-CPT1	18,9	284+457	7,80	4976038,31	646354,30
RE	RE-CPT2	20,3	285+464	25,00	4975159,89	645772,05
RE	RE-CPT3	20,0	285+510	25,00	4975117,88	645751,53
RE	RE-CPT4	20,1	288+828	9,80	4971748,71	646075,45
MO	MO-CPT1	20,0	291+945	7,80	4968638,97	646262,64
MO	MO-CPT2	21,0	295+224	8,80	4965363,85	646483,68
MO	MO-CPT3	26,5	298+035	9,80	4962563,59	646437,94
MO	MO-CPT4	28,6	301+258	8,80	4959402,90	646058,53
MO	MO-CPT5	31,3	304+227	9,80	4956449,60	646057,41
MO	MO-CPT6	32,5	305+850	8,80	4954825,48	645985,66
MO	MO-CPT7	35,5	307+372	9,80	4953316,82	646207,09

TAB. 5– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPT PREGRESSE

I report con i risultati delle prove CPT sono riportati nell'elaborato ER-GE.5.2 dello studio geologico.

2.1.4 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 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 23 prove CPTU: 22 in provincia di Modena e 1 in provincia di Reggio Emilia.

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

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	12 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

- 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
RE	RE-CPTU1	19,7	287+000	1,71	4973540,00	645989,05
MO	MO-CPTU1	20,0	291+985	32,00	4968598,29	646367,45
MO	MO-CPTU2	20,2	292+032	29,00	4968552,28	646272,38
MO	MO-CPTU3	20,8	294+039	30,00	4966554,06	646468,51
MO	MO-CPTU4	21,0	294+068	30,00	4966516,00	646341,99
MO	MO-CPTU5	22,2	295+000	25,00	4965561,26	646455,01
MO	MO-CPTU6	23,7	296+626	35,00	4963968,56	646394,73
MO	MO-CPTU7	23,0	296+658	40,50	4963938,04	646278,54
MO	MO-CPTU8	29,0	300+890	41,50	4959778,07	646059,99
MO	MO-CPTU9	29,0	300+893	43,00	4959752,08	646153,35
MO	MO-CPTU10	31,0	304+420	45,00	4956253,57	646006,47
MO	MO-CPTU11	31,1	304+464	41,60	4956210,33	646067,01
MO	MO-CPTU12	33,1	305+200	1,43	4955462,25	646028,58
MO	MO-CPTU13	36,0	308+484	45,00	4952216,01	646345,71
MO	MO-CPTU14	36,0	308+503	43,50	4952204,83	646424,23
MO	MO-CPTU15	35,5	307+339	27,96	4953342,31	646163,58
MO	MO-CPTU16	35,1	307+340	29,94	4953358,59	646257,04
MO	MO-CPTU17	26,0	298+935	30,00	4961669,45	646557,85
MO	MO-CPTU18	28,8	299+500	35,00	4961154,47	646450,92
MO	MO-CPTU19	40,2	310+455	43,88	4950271,74	646682,86
MO	MO-CPTU20	40,2	310+517	43,30	4950214,68	646619,41
MO	MO-CPTU21	40,4	311+193	32,86	4949535,90	646609,74
MO	MO-CPTU22	40,9	311+195	39,22	4949541,67	646536,19


TAB. 6– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPTU PREGRESSE

Analogamente a quanto fatto per le prove CPT, i report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza, rilevati nel corso delle prove CPTU, sono riportati nell'elaborato ER-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.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	13 di 143

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 Emilia-Romagna	<i>Progetto definitivo</i>

Come indicato in Tab. 7, nel tratto emiliano sono state realizzate 6 prove CPTU: 2 in provincia di Modena e 4 in provincia di Reggio Emilia. 2 di esse non hanno raggiunto la profondità prevista, pari a 30 m, riuscendo comunque a indagare un discreto spessore di sottosuolo: rispettivamente, 10,94 e 25,00 m.

In 3 casi, per l'attraversamento dell'orizzonte più superficiale, è stato 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
RE	RE-CPTU2	si	19,16	287+223	ott-15	- 30,00 m	4973341,84	646003,51
RE	RE-CPTU3	si	21,80	289+234	ott-15	- 25,00 m	4971342,04	646130,13
RE	RE-CPTU4	si	21,00	290+352	ott-15	- 30,00 m	4970224,38	646137,18
RE	RE-CPTU5		19,40	288+407	dic-15	- 30,00 m	4972168,54	646092,99
MO	MO-CPTU23		41,00	311+729	dic-15	- 30,00 m	4949010,37	646494,24
MO	MO-CPTU24		41,80	312+612	dic-15	- 10,94 m	4948183,21	646212,73

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 ER-GE.5.2 dello studio geologico.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	14 di 143

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 ER-GE.5.3.1, ER-GE.5.3.2, ER-GE.5.3.3, ER-GE.5.3.4, ER-GE.5.3.5, ER-GE.5.3.6 e ER-GE.5.3.7 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 triassiali
- in Tab. 11 i risultati delle prove a compressione assiale semplice non confinata (espansione libera laterale) e di taglio diretto
- in Tab. 12 i risultati delle prove edometriche (Modulo Edometrico)
- in Tab. 13 i risultati delle prove edometriche (Coefficiente di Consolidazione)
- in Tab. 14 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)
RE-SC1-PZ	SH1	4.50-5.00	Limo con argilla con sabbia	70.8%	32.5%	38.3%				
RE-SC1-PZ	SH3	8.00-8.50	Limo con sabbia argillosa	37.6%	25.7%	11.9%				
RE-SC2-DH	SH1	4.50-5.00	Limo con argilla debolmente sabbioso					19.02	15.19	25.87
RE-SC3-PZ	SH1 (A)	3.50-3.90	Argilla debolmente limosa					19.36		
RE-SC3-PZ	SH2 (B)	6.00-6.60	Argilla con lenti di torba	72.0%	24.9%	47.1%		16.12		
RE-SC3-PZ	SH3 (C)	9.30-9.90	Argilla limosa	43.1%	18.1%	25.0%		17.28		
RE-SC3-PZ	SH4 (D)	12.30-12.90	Argilla	83.2%	25.1%	28.1%		18.53		
RE-SC4-PZ	SH1	9.00-9.50	Limo con argilla	55.7%	29.6%	26.2%		18.62	14.31	
RE-SC5-DH	SH1	3.00-3.60	Argilla limosa con resti vegetali	70.0%	38.6%	31.4%		19.01		26.46
RE-SC5-DH	SH2	6.00-6.60	Argilla limosa	70.5%	39.2%	31.3%		17.93		26.56
RE-SC5-DH	SH3	9.00-9.60	Argilla limosa	30.6%	22.3%	8.3%		16.95		26.36

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)
RE-SC5-DH	SPT1	12.00	Sabbia limosa debolmente argillosa	NP	NP	NP				
RE-SC5-DH	SPT2	15.00	Sabbia con limo	NP	NP	NP				
RE-SC5-DH	SPT5	24.00	Argilla	69.8%	44.4%	25.4%				
RE-SC5-DH	SPT7	30.00	Sabbia	NP	NP	NP				
RE-SC5-DH	SPT9	36.00	Limo argilloso	69.6%	44.4%	25.2%				
RE-SC6-DH	SPT1	3.00	Sabbia limosa	NP	NP	NP				
RE-SC6-DH	SPT3	12.00	Limo con sabbia argillosa	NP	NP	NP				
RE-SC6-DH	SPT4	15.00	Sabbia con limo	NP	NP	NP				
RE-SC6-DH	SPT8	27.00	Limo	69.2%	41.1%	28.0%				
MO-SC1-PZ	SH1	3.00-3.60	Argilla con limo sabbiosa con resti vegetali	69.5%	40.7%	28.7%		19.01	26.56	
MO-SC1-PZ	SH2	6.00-6.60	Argilla limosa debolmente sabbiosa con resti vegetali	71.2%	40.5%	30.8%		18.23	26.46	
MO-SC1-PZ	SH3	9.00-9.60	Argilla con limo sabbiosa	30.6%	21.8%	8.8%		20.68	26.26	
MO-SC1-PZ	SPT1	12.00	Sabbia limosa	NP	NP	NP				
MO-SC1-PZ	SPT2	15.00	Sabbia limosa	NP	NP	NP				
MO-SC1-PZ	SPT3	18.00	Sabbia limosa argillosa	30.6%	21.9%	8.8%				
MO-SC1-PZ	SPT5	24.00	Limo argilloso	69.3%	40.3%	29.1%				
MO-SC1-PZ	SPT6	27.00	Limo argilloso	67.3%	40.6%	26.7%				
MO-SC1-PZ	SPT8	33.00	Argilla	71.0%	35.1%	35.9%				
MO-SC1-PZ	SPT11	42.00	Argilla	71.3%	34.9%	36.4%				
MO-SC2-PZ	SH1	10.00-10.60	Limo argilloso debolmente sabbioso					19.22	15.12	26.17
MO-SC2-PZ	SH2	17.00-17.60	Limo con argilla debolmente sabbioso					18.27	14.12	25.58
MO-SC2-PZ	SH3	27.00-27.60	Limo con argilla con sabbia					16.67	12.43	25.87
MO-SC2-PZ	CR1	3.50-3.70	Argilla con limo sabbiosa	64.0%	25.0%	39.0%				26.46
MO-SC2-PZ	CR2	6.30-6.50	Argilla limosa sabbiosa	85.0%	37.0%	48.0%				26.26
MO-SC2-PZ	CR3	9.20-9.40	Limo con sabbia argillosa	41.0%	23.0%	18.0%				26.46
MO-SC2-PZ	CR4	11.20-11.50	Limo con argilla debolmente sabbioso	38.0%	20.0%	17.0%				26.36
MO-SC2-PZ	CR5	14.40-14.70	Sabbia limosa							26.07
MO-SC2-PZ	CR6	19.00-19.30	Argilla con limo debolmente sabbiosa	68.0%	27.0%	41.0%				26.17
MO-SC2-PZ	CR7	24.30-24.50	Argilla con limo sabbiosa	65.0%	25.0%	40.0%				24.79
MO-SC2-PZ	CR8	25.50-25.70	Limo con sabbia debolmente argillosa debolmente ghiaiosa	27.0%	N.D.	N.D.				26.85
MO-SC2-PZ	CR9	29.60-29.80	Argilla con limo sabbiosa	83.0%	32.0%	51.0%				26.56

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)
MO-SC3-DH	SH1	6.00-6.50	Argilla con limo debolmente sabbiosa					19.22	15.49	25.97
MO-SC3-DH	SH2	18.60-19.20	Argilla con limo debolmente sabbiosa					19.22	15.23	26.17
MO-SC3-DH	SH3	28.50-29.10	Argilla con limo sabbiosa					17.55	12.94	26.36
MO-SC3-DH	CR1	2.60-2.80	Argilla con limo sabbiosa	75.0%	28.0%	47.0%				26.75
MO-SC3-DH	CR2	8.80-9.00	Limo con sabbia argillosa	41.0%	20.0%	21.0%				25.58
MO-SC3-DH	CR3	12.20-12.50	Limo con sabbia debolmente argillosa debolmente ghiaiosa	26.0%	N.D.	N.D.				26.17
MO-SC3-DH	CR5	21.40-21.60	Argilla con limo debolmente sabbiosa	78.0%	31.0%	47.0%				26.36
MO-SC3-DH	CR6	25.80-26.00	Sabbia con limo	28.0%	N.D.	N.D.				26.36
MO-SC4-PZ	SH1	8.60-9.10	Limo con argilla sabbioso	53.0%	24.7%	28.3%		19.42	15.67	25.97
MO-SC4-PZ	SH2	18.00-18.70	Argilla con limo debolmente sabbiosa					18.49	14.77	26.46
MO-SC4-PZ	SH3	26.70-27.40	Limo argilloso sabbioso					19.22	15.15	25.38
MO-SC4-PZ	SH4	36.10-36.60	Limo con argilla sabbioso ghiaioso					19.45	6.30	25.87
MO-SC4-PZ	SH5	42.35-42.95	Argilla con limo debolmente sabbiosa					19.46	15.90	25.19
MO-SC4-PZ	CR1	2.00-2.20	Argilla con limo sabbiosa	65.0%	33.0%	32.0%				25.97
MO-SC4-PZ	CR2	10.00-10.20	Argilla con limo sabbiosa	56.0%	26.0%	31.0%				25.38
MO-SC4-PZ	CR3	12.40-12.60	Limo con argilla sabbioso	60.0%	29.0%	31.0%				26.07
MO-SC4-PZ	CR4	15.50-15.70	Argilla con limo sabbiosa	66.0%	28.0%	38.0%				26.26
MO-SC4-PZ	CR5	23.20-23.40	Argilla limosa sabbiosa	88.0%	31.0%	57.0%				25.68
MO-SC4-PZ	CR6	33.40-33.60	Argilla con sabbia limosa	84.0%	53.0%	31.0%				26.07
MO-SC4-PZ	CR7	38.20-38.40	Argilla limosa debolmente sabbiosa	66.0%	33.0%	33.0%				26.56
MO-SC4-PZ	CR8	41.40-41.60	Limo con argilla sabbioso	38.0%	20.0%	19.0%				27.05
MO-SC4-PZ	CR9	46.80-47.00	Sabbia limosa argillosa	20.0%	N.D.	N.D.				25.77
MO-SC4-PZ	CR11	59.25-59.50	Limo con sabbia argillosa	50.0%	17.0%	33.0%				25.38
MO-SC5-DH	SH1	4.50-5.10	Limo argilloso sabbioso					19.55	15.83	25.77
MO-SC5-DH	SH2	15.40-16.00	Limo con argilla sabbioso					19.84	16.19	25.48
MO-SC5-DH	SH3	24.60-25.20	Argilla con limo sabbiosa					18.25	13.73	26.07
MO-SC5-DH	SH4	34.50-35.10	Limo con argilla sabbioso					18.90	14.51	26.17
MO-SC5-DH	CR1	8.30-8.50	Limo con argilla	42.0%	20.0%	22.0%				25.19
MO-SC5-DH	CR2	11.25-11.45	Limo con argilla debolmente sabbioso	39.0%	24.0%	15.0%				26.07
MO-SC5-DH	CR3	14.00-14.20	Argilla con limo sabbiosa	71.0%	36.0%	35.0%				24.89
MO-SC5-DH	CR4	23.20-23.40	Limo con argilla sabbioso	53.0%	32.0%	21.0%				25.58
MO-SC5-DH	CR5	27.20-27.40	Limo con argilla sabbioso	33.0%	22.0%	11.0%				26.07

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)
MO-SC5-DH	CR6	32.00-32.20	Argilla limosa	111.0%	37.0%	74.0%				24.70
MO-SC5-DH	CR7	40.00-40.20	Argilla limosa debolmente sabbiosa	90.0%	36.0%	54.0%				25.87
MO-SC5-DH	CR8	44.60-44.80	Argilla con sabbia limosa ghiaiosa	68.0%	33.0%	35.0%				24.99
MO-SC5-DH	CR9	48.80-49.00	Sabbia debolmente limosa							25.38
MO-SC5-DH	CR11	59.60-59.80	Argilla con limo debolmente sabbiosa							25.09
MO-SC6-PZ	SH1 (A)	4.80-5.30	Argilla con limo sabbiosa	71.5%	25.1%	46.4%		19.36		25.90
MO-SC6-PZ	SH2 (B)	8.00-8.30	Argilla con tracce di limo					19.05		
MO-SC6-PZ	SH2 (B)	8.35-8.60	Limo argilloso con tracce di sabbia					19.89		
MO-SC6-PZ	SH3 (C)	12.00-12.60	Limo con argilla sabbioso	48.9%	18.2%	30.8%		19.19		26.77
MO-SC6-PZ	CR1	1.50-1.95	Sabbia	N.D.	N.P.		A 3			
MO-SC7-PZ	SH1	8.50-9.00	Argilla con limo debolmente sabbiosa					18.90	15.65	24.79
MO-SC7-PZ	SH2	18.00-18.60	Limo con argilla sabbioso					18.60	14.69	24.70
MO-SC7-PZ	SH3	26.00-26.60	Limo argilloso sabbioso					19.41	15.31	25.97
MO-SC7-PZ	SH4	36.00-36.60	Limo con argilla sabbioso					19.51	15.50	26.36
MO-SC7-PZ	SH5	47.70-48.30	Argilla con limo sabbiosa					18.92	14.96	24.99
MO-SC7-PZ	CR1	2.50-2.70	Limo argilloso sabbioso	50.0%	28.0%	22.0%				25.28
MO-SC7-PZ	CR2	6.00-6.20	Sabbia con limo debolmente argillosa	26.0%	20.0%	6.0%				25.87
MO-SC7-PZ	CR3	13.30-13.50	Argilla con limo sabbiosa	60.0%	31.0%	29.0%				25.87
MO-SC7-PZ	CR4	16.90-17.10	Limo con argilla con sabbia	76.0%	51.0%	25.0%				24.30
MO-SC7-PZ	CR5	20.30-20.50	Limo con argilla sabbioso	36.0%	21.0%	15.0%				26.26
MO-SC7-PZ	CR6	28.20-28.50	Argilla con limo sabbiosa	57.0%	31.0%	26.0%				25.97
MO-SC7-PZ	CR7	33.10-33.30	Limo con argilla sabbioso	68.0%	33.0%	35.0%				25.48
MO-SC7-PZ	CR8	38.30-38.50	Argilla con limo	54.0%	27.0%	27.0%				25.97
MO-SC7-PZ	CR9	51.00-51.20	Argilla con limo debolmente sabbiosa	83.0%	49.0%	34.0%				25.48
MO-SC7-PZ	CR10	56.00-56.20	Limo con sabbia argilloso	36.0%	23.0%	13.0%				26.07
MO-SC8-DH	SH1	5.00-5.60	Argilla con limo sabbiosa					17.80	13.61	26.36
MO-SC8-DH	SH2	18.00-18.50	Limo con argilla sabbioso					18.02	13.98	26.26
MO-SC8-DH	SH3	25.50-26.00	Limo argilloso sabbioso					18.48	14.76	26.07
MO-SC8-DH	SH4	36.00-36.60	Limo con argilla sabbioso					17.77	14.12	26.26
MO-SC8-DH	SH5	46.30-46.80	Limo con argilla sabbioso					19.44	15.53	26.17
MO-SC8-DH	CR1	3.50-3.70	Argilla con limo debolmente sabbiosa	61.0%	27.0%	34.0%				26.66
MO-SC8-DH	CR2	8.50-8.70	Limo con argilla sabbioso	35.0%	19.0%	16.0%				26.07

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)
MO-SC8-DH	CR3	11.00-11.30	Limo con argilla debolmente sabbioso	58.0%	25.0%	33.0%				26.75
MO-SC8-DH	CR4	16.80-17.00	Limo con sabbia ghiaioso argilloso	43.0%	20.0%	23.0%				18.33
MO-SC8-DH	CR5	22.00-22.20	Argilla con limo sabbiosa	69.0%	28.0%	41.0%				26.46
MO-SC8-DH	CR6	27.60-27.80	Limo con argilla debolmente sabbioso	39.0%	23.0%	16.0%				26.36
MO-SC8-DH	CR7	30.25-30.45	Argilla con limo sabbiosa	57.0%	25.0%	32.0%				25.77
MO-SC8-DH	CR8	37.40-37.60	Limo argilloso sabbioso	36.0%	22.0%	14.0%				25.97
MO-SC8-DH	CR9	48.30-48.50	Argilla limosa debolmente sabbiosa	92.0%	37.0%	55.0%				26.46
MO-SC8-DH	CR10	56.00-56.20	Limo con argilla sabbioso	45.0%	18.0%	27.0%				25.58
MO-SC8-DH	CR11	59.30-59.50	Sabbia limosa							26.07
MO-SC9-DH	SH1	5.70-6.30	Limo con argilla debolmente sabbioso					18.60	15.11	24.70
MO-SC9-DH	SH2	16.20-16.80	Argilla con limo debolmente sabbiosa					17.10	12.35	25.09
MO-SC9-DH	SH3	26.60-27.20	Argilla con limo sabbiosa					18.27	14.05	24.79
MO-SC9-DH	SH4	36.40-37.00	Argilla con limo debolmente sabbiosa					18.33	14.08	24.99
MO-SC9-DH	SH5	46.60-47.10	Limo debolmente argilloso debolmente sabbioso					18.66	14.41	24.99
MO-SC9-DH	CR1	2.50-2.70	Sabbia con limo argillosa	30.0%	22.0%	8.0%				25.48
MO-SC9-DH	CR2	9.00-9.20	Limo con argilla debolmente sabbioso	43.0%	24.0%	19.0%				25.77
MO-SC9-DH	CR3	14.00-14.20	Limo con argilla sabbioso	57.0%	33.0%	24.0%				24.60
MO-SC9-DH	CR4	19.00-19.20	Sabbia con limo debolmente argillosa	26.0%	19.0%	7.0%				25.48
MO-SC9-DH	CR5	24.20-24.40	Limo con sabbia argilloso	28.0%	22.0%	6.0%				25.28
MO-SC9-DH	CR6	27.40-27.60	Limo argilloso sabbioso	36.0%	21.0%	15.0%				25.77
MO-SC9-DH	CR7	33.50-33.70	Argilla con limo debolmente sabbiosa	54.0%	32.0%	22.0%				25.97
MO-SC9-DH	CR8	38.20-38.40	Limo argilloso sabbioso	43.0%	28.0%	15.0%				26.07
MO-SC9-DH	CR9	44.00-44.20	Limo con argilla sabbioso	43.0%	28.0%	15.0%				25.87
MO-SC9-DH	CR10	51.40-51.60	Sabbia con limo argillosa	28.0%	19.0%	9.0%				26.07
MO-SC9-DH	CR11	56.60-56.80	Limo con argilla sabbioso	45.0%	37.0%	8.0%				25.97
MO-SC10-PZ	SH1	8.80-9.40	Limo con argilla sabbioso					17.08	12.52	24.30
MO-SC10-PZ	SH2	17.70-18.30	Argilla con limo					18.28	13.94	25.68
MO-SC10-PZ	SH3	28.20-28.70	Limo con sabbia con argilla					19.47	15.71	25.68
MO-SC10-PZ	SH4	38.70-39.20	Argilla con limo					18.80	14.74	25.38
MO-SC10-PZ	SH5	47.20-47.80	Limo con argilla debolmente sabbioso					20.06	16.50	25.38
MO-SC10-PZ	CR1	3.00-3.20	Limo con sabbia con argilla	36.0%	19.0%	17.0%				24.70

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)
MO-SC10-PZ	CR2	6.20-6.40	Limo con sabbia argilloso	38.0%	22.0%	16.0%				25.97
MO-SC10-PZ	CR3	12.60-12.80	Limo con argilla sabbioso	63.0%	30.0%	33.0%				25.97
MO-SC10-PZ	CR4	15.20-15.40	Limo con sabbia argilloso	29.0%	20.0%	9.0%				25.77
MO-SC10-PZ	CR5	23.00-23.20	Limo con argilla sabbioso	58.0%	23.0%	35.0%				26.26
MO-SC10-PZ	CR6	31.00-31.30	Limo con argilla debolmente sabbioso	56.0%	30.0%	26.0%				25.87
MO-SC10-PZ	CR7	41.00-41.25	Limo con sabbia argilloso	29.0%	18.0%	11.0%				25.97
MO-SC10-PZ	CR8	48.90-49.10	Sabbia con limo con argilla	25.0%	14.0%	11.0%				25.68
MO-SC10-PZ	CR9	52.60-52.80	Argilla con limo sabbiosa	67.0%	27.0%	40.0%				26.17
MO-SC10-PZ	CR10	54.60-54.80	Limo argilloso sabbioso	37.0%	23.0%	14.0%				25.87
MO-SC10-PZ	CR11	58.00-58.20	Argilla limosa debolmente sabbiosa debolmente ghiaiosa	92.0%	37.0%	55.0%				25.97
MO-SC11-DH	SH1	6.00-6.60	Argilla con punti limosi e torbosi	59.0%	29.0%	30.0%				25.57
MO-SC11-DH	SH2	9.00-9.60	Argilla limosa	42.0%	26.0%	16.0%		19.00		26.34
MO-SC11-DH	SH3	30.00-30.60	Argilla limosa e limo sabbio-argilloso	50.0%	26.0%	24.0%		18.37		26.49
MO-SC11-DH	CR1	12.00-12.45	Limo argilloso sabbioso	31.0%	21.0%	10.0%		19.74		
MO-SC11-DH	CR3	27.00-27.45	Argilla con punti limosi	58.0%	26.0%	32.0%		26.45		
MO-SC12-PZ	SH1	3.50-4.10	Argilla limosa	41.0%	24.0%	17.0%		17.54		26.02
MO-SC12-PZ	SH2	10.50-11.10	Limo sabbio-argilloso	28.0%	21.0%	7.0%		19.84		26.67
MO-SC12-PZ	SH3	30.00-30.60	Argilla limosa	38.0%	22.0%	16.0%		19.24		26.22
MO-SC12-PZ	CR1	13.20-13.50	Sabbia limosa							26.47
MO-SC13-PZ	SH1	7.30-7.80	Limo con argilla sabbioso					19.23	15.05	26.07
MO-SC13-PZ	SH2	16.50-17.00	Limo con argilla sabbioso					17.56	12.62	25.68
MO-SC13-PZ	SH3	24.00-24.50	Argilla limosa					19.02	14.50	25.97
MO-SC13-PZ	SH4	34.30-34.90	Limo con argilla sabbioso					18.87	14.81	25.97
MO-SC13-PZ	SH5	44.50-45.00	Limo con argilla sabbioso					19.74	16.06	26.07
MO-SC13-PZ	CR1	4.00-4.20	Limo argilloso sabbioso	42.0%	26.0%	16.0%				26.07
MO-SC13-PZ	CR2	11.00-11.20	Limo argilloso debolmente sabbioso	42.0%	26.0%	16.0%				25.68
MO-SC13-PZ	CR3	19.00-19.30	Limo argilloso sabbioso	43.0%	30.0%	13.0%				25.58
MO-SC13-PZ	CR4	20.00-20.20	Limo con argilla con sabbia	72.0%	43.0%	29.0%				25.87
MO-SC13-PZ	CR5	28.00-28.20	Limo con argilla sabbioso	66.0%	34.0%	32.0%				24.79
MO-SC13-PZ	CR6	33.00-33.20	Limo con sabbia debolmente argilloso	27.0%	20.0%	6.0%				24.70
MO-SC13-PZ	CR7	38.80-39.00	Argilla con limo sabbiosa	61.0%	40.0%	20.0%				24.70
MO-SC13-PZ	CR8	52.00-52.30	Sabbia con limo	24.0%	19.0%	5.0%				25.19

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)
MO-SC13-PZ	CR9	54.50-54.70	Limo con sabbia con argilla	56.0%	35.0%	21.0%				24.99
MO-SC13-PZ	CR10	58.20-58.45	Limo con argilla debolmente sabbioso	56.0%	31.0%	25.0%				25.97
MO-SC14-DH	SH1	9.00-9.60	Limo argilloso debolmente sabbioso					17.58	13.05	24.70
MO-SC14-DH	SH2	17.80-18.40	Limo argilloso debolmente sabbioso					19.01	14.64	25.77
MO-SC14-DH	SH3	30.80-31.40	Limo sabbioso argilloso					18.78	15.42	25.97
MO-SC14-DH	SH4	39.00-39.60	Argilla con limo					19.11	15.43	25.48
MO-SC14-DH	SH5	49.00-49.60	Argilla con limo debolmente sabbiosa					18.09	13.52	25.58
MO-SC14-DH	CR1	2.00-2.20	Limo con argilla sabbioso	51.0%	30.0%	21.0%				25.87
MO-SC14-DH	CR2	5.00-5.20	Limo con sabbia debolmente argilloso	33.0%	22.0%	11.0%				24.79
MO-SC14-DH	CR3	14.00-14.20	Limo sabbioso argilloso	45.0%	25.0%	20.0%				24.89
MO-SC14-DH	CR4	23.00-23.20	Argilla con limo sabbiosa	61.0%	31.0%	30.0%				24.50
MO-SC14-DH	CR5	28.00-28.20	Argilla con limo sabbiosa	52.0%	28.0%	23.0%				24.70
MO-SC14-DH	CR6	29.80-30.00	Sabbia limosa debolmente argillosa	N.D.	N.D.	N.D.				26.07
MO-SC14-DH	CR7	42.60-42.80	Limo con argilla sabbioso	48.0%	27.0%	21.0%				25.19
MO-SC14-DH	CR8	50.00-50.20	Limo con sabbia con argilla	43.0%	27.0%	16.0%				24.79
MO-SC14-DH	CR9	53.90-54.20	Sabbia debolmente limosa							24.40
MO-SC14-DH	CR10	57.80-58.00	Argilla con limo debolmente sabbiosa	64.0%	35.0%	28.0%				24.40
MO-SC15-PZ	SH1 (A)	4.50-5.00	Argilla limosa	46.8%	22.6%	24.2%		18.66		26.62
MO-SC15-PZ	SH2 (B)	7.50-8.00	Limo argilloso	44.4%	21.5%	22.9%		18.70		26.77
MO-SC15-PZ	SH3 (C)	13.50-14.00	Limo argilloso	41.7%	19.6%	22.1%		19.27		26.68
MO-SC15-PZ	CR1	1.50-1.86	Sabbia con ghiaietto	N.D.	N.P.	0.0%	A1-a			
MO-SC16-DH	SH1	3.00-3.60	Limo argilloso sabbioso					18.77	14.73	26.36
MO-SC16-DH	SH2	8.00-8.60	Limo con sabbia argilloso					18.82	14.88	26.17
MO-SC16-DH	SH3	23.80-24.40	Argilla con limo sabbiosa					18.71	14.90	25.97
MO-SC16-DH	SH4	35.80-36.40	Limo con argilla sabbioso					19.52	15.87	26.36
MO-SC16-DH	CR1	1.25-2.00	Argilla con limo debolmente sabbiosa	57.0%	28.0%	30.0%				26.66
MO-SC16-DH	CR2	6.20-6.50	Argilla con limo sabbiosa	89.0%	34.0%	54.0%				25.77
MO-SC16-DH	CR3	14.35-15.55	Limo con sabbia argilloso	32.0%	20.0%	12.0%				26.26
MO-SC16-DH	CR4	18.20-18.40	Limo con argilla sabbioso	76.0%	39.0%	36.0%				25.77
MO-SC16-DH	CR5	26.80-27.00	Sabbia con limo	N.D.	N.D.	N.D.				26.26
MO-SC16-DH	CR6	33.80-34.00	Limo con sabbia argilloso	33.0%	17.0%	16.0%				26.36
MO-SC16-DH	CR7	41.00-41.20	Sabbia limosa debolmente argillosa	N.D.	N.D.	N.D.				25.97

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)
MO-SC16-DH	CR8	47.00-47.20	Ghiaia con sabbia debolmente limosa							25.58
MO-SC16-DH	CR9	50.80-51.00	Limo con argilla sabbioso	53.0%	24.0%	29.0%				25.19
MO-SC16-DH	CR10	54.60-54.80	Limo con sabbia debolmente argilloso	30.0%	19.0%	11.0%				24.99
MO-SC17-PZ	SH1	5.90-6.50	Limo sabbioso argilloso					18.38	14.35	24.70
MO-SC17-PZ	SH2	17.60-18.20	Argilla con limo debolmente sabbiosa					16.39	11.70	24.60
MO-SC17-PZ	SH3	29.45-30.00	Limo con argilla sabbioso					19.11	15.43	25.19
MO-SC17-PZ	SH4	37.30-37.90	Limo con sabbia argilloso					19.43	15.81	25.19
MO-SC17-PZ	CR1	3.40-3.70	Sabbia con limo argillosa	27.0%	17.0%	10.0%				25.48
MO-SC17-PZ	CR2	8.40-8.70	Limo con sabbia argilloso	48.0%	20.0%	28.0%				25.09
MO-SC17-PZ	CR3	15.30-15.60	Limo argilloso sabbioso	40.0%	27.0%	13.0%				26.17
MO-SC17-PZ	CR4	23.80-24.00	Argilla con limo sabbiosa	69.0%	21.0%	48.0%				25.38
MO-SC17-PZ	CR5	31.40-31.60	Sabbia con limo argillosa	N.D.	N.D.	N.D.				25.77
MO-SC17-PZ	CR6	34.80-35.00	Limo con argilla sabbioso	40.0%	20.0%	20.0%				25.38
MO-SC17-PZ	CR7	39.50-39.70	Limo con argilla sabbioso	55.0%	26.0%	29.0%				26.17
MO-SC17-PZ	CR9	47.40-47.60	Limo con sabbia argilloso	37.0%	17.0%	20.0%				25.68
MO-SC21	SH1 (A)	1.80-2.30	Limo con sabbia argilloso debolmente ghiaioso	41.6%	20.5%	21.1%				
MO-SC22	SH2 (B)	4.80-5.30	Argilla con limo debolmente sabbiosa	66.3%	26.1%	40.2%				
MO-SC23	SH3 (C)	8.80-9.30	Argilla con limo debolmente sabbiosa	43.6%	25.8%	17.8%				
MO-SC24	SH4 (D)	13.80-14.30	Argilla con limo	44.0%	25.5%	18.6%				
MO-SC25	SH5 (E)	19.80-20.30	Argilla con limo	66.6%	26.9%	39.7%				
MO-SC26	SH6 (F)	26.80-27.30	Sabbia limosa	N.P.	N.P.					
MO-SC22-DH	SH1	5.00-5.50	Limo debolmente argilloso e sabbioso					19.01	14.90	26.36
MO-SC22-DH	SH2	27.50-28.00	Limo debolmente argilloso					19.21	15.09	26.36
MO-SC22-DH	CR1	1.40-1.60	Limo con argilla	40.0%	21.0%	19.0%				
MO-SC22-DH	CR2	6.20-6.50	Limo con argilla	46.0%	23.0%	23.0%				
MO-SC22-DH	CR3	10.00-10.40	Limo debolmente argilloso e sabbioso	33.0%	20.0%	13.0%				
MO-SC22-DH	CR4	11.70-12.40	Argilla con limo	44.0%	22.0%	21.0%				
MO-SC29-PZ	SH1	9.50-10.00	Limo con argilla sabbioso	34.0%	24.0%	10.0%		20.11		
MO-SC29-PZ	SH2	19.40-20.00	Argilla limosa	56.0%	28.0%	28.0%		18.30		26.33
MO-SC29-PZ	SH3	28.00-28.60	Argilla con limo	48.0%	24.0%	24.0%		19.75		
MO-SC29-PZ	SH4	39.50-40.00	Argilla limosa	97.0%	29.0%	68.0%		19.39		25.94
MO-SC29-PZ	CR1 (A)	2.50-3.00	Limo con argilla sabbioso	39.0%	25.0%	14.0%				

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)
MO-SC29-PZ	CR2 (B)	6.50-7.00	Limo con argilla debolmente sabbioso	34.0%	24.0%	10.0%				
MO-SC29-PZ	CR3 (C)	14.00-14.50	Argilla limosa	67.0%	26.0%	41.0%				
MO-SC29-PZ	CR4 (D)	33.50-34.00	Sabbia limosa argillosa	22.0%	18.0%	4.0%				
MO-SC29-PZ	CR5 (E)	43.50-44.00	Argilla limosa	86.0%	28.0%	58.0%				
MO-SC29-PZ	CR6 (F)	47.50-48.00	Argilla con limo	39.0%	23.0%	16.0%				
MO-SC29-PZ	CR7 (G)	52.00-52.50	Sabbia limosa argillosa	19.0%	14.0%	5.0%				
MO-SC30-DH	SH1	9.50-10.00	Limo con argilla sabbioso	39.0%	29.0%	10.0%		18.64		26.20
MO-SC30-DH	SH2	18.50-19.00	Argilla limosa con punti torbosi	64.0%	28.0%	36.0%		19.49		
MO-SC30-DH	SH3	27.50-28.00	Argilla con limo	56.0%	26.0%	30.0%		19.80		25.94
MO-SC30-DH	SH4	39.50-40.00	Argilla con limo	56.0%	24.0%	32.0%		19.57		
MO-SC30-DH	SH5	49.00-49.50	Argilla con limo	46.0%	23.0%	23.0%		20.08		
MO-SC30-DH	CR1 (A)	1.50-2.00	Limo con argilla con sabbia	32.0%	23.0%	9.0%				
MO-SC30-DH	CR2 (B)	3.50-4.00	Limo con argilla sabbioso	33.0%	25.0%	8.0%				
MO-SC30-DH	CR3 (C)	6.50-7.00	Sabbia limosa argillosa	26.0%	22.0%	4.0%				
MO-SC30-DH	CR4 (D)	14.50-15.00	Limo con sabbia argilloso	29.0%	23.0%	6.0%				
MO-SC30-DH	CR5 (E)	23.00-23.50	Argilla con limo	44.0%	26.0%	18.0%				
MO-SC30-DH	CR6 (F)	34.00-34.50	Argilla con limo	47.0%	24.0%	23.0%				
MO-SC30-DH	CR7 (G)	43.50-44.00	Argilla con limo debolmente sabbiosa	48.0%	21.0%	27.0%				
MO-SC31-DH	OS1	5.40-5.90	Argilla con limo	66.0%	27.0%	39.0%		19.06		
MO-SC31-DH	OS2	18.00-18.50	Argilla con limo	49.0%	24.0%	25.0%		18.71		27.05
MO-SC31-DH	SH3	24.00-24.60	Argilla con limo	71.0%	31.0%	40.0%		18.47		
MO-SC31-DH	SH4	35.50-36.10	Limo con argilla	44.0%	18.0%	26.0%		19.97		26.56
MO-SC31-DH	SH5	54.40-55.00	Limo con argilla debolmente sabbioso	65.0%	26.0%	39.0%		18.93		
MO-SC31-DH	SPT1 (A)	2.50-2.95	Limo con argilla sabbioso	37.0%	26.0%	11.0%				
MO-SC31-DH	SPT4 (D)	11.50-11.95	Argilla con limo debolmente sabbiosa	54.0%	26.0%	28.0%				
MO-SC31-DH	SPT6 (F)	16.00-16.45	Sabbia con limo debolmente argillosa	26.0%	18.0%	8.0%				
MO-SC31-DH	SPT9 (I)	29.50-29.95	Limo con argilla	47.0%	22.0%	25.0%				
MO-SC32-PZ	OS1	7.00-7.60	Argilla con limo	48.0%	24.0%	24.0%		19.32		26.66
MO-SC32-PZ	OS2	25.30-25.90	Limo argilloso	39.0%	23.0%	16.0%		18.89		27.05
MO-SC32-PZ	OS3	43.00-43.60	Argilla con limo	68.0%	24.0%	44.0%		19.40		26.95
MO-SC32-PZ	CR (P)	3.10-4.00	Sabbia con limo debolmente argillosa	25.0%	20.0%	5.0%				
MO-SC32-PZ	SPT1 (A)	5.50-5.95	Limo con argilla debolmente sabbioso	41.0%	25.0%	16.0%				

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)
MO-SC32-PZ	SPT4 (D)	15.00-15.45	Sabbia con limo argillosa	26.0%	20.0%	6.0%				
MO-SC32-PZ	SPT7 (G)	22.50-22.95	Argilla con limo	57.0%	26.0%	31.0%				
MO-SC32-PZ	SPT9 (I)	31.00-31.45	Limo con argilla	47.0%	21.0%	26.0%				
MO-SC33-PZ	OS1	5.50-6.10	Limo con sabbia argilloso	31.0%	21.0%	10.0%		20.43	26.95	
MO-SC33-PZ	SH2	28.00-28.60	Limo con argilla debolmente sabbioso	47.0%	23.0%	24.0%		20.09	27.15	
MO-SC33-PZ	SPT1 (A)	2.50-2.95	Limo con argilla sabbioso	41.0%	21.0%	20.0%				
MO-SC33-PZ	SPT3 (C)	10.00-10.45	Limo sabbioso argilloso	35.0%	23.0%	12.0%				
MO-SC33-PZ	SPT5 (E)	16.00-16.45	Sabbia con limo debolmente argillosa	24.0%	19.0%	5.0%				
MO-SC33-PZ	SPT8 (H)	25.00-25.45	Limo con sabbia argilloso	37.0%	18.0%	19.0%				
MO-SC33-PZ	SPT10 (L)	38.50-38.95	Limo con argilla	41.0%	16.0%	25.0%				
MO-SC34-DH	OS1	23.50-24.10	Limo con sabbia debolmente argilloso	32.0%	17.0%	15.0%		19.04		
MO-SC34-DH	OS2	27.00-27.50	Limo con argilla	44.0%	19.0%	25.0%		20.00	26.36	
MO-SC34-DH	SH3	40.00-40.60	Limo con argilla sabbioso	35.0%	18.0%	17.0%		21.06		
MO-SC34-DH	SPT2 (B)	4.00-4.45	Limo con argilla	56.0%	27.0%	29.0%				
MO-SC34-DH	SPT10 (L)	16.00-16.45	Sabbia con limo	23.0%	20.0%	3.0%				

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	Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%
RE-SC1-PZ	SH1	4.50-5.00	29.80	0.1%	27.9%	42.0%	30.0%
RE-SC1-PZ	SH3	8.00-8.50	32.50		33.0%	54.5%	12.5%
RE-SC2-DH	SH1	4.50-5.00	26.69		9.0%	51.0%	40.0%
RE-SC3-PZ	SH1 (A)	3.50-3.90	25.26				
RE-SC3-PZ	SH2 (B)	6.00-6.60	57.54				
RE-SC3-PZ	SH3 (C)	9.30-9.90	44.02				
RE-SC3-PZ	SH4 (D)	12.30-12.90	32.09				

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica		
			W	Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%
RE-SC4-PZ	SH1	9.00-9.50	30.41		1.0%	70.5%	28.5%
RE-SC4-PZ	CR23	17.50-17.60			24.8%	75.2%	
RE-SC4-PZ	CR28	25.50-25.60			78.5%	21.5%	
RE-SC5-DH	SH1	3.00-3.60	37.65		1.3%	23.0%	75.7%
RE-SC5-DH	SH2	6.00-6.60	38.14		2.1%	21.7%	76.2%
RE-SC5-DH	SH3	9.00-9.60	44.69		0.8%	20.7%	78.5%
RE-SC5-DH	SPT1	12.00			70.5%	23.4%	6.1%
RE-SC5-DH	SPT2	15.00			51.3%	44.5%	4.2%
RE-SC5-DH	SPT5	24.00			4.2%	95.8%	
RE-SC5-DH	SPT7	30.00			96.1%	3.9%	
RE-SC5-DH	SPT9	36.00			3.0%	97.0%	
RE-SC6-DH	SPT1	3.00			85.3%	13.8%	0.9%
RE-SC6-DH	SPT3	12.00			43.7%	46.2%	10.1%
RE-SC6-DH	SPT4	15.00			68.6%	28.4%	3.0%
RE-SC6-DH	SPT8	27.00			4.1%	95.9%	
MO-SC1-PZ	SH1	3.00-3.60	38.34		12.5%	26.4%	61.1%
MO-SC1-PZ	SH2	6.00-6.60	38.31		7.8%	23.4%	68.8%
MO-SC1-PZ	SH3	9.00-9.60	42.62		11.50%	35.3%	53.2%
MO-SC1-PZ	SPT1	12.00			87.80%	10.3%	1.9%
MO-SC1-PZ	SPT2	15.00			75.10%	22.90%	2.00%
MO-SC1-PZ	SPT3	18.00			41.20%	58.80%	
MO-SC1-PZ	SPT5	24.00			2.5%	97.50%	
MO-SC1-PZ	SPT6	27.00			2.1%	97.90%	
MO-SC1-PZ	SPT8	33.00			3.9%	96.1%	
MO-SC1-PZ	SPT11	42.00			5.0%	95.0%	
MO-SC2-PZ	SH1	10.00-10.60	27.14		10.0%	74.0%	16.0%
MO-SC2-PZ	SH2	17.00-17.60	29.38		10.0%	58.0%	32.0%
MO-SC2-PZ	SH3	27.00-27.60	34.14	2.0%	25.0%	41.0%	32.0%
MO-SC2-PZ	CR1	3.50-3.70			15.0%	41.0%	44.0%
MO-SC2-PZ	CR2	6.30-6.50		3.0%	12.0%	24.0%	61.0%
MO-SC2-PZ	CR3	9.20-9.40			25.0%	57.0%	18.0%
MO-SC2-PZ	CR4	11.20-11.50		1.0%	9.0%	60.0%	30.0%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	%
MO-SC2-PZ	CR5	14.40-14.70				81.0%	14.0%	5.0%
MO-SC2-PZ	CR6	19.00-19.30			1.0%	5.0%	38.0%	56.0%
MO-SC2-PZ	CR7	24.30-24.50				15.0%	35.0%	50.0%
MO-SC2-PZ	CR8	25.50-25.70			5.0%	32.0%	56.0%	7.0%
MO-SC2-PZ	CR9	29.60-29.80			1.0%	18.0%	27.0%	54.0%
MO-SC2-PZ	CR10	37.00-37.30			1.0%	83.0%	13.0%	3.0%
MO-SC3-DH	SH1	6.00-6.50	24.17		1.0%	6.0%	36.0%	57.0%
MO-SC3-DH	SH2	18.60-19.20	26.23		1.0%	8.0%	42.0%	49.0%
MO-SC3-DH	SH3	28.50-29.10	35.67			18.0%	32.0%	50.0%
MO-SC3-DH	CR1	2.60-2.80				14.0%	36.0%	50.0%
MO-SC3-DH	CR2	8.80-9.00				27.0%	55.0%	18.0%
MO-SC3-DH	CR3	12.20-12.50			5.0%	32.0%	56.0%	7.0%
MO-SC3-DH	CR4	15.00-15.50			2.0%	91.0%	5.0%	2.0%
MO-SC3-DH	CR5	21.40-21.60			2.0%	9.0%	29.0%	60.0%
MO-SC3-DH	CR6	25.80-26.00			2.0%	68.0%	26.0%	4.0%
MO-SC3-DH	CR7	33.40-33.70				87.0%	10.0%	3.0%
MO-SC3-DH	CR8	43.00-43.30			21.0%	77.0%	2.0%	
MO-SC4-PZ	SH1	8.60-9.10	23.98			18.0%	54.0%	28.0%
MO-SC4-PZ	SH2	18.00-18.70	25.12			8.0%	42.0%	50.0%
MO-SC4-PZ	SH3	26.70-27.40	26.90			12.0%	68.0%	20.0%
MO-SC4-PZ	SH4	36.10-36.60	19.37	12.0%	24.0%	36.0%	28.0%	
MO-SC4-PZ	SH5	42.35-42.95	22.74			7.0%	45.0%	48.0%
MO-SC4-PZ	CR1	2.00-2.20				21.0%	26.0%	53.0%
MO-SC4-PZ	CR2	10.00-10.20				22.0%	35.0%	43.0%
MO-SC4-PZ	CR3	12.40-12.60			1.0%	10.0%	51.0%	38.0%
MO-SC4-PZ	CR4	15.50-15.70				11.0%	27.0%	62.0%
MO-SC4-PZ	CR5	23.20-23.40				18.0%	19.0%	63.0%
MO-SC4-PZ	CR6	33.40-33.60				26.0%	11.0%	63.0%
MO-SC4-PZ	CR7	38.20-38.40			2.0%	9.0%	24.0%	65.0%
MO-SC4-PZ	CR8	41.40-41.60				22.0%	49.0%	29.0%
MO-SC4-PZ	CR9	46.80-47.00				62.0%	22.0%	16.0%
MO-SC4-PZ	CR10	54.00-54.30				96.0%	2.0%	2.0%
MO-SC4-PZ	CR11	59.25-59.50				27.0%	49.0%	24.0%
MO-SC5-DH	SH1	4.50-5.10	23.48	2.0%	17.0%	58.0%	23.0%	

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	%
MO-SC5-DH	SH2	15.40-16.00	22.59			14.0%	53.0%	33.0%
MO-SC5-DH	SH3	24.60-25.20	32.95	1.0%		11.0%	29.0%	59.0%
MO-SC5-DH	SH4	34.50-35.10	30.29			17.0%	46.0%	37.0%
MO-SC5-DH	CR1	8.30-8.50				4.0%	57.0%	39.0%
MO-SC5-DH	CR2	11.25-11.45				9.0%	58.0%	33.0%
MO-SC5-DH	CR3	14.00-14.20		3.0%		19.0%	27.0%	51.0%
MO-SC5-DH	CR4	23.20-23.40		1.0%		14.0%	46.0%	39.0%
MO-SC5-DH	CR5	27.20-27.40				20.0%	54.0%	26.0%
MO-SC5-DH	CR6	32.00-32.20				3.0%	19.0%	78.0%
MO-SC5-DH	CR7	40.00-40.20				5.0%	16.0%	79.0%
MO-SC5-DH	CR8	44.60-44.80		13.0%		31.0%	17.0%	39.0%
MO-SC5-DH	CR9	48.80-49.00				90.0%	9.0%	1.0%
MO-SC5-DH	CR10	53.00-53.20		12.0%		81.0%	6.0%	1.0%
MO-SC5-DH	CR11	59.60-59.80				9.0%	25.0%	66.0%
MO-SC6-PZ	SH1 (A)	4.80-5.30	27.08			12.3%	30.7%	57.0%
MO-SC6-PZ	SH2 (B)	8.00-8.30	28.89					
MO-SC6-PZ		8.35-8.60	21.57					
MO-SC6-PZ	SH3 (C)	12.00-12.60	24.93			21.7%	42.3%	36.0%
MO-SC6-PZ	CR1	1.50-1.95	6.46	0.5%		91.9%	7.6%	
MO-SC7-PZ	SH1	8.50-9.00	20.72			8.0%	34.0%	58.0%
MO-SC7-PZ	SH2	18.00-18.60	26.61			22.0%	47.0%	31.0%
MO-SC7-PZ	SH3	26.00-26.60	26.8			19.0%	58.0%	23.0%
MO-SC7-PZ	SH4	36.00-36.60	25.87			14.0%	56.0%	30.0%
MO-SC7-PZ	SH5	47.70-48.30	26.48	3.0%		14.0%	26.0%	57.0%
MO-SC7-PZ	CR1	2.50-2.70		1.0%		18.0%	61.0%	20.0%
MO-SC7-PZ	CR2	6.00-6.20		1.0%		57.0%	33.0%	9.0%
MO-SC7-PZ	CR3	13.30-13.50		3.0%		14.0%	32.0%	51.0%
MO-SC7-PZ	CR4	16.90-17.10		2.0%		27.0%	44.0%	27.0%
MO-SC7-PZ	CR5	20.30-20.50				12.0%	61.0%	27.0%
MO-SC7-PZ	CR6	28.20-28.50				14.0%	41.0%	45.0%
MO-SC7-PZ	CR7	33.10-33.30				13.0%	44.0%	43.0%
MO-SC7-PZ	CR8	38.30-38.50				3.0%	47.0%	50.0%
MO-SC7-PZ	CR9	51.00-51.20				8.0%	31.0%	61.0%
MO-SC7-PZ	CR10	56.00-56.20		2.0%		26.0%	59.0%	13.0%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	%
MO-SC8-DH	SH1	5.00-5.60	30.79			17.0%	35.0%	48.0%
MO-SC8-DH	SH2	18.00-18.50	28.9			18.0%	48.0%	34.0%
MO-SC8-DH	SH3	25.50-26.00	25.18			20.0%	56.0%	24.0%
MO-SC8-DH	SH4	36.00-36.60	25.83			18.0%	55.0%	27.0%
MO-SC8-DH	SH5	46.30-46.80	25.2			13.0%	57.0%	30.0%
MO-SC8-DH	CR1	3.50-3.70			1.0%	10.0%	32.0%	57.0%
MO-SC8-DH	CR2	8.50-8.70				14.0%	60.0%	26.0%
MO-SC8-DH	CR3	11.00-11.30				7.0%	47.0%	46.0%
MO-SC8-DH	CR4	16.80-17.00			18.0%	32.0%	35.0%	15.0%
MO-SC8-DH	CR5	22.00-22.20				11.0%	26.0%	63.0%
MO-SC8-DH	CR6	27.60-27.80				10.0%	64.0%	26.0%
MO-SC8-DH	CR7	30.25-30.45			1.0%	14.0%	40.0%	45.0%
MO-SC8-DH	CR8	37.40-37.60				21.0%	57.0%	22.0%
MO-SC8-DH	CR9	48.30-48.50				5.0%	24.0%	71.0%
MO-SC8-DH	CR10	56.00-56.20				16.0%	55.0%	29.0%
MO-SC8-DH	CR11	59.30-59.50			1.0%	81.0%	16.0%	2.0%
MO-SC9-DH	SH1	5.70-6.30	23.1			8.0%	65.0%	27.0%
MO-SC9-DH	SH2	16.20-16.80	38.6			8.0%	33.0%	59.0%
MO-SC9-DH	SH3	26.60-27.20	30.1			12.0%	40.0%	48.0%
MO-SC9-DH	SH4	36.40-37.00	30.16			5.0%	25.0%	70.0%
MO-SC9-DH	SH5	46.60-47.10	29.47			5.0%	56.0%	9.0%
MO-SC9-DH	CR1	2.50-2.70				48.0%	32.0%	20.0%
MO-SC9-DH	CR2	9.00-9.20				10.0%	59.0%	31.0%
MO-SC9-DH	CR3	14.00-14.20				16.0%	54.0%	30.0%
MO-SC9-DH	CR4	19.00-19.20				67.0%	29.0%	4.0%
MO-SC9-DH	CR5	24.20-24.40				28.0%	58.0%	14.0%
MO-SC9-DH	CR6	27.40-27.60				12.0%	67.0%	21.0%
MO-SC9-DH	CR7	33.50-33.70				5.0%	41.0%	54.0%
MO-SC9-DH	CR8	38.20-38.40				11.0%	65.0%	24.0%
MO-SC9-DH	CR9	44.00-44.20				16.0%	47.0%	37.0%
MO-SC9-DH	CR10	51.40-51.60				60.0%	30.0%	10.0%
MO-SC9-DH	CR11	56.60-56.80				20.0%	50.0%	30.0%
MO-SC10-PZ	SH1	8.80-9.40	36.6			13.0%	49.0%	38.0%
MO-SC10-PZ	SH2	17.70-18.30	31.24			3.0%	37.0%	60.0%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%		%	%	%	%
MO-SC10-PZ	SH3	28.20-28.70	23.95			31.0%	42.0%	27.0%
MO-SC10-PZ	SH4	38.70-39.20	27.58			4.0%	47.0%	49.0%
MO-SC10-PZ	SH5	47.20-47.80	21.52			8.0%	59.0%	33.0%
MO-SC10-PZ	CR1	3.00-3.20				30.0%	40.0%	30.0%
MO-SC10-PZ	CR2	6.20-6.40				25.0%	59.0%	16.0%
MO-SC10-PZ	CR3	12.60-12.80				20.0%	47.0%	33.0%
MO-SC10-PZ	CR4	15.20-15.40				25.0%	57.0%	18.0%
MO-SC10-PZ	CR5	23.00-23.20				14.0%	36.0%	50.0%
MO-SC10-PZ	CR6	31.00-31.30				5.0%	55.0%	40.0%
MO-SC10-PZ	CR7	41.00-41.25			1.0%	30.0%	48.0%	21.0%
MO-SC10-PZ	CR8	48.90-49.10				43.0%	30.0%	27.0%
MO-SC10-PZ	CR9	52.60-52.80				11.0%	33.0%	56.0%
MO-SC10-PZ	CR10	54.60-54.80				19.0%	59.0%	22.0%
MO-SC10-PZ	CR11	58.00-58.20			5.0%	9.0%	16.0%	70.0%
MO-SC11-DH	SH1	6.00-6.60			0.0%	1.9%	98.1%	
MO-SC11-DH	SH2	9.00-9.60	28.8		3.2%	3.9%	92.9%	
MO-SC11-DH	SH3	30.00-30.60	30.9			2.0%	98.0%	
MO-SC11-DH	CR1	12.00-12.45			0.2%	25.9%	73.9%	
MO-SC11-DH	CR2	18.00-18.45				3.0%	97.0%	
MO-SC11-DH	CR3	27.00-27.45				0.6%	99.4%	
MO-SC12-PZ	SH1	3.50-4.10	35			8.0%	92.0%	
MO-SC12-PZ	SH2	10.50-11.10	23.8		0.2%	46.0%	53.8%	
MO-SC12-PZ	SH3	30.00-30.60	25.8			2.0%	98.0%	
MO-SC12-PZ	CR1	13.20-13.50				72.6%	27.4%	
MO-SC13-PZ	SH1	7.30-7.80	27.79			12.0%	61.0%	27.0%
MO-SC13-PZ	SH2	16.50-17.00	39.21			12.0%	48.0%	40.0%
MO-SC13-PZ	SH3	24.00-24.50	31.23			3.0%	24.0%	73.0%
MO-SC13-PZ	SH4	34.30-34.90	27.47			14.0%	59.0%	27.0%
MO-SC13-PZ	SH5	44.50-45.00	23.14			13.0%	61.0%	26.0%
MO-SC13-PZ	CR1	4.00-4.20				21.0%	57.0%	22.0%
MO-SC13-PZ	CR2	11.00-11.20				8.0%	71.0%	21.0%
MO-SC13-PZ	CR3	19.00-19.30				10.0%	70.0%	20.0%
MO-SC13-PZ	CR4	20.00-20.20			3.0%	25.0%	33.0%	39.0%
MO-SC13-PZ	CR5	28.00-28.20				18.0%	46.0%	36.0%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%		%	%	%	%
MO-SC13-PZ	CR6	33.00-33.20				44.0%	48.0%	8.0%
MO-SC13-PZ	CR7	38.80-39.00				18.0%	30.0%	52.0%
MO-SC13-PZ	CR8	52.00-52.30			2.0%	62.0%	32.0%	4.0%
MO-SC13-PZ	CR9	54.50-54.70			3.0%	27.0%	44.0%	26.0%
MO-SC13-PZ	CR10	58.20-58.45				9.0%	50.0%	41.0%
MO-SC14-DH	SH1	9.00-9.60	34.72		1.0%	10.0%	69.0%	20.0%
MO-SC14-DH	SH2	17.80-18.40	29.89			10.0%	72.0%	18.0%
MO-SC14-DH	SH3	30.80-31.40	21.81			22.0%	58.0%	20.0%
MO-SC14-DH	SH4	39.00-39.60	23.93			3.0%	39.0%	58.0%
MO-SC14-DH	SH5	49.00-49.60	34.16			8.0%	41.0%	51.0%
MO-SC14-DH	CR1	2.00-2.20			1.0%	17.0%	52.0%	30.0%
MO-SC14-DH	CR2	5.00-5.20				32.0%	63.0%	5.0%
MO-SC14-DH	CR3	14.00-14.20				21.0%	58.0%	21.0%
MO-SC14-DH	CR4	23.00-23.20				18.0%	29.0%	53.0%
MO-SC14-DH	CR5	28.00-28.20				18.0%	29.0%	53.0%
MO-SC14-DH	CR6	29.80-30.00				78.0%	17.0%	5.0%
MO-SC14-DH	CR7	42.60-42.80				10.0%	51.0%	39.0%
MO-SC14-DH	CR8	50.00-50.20				28.0%	45.0%	27.0%
MO-SC14-DH	CR9	53.90-54.20				89.0%	9.0%	2.0%
MO-SC14-DH	CR10	57.80-58.00				8.0%	34.0%	58.0%
MO-SC15-PZ	SH1 (A)	4.50-5.00	29.46			2.0%	73.0%	25.0%
MO-SC15-PZ	SH2 (B)	7.50-8.00	30.31			25.1%	42.4%	32.6%
MO-SC15-PZ	SH3 (C)	13.50-14.00	23.66			25.6%	52.0%	22.4%
MO-SC15-PZ	CR1	1.50-1.86	4.9		70.6%	18.2%	11.2%	
MO-SC16-DH	SH1	3.00-3.60	27.46		1.0%	20.0%	56.0%	23.0%
MO-SC16-DH	SH2	8.00-8.60	26.49			31.0%	50.0%	19.0%
MO-SC16-DH	SH3	23.80-24.40	25.56			21.0%	38.0%	41.0%
MO-SC16-DH	SH4	35.80-36.40	23.04			19.0%	53.0%	28.0%
MO-SC16-DH	CR1	1.25-2.00			1.0%	6.0%	33.0%	60.0%
MO-SC16-DH	CR2	6.20-6.50				16.0%	36.0%	48.0%
MO-SC16-DH	CR3	14.35-15.55				37.0%	52.0%	11.0%
MO-SC16-DH	CR4	18.20-18.40				20.0%	48.0%	32.0%
MO-SC16-DH	CR5	26.80-27.00				68.0%	28.0%	4.0%
MO-SC16-DH	CR6	33.80-34.00				43.0%	44.0%	13.0%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	
MO-SC16-DH	CR7	41.00-41.20				72.0%	19.0%	9.0%
MO-SC16-DH	CR8	47.00-47.20			48.0%	43.0%	8.0%	1.0%
MO-SC16-DH	CR9	50.80-51.00				16.0%	54.0%	30.0%
MO-SC16-DH	CR10	54.60-54.80				40.0%	53.0%	7.0%
MO-SC17-PZ	SH1	5.90-6.50	28.14		1.0%	21.0%	60.0%	18.0%
MO-SC17-PZ	SH2	17.60-18.20	40.25			7.0%	45.0%	48.0%
MO-SC17-PZ	SH3	29.45-30.00	24.02			19.0%	43.0%	38.0%
MO-SC17-PZ	SH4	37.30-37.90	22.89			28.0%	50.0%	22.0%
MO-SC17-PZ	CR1	3.40-3.70				62.0%	26.0%	12.0%
MO-SC17-PZ	CR2	8.40-8.70			1.0%	35.0%	44.0%	20.0%
MO-SC17-PZ	CR3	15.30-15.60			1.0%	15.0%	66.0%	18.0%
MO-SC17-PZ	CR4	23.80-24.00			1.0%	11.0%	40.0%	48.0%
MO-SC17-PZ	CR5	31.40-31.60			1.0%	46.0%	42.0%	11.0%
MO-SC17-PZ	CR6	34.80-35.00				13.0%	59.0%	28.0%
MO-SC17-PZ	CR7	39.50-39.70				15.0%	43.0%	42.0%
MO-SC17-PZ	CR8	42.00-42.30				84.0%	13.0%	3.0%
MO-SC17-PZ	CR9	47.40-47.60				27.0%	51.0%	22.0%
MO-SC17-PZ	CR10	52.60-52.90			37.0%	45.0%	14.0%	4.0%
MO-SC21	SH1 (A)	1.80-2.30			7.5%	32.4%	39.4%	20.7%
MO-SC22	SH2 (B)	4.80-5.30			0.4%	8.5%	42.7%	48.4%
MO-SC23	SH3 (C)	8.80-9.30			0.5%	5.6%	47.9%	46.0%
MO-SC24	SH4 (D)	13.80-14.30			0.1%	1.6%	44.8%	53.5%
MO-SC25	SH5 (E)	19.80-20.30			0.6%	2.3%	44.9%	52.2%
MO-SC26	SH6 (F)	26.80-27.30			0.1%	73.5%	21.8%	4.6%
MO-SC22-DH	SH1	5.00-5.50	27.9					
MO-SC22-DH	SH2	27.50-28.00	26.8					
MO-SC22-DH	CR1	1.40-1.60	22			10.6%	49.0%	40.4%
MO-SC22-DH	CR2	6.20-6.50	32		0.5%	8.6%	55.6%	35.3%
MO-SC22-DH	CR3	10.00-10.40	30			17.7%	56.7%	25.6%
MO-SC22-DH	CR4	11.70-12.40	29			2.1%	31.6%	66.3%
MO-SC22-DH	CR5	13.40-13.60				66.4%	24.3%	9.3%
MO-SC22-DH	CR6	19.00-20.00			63.5%	21.5%	11.7%	3.3%
MO-SC29-PZ	SH1	9.50-10.00	26.7			19.1%	49.3%	31.6%
MO-SC29-PZ	SH2	19.40-20.00	32.2			0.0%	24.2%	75.7%

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%		%	%	%	%
MO-SC29-PZ	SH3	28.00-28.60	23.1			0.3%	40.0%	59.6%
MO-SC29-PZ	SH4	39.50-40.00	28.8			0.3%	13.1%	86.7%
MO-SC29-PZ	CR1 (A)	2.50-3.00			1.4%	17.4%	43.1%	38.0%
MO-SC29-PZ	CR2 (B)	6.50-7.00				9.5%	52.9%	37.6%
MO-SC29-PZ	CR3 (C)	14.00-14.50				2.5%	18.5%	79.1%
MO-SC29-PZ	CR4 (D)	33.50-34.00			0.2%	73.1%	15.1%	11.6%
MO-SC29-PZ	CR5 (E)	43.50-44.00				0.9%	18.2%	81.0%
MO-SC29-PZ	CR6 (F)	47.50-48.00				2.1%	40.2%	57.7%
MO-SC29-PZ	CR7 (G)	52.00-52.50				59.9%	20.3%	19.8%
MO-SC30-DH	SH1	9.50-10.00	32.2			14.7%	51.0%	34.3%
MO-SC30-DH	SH2	18.50-19.00	41.3			0.1%	13.7%	86.2%
MO-SC30-DH	SH3	27.50-28.00	24.1			0.1%	26.5%	73.4%
MO-SC30-DH	SH4	39.50-40.00	24.7			0.3%	26.6%	73.2%
MO-SC30-DH	SH5	49.00-49.50	21.3			0.2%	46.5%	53.3%
MO-SC30-DH	CR1 (A)	1.50-2.00			1.6%	28.5%	40.8%	29.0%
MO-SC30-DH	CR2 (B)	3.50-4.00				18.2%	42.1%	39.7%
MO-SC30-DH	CR3 (C)	6.50-7.00				69.2%	18.6%	12.2%
MO-SC30-DH	CR4 (D)	14.50-15.00				38.5%	40.9%	20.6%
MO-SC30-DH	CR5 (E)	23.00-23.50				0.4%	38.0%	61.6%
MO-SC30-DH	CR6 (F)	34.00-34.50				0.9%	29.4%	69.7%
MO-SC30-DH	CR7 (G)	43.50-44.00				6.2%	32.0%	61.7%
MO-SC31-DH	OS1	5.40-5.90	28.8		1.0%		35.0%	64.0%
MO-SC31-DH	OS2	18.00-18.50	29.4		2.0%		38.0%	60.0%
MO-SC31-DH	SH3	24.00-24.60	36.5				25.0%	75.0%
MO-SC31-DH	SH4	35.50-36.10	20.5		7.0%		55.0%	38.0%
MO-SC31-DH	SH5	54.40-55.00	32.8		10.0%		50.0%	40.0%
MO-SC31-DH	SPT1 (A)	2.50-2.95			1.0%	13.0%	70.0%	16.0%
MO-SC31-DH	SPT4 (D)	11.50-11.95			6.0%		43.0%	51.0%
MO-SC31-DH	SPT6 (F)	16.00-16.45				54.0%	37.0%	9.0%
MO-SC31-DH	SPT9 (I)	29.50-29.95			4.0%		64.0%	32.0%
MO-SC31-DH	SPT11 (M)	38.50-38.95			64.0%	28.0%	8.0%	
MO-SC31-DH	SPT12 (N)	48.00-48.50			44.0%	32.0%	17.0%	7.0%
MO-SC32-PZ	OS1	7.00-7.60	31.3		5.0%		41.0%	54.0%


Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Umidità		Analisi granulometrica			
			W		Ghiaie	Sabbie	Limo	Argilla
			%	%	%	%	%	%
MO-SC32-PZ	OS2	25.30-25.90	26.6		6.0%		78.0%	16.0%
MO-SC32-PZ	OS3	43.00-43.60	24.4		1.0%		48.0%	51.0%
MO-SC32-PZ	CR (P)	3.10-4.00				66.0%	28.0%	6.0%
MO-SC32-PZ	SPT1(A)	5.50-5.95				6.0%	50.0%	44.0%
MO-SC32-PZ	SPT4 (D)	15.00-15.45				47.0%	43.0%	10.0%
MO-SC32-PZ	SPT7 (G)	22.50-22.95				2.0%	46.0%	52.0%
MO-SC32-PZ	SPT9 (I)	31.00-31.45				2.0%	54.0%	44.0%
MO-SC32-PZ	CR (M)	40.00-40.45			31.0%	60.0%	9.0%	
MO-SC32-PZ	CR (N)	46.00-50.00			66.0%	25.0%	9.0%	
MO-SC33-PZ	OS1	5.50-6.10	25.5		3.0%	35.0%	45.0%	17.0%
MO-SC33-PZ	SH2	28.00-28.60	29			6.0%	73.0%	21.0%
MO-SC33-PZ	SPT1 (A)	2.50-2.95			3.0%	13.0%	59.0%	25.0%
MO-SC33-PZ	SPT3 (C)	10.00-10.45				21.0%	65.0%	14.0%
MO-SC33-PZ	SPT5 (E)	16.00-16.45				63.0%	28.0%	9.0%
MO-SC33-PZ	SPT6 (F)	19.00-19.45			7.0%	78.0%	12.0%	3.0%
MO-SC33-PZ	SPT8 (H)	25.00-25.45				28.0%	55.0%	17.0%
MO-SC33-PZ	SPT9 (I)	32.50-32.95			70.0%	18.0%	9.0%	3.0%
MO-SC33-PZ	CR (N)	36.00-37.00			24.0%	62.0%	11.0%	3.0%
MO-SC33-PZ	SPT10 (L)	38.50-38.95			7.0%		53.0%	40.0%
MO-SC33-PZ	SPT11 (M)	41.50-41.95			68.0%	24.0%	8.0%	
MO-SC33-PZ	CR (O)	46.00-47.00			69.0%	23.0%	8.0%	
MO-SC34-DH	OS1	23.50-24.10	26.4			42.0%	49.0%	9.0%
MO-SC34-DH	OS2	27.00-27.50	26.4		3.0%		66.0%	31.0%
MO-SC34-DH	SH3	40.00-40.60	21.8			14.0%	59.0%	27.0%
MO-SC34-DH	SPT2 (B)	4.00-4.45				4.0%	49.0%	47.0%
MO-SC34-DH	SPT4 (D)	7.00-7.45				79.0%	17.0%	4.0%
MO-SC34-DH	SPT6 (F)	10.00-10.45				78.0%	18.0%	4.0%
MO-SC34-DH	SPT8 (H)	13.00-13.45				82.0%	15.0%	3.0%
MO-SC34-DH	SPT10 (L)	16.00-16.45				68.0%	26.0%	6.0%
MO-SC34-DH	SPT12 (N)	19.00-19.45			66.0%	25.0%	9.0%	
MO-SC34-DH	SPT16 (R)	32.50-32.95			17.0%	72.0%	9.0%	2.0%
MO-SC34-DH	SPT17 (S)	37.00-37.45			49.0%	33.0%	14.0%	4.0%
MO-SC34-DH	SPT18 (T)	46.50-46.95			56.0%	23.0%	15.0%	6.0%

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

Sondaggio	Campione (CR \ SH- OS \ SPT)	Prof. (m)	Prove triassiali				
			CID		CIU		UU
			ϕ'	c'	ϕ'	c'	cu
			°	Kpa	°	Kpa	Kpa
RE-SC3-PZ	SH2 (B)	6.00-6.60			26.52	1.96	
RE-SC3-PZ	SH3 (C)	9.30-9.90			26.14	0.00	
RE-SC3-PZ	SH4 (D)	12.30-12.90			17.46	34.32	
MO-SC29-PZ	SH1	9.50-10.00					40.30
MO-SC29-PZ	SH2	19.40-20.00	17.80	10.00			41.00
MO-SC29-PZ	SH3	28.00-28.60					84.00
MO-SC29-PZ	SH4	39.50-40.00	17.00	20.00			
MO-SC30-DH	SH1	9.50-10.00	21.20	15.00			56.90
MO-SC30-DH	SH2	18.50-19.00					50.20
MO-SC30-DH	SH3	27.50-28.00	18.50	45.00			108.40
MO-SC30-DH	SH4	39.50-40.00					108.00
MO-SC30-DH	SH5	49.00-49.50	18.80	8.00			125.20
MO-SC31-DH	OS1	5.40-5.90					83.63
MO-SC31-DH	OS2	18.00-18.50	23.79	29.68			97.97
MO-SC31-DH	SH3	24.00-24.60					44.61
MO-SC31-DH	SH4	35.50-36.10	28.78	13.78			137.90
MO-SC31-DH	SH5	54.40-55.00					75.35
MO-SC32-PZ	OS1	7.00-7.60	22.31	40.71			95.31
MO-SC32-PZ	OS2	25.30-25.90	24.16	33.39			117.81
MO-SC32-PZ	OS3	43.00-43.60					108.23
MO-SC33-PZ	OS1	5.50-6.10	31.66	7.10			32.63
MO-SC33-PZ	SH2	28.00-28.60					43.58
MO-SC34-DH	OS2	27.00-27.50	24.04	36.42			97.39
MO-SC34-DH	SH3	40.00-40.60	27.64	14.02			107.91

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 Emilia-Romagna	<i>Progetto definitivo</i>

TAB. 10 – RISULTATI DELLE PROVE TRIASSIALI

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	35 di 143

Sondaggio	Campione (CR) SHOS (SPT)	Prof. (m)	Compressione Assiale Semplice non confinata (C.N.C.) (E.L.L.)			Prove di taglio			
			cu	Pressione a rottura	Deformazione a rottura	CD picco		CD vol. cost.	
			Kpa	Kpa	%	φ'	c'	φ'	c'
						°	Kpa	°	Kpa
RE-SC1-PZ	SH1	4.50-5.00	64.72	129.45	10.50%	14.00	24.52		
RE-SC1-PZ	SH3	8.00-8.50	32.36	64.72	21.05%	35.00	0.49		
RE-SC2-DH	SH1	4.50-5.00	30.00	60.00	7.00%	26.00	24.00		
RE-SC3-PZ	SH1(A)	3.50-3.90	112.29	224.57	5.05%				
RE-SC3-PZ	SH2(B)	6.00-6.60	25.01	50.01	5.16%				
RE-SC3-PZ	SH3(C)	9.30-9.90							
RE-SC3-PZ	SH4(D)	12.30-12.90							
RE-SC5-DH	SH1	3.00-3.60	12.00	24.00	29.86%				
RE-SC5-DH	SH2	6.00-6.60	23.50	47.00	3.32%			26.90	18.80
RE-SC5-DH	SH3	9.00-9.60	39.00	78.00	7.82%	26.50	19.30		
MO-SC1-PZ	SH1	3.00-3.60	7.00	14.00	14.71%			20.90	3.60
MO-SC1-PZ	SH2	6.00-6.60	44.50	89.00	5.29%				
MO-SC1-PZ	SH3	9.00-9.60	7.50	15.00	14.47%	26.00	16.80		
MO-SC2-PZ	SH1	10.00-10.60	42.00	84.00	7.89%	28.00	20.00		
MO-SC2-PZ	SH2	17.00-17.60	36.00	72.00	1.97%	27.00	23.00		
MO-SC2-PZ	SH3	27.00-27.60	28.50	57.00	2.37%	28.00	24.00		
MO-SC3-DH	SH1	6.00-6.50	116.50	233.00	5.26%	25.00	26.00		
MO-SC3-DH	SH2	18.60-19.20	99.50	199.00	8.55%	27.00	24.00		
MO-SC3-DH	SH3	28.50-29.10	54.00	108.00	4.00%	27.00	26.00		
MO-SC4-PZ	SH1	8.60-9.10	97.00	194.00	4.87%	30.00	20.00		
MO-SC4-PZ	SH2	18.00-18.70	18.00	36.00	2.50%	24.00	30.00		
MO-SC4-PZ	SH3	26.70-27.40	46.50	93.00	3.95%	31.00	18.00		
MO-SC4-PZ	SH4	36.10-36.60	68.00	136.00	5.26%	31.00	17.00		
MO-SC4-PZ	SH5	42.35-42.95	88.00	176.00	3.68%	23.00	31.00		
MO-SC5-DH	SH1	4.50-5.10	101.50	203.00	4.47%	29.00	17.00		
MO-SC5-DH	SH2	15.40-16.00	114.00	228.00	4.34%	27.00	21.00		
MO-SC5-DH	SH3	24.60-25.20	118.50	237.00	4.21%	25.00	28.00		
MO-SC5-DH	SH4	34.50-35.10	132.00	264.00	4.74%	28.00	20.00		
MO-SC6-PZ	SH1(A)	4.80-5.30	125.53	251.05	5.74%	20.14	0.20		
MO-SC6-PZ	SH2(B)	8.00-8.30	58.84	117.68	23.00%				
MO-SC6-PZ		8.35-8.60	33.34	66.69	7.83%				
MO-SC6-PZ	SH3(C)	12.00-12.60	77.47	154.95	1.68%				
MO-SC7-PZ	SH1	8.50-9.00	135.00	270.00	3.00%	25.00	28.00		
MO-SC7-PZ	SH2	18.00-18.60	94.00	188.00	2.50%	27.00	23.00		
MO-SC7-PZ	SH3	26.00-26.60	105.50	211.00	2.50%	29.00	17.00		
MO-SC7-PZ	SH4	36.00-36.60	112.00	224.00	3.00%	28.00	24.00		
MO-SC7-PZ	SH5	47.70-48.30	80.00	160.00	3.00%	27.00	29.00		
MO-SC8-DH	SH1	5.00-5.60	82.50	165.00	8.00%	28.00	24.00		
MO-SC8-DH	SH2	18.00-18.50	59.00	118.00	8.50%	20.00	30.00		
MO-SC8-DH	SH3	25.50-26.00	20.00	40.00	8.50%	29.00	20.00		
MO-SC8-DH	SH4	36.00-36.60	85.50	171.00	6.50%	26.00	22.00		
MO-SC8-DH	SH5	46.30-46.80	158.50	317.00	9.00%	24.00	27.00		
MO-SC9-DH	SH1	5.70-6.30	73.00	146.00	5.26%	26.00	19.00		
MO-SC9-DH	SH2	16.20-16.80	68.50	137.00	5.26%	24.00	28.00		
MO-SC9-DH	SH3	26.60-27.20	101.50	203.00	5.92%	26.00	26.00		
MO-SC9-DH	SH4	36.40-37.00	139.00	278.00	5.92%	25.00	35.00		
MO-SC9-DH	SH5	46.60-47.10	183.00	366.00	7.24%	28.00	28.00		

Sondaggio	Campione (CR \ SH-OS \ SPT)	Prof. (m)	Compressione Assiale Semplice non confinata (C.N.C.) (E.L.L.)			Prove di taglio			
			cu	Pressione a rottura	Deformazione a rottura	ϕ'	c'	ϕ'	c'
			Kpa	Kpa	%	°	Kpa	°	Kpa
MO-SC10-PZ	SH1	8.80-9.40	60.00	120.00	7.89%	28.00	20.00		
MO-SC10-PZ	SH2	17.70-18.30	95.00	190.00	7.89%	23.00	28.00		
MO-SC10-PZ	SH3	28.20-28.70	161.00	322.00	6.58%	30.00	22.00		
MO-SC10-PZ	SH4	38.70-39.20	86.00	172.00	6.58%	26.00	32.00		
MO-SC10-PZ	SH5	47.20-47.80	125.50	251.00	6.58%	28.00	30.00		
MO-SC11-DH	SH1	6.00-6.60				20.20	29.00		
MO-SC11-DH	SH2	9.00-9.60	53.28	106.55	19.62%				
MO-SC11-DH	SH3	30.00-30.60	28.50	57.00	9.15%	26.40	5.00		
MO-SC12-PZ	SH1	3.50-4.10	19.33	38.65	20.00%	17.30	15.00		
MO-SC12-PZ	SH2	10.50-11.10				35.00	20.50		
MO-SC12-PZ	SH3	30.00-30.60	82.50	165.00	19.31%				
MO-SC13-PZ	SH1	7.30-7.80	45.50	91.00	5.92%	27.00	23.00		
MO-SC13-PZ	SH2	16.50-17.00	33.00	66.00	5.92%	25.00	28.00		
MO-SC13-PZ	SH3	24.00-24.50	84.00	168.00	5.92%	22.00	29.00		
MO-SC13-PZ	SH4	34.30-34.90	88.00	176.00	5.53%	27.00	26.00		
MO-SC13-PZ	SH5	44.50-45.00	132.00	264.00	5.53%	28.00	27.00		
MO-SC14-DH	SH1	9.00-9.60	47.00	94.00	7.24%	28.00	20.00		
MO-SC14-DH	SH2	17.80-18.40	68.00	136.00	7.24%	28.00	21.00		
MO-SC14-DH	SH3	30.80-31.40	97.50	195.00	9.21%	29.00	19.00		
MO-SC14-DH	SH4	39.00-39.60	191.50	383.00	6.58%	23.00	29.00		
MO-SC14-DH	SH5	49.00-49.60	139.00	278.00	6.58%	21.00	30.00		
MO-SC15-PZ	SH2 (B)	7.50-8.00	35.30	70.61	18.00%	25.04	13.73		
MO-SC15-PZ	SH3 (C)	13.50-14.00	59.33	118.66	8.84%				
MO-SC16-DH	SH1	3.00-3.60	33.00	66.00	7.50%	26.00	17.00		
MO-SC16-DH	SH2	8.00-8.60	13.50	27.00	4.50%	28.00	20.00		
MO-SC16-DH	SH3	23.80-24.40	62.50	125.00	5.50%	25.00	27.00		
MO-SC16-DH	SH4	35.80-36.40	71.50	143.00	6.00%	30.00	20.00		
MO-SC17-PZ	SH1	5.90-6.50	28.50	57.00	3.95%	27.00	14.00		
MO-SC17-PZ	SH2	17.60-18.20	33.00	66.00	3.03%	26.00	26.00		
MO-SC17-PZ	SH3	29.45-30.00	117.00	234.00	4.74%	26.00	18.00		
MO-SC17-PZ	SH4	37.30-37.90	121.00	242.00	4.74%	33.00	24.00		
MO-SC22-DH	SH1	5.00-5.50	73.59	147.17	9.49%				

TAB. 11 – RISULTATI DELLE PROVE A COMPRESSIONE ASSIALE SEMPLICE NON CONFINATA
 (ESPANSIONE LIBERA LATERALE) E DI TAGLIO DIRETTO

Sondaggio	Campione (CR \ SH-OS \ SPT)	Prof. (m)	Edometria									
			M (MPa) (Modulo Edometrico Eed)									
			Intervalli di carico in KPa									
			12.5	25.0	49.0	98.0	196.0	392.0	785.0	1569.0	3138.0	
RE-SC1-PZ	SH1	4.50-5.00				9.34	7.11					
RE-SC2-DH	SH1	4.50-5.00		2.60	2.80	3.20	4.60	7.90	12.00	18.30	35.60	
RE-SC5-DH	SH1	3.00-3.60		0.49	0.78	1.57	2.84	5.79	10.89			
RE-SC5-DH	SH2	6.00-6.60				5.98	4.31	4.61	6.67			
RE-SC5-DH	SH3	9.00-9.60		6.77	5.59	4.81	4.41	4.61	4.90			
MO-SC1-PZ	SH1	3.00-3.60		1.77	1.86	2.75	4.41	5.00	9.71			
MO-SC1-PZ	SH2	6.00-6.60				4.31	4.51	6.37	9.61			
MO-SC1-PZ	SH3	9.00-9.60		1.86	1.67	3.63	6.18	12.95	20.59			
MO-SC2-PZ	SH1	10.00-10.60		4.90	5.70	5.60	10.40	11.90	15.90	25.90	39.80	
MO-SC2-PZ	SH2	17.00-17.60		4.60	5.20	5.30	5.40	7.40	11.90	20.70	30.10	
MO-SC2-PZ	SH3	27.00-27.60		3.30	3.40	3.30	3.60	3.60	7.00	13.60	26.40	
MO-SC3-DH	SH1	6.00-6.50			6.10	7.30	7.00	10.00	14.90	22.90	36.50	
MO-SC3-DH	SH2	18.60-19.20		5.20	7.10	7.00	7.80	11.20	15.10	23.10	39.80	
MO-SC3-DH	SH3	28.50-29.10		3.80	4.40	4.60	4.70	5.60	7.90	11.60	18.20	
MO-SC4-PZ	SH1	8.60-9.10		5.20	5.40	5.20	5.30	7.80	13.20	21.80	37.90	
MO-SC4-PZ	SH2	18.00-18.70		2.80	3.10	3.20	3.30	5.00	6.40	14.70	29.40	
MO-SC4-PZ	SH3	26.70-27.40		2.80	6.60	7.90	10.00	10.10	10.30	13.40	25.90	
MO-SC4-PZ	SH4	36.10-36.60		3.20	4.80	7.10	8.20	10.10	14.60	23.40	37.50	
MO-SC4-PZ	SH5	42.35-42.95			4.20	4.60	7.10	6.50	12.10	25.90	36.10	
MO-SC5-DH	SH1	4.50-5.10		2.70	3.40	3.50	4.60	6.70	10.60	18.70	31.90	
MO-SC5-DH	SH2	15.40-16.00		3.50	3.80	3.80	4.90	6.70	10.50	17.40	33.70	
MO-SC5-DH	SH3	24.60-25.20		2.00	2.40	2.50	2.80	6.10	7.70	18.10	31.90	
MO-SC5-DH	SH4	34.50-35.10		2.50	2.60	2.50	3.10	5.00	8.60	14.60	28.50	
MO-SC7-PZ	SH1	8.50-9.00		3.90	4.70	4.90	5.00	6.40	9.40	14.30	25.30	
MO-SC7-PZ	SH2	18.00-18.60		1.70	2.80	3.00	3.20	6.60	7.20	13.90	25.90	
MO-SC7-PZ	SH3	26.00-26.60		4.30	5.50	5.50	6.10	8.30	12.70	18.20	26.70	
MO-SC7-PZ	SH4	36.00-36.60		1.70	2.20	2.40	4.40	6.40	13.60	25.40	46.30	
MO-SC7-PZ	SH5	47.70-48.30		1.00	1.30	2.60	4.40	6.40	10.70	18.20	35.10	
MO-SC8-DH	SH1	5.00-5.60		2.20	2.60	3.20	4.70	7.40	13.30	20.50	31.90	
MO-SC8-DH	SH2	18.00-18.50		2.30	3.30	4.40	6.40	10.50	16.50	26.20	43.30	

Sondaggio	Campione (CR \ SH-OS \ SPT)	Prof. (m)	Edometria									
			M (MPa) (Modulo Edometrico Eed)									
			Intervalli di carico in KPa									
			12.5	25.0	49.0	98.0	196.0	392.0	785.0	1569.0	3138.0	
MO-SC8-DH	SH3	25.50-26.00		1.70	2.40	2.50	4.20	7.30	17.40	24.20	41.50	
MO-SC8-DH	SH4	36.00-36.60		2.20	2.60	3.20	4.70	7.40	13.30	20.50	31.90	
MO-SC8-DH	SH5	46.30-46.80		3.80	4.20	4.40	4.80	7.70	11.50	17.90	30.30	
MO-SC9-DH	SH1	5.70-6.30		1.10	2.00	2.90	4.70	4.60	6.40	11.70	22.40	
MO-SC9-DH	SH2	16.20-16.80			1.80	2.90	6.30	9.90	14.20	24.70	39.50	
MO-SC9-DH	SH3	26.60-27.20			3.80	5.50	6.50	7.70	14.90	16.20	26.30	
MO-SC9-DH	SH4	36.40-37.00			4.00	4.40	4.70	6.30	8.60	14.00	23.90	
MO-SC9-DH	SH5	46.60-47.10			3.70	7.20	7.50	9.30	13.70	21.70	34.40	
MO-SC10-PZ	SH1	8.80-9.40		2.60	2.60	2.40	2.80	5.30	7.60	11.50	20.80	
MO-SC10-PZ	SH2	17.70-18.30			1.50	2.30	3.00	5.30	7.70	11.50	20.90	
MO-SC10-PZ	SH3	28.20-28.70		3.30	5.90	6.50	6.50	8.20	13.40	22.20	44.20	
MO-SC10-PZ	SH4	38.70-39.20		2.80	4.40	5.50	5.90	7.10	7.70	12.60	23.50	
MO-SC10-PZ	SH5	47.20-47.80			4.30	6.70	7.30	10.20	17.20	24.10	37.70	
MO-SC11-DH	SH1	6.00-6.60		1.07	1.93	1.82	3.27	6.00	9.14	16.54		
MO-SC11-DH	SH2	9.00-9.60		2.62	2.76	3.49	6.14	8.87	11.10	17.97		
MO-SC12-PZ	SH1	3.50-4.10	0.29	0.47	0.76	1.02	1.86	3.91	6.45	13.92		
MO-SC12-PZ	SH2	10.50-11.10		0.96	2.14	3.08	5.25	9.35	15.45	25.46		
MO-SC12-PZ	SH3	30.00-30.60		1.95	3.03	2.70	4.10	5.69	8.87	16.22		
MO-SC13-PZ	SH1	7.30-7.80		1.70	2.10	2.60	4.60	7.70	12.10	19.20	31.40	
MO-SC13-PZ	SH2	16.50-17.00		2.00	1.70	2.20	3.10	4.40	7.60	13.70	26.90	
MO-SC13-PZ	SH3	24.00-24.50		2.80	3.50	3.60	4.10	5.50	8.90	15.60	27.10	
MO-SC13-PZ	SH4	34.30-34.90		3.70	4.10	4.20	6.20	8.40	13.30	22.20	37.20	
MO-SC13-PZ	SH5	44.50-45.00		2.70	3.30	4.20	7.20	9.30	16.90	24.60	38.60	
MO-SC14-DH	SH1	9.00-9.60		4.10	4.70	7.60	9.20	12.20	20.40	25.60	38.50	

Sondaggio	Campione (CR / SH-OS / SPT)	Prof. (m)	Edometria									
			M (MPa) (Modulo Edometrico Eed)									
			Intervalli di carica in KPa									
			12.5	25.0	49.0	98.0	196.0	392.0	785.0	1569.0	3138.0	
MO-SC14-DH	SH2	17.80-18.40		1.90	2.30	2.70	4.30	5.50	8.60	14.10	24.90	
MO-SC14-DH	SH3	30.80-31.40		1.50	1.80	2.90	4.50	7.80	14.20	25.30	36.20	
MO-SC14-DH	SH4	39.00-39.60			3.10	3.00	4.50	7.40	12.80	21.10	35.00	
MO-SC14-DH	SH5	49.00-49.60			4.50	4.80	5.60	7.40	11.90	16.70	28.10	
MO-SC16-DH	SH1	3.00-3.60		1.80	3.00	5.30	5.60	7.70	12.00	20.30	34.80	
MO-SC16-DH	SH2	8.00-8.60		1.10	1.50	4.00	5.40	8.70	13.20	22.60	28.90	
MO-SC16-DH	SH3	23.80-24.40		2.10	2.20	2.40	3.40	6.00	11.20	25.10	28.60	
MO-SC16-DH	SH4	35.80-36.40		2.60	2.90	3.00	3.80	4.60	8.70	14.30	21.90	
MO-SC17-PZ	SH1	5.90-6.50		2.00	2.30	3.00	4.10	6.40	9.90	18.30	28.80	
MO-SC17-PZ	SH2	17.60-18.20		3.10	3.50	3.60	4.40	6.40	9.10	9.40	30.00	
MO-SC17-PZ	SH3	29.45-30.00		2.00	2.90	3.00	5.30	7.90	11.20	17.20	34.30	
MO-SC17-PZ	SH4	37.30-37.90		1.90	2.30	2.60	4.40	7.60	14.80	21.40	37.40	
MO-SC22-DH	SH1	5.00-5.50		2.02	2.37	2.88	4.52	7.91	10.96	20.29		
MO-SC29-PZ	SH2	19.40-20.00		1.03	1.00	2.00	3.81	5.22	8.56	14.55		
MO-SC29-PZ	SH4	39.50-40.00		5.37	6.11	5.31	4.07	6.63	9.21	14.73		
MO-SC30-DH	SH1	9.50-10.00		0.93	2.03	2.66	3.81	6.06	9.30	16.12		
MO-SC30-DH	SH3	27.50-28.00		20.39	10.18	4.49	5.31	8.21	11.42	18.79		

TAB. 12 – RISULTATI DELLE PROVE EDOMETRICHE (MODULO EDOMETRICO)

Sondaggio	Campione (CR SH-OS 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
RE-SC1-PZ	SH1	4.50-5.00			5.20E-04	3.70E-04				
RE-SC2-DH	SH1	4.50-5.00	1.43E-03	1.35E-03	1.20E-03	1.15E-03	1.01E-03	6.49E-04	5.59E-04	2.02E-04
RE-SC5-DH	SH1	3.00-3.60	2.26E-04	6.57E-04	7.63E-04	1.51E-03	1.08E-03	1.28E-03		
RE-SC5-DH	SH2	6.00-6.60			2.83E-04	2.17E-04	1.16E-04	1.31E-04		
RE-SC5-DH	SH3	9.00-9.60	1.86E-02	1.35E-03	3.44E-03	3.46E-04	1.08E-02	2.25E-02		
MO-SC1-PZ	SH1	3.00-3.60	1.84E-02	1.34E-03	9.73E-04	1.32E-03	8.13E-04	1.04E-03		
MO-SC1-PZ	SH2	6.00-6.60			3.11E-04	1.44E-04	7.78E-04	9.70E-05		
MO-SC1-PZ	SH3	9.00-9.60	7.61E-03	2.11E-02	2.17E-02	3.73E-02	3.86E-02	7.04E-03		
MO-SC2-PZ	SH1	10.00-10.60	3.20E-03	4.20E-03	3.90E-03	3.60E-03	2.40E-03	3.80E-04	1.80E-04	1.00E-04
MO-SC2-PZ	SH2	17.00-17.60	2.20E-04	3.20E-04	2.90E-04	2.60E-04	1.40E-04	2.80E-05	1.60E-05	1.00E-05
MO-SC2-PZ	SH3	27.00-27.60	4.20E-04	3.00E-04	2.10E-04	2.20E-04	1.20E-04	2.40E-05	1.20E-05	1.10E-05
MO-SC3-DH	SH1	6.00-6.50		3.20E-04	3.10E-04	2.80E-04	1.60E-04	3.00E-05	1.00E-05	1.05E-05
MO-SC3-DH	SH2	18.60-19.20	6.00E-04	5.20E-04	4.10E-04	3.80E-04	2.60E-04	4.20E-05	2.30E-05	1.25E-05
MO-SC3-DH	SH3	28.50-29.10	6.40E-04	5.00E-04	4.32E-04	3.65E-04	3.25E-04	3.82E-05	2.52E-05	1.30E-05
MO-SC4-PZ	SH1	8.60-9.10	5.20E-03	5.00E-03	4.40E-03	3.40E-03	3.00E-03	8.80E-04	4.80E-04	3.00E-04
MO-SC4-PZ	SH2	18.00-18.70	3.20E-04	2.80E-04	2.40E-04	1.20E-04	1.00E-04	5.80E-05	3.80E-05	2.00E-05
MO-SC4-PZ	SH3	26.70-27.40	4.20E-03	3.80E-03	3.40E-03	3.20E-03	3.00E-03	2.20E-03	1.80E-03	1.00E-03
MO-SC4-PZ	SH4	36.10-36.60	7.20E-03	5.80E-03	4.40E-03	4.20E-03	4.00E-03	3.20E-03	3.00E-03	2.00E-03
MO-SC4-PZ	SH5	42.35-42.95		2.00E-04	1.80E-04	1.50E-04	1.35E-04	1.05E-04	1.00E-04	6.00E-05
MO-SC5-DH	SH1	4.50-5.10	2.50E-03	1.80E-03	2.50E-03	2.58E-03	1.60E-03	7.80E-04	3.65E-04	3.50E-04
MO-SC5-DH	SH2	15.40-16.00	1.50E-03	1.10E-03	8.50E-04	7.58E-04	5.60E-04	4.80E-04	4.65E-04	2.35E-04
MO-SC5-DH	SH3	24.60-25.20	3.88E-04	3.40E-04	3.36E-04	2.20E-04	2.00E-04	1.80E-04	1.65E-04	1.50E-04
MO-SC5-DH	SH4	34.50-35.10	2.08E-03	1.80E-03	1.36E-03	1.22E-03	1.00E-03	5.80E-04	4.65E-04	3.50E-04
MO-SC7-PZ	SH1	8.50-9.00	4.10E-04	4.00E-04	3.16E-04	2.80E-04	2.00E-04	1.60E-04	1.20E-04	1.00E-04
MO-SC7-PZ	SH2	18.00-18.60	6.00E-04	5.50E-04	4.16E-04	4.00E-04	3.40E-04	3.00E-04	2.60E-04	2.00E-04
MO-SC7-PZ	SH3	26.00-26.60	5.08E-03	4.80E-03	3.36E-03	3.22E-03	2.40E-03	2.20E-03	2.00E-03	1.02E-03
MO-SC7-PZ	SH4	36.00-36.60	3.88E-04	3.40E-04	3.36E-04	2.20E-04	2.00E-04	1.80E-04	1.65E-04	1.50E-04
MO-SC7-PZ	SH5	47.70-48.30	3.20E-04	3.00E-04	2.60E-04	2.40E-04	2.20E-04	2.00E-04	1.80E-04	1.65E-04
MO-SC8-DH	SH1	5.00-5.60	1.80E-03	1.40E-03	1.20E-03	1.00E-03	1.00E-03	2.80E-04	1.50E-04	1.00E-04
MO-SC8-DH	SH2	18.00-18.50	3.20E-03	3.00E-03	2.20E-03	1.80E-03	2.00E-03	1.80E-03	1.20E-03	1.00E-03

Sondaggio	Campione (CR / SH-OS (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	
MO-SC8-DH	SH3	25.50-26.00	5.50E-03	4.80E-03	4.00E-03	3.00E-03	2.50E-03	1.80E-03	1.50E-03	1.20E-03	
MO-SC8-DH	SH4	36.00-36.60	4.20E-03	3.80E-03	3.40E-03	3.00E-03	2.50E-03	2.20E-03	2.10E-03	2.00E-03	
MO-SC8-DH	SH5	46.30-46.80	2.20E-03	2.00E-03	1.40E-03	1.20E-03	1.00E-03	3.80E-04	2.40E-04	1.20E-04	
MO-SC9-DH	SH1	5.70-6.30	3.20E-03	3.00E-03	2.50E-03	2.00E-03	1.80E-03	1.40E-03	1.20E-03	1.00E-03	
MO-SC9-DH	SH2	16.20-16.80		3.40E-04	3.36E-04	2.20E-04	2.00E-04	1.80E-04	1.65E-04	1.50E-04	
MO-SC9-DH	SH3	26.60-27.20		4.00E-04	3.75E-04	3.10E-04	2.80E-04	2.40E-04	2.20E-04	2.00E-04	
MO-SC9-DH	SH4	36.40-37.00		3.00E-04	2.75E-04	2.10E-04	1.80E-04	1.40E-04	1.20E-04	1.00E-04	
MO-SC9-DH	SH5	46.60-47.10		6.40E-04	5.36E-04	4.20E-04	4.10E-04	4.00E-04	3.65E-04	3.00E-04	
MO-SC10-PZ	SH1	8.80-9.40	4.20E-03	4.00E-03	2.40E-03	2.10E-03	2.00E-03	6.80E-04	3.80E-04	2.40E-04	
MO-SC10-PZ	SH2	17.70-18.30		2.00E-04	1.60E-04	1.40E-04	1.20E-04	6.80E-05	4.20E-05	3.40E-05	
MO-SC10-PZ	SH3	28.20-28.70	2.20E-03	4.00E-03	2.60E-03	2.40E-03	2.20E-03	1.80E-03	1.20E-03	1.40E-03	
MO-SC10-PZ	SH4	38.70-39.20	4.20E-04	3.30E-04	2.80E-04	2.60E-04	2.40E-04	2.20E-04	1.80E-04	1.60E-04	
MO-SC10-PZ	SH5	47.20-47.80		3.40E-03	1.36E-03	1.20E-03	1.10E-03	1.00E-03	1.20E-04	1.30E-04	
MO-SC11-DH	SH1	6.00-6.60		2.35E-04							
MO-SC11-DH	SH2	9.00-9.60			4.58E-04						
MO-SC12-PZ	SH1	3.50-4.10		2.39E-04							
MO-SC12-PZ	SH2	10.50-11.10			1.57E-03						
MO-SC12-PZ	SH3	30.00-30.60				5.48E-04					
MO-SC13-PZ	SH1	7.30-7.80	4.00E-03	4.00E-03	3.80E-03	3.50E-03	2.80E-03	1.50E-03	5.80E-04	2.00E-04	
MO-SC13-PZ	SH2	16.50-17.00	5.10E-04	3.60E-04	3.80E-04	3.40E-04	3.00E-04	2.60E-04	2.20E-04	1.80E-04	
MO-SC13-PZ	SH3	24.00-24.50	3.00E-04	2.50E-04	2.30E-04	2.00E-04	1.50E-04	1.25E-04	1.10E-04	1.05E-04	
MO-SC13-PZ	SH4	34.30-34.90	2.80E-03	2.60E-03	2.10E-03	1.70E-03	1.30E-03	1.10E-03	1.00E-03	4.00E-04	
MO-SC13-PZ	SH5	44.50-45.00	2.40E-03	2.20E-03	1.80E-03	1.40E-03	1.12E-03	1.02E-03	5.00E-04	4.20E-04	
MO-SC14-DH	SH1	9.00-9.60	3.42E-03	4.01E-03	3.77E-03	3.48E-03	2.31E-03	2.18E-04	1.92E-04	1.15E-04	
MO-SC14-DH	SH2	17.80-18.40	3.37E-04	3.91E-04	3.62E-04	3.07E-04	2.85E-04	2.44E-04	2.02E-04	1.95E-04	
MO-SC14-DH	SH3	30.80-31.40	3.30E-04	3.87E-04	3.47E-04	2.99E-04	2.76E-04	2.35E-04	2.16E-04	1.87E-04	
MO-SC14-DH	SH4	39.00-39.60		2.00E-03	1.60E-03	1.20E-03	5.00E-04	3.50E-04	2.80E-04	2.00E-04	
MO-SC14-DH	SH5	49.00-49.60		2.40E-03	2.00E-03	1.60E-03	5.40E-04	3.20E-04	3.00E-04	2.40E-04	
MO-SC16-DH	SH1	3.00-3.60	3.90E-03	3.50E-03	3.34E-03	2.40E-03	2.20E-03	1.70E-03	1.60E-03	1.40E-03	
MO-SC16-DH	SH2	8.00-8.60	4.20E-03	4.00E-03	3.80E-03	3.20E-03	2.50E-03	2.20E-03	2.00E-03	1.80E-03	
MO-SC16-DH	SH3	23.80-24.40	5.00E-04	4.10E-04	3.70E-04	3.20E-04	2.60E-04	2.30E-04	2.15E-04	2.10E-04	

Sondaggio	Campione (CR / SH-OS) 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
MO-SC16-DH	SH4	35.80-36.40	2.80E-03	2.60E-03	1.80E-03	1.30E-03	4.00E-04	3.80E-04	3.65E-04	2.30E-04
MO-SC17-PZ	SH1	5.90-6.50	4.10E-03	4.60E-03	4.15E-03	3.78E-03	3.12E-03	8.50E-04	5.40E-04	3.20E-04
MO-SC17-PZ	SH2	17.60-18.20	3.88E-04	3.40E-04	3.36E-04	2.20E-04	2.00E-04	1.80E-04	1.65E-04	1.50E-04
MO-SC17-PZ	SH3	29.45-30.00	3.88E-03	2.40E-03	1.36E-03	1.20E-03	1.00E-03	5.80E-04	3.65E-04	2.50E-04
MO-SC17-PZ	SH4	37.30-37.90	7.00E-03	6.40E-03	5.00E-03	5.00E-04	9.60E-04	1.00E-03	1.20E-03	9.40E-04
MO-SC22-DH	SH1	5.00-5.50				1.02E-02	1.41E-02	7.54E-03		
MO-SC29-PZ	SH2	19.40-20.00				9.57E-04				
MO-SC29-PZ	SH4	39.50-40.00					1.96E-04			
MO-SC30-DH	SH1	9.50-10.00			2.04E-03					
MO-SC30-DH	SH3	27.50-28.00				2.89E-04				
MO-SC31-DH	OS2	18.00-18.50					4.04E-03	1.91E-03	1.57E-03	
MO-SC31-DH	SH4	35.50-36.10				9.37E-03	3.28E-03	2.64E-03	2.15E-03	
MO-SC32-PZ	OS1	7.00-7.60			6.30E-04	3.89E-04	2.65E-04	2.41E-04	2.81E-04	
MO-SC32-PZ	OS2	25.30-25.90			1.26E-02	1.30E-02	9.14E-03	1.02E-02	8.88E-03	
MO-SC32-PZ	OS3	43.00-43.60			8.39E-04	9.47E-04	8.74E-04	6.75E-04	5.01E-04	
MO-SC33-PZ	OS1	5.50-6.10	3.25E-03	4.89E-03	6.04E-03	6.12E-03	7.14E-03	5.20E-03	5.49E-03	
MO-SC33-PZ	SH2	28.00-28.60			2.74E-03	1.04E-03	9.12E-04	7.15E-04	6.16E-04	
MO-SC34-DH	OS2	27.00-27.50					2.97E-03	1.08E-03	9.12E-04	

TAB. 13 – RISULTATI DELLE PROVE EDMETRICHE (COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE)

Sondaggio	Campione (CR / SH-OS / 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	
RE-SC1-PZ	SH1	4.50-5.00			5.50E-06	5.10E-06					
RE-SC2-DH	SH1	4.50-5.00	5.41E-08	4.86E-08	3.79E-08	2.48E-08	1.27E-08	5.40E-09	3.06E-09	5.68E-10	
RE-SC5-DH	SH1	3.00-3.60	4.52E-08	8.21E-08	4.77E-08	5.20E-08	1.82E-08	1.15E-08			
RE-SC5-DH	SH2	6.00-6.60			4.63E-09	4.93E-09	2.47E-09	1.93E-09			
RE-SC5-DH	SH3	9.00-9.60	2.70E-07	2.36E-08	7.01E-08	7.69E-09	2.29E-07	4.50E-07			
MO-SC1-PZ	SH1	3.00-3.60	1.02E-06	7.04E-08	3.48E-08	2.94E-08	1.59E-08	1.05E-08			
MO-SC1-PZ	SH2	6.00-6.60			7.06E-09	3.12E-09	1.20E-08	9.90E-10			
MO-SC1-PZ	SH3	9.00-9.60	4.01E-07	1.24E-06	5.87E-07	5.93E-07	2.93E-07	3.35E-08			
MO-SC2-PZ	SH1	10.00-10.60	6.58E-08	7.39E-08	6.95E-08	3.48E-08	2.02E-08	2.39E-09	6.94E-10	2.51E-10	
MO-SC2-PZ	SH2	17.00-17.60	4.77E-09	6.13E-09	5.45E-09	4.82E-09	1.90E-09	2.35E-10	7.75E-11	3.32E-11	
MO-SC2-PZ	SH3	27.00-27.60	1.26E-08	8.88E-09	6.37E-09	6.07E-09	3.31E-09	3.42E-10	8.80E-11	4.17E-11	
MO-SC3-DH	SH1	6.00-6.50		5.26E-09	4.25E-09	4.02E-09	1.59E-09	2.01E-10	4.37E-11	2.88E-11	
MO-SC3-DH	SH2	18.60-19.20	1.15E-08	7.31E-09	5.87E-09	4.86E-09	2.31E-09	2.78E-10	9.96E-11	3.14E-11	
MO-SC3-DH	SH3	28.50-29.10	1.69E-08	1.15E-08	9.46E-09	7.79E-09	5.77E-09	4.84E-10	2.18E-10	7.14E-11	
MO-SC4-PZ	SH1	8.60-9.10	9.99E-08	9.24E-08	8.46E-08	6.45E-08	3.85E-08	6.68E-09	2.20E-09	7.92E-10	
MO-SC4-PZ	SH2	18.00-18.70	1.16E-08	9.06E-09	7.61E-09	3.64E-09	2.01E-09	9.09E-10	2.59E-10	6.80E-11	
MO-SC4-PZ	SH3	26.70-27.40	1.49E-07	5.77E-08	4.33E-08	3.20E-08	2.97E-08	2.14E-08	1.34E-08	3.85E-09	
MO-SC4-PZ	SH4	36.10-36.60	2.25E-07	1.21E-07	6.19E-08	5.13E-08	3.95E-08	2.19E-08	1.28E-08	5.34E-09	
MO-SC4-PZ	SH5	42.35-42.95		4.81E-09	3.91E-09	2.11E-09	2.09E-09	8.65E-10	3.86E-10	1.66E-10	
MO-SC5-DH	SH1	4.50-5.10	9.27E-08	5.22E-08	7.04E-08	5.65E-08	2.38E-08	7.35E-09	1.96E-09	1.10E-09	
MO-SC5-DH	SH2	15.40-16.00	4.34E-08	2.89E-08	2.26E-08	1.53E-08	8.34E-09	4.56E-09	2.67E-09	6.98E-10	
MO-SC5-DH	SH3	24.60-25.20	1.90E-08	1.42E-08	1.35E-08	7.89E-09	3.30E-09	2.35E-09	9.13E-10	4.70E-10	
MO-SC5-DH	SH4	34.50-35.10	8.20E-08	6.93E-08	5.46E-08	3.93E-08	2.01E-08	6.75E-09	3.18E-09	1.23E-09	
MO-SC7-PZ	SH1	8.50-9.00	1.05E-08	8.53E-09	6.40E-09	5.62E-09	3.14E-09	1.70E-09	8.36E-10	3.95E-10	
MO-SC7-PZ	SH2	18.00-18.60	3.44E-08	1.97E-08	1.41E-08	1.24E-08	5.15E-09	4.19E-09	1.87E-09	7.73E-10	
MO-SC7-PZ	SH3	26.00-26.60	1.18E-07	8.69E-08	6.13E-08	5.27E-08	2.90E-08	1.73E-08	1.10E-08	3.83E-09	
MO-SC7-PZ	SH4	36.00-36.60	2.35E-08	1.52E-08	1.43E-08	4.98E-09	3.11E-09	1.33E-09	6.50E-10	3.24E-10	
MO-SC7-PZ	SH5	47.70-48.30	3.22E-08	2.39E-08	1.00E-08	5.49E-09	3.43E-09	1.87E-09	9.88E-10	4.70E-10	
MO-SC8-DH	SH1	5.00-5.60	8.16E-08	5.43E-08	3.72E-08	2.13E-08	1.36E-08	2.10E-09	7.32E-10	3.13E-10	
MO-SC8-DH	SH2	18.00-18.50	1.38E-07	9.19E-08	4.97E-08	2.82E-08	1.91E-08	1.09E-08	4.58E-09	2.31E-09	

Sondaggio	Campione (CR / SH-OS (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	
MO-SC8-DH	SH3	25.50-26.00	3.32E-07	1.97E-07	1.58E-07	7.12E-08	3.45E-08	1.03E-08	6.21E-09	2.89E-09	
MO-SC8-DH	SH4	36.00-36.60	1.90E-07	1.47E-07	1.05E-07	6.39E-08	3.39E-08	1.65E-08	1.02E-08	6.26E-09	
MO-SC8-DH	SH5	46.30-46.80	5.81E-08	4.79E-08	3.17E-08	2.49E-08	1.29E-08	3.32E-09	1.34E-09	3.96E-10	
MO-SC9-DH	SH1	5.70-6.30	2.84E-07	1.48E-07	8.55E-08	4.26E-08	3.90E-08	2.19E-08	1.02E-08	4.46E-09	
MO-SC9-DH	SH2	16.20-16.80		1.92E-08	1.15E-08	3.49E-09	2.01E-09	1.27E-09	6.68E-10	3.80E-10	
MO-SC9-DH	SH3	26.60-27.20		1.04E-08	6.82E-09	4.76E-09	3.66E-09	1.62E-09	1.36E-09	7.61E-10	
MO-SC9-DH	SH4	36.40-37.00		7.46E-09	6.29E-09	4.43E-09	2.85E-09	1.63E-09	8.58E-10	4.19E-10	
MO-SC9-DH	SH5	46.60-47.10		1.73E-08	7.41E-09	5.63E-09	4.42E-09	2.93E-09	1.68E-09	8.71E-10	
MO-SC10-PZ	SH1	8.80-9.40	1.61E-07	1.56E-07	9.82E-08	7.44E-08	3.78E-08	8.90E-09	3.32E-09	1.15E-09	
MO-SC10-PZ	SH2	17.70-18.30		1.30E-08	7.03E-09	4.73E-09	2.27E-09	8.88E-10	3.66E-10	1.63E-10	
MO-SC10-PZ	SH3	28.20-28.70	6.61E-08	6.84E-08	3.97E-08	3.67E-08	2.67E-08	1.34E-08	5.40E-09	3.17E-09	
MO-SC10-PZ	SH4	38.70-39.20	1.48E-08	7.44E-09	5.11E-09	4.38E-09	3.39E-09	2.87E-09	1.43E-09	6.81E-10	
MO-SC10-PZ	SH5	47.20-47.80		7.84E-08	2.02E-08	1.64E-08	1.08E-08	5.83E-09	4.99E-10	3.45E-10	
MO-SC11-DH	SH1	6.00-6.60		1.22E-08							
MO-SC11-DH	SH2	9.00-9.60			1.31E-08						
MO-SC12-PZ	SH1	3.50-4.10		3.15E-08							
MO-SC12-PZ	SH2	10.50-11.10			5.10E-08						
MO-SC12-PZ	SH3	30.00-30.60				1.34E-08					
MO-SC13-PZ	SH1	7.30-7.80	2.40E-07	1.94E-07	1.48E-07	7.63E-08	3.66E-08	1.24E-08	3.02E-09	6.37E-10	
MO-SC13-PZ	SH2	16.50-17.00	2.59E-08	2.16E-08	1.72E-08	1.09E-08	6.77E-09	3.44E-09	1.61E-09	6.68E-10	
MO-SC13-PZ	SH3	24.00-24.50	1.06E-08	7.06E-09	6.38E-09	4.86E-09	2.72E-09	1.41E-09	7.04E-10	3.88E-10	
MO-SC13-PZ	SH4	34.30-34.90	7.54E-08	6.30E-08	5.00E-08	2.73E-08	1.54E-08	8.26E-09	4.51E-09	1.08E-09	
MO-SC13-PZ	SH5	44.50-45.00	8.99E-08	6.69E-08	4.33E-08	1.95E-08	1.21E-08	6.03E-09	2.03E-09	1.09E-09	
MO-SC14-DH	SH1	9.00-9.60	8.26E-08	8.51E-08	4.95E-08	3.77E-08	1.89E-08	1.07E-09	7.49E-10	2.99E-10	
MO-SC14-DH	SH2	17.80-18.40	1.73E-08	1.67E-08	1.34E-08	7.12E-09	5.15E-09	2.85E-09	1.44E-09	7.84E-10	
MO-SC14-DH	SH3	30.80-31.40	2.14E-08	2.18E-08	1.18E-08	6.63E-09	3.56E-09	1.66E-09	8.54E-10	5.16E-10	
MO-SC14-DH	SH4	39.00-39.60		6.42E-08	5.38E-08	2.67E-08	6.76E-09	2.73E-09	1.33E-09	5.71E-10	
MO-SC14-DH	SH5	49.00-49.60		5.29E-08	4.14E-08	2.84E-08	7.33E-09	2.68E-09	1.79E-09	8.53E-10	
MO-SC16-DH	SH1	3.00-3.60	2.12E-07	1.17E-07	6.34E-08	4.27E-08	2.85E-08	1.41E-08	7.88E-09	4.02E-09	
MO-SC16-DH	SH2	8.00-8.60	3.87E-07	2.65E-07	9.45E-08	5.97E-08	2.87E-08	1.66E-08	8.85E-09	6.23E-09	
MO-SC16-DH	SH3	23.80-24.40	2.43E-08	1.90E-08	1.53E-08	9.47E-09	4.33E-09	2.06E-09	8.55E-10	7.34E-10	

Sondaggio	Campione (CR / SH-OS) 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	
MO-SC16-DH	SH4	35.80-36.40	1.07E-07	8.95E-08	5.90E-08	3.42E-08	8.65E-09	4.36E-09	2.56E-09	1.05E-09	
MO-SC17-PZ	SH1	5.90-6.50	2.09E-07	2.03E-07	1.38E-07	9.14E-08	4.86E-08	8.60E-09	2.95E-09	1.11E-09	
MO-SC17-PZ	SH2	17.60-18.20	1.25E-08	9.59E-09	9.37E-09	5.05E-09	3.14E-09	1.97E-09	1.75E-09	5.00E-10	
MO-SC17-PZ	SH3	29.45-30.00	1.91E-07	8.23E-08	4.49E-08	2.26E-08	1.26E-08	5.19E-09	2.12E-09	7.28E-10	
MO-SC17-PZ	SH4	37.30-37.90	3.68E-07	2.74E-07	1.94E-07	1.14E-08	1.26E-08	6.77E-09	5.61E-09	2.51E-09	
MO-SC22-DH	SH1	5.00-5.50				2.22E-07	1.75E-07	6.75E-08			
MO-SC29-PZ	SH2	19.40-20.00				2.52E-08					
MO-SC29-PZ	SH4	39.50-40.00					2.96E-09				
MO-SC30-DH	SH1	9.50-10.00			7.67E-08						
MO-SC30-DH	SH3	27.50-28.00				5.60E-09					
MO-SC31-DH	OS2	18.00-18.50					5.44E-08	2.08E-08	1.15E-08		
MO-SC31-DH	SH4	35.50-36.10				1.65E-07	4.38E-08	2.10E-08	1.04E-08		
MO-SC32-PZ	OS1	7.00-7.60			1.37E-08	9.34E-09	4.79E-09	2.66E-09	1.92E-09		
MO-SC32-PZ	OS2	25.30-25.90			4.67E-07	3.16E-07	1.43E-07	1.01E-07	5.47E-08		
MO-SC32-PZ	OS3	43.00-43.60			1.48E-08	1.40E-08	9.70E-09	5.04E-09	2.57E-09		
MO-SC33-PZ	OS1	5.50-6.10	2.09E-07	2.24E-07	1.28E-07	9.06E-08	7.01E-08	3.10E-08	1.79E-08		
MO-SC33-PZ	SH2	28.00-28.60			4.72E-08	1.63E-08	9.77E-09	4.78E-09	2.59E-09		
MO-SC34-DH	OS2	27.00-27.50					2.31E-08	6.66E-09	3.68E-09		

TAB. 14 – RISULTATI DELLE PROVE EDMETRICHE (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 ER-GE.4.1, ER-GE.4.2, ER-GE.4.3, ER-GE.4.4 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 argilloso
6. Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe
7. Rilevato autostradale esistente

Dalla lettura di questi elaborati si evince che la classe più presente nel sottosuolo in esame, considerando uno spessore una cinquantina di metri, è quella dei "Depositi prevalentemente argillosi, argilloso limosi o limoso argilloso" che domina tutta la porzione di pianura a sud della chilometrica 292.


In questo tratto, le altre tipologie di depositi formano solo delle lenti di dimensioni variabili.

Quelle di "Depositi prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie" e di "Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli" si trovano solo nel settore più meridionale a rappresentare le diramazioni più avanzate della conoide del fiume Secchia.

Per quanto riguarda i "Depositi prevalentemente limosi o limoso sabbiosi" un importante livello, spesso quasi 20 m, è stato rappresentato tra la chilometrica 309 e la chilometrica 310.

Da segnalare è anche la lente di "Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe", dunque, con caratteristiche geotecniche scadenti, che domina il primo sottosuolo tra le chilometriche 297 e 300.

Differente è, invece, l'assetto litostratigrafico del settore più settentrionale, a nord della chilometrica 292, dove si nota che, a partire da una profondità variabile, compresa tra i 7 e i 17 m dal piano d'indagine, si incontra un potente banco, pluridecametrico di "Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi", riconducibile alla sedimentazione del fiume Po, quando scorreva molto più a sud rispetto all'attuale posizione.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	47 di 143

5 ELABORAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI IN SITU

Le indagini effettuate, descritte nel capitolo 2, oltre a consentire di determinare la successione litostratimetrica dell'area oggetto di studio, 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 CPT e CPTU, 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 statiche CPTU mediante la seguente equazione:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{N_k}$$

assumendo $N_k=14$, valore comunemente accettato in bibliografia per terreni simili.

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:

$$c' = -0.1793 \cdot \phi' + 15.21$$


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)*:

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

dove il valore di N_{spt} viene ricavato utilizzando la correlazione di *Robertson (1983)* che lo mette in relazione alla resistenza alla punta (R_p) del penetrometro statico:

$$N_{SPT} = \frac{R_p}{4.5}$$

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	48 di 143

5.1.4 Modulo edometrico

In accordo alla correlazione di Mitchell e Gardner (1975) il modulo edometrico, partendo dai valori di resistenza alla punta R_p , si ottiene utilizzando la seguente espressione:

$$E_{ed} = \alpha R_p$$

dove i valori di α sono riportati nella Tab. 15 (w_n = umidità naturale espressa in percentuale).

Argille di bassa plasticità (CL)	$R_p < 0.7$	(MPa)	$3 < \alpha < 8$
	$0,7 < R_p < 2$	(MPa)	$2 < \alpha < 5$
	$R_p > 2$	(MPa)	$1 < \alpha < 2,5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$R_p < 2$	(MPa)	$1 < \alpha < 3$
	$R_p > 2$	(MPa)	$3 < \alpha < 6$
Limi e argille di alta plasticità (MH, CH)	$R_p < 2$	(MPa)	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$R_p < 1,2$	(MPa)	$2 < \alpha < 8$
Torba e argilla organica (Pt, OH)	$50 < w_n < 100$		$1,5 < \alpha < 4$
	$100 < w_n < 200$		$1 < \alpha < 1,5$
	$w_n > 200$		$0,4 < \alpha < 1$

TAB. 15 – CORRELAZIONE DI MITCHELL E GARDNER (1975)

5.2 Depositi granulari

5.2.1 Angolo di resistenza al taglio

Per i depositi granulari l'angolo di resistenza al taglio (ϕ') è stato stimato mediante la formule proposta da Shioi e Fukuni, *Road Bridge Specification* (1982):

$$\phi' = 27 + 0.3 * N_{spt}$$


dove il valore di N_{spt} viene ricavato utilizzando la correlazione di Robertson (1983) che lo mette in relazione alla resistenza alla punta (R_p) del penetrometro statico:

$$N_{SPT} = \frac{R_p}{4.5}$$

5.2.2 Modulo elastico

Il valore del modulo elastico E è stato ricavato mediante la relazione proposta da Schmertmann (1970,1978), partendo dalla resistenza alla punta R_p (prove CPT e CPTU):

$$E = 2.5 \cdot R_p$$


 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	49 di 143

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
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 Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

con il modulo elastico espresso in Kg/cm².

Il modulo elastico E (di Young), è stato ricavato anche dalle prove SPT, per i soli terreni costituiti da ghiaie e sabbie, tramite la relazione proposta da D'Apollonia et alii:

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

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	50 di 143

6 MODELLO GEOTECNICO

Partendo dagli accorpamenti litologici rappresentati negli elaborati ER-GE.4.1, ER-GE.4.2, ER-GE.4.3, ER-GE.4.4 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 ER-GT.2.1, ER-GT.2.2, ER-GT.2.3, ER-GT.2.4.

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.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	51 di 143

- 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:

- della sola resistenza alla punta, R_p (MPa), per le prove penetrometriche statiche con punta meccanica
- della resistenza alla punta, R_p (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. 01/2018).

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 $E=94.35$ kPa, il margine di errore, considerato l'insieme dei dati disponibili, risulta pari a circa 0.41 kPa, con un intervallo di confidenza pari al 95%.

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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	52 di 143

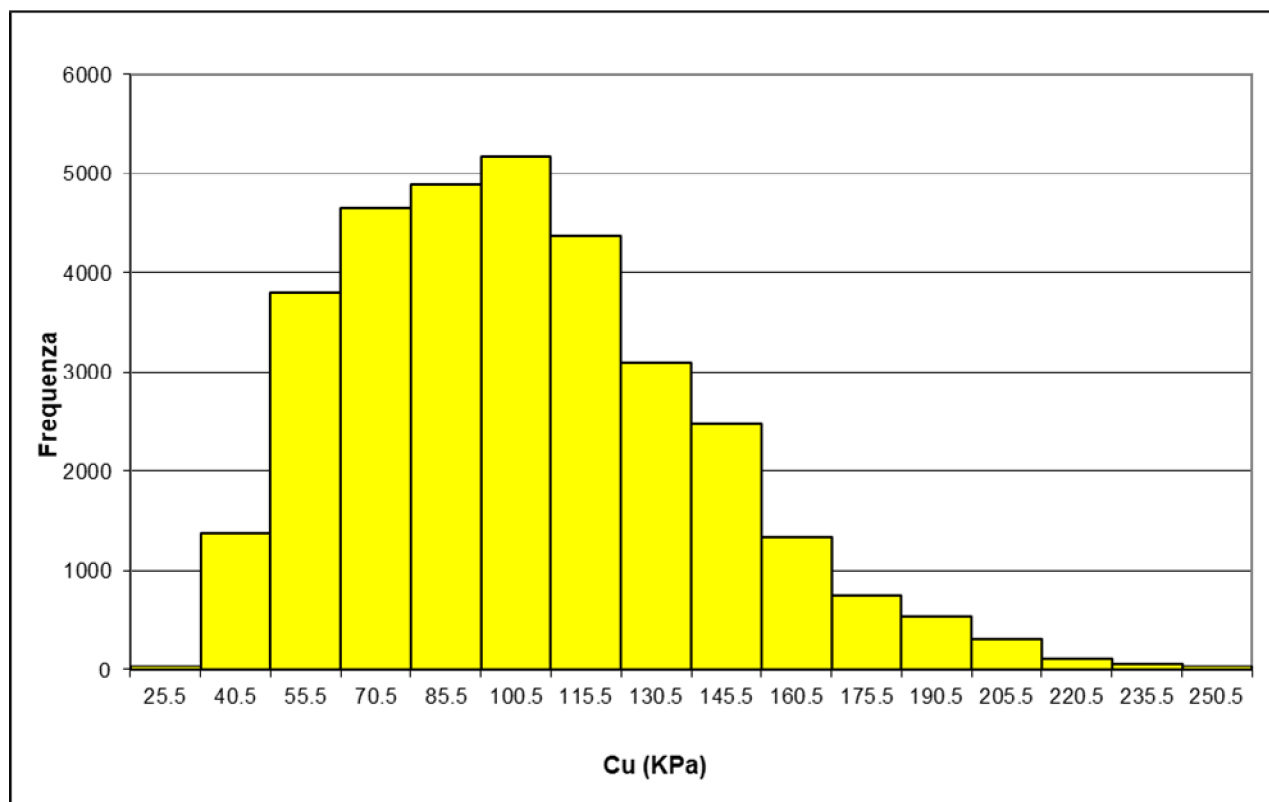



FIG. 2 - DISTRIBUZIONE LOGNORMALE DELLA COESIONE NON DRENATA DELL'ORIZZONTE D

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 $\gamma = 21.00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito:
 - valore caratteristico $\varphi'_k = 40.60^\circ$
 - valore medio $\varphi'_m = 41.10^\circ$
 - modulo elastico:
 - valore caratteristico: $E_{y_k} = 49.04 \text{ MPa}$
 - valore medio: $E_{y_m} = 50.50 \text{ MPa}$

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	53 di 143

6.2 Orizzonte B

- Comportamento: granulare
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito:
 - valore caratteristico $\varphi'_k = 32.40^\circ$
 - valore medio $\varphi'_m = 32.53^\circ$
 - modulo elastico:
 - valore caratteristico: $E_{y_k} = 18.82 \text{ MPa}$
 - valore medio: $E_{y_m} = 18.84 \text{ MPa}$

6.3 Orizzonte C

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata:
 - valore caratteristico $C_{u_k} = 97.03 \text{ kPa}$
 - valore medio $C_{u_m} = 98.02 \text{ kPa}$
 - coesione efficace:
 - valore caratteristico $c'_k = 11.18 \text{ kPa}$
 - valore medio $c'_m = 11.19 \text{ kPa}$
 - angolo d'attrito:
 - valore caratteristico $\varphi'_k = 22.80^\circ$
 - valore medio $\varphi'_m = 22.93^\circ$
 - modulo edometrico:
 - valore caratteristico: $E_{ed_k} = 5.23 \text{ MPa}$
 - valore medio: $E_{ed_m} = 5.30 \text{ MPa}$


 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	54 di 143

6.4 Orizzonte D

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata:
valore caratteristico $Cu_k = 94.35 \text{ kPa}$
valore medio $Cu_m = 94.41 \text{ kPa}$
 - coesione efficace:
valore caratteristico $c'_k = 11.22 \text{ kPa}$
valore medio $c'_m = 11.23 \text{ kPa}$
 - angolo d'attrito:
valore caratteristico $\varphi'_k = 22.45^\circ$
valore medio $\varphi'_m = 22.47^\circ$
 - modulo edometrico:
valore caratteristico: $Eed_k = 5.06 \text{ MPa}$
valore medio: $Eed_m = 5.07 \text{ MPa}$

6.5 Orizzonte E

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata:
valore caratteristico $Cu_k = 79.82 \text{ kPa}$
valore medio $Cu_m = 80.28 \text{ kPa}$
 - coesione efficace:
valore caratteristico $c'_k = 11.32 \text{ kPa}$
valore medio $c'_m = 11.33 \text{ kPa}$
 - angolo d'attrito:
valore caratteristico $\varphi'_k = 21.75^\circ$
valore medio $\varphi'_m = 21.80^\circ$
 - modulo edometrico:

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	55 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

valore caratteristico: $Eed_k = 4.52 \text{ MPa}$

valore medio: $Eed_m = 4.55 \text{ MPa}$

Nel modello geotecnico sono stati raffigurati anche il rilevato autostradale esistente e il livello di inviluppo 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.

6.6 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 definitiva 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.

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.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	56 di 143

6.6.1 Tratto Km 285+300-285+500

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' k °	c' kPa	c _u kPa	E _y Mpa	E _{ed} Mpa
B	Granulare	p.c.	2.10	20.0	28.5	0	-	6.9	
D	Coesivo	2.10	4.30/8.50	18.5	22.5	14	60		7.1
E	Coesivo	4.30	8.50	18.5	21.0	11	30		3.2
B1	Granulare	6.00/8.50	25.00	20.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 16 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

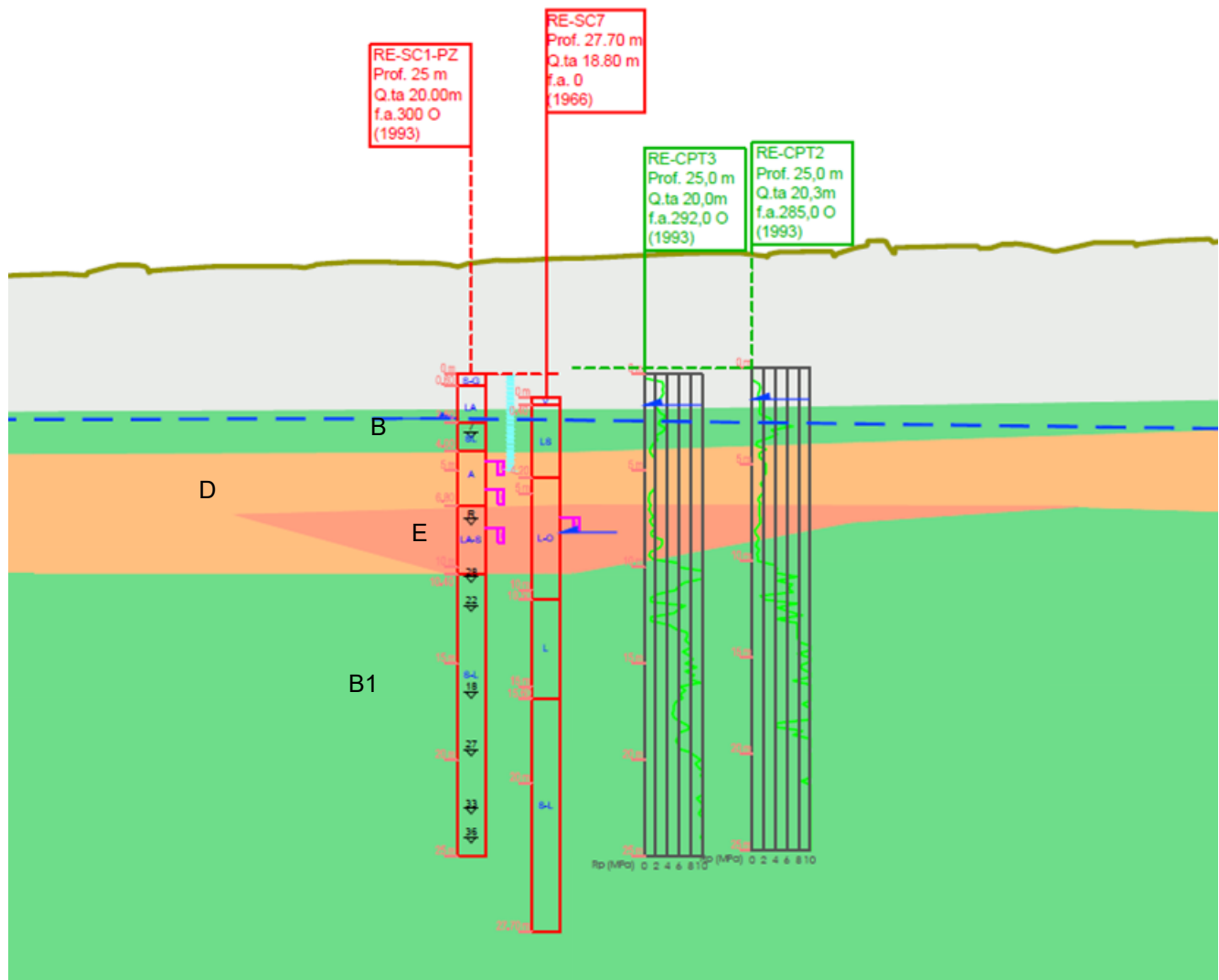


FIG. 3 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.2 Tratto Km 286+200-287+700

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' °	c' kPa	c_u kPa	E_y Mpa	E_{ed} Mpa
B	Granulare	p.c.	1.80	20.0	28.5	0	-	6.9	-
D	Coesivo	p.c./1.80	6.60	18.5	22.5	10	90	-	5.5
D1	Coesivo	6.60	10.10	18.5	21.5	14	60	-	4.0
D2	Coesivo	10.10	15.20	19.0	26.0	10	110	-	6.0
D3	Coesivo	15.20	19.50	18.5	21.0	10	50	-	3.7
C	Coesivo	4.90	11.00	19.0	22.8	11	97	-	5.2
B1	Granulare	11.00/19.50	30.00	20.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 17 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

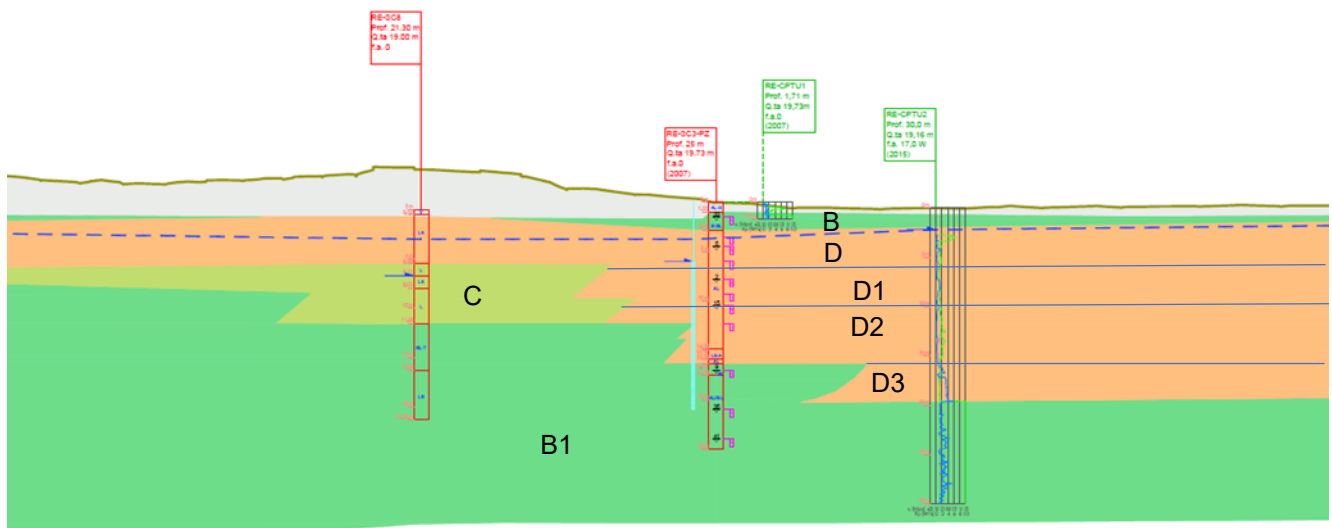


FIG. 4 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.3 Tratto Km 287+850-288+800

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' °	c' kPa	c _u kPa	E _y Mpa	E _{ed} Mpa
C	Coesivo	p.c.	15.80	19.0	22.8	11	97	-	5.2
E	Coesivo	2.80	3.90	18.5	21.5	10	50	-	3.5
D	Coesivo	p.c.	6.00	18.5	22.5	10	90	-	3.5
D1	Coesivo	7.20	13.10	19.0	26.0	10	110	-	6.0
B	Granulare	11.00/19.50	30.00	20.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 18 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

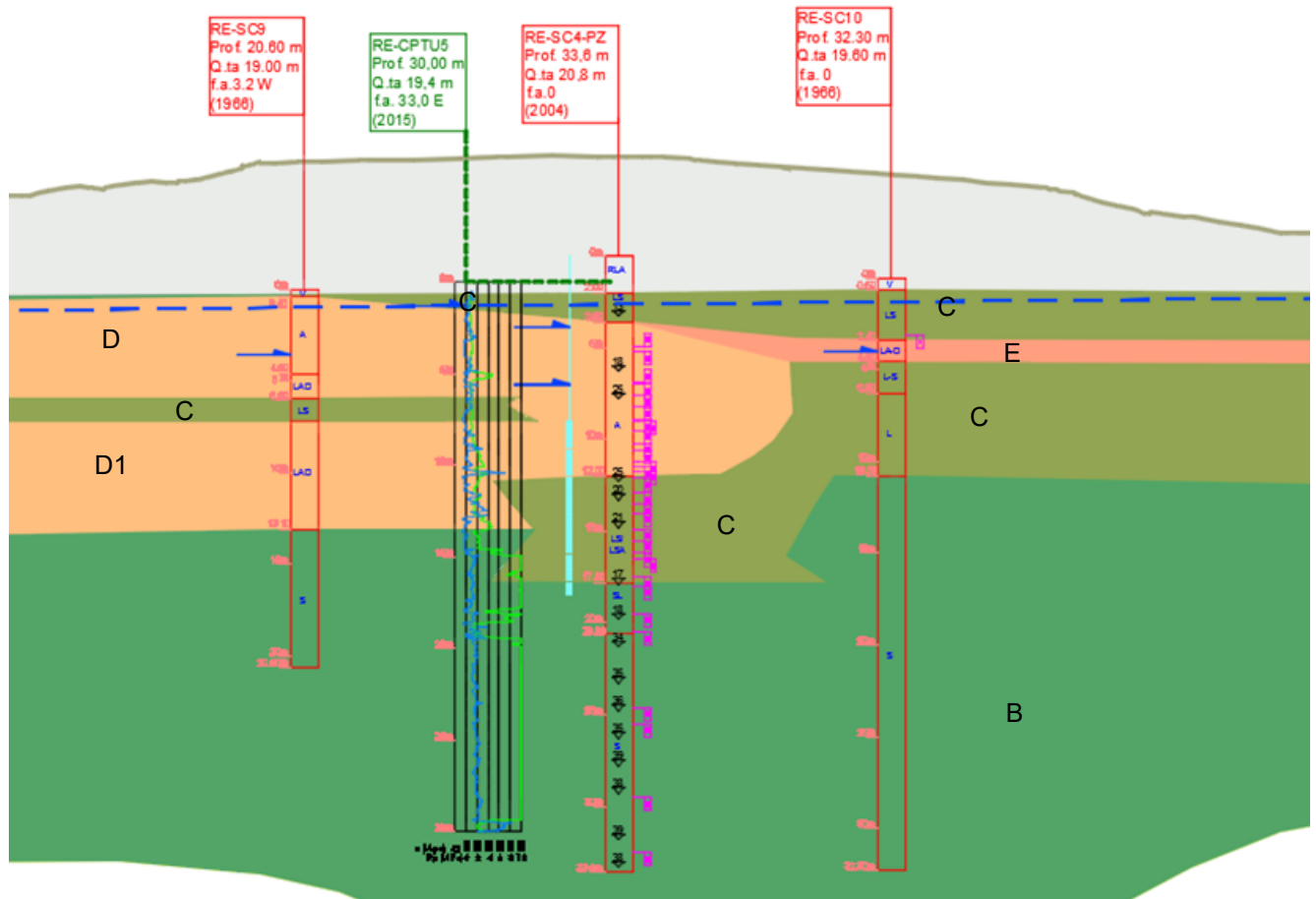


FIG. 5 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

6.6.4 Tratto Km 288+800-290+100

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' °	c' kPa	c_u kPa	E_y Mpa	E_{ed} Mpa
C	Coesivo	p.c.	2.50	19.0	22.8	11	97	-	5.2
E	Coesivo	p.c.	2.50	18.5	20.5	10	25	-	2.5
E1	Coesivo	2.50	6.00	18.5	21.5	10	50	-	3.5
C1	Coesivo	6.00	12.00	18.5	22.5	10	90	-	5.5
B	Granulare	12.00	22.00	20.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 19 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

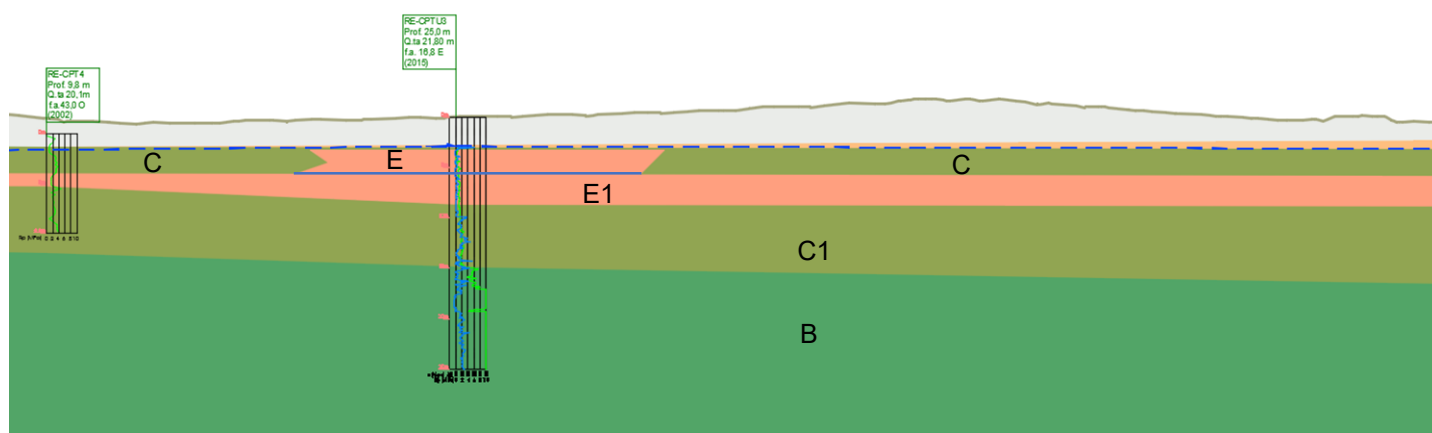



FIG. 6 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	60 di 143

6.6.5 Tratto Km 290+500-291+500

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' k °	c' kPa	c _u kPa	E _y Mpa	E _{ed} Mpa
D	Coesivo	p.c.	12.00	18.5	20.9	3.6	45	-	4.5
C	Coesivo	1.50	4.20	19.0	22.8	11	97	-	5.2
E	Coesivo	4.20	7.50	18.5	20.5	10	25	-	2.5
C1	Coesivo	7.50	13.50	18.5	22.5	10	90	-	5.5
B	Granulare	7.50	25.00	20.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 20 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

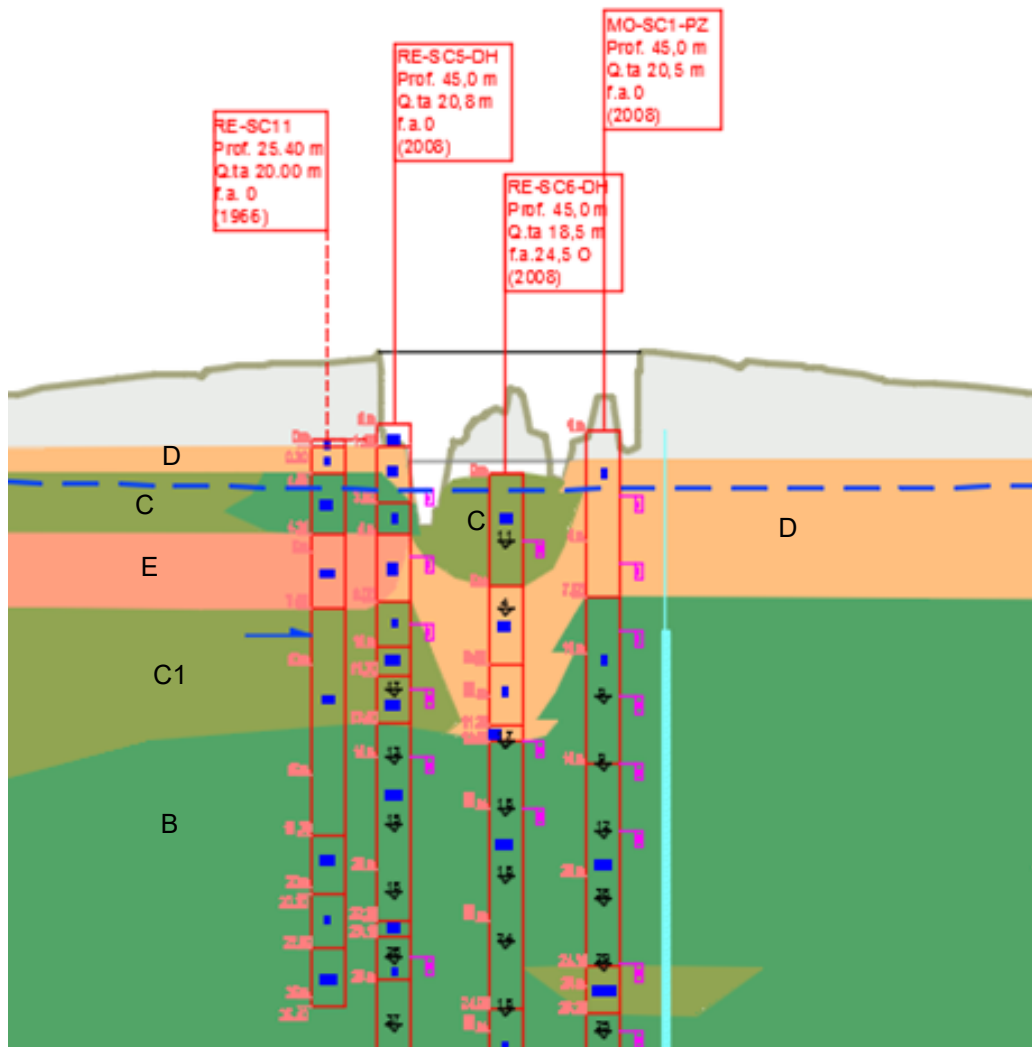


FIG. 7 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

6.6.6 Tratto Km 293+850-296+100

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' °	c' kPa	c_u kPa	E_y Mpa	E_{ed} Mpa
D	Coesivo	p.c.	5.50	18.5	21.5	10	75	-	4.5
D1	Coesivo	5.50	15.00/17.00	19.0	24.0	11	110	-	6.0
D2	Coesivo	15.00/17.00	22.00	19.0	22.5	10	90	-	5.5
D3	Coesivo	22.00	25.00	19.0	25.5	10	140	-	7.0
E	Coesivo	14.30	21.50	18.5	22.5	10	90	-	5.5
B	Granulare	19.00	24.00	21.00	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 21 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

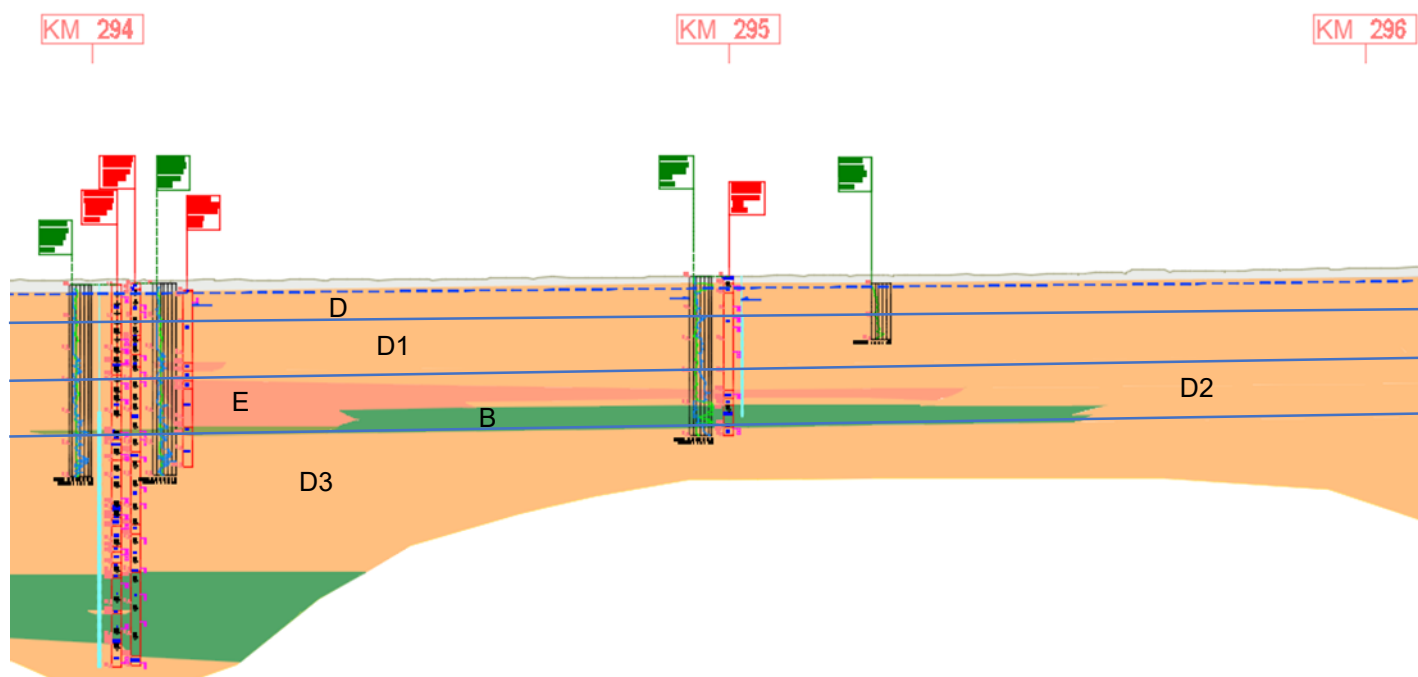



FIG. 8 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	62 di 143

6.6.7 Tratto Km 296+550-298+000

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' k °	c' kPa	c _u kPa	E _y Mpa	E _{ed} Mpa
D	Coesivo	p.c.	6.00	18.5	21.0	10	55	-	4.0
D1	Coesivo	6.00	22.00	19.0	22.0	10	80	-	4.5
D2	Coesivo	22.00	35.00	19.0	24.0	11	110	-	5.0
E	Coesivo	p.c.	9.00	18.5	21.0	10	50	-	4.0
C	Coesivo	11.00	14.90	19.5	22.8	11	97	-	5.2
B	Granulare	14.90	18.20	21.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 22 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

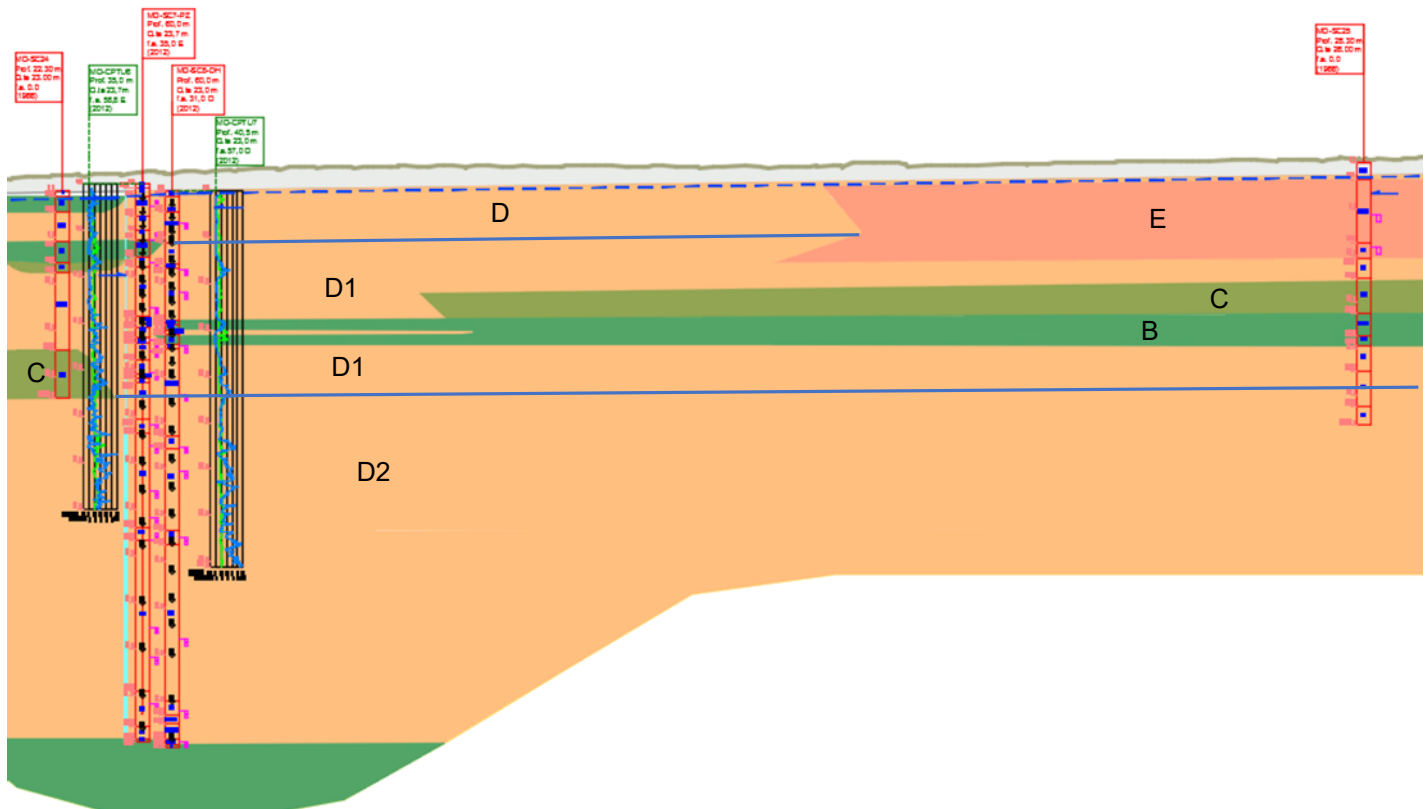



FIG. 9 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.8 Tratto Km 298+000-299+500

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	63 di 143

Orizzonte	tipo	da m	a m	γ kN/m ³	ϕ' k °	c' kPa	c _u kPa	E _y Mpa	E _{ed} Mpa
C	Coesivo	p.c.	7.00	18.5	21.5	10	75	-	4.5
E	Coesivo	p.c.	9.00	18.5	21.0	10	60	-	4.0
C1	Coesivo	9.00	14.90	19.5	22.8	11	97	-	5.2
B	Granulare	14.90	18.30	21.0	32.4	0	-	18.8	-
D	Coesivo	18.30	35.00	19.0	24.0	11	110	-	5.0

TAB. 23 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

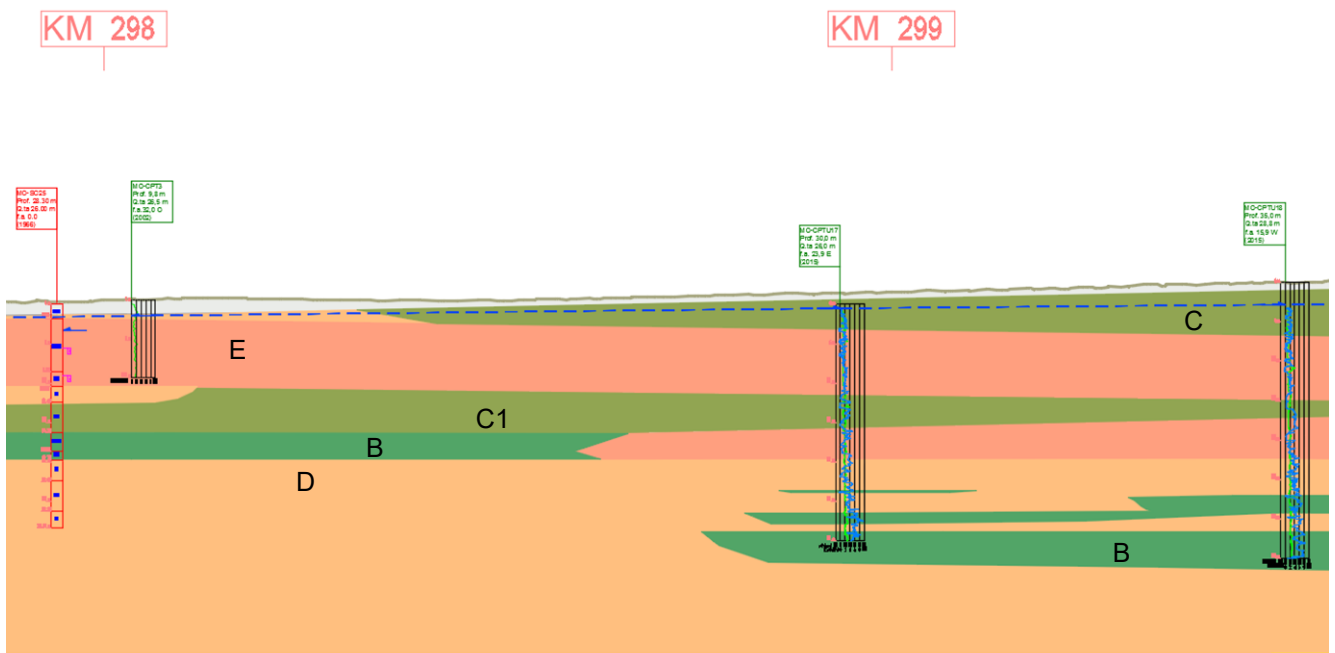



FIG. 10 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.9 Tratto Km 299+600-301+300

Orizzonte	tipo	da	a	γ	ϕ' k	c'	c _u	E _y	E _{ed}
-----------	------	----	---	----------	-----------	----	----------------	----------------	-----------------

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	64 di 143

		m	m	kN/m ³	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa
C	Coesivo	p.c.	3.40/6.40	18.5	21.5	10	75	-	4.5
E	Coesivo	6.40	21.90	18.5	21.0	10	60	-	4.0
D	Coesivo	3.40	13.00	18.5	20.5	10	50	-	3.5
D1	Coesivo	13.00	24.00	19.0	22.0	10	80	-	4.5
D2	Coesivo	24.00	35.00	19.0	24.0	11	110	-	5.0
B	Granulare			21.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 24 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

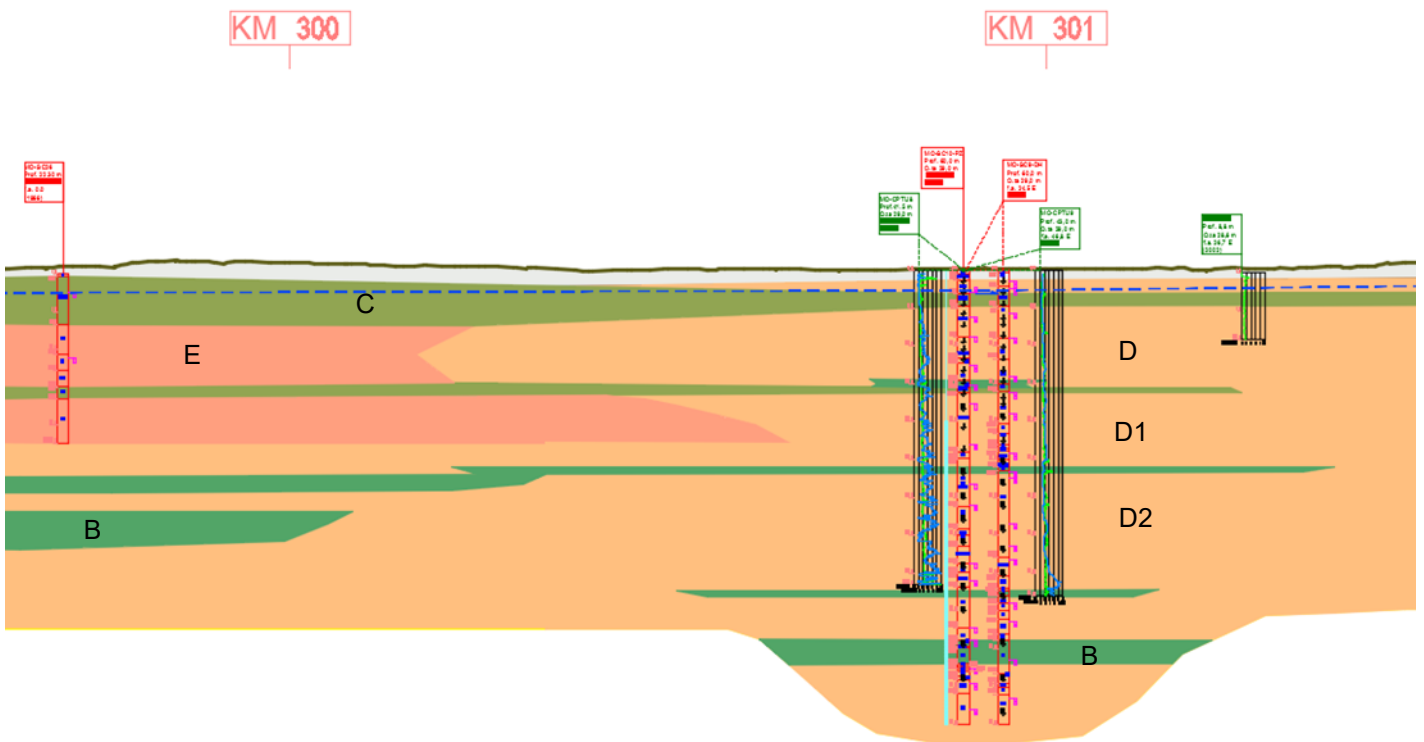



FIG. 11 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.10 Tratto Km 304+600-306+200

Orizzonte	tipo	da	a	γ	ϕ' 'k	c'	c_u	E_y	Eed
-----------	------	----	---	----------	------------	----	-------	-------	-----

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	65 di 143

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 Emilia-Romagna	
<i>Progetto definitivo</i>	

		m	m	kN/m ³	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa
D	Coesivo	p.c.	12.00	18.5	20.5	10	45	-	3.5
D1	Coesivo	12.00	20.50	18.5	21.0	10	60	-	4.0
B	Granulare	18.50	20.50	21.0	32.4	0	-	18.8	-
E	Coesivo	20.50	25.00	18.5	20.5	10	50	-	3.5

TAB. 25 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

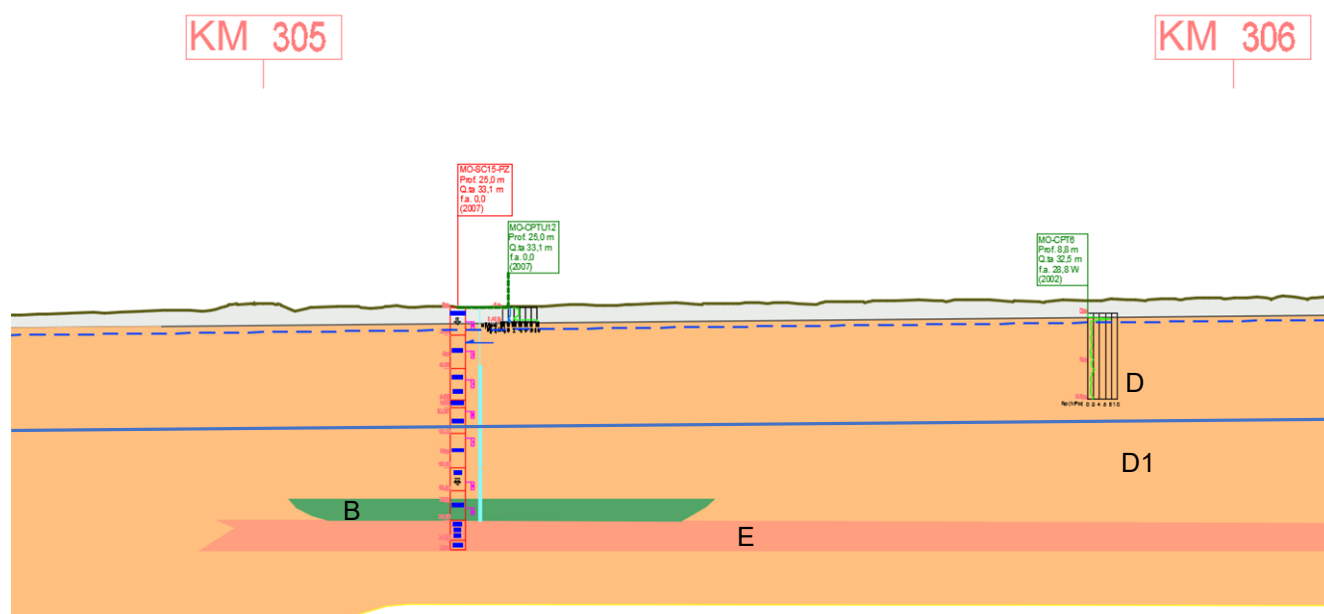


FIG. 12 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.11 Tratto Km 307+700-309+800

Orizzonte	tipo	da	a	γ	ϕ' k	c'	c_u	Ey	Eed
-----------	------	----	---	----------	-----------	----	-------	----	-----

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	66 di 143

		m	m	kN/m ³	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa
D	Coesivo	p.c.	7.00/9.50	18.5	20.5	10	30	-	3.0
D1	Coesivo	7.00/9.50	17.00	18.5	21.0	10	60	-	4.0
D2	Coesivo	17.00	24.00	19.0	22.0	10	80	-	4.5
D3	Coesivo	24.00	38.00/40.00	19.0	24.0	11	110	-	5.0
C	Coesivo	p.c.	18.80	18.5	21.5	10	75	-	4.5
B	Granulare			21.0	32.4	0	-	18.8	-

TAB. 26 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

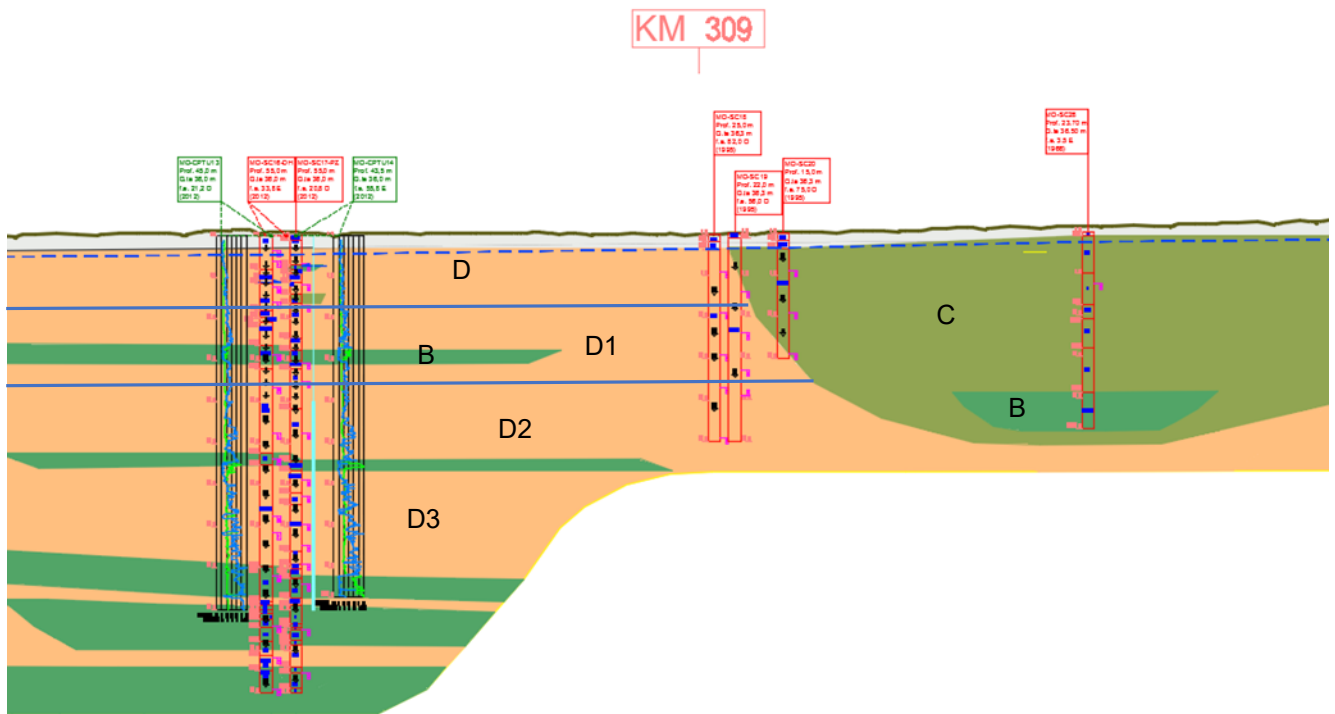


FIG. 13 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.12 Tratto Km 310+250-311+600

Orizzonte	tipo	da	a	γ	ϕ' k	c'	c _u	E _y	E _{ed}
		m	m	kN/m ³	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa

D	Coesivo	p.c.	3.00	18.5	20.5	10	30	-	3.0
D1	Coesivo	3.00	12.00/13.00	18.5	21.0	10	50	-	4.0
D2	Coesivo	12.00/13.00	22.00	19.0	22.0	10	65	-	4.5
D3	Coesivo	22.00	38.00	19.0	24.0	11	110	-	5.0
B	Granulare	2.00	19.00	20.0	29.5	-	-	15.0	-
A	Granulare	30.00	50.00	21.0	40.6	-	-	40.6	-

TAB. 27 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

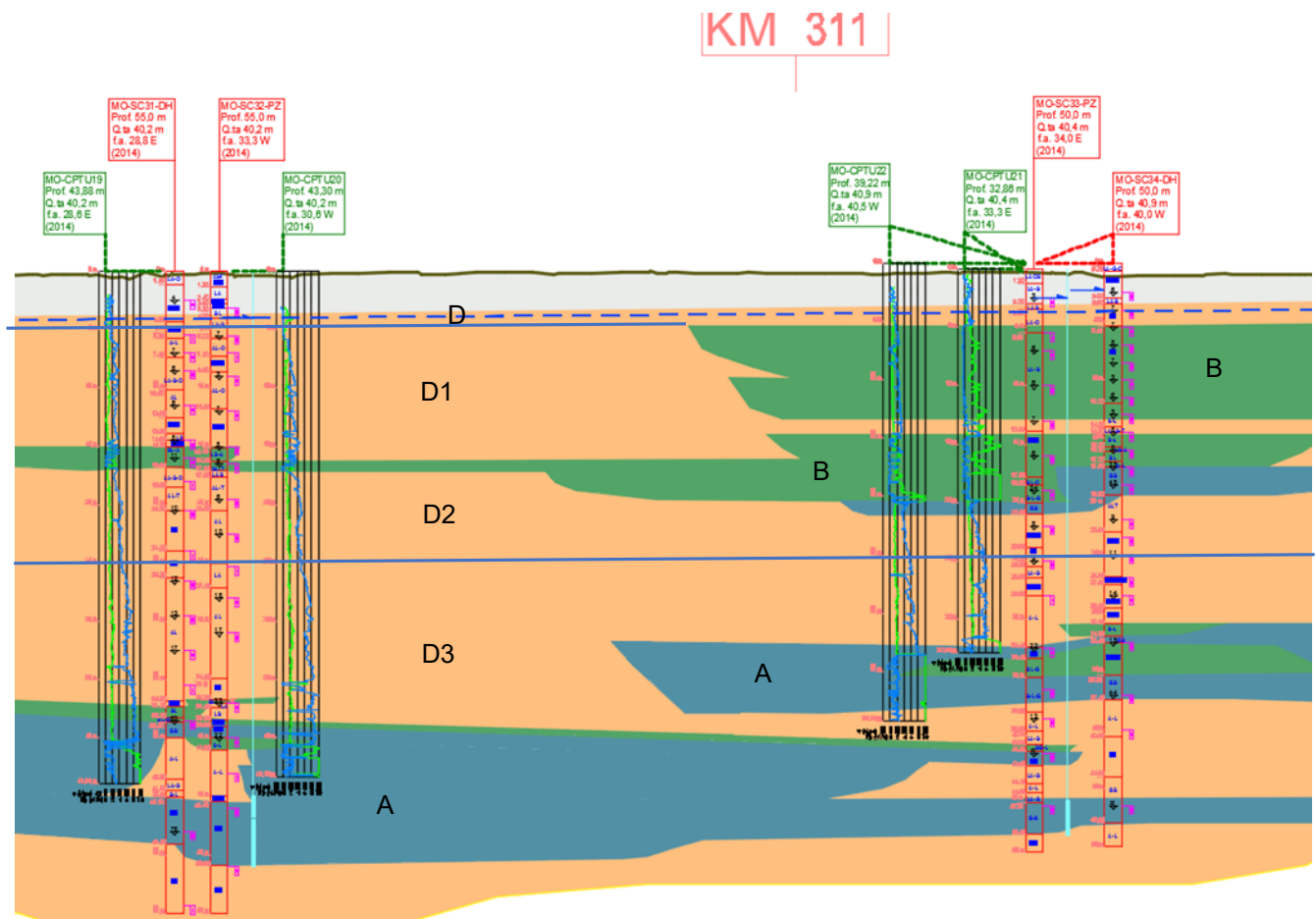


FIG. 14 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.13 Tratto Km 311+600-312+300

Orizzonte	tipo	da	a	γ	ϕ' 'k	c'	c_u	Ey	Eed
		m	m	kN/m ³	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa

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 Emilia-Romagna</i>	Progetto definitivo

D	Coesivo	p.c.	10.00	18.5	21.0	10	50	-	4.0
D1	Coesivo	10.00	23.00	19.0	22.5	10	70	-	4.5
D2	Coesivo	23.00	27.00	19.0	24.0	11	110	-	5.0
C	Coesivo	p.c.	18.80	18.5	21.5	10	75	-	4.5
B	Granulare			21.0	32.4	-	-	18.8	-
A	Granulare			21.0	40.6	-	-	40.6	-

TAB. 28 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

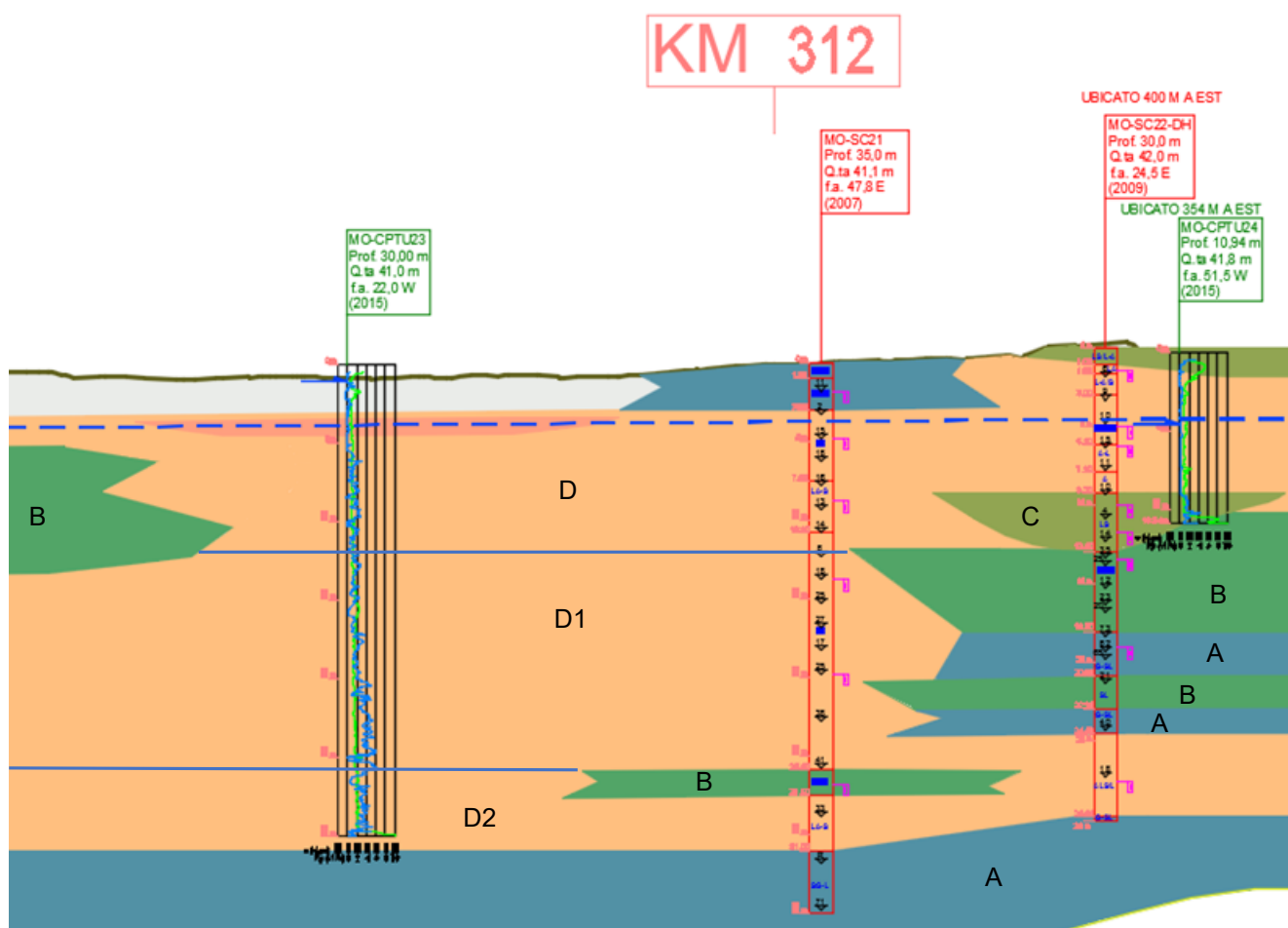


FIG. 15 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	69 di 143

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 Emilia-Romagna	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. 17 gennaio 2018.

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	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_M $\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

TAB. 29 – COEFFICIENTI RIDUTTIVI DEI PARAMETRI CARATTERISTICI ADOTTATI PER LE VERIFICHE (NTC 2018 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.

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 ad una superficie predefinita.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	70 di 143

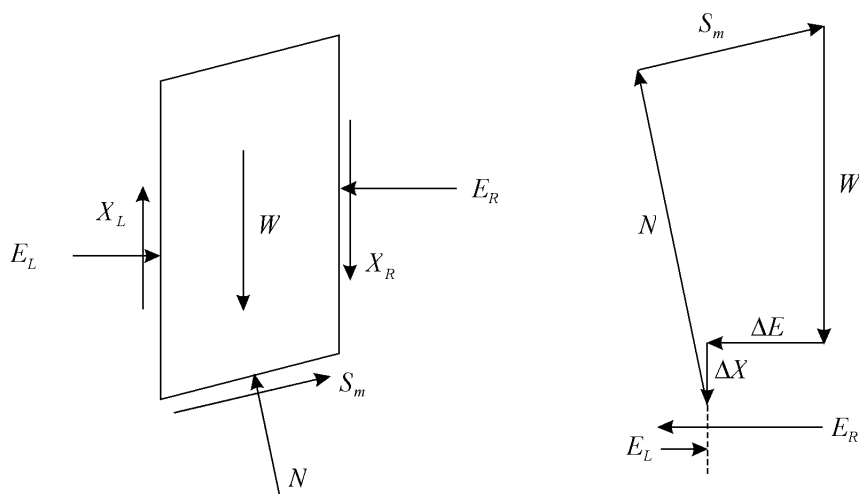


FIG. 16 – NOTAZIONI ADOTTATE NELLE FORMULE PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ

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 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":

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

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

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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	71 di 143

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

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 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.

7.1.4 Sezioni verificate

Nel presente studio la verifica di stabilità, su indicazione dei Progettisti, è stata effettuata nelle sezioni più critiche dell'intera tratta, corrispondenti alle zone dove verrà effettuato l'allargamento del rilevato autostradale nelle piazzole alle progressive 256+459 e 288+111.

Per entrambi i tratti è stata presa la sezione che presenta la massima altezza.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	72 di 143

Vista la variabilità litologica e geotecnica si è ritenuto opportuno adottare non i parametri geotecnici caratteristici degli strati dedotti dalle sezioni geotecniche, ma i valori dedotti dalle indagini più vicine alle sezioni considerate.

In Tab. 30 vengono riportate le indicazioni relative alle sezioni verificate, la stratigrafia dei terreni di fondazione ed i relativi parametri geotecnici.

Sezione	Profondità falda (m)	Indagine di riferimento	Stratigrafia terreno di fondazione	da m	a m	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	cu (kPa)
286+459	2	RE_CPTU2	argille	0	5	18	21	11	75
			limi	5	10	19	23	11	90
288+111	0.7	RE_CPTU5	argille	0	3	18	20	11	40
			argille	3	8	18	20.5	11	50

TAB. 30 – SEZIONI VERIFICATE E RELATIVI PARAMETRI GEOTECNICI

Per ciascuna sezione sono state eseguite 3 distinte verifiche, una in assenza di sisma ma con sovraccarico stradale, in condizioni drenate, ed una in condizioni sismiche, sia in condizioni drenate che non drenate.

I risultati sintetici delle verifiche effettuate sono riportati in Tab. 31, mentre i grafici ed i tabulati delle verifiche sono riportati nel capitolo successivo.

Sezione	Condizione	Fs
286+459	drenata statica	1.21
	drenata sismica	1.26
	non drenata sismica	1.45
288+111	drenata statica	1.12
	drenata sismica	1.26
	non drenata sismica	1.23

TAB. 31 – RISULTATI DELLE VERIFICHE

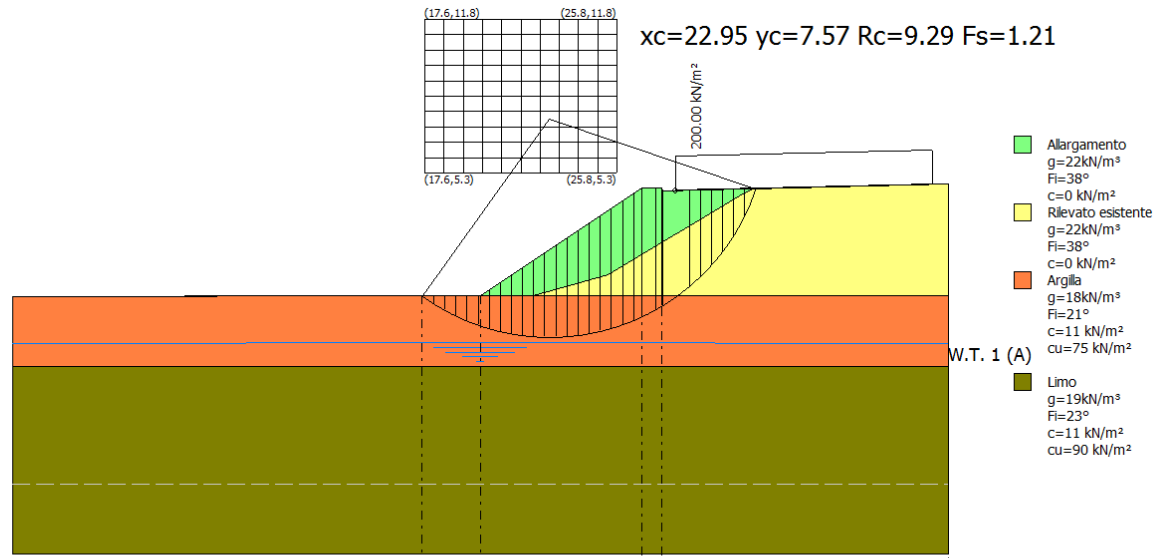
Come si può osservare, secondo i calcoli effettuati, il fattore di sicurezza minimo è risultato essere sempre superiore al limite di 1,1 (γ_r nel paragrafo 7.1.1).

7.1.5 Risultati della verifica

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

7.1.5.1 Sezione 286+459

Condizione statica



Quote	0.00	0.04	0.04	4.64	4.66	4.81
Distanze Parziali	0.00	17.50	2.50	6.91	0.84	12.23
Distanze Progressive	0.00	17.50	20.00	26.91	27.75	40.00

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

Normativa	NTC 2018 e Circ.
Numero di strati	4.0
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	17.62 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.28 m

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	74 di 143

Ascissa vertice destro superiore xs	25.83 m
Ordinata vertice destro superiore ys	11.83 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	17.5	0.04
3	20.0	0.04
4	26.91	4.64
5	27.75	4.66
6	27.77	4.52
7	40.0	4.81

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.0
2	20.0	-1.96
3	40.0	-2.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	25.43	0.96
5	31.07	4.29
6	31.62	4.61
7	40.0	4.81

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	40.0	0.04

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.96
2	40.0	-2.96

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

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

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	11	75	21	18	19	Argilla	
4	11	90	23	19	20	Limo	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	28.32	4.54	39.32	4.803095	200

Risultati analisi pendio [NTC 2018 e Circ.: [A2+M2+R2]]

=====

Fs minimo individuato 1.21
 Ascissa centro superficie 22.95 m
 Ordinata centro superficie 7.57 m
 Raggio superficie 9.29 m

=====

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.

xc = 22.953 yc = 7.574 Rc = 9.287 Fs=1.214
 Lambda = 0.348

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.47	-34.01	0.57	1.42
2	0.47	-30.55	0.55	3.98
3	0.47	-27.2	0.53	6.21
4	0.47	-23.96	0.52	8.15
5	0.47	-20.79	0.51	9.81
6	0.47	-17.69	0.5	12.15
7	0.47	-14.64	0.49	16.62
8	0.47	-11.63	0.48	20.87
9	0.47	-8.66	0.48	24.89
10	0.47	-5.71	0.48	28.7
11	0.47	-2.77	0.47	32.31
12	0.47	0.16	0.47	35.7
13	0.47	3.09	0.48	38.88

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	76 di 143

14	0.47	6.03	0.48	41.86
15	0.47	8.98	0.48	44.63
16	0.47	11.96	0.48	47.18
17	0.47	14.97	0.49	49.51
18	0.47	18.02	0.5	51.62
19	0.47	21.13	0.51	53.48
20	0.37	23.94	0.4	42.64
21	0.58	27.2	0.65	66.46
22	0.26	30.16	0.31	29.23
23	0.01	31.15	0.02	1.61
24	1.14	35.55	1.41	231.63
25	0.47	41.86	0.64	135.57
26	0.47	45.93	0.68	130.93
27	0.47	50.32	0.74	125.53
28	0.47	55.18	0.83	119.15
29	0.47	60.74	0.97	111.39
30	0.47	67.58	1.24	81.39

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	6.04	17.36	0.0	0.0	-13.54	0.9	0.0
2	12.62	36.24	6.04	17.36	-11.84	1.25	0.0
3	19.34	55.55	12.62	36.24	-9.28	1.9	0.0
4	25.98	74.63	19.34	55.55	-6.37	2.69	0.0
5	32.39	93.05	25.98	74.63	-3.36	3.54	0.0
6	38.79	111.42	32.39	93.05	-0.1	4.48	0.0
7	45.69	131.23	38.79	111.42	4.4	5.84	0.0
8	52.79	151.65	45.69	131.23	9.36	7.35	0.0
9	59.88	172.01	52.79	151.65	14.54	8.95	0.0
10	66.77	191.79	59.88	172.01	19.74	10.57	0.0
11	73.3	210.55	66.77	191.79	24.84	12.16	0.0
12	79.35	227.92	73.3	210.55	29.7	13.69	0.0
13	84.8	243.59	79.35	227.92	34.22	15.13	0.0
14	89.58	257.31	84.8	243.59	38.32	16.44	0.0
15	93.59	268.84	89.58	257.31	41.92	17.61	0.0
16	96.77	277.98	93.59	268.84	44.94	18.61	0.0
17	99.07	284.56	96.77	277.98	47.32	19.42	0.0
18	100.42	288.44	99.07	284.56	49.0	20.02	0.0
19	100.78	289.47	100.42	288.44	49.92	20.4	0.0
20	100.69	289.22	100.78	289.47	38.95	15.97	0.0
21	98.51	282.96	100.69	289.22	58.19	24.32	0.0
22	97.97	281.41	98.51	282.96	24.96	10.67	0.0
23	99.43	285.59	97.97	281.41	2.3	0.89	0.0
24	77.54	222.73	99.43	285.59	169.71	66.42	0.0
25	70.39	202.2	77.54	222.73	92.59	59.6	0.0
26	60.54	173.89	70.39	202.2	77.59	49.95	0.0
27	48.09	138.12	60.54	173.89	60.56	38.99	0.0
28	33.13	95.15	48.09	138.12	41.3	26.59	0.0
29	15.74	45.22	33.13	95.15	19.38	12.48	0.0
30	-0.12	-0.33	15.74	45.22	-5.01	-3.23	0.0

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17.6	5.3	10.8	3.22
2	18.0	5.6	11.1	2.49
3	18.4	5.3	10.8	2.44
4	18.8	5.6	11.1	2.09
5	19.3	5.3	10.8	1.92
6	19.7	5.6	11.1	1.77
7	20.1	5.3	9.5	1.91
8	20.5	5.6	11.1	1.61
9	20.9	5.3	9.5	1.66
10	21.3	5.6	11.1	1.50
11	21.7	5.3	9.5	1.50
12	22.1	5.6	8.6	1.40
13	22.5	5.3	8.3	1.39
14	23.0	5.6	8.6	1.31
15	23.4	5.3	8.2	1.32
16	23.8	5.6	8.6	1.28
17	24.2	5.3	8.2	1.29
18	24.6	5.6	8.6	1.27
19	25.0	5.3	8.2	1.30
20	25.4	5.6	8.6	1.31
21	25.8	5.3	8.2	1.36
22	17.6	5.9	12.7	2.14
23	18.0	6.3	13.0	1.98
24	18.4	5.9	11.4	2.11
25	18.8	6.3	11.8	1.84
26	19.3	5.9	11.4	1.80
27	19.7	6.3	11.8	1.64
28	20.1	5.9	11.4	1.61
29	20.5	6.3	11.8	1.51
30	20.9	5.9	11.4	1.50
31	21.3	6.3	10.5	1.43
32	21.7	5.9	8.9	1.37
33	22.1	6.3	9.2	1.33
34	22.5	5.9	8.9	1.31
35	23.0	6.3	9.2	1.26
36	23.4	5.9	8.9	1.27
37	23.8	6.3	9.2	1.24
38	24.2	5.9	7.6	1.25
39	24.6	6.3	9.2	1.25
40	25.0	5.9	7.6	1.27
41	25.4	6.3	9.2	1.29
42	25.8	5.9	8.9	1.33
43	17.6	6.6	12.1	2.32
44	18.0	6.9	13.7	1.84
45	18.4	6.6	13.3	1.82
46	18.8	6.9	12.4	1.72
47	19.3	6.6	12.1	1.68
48	19.7	6.9	12.4	1.56
49	20.1	6.6	12.1	1.54
50	20.5	6.9	12.4	1.47


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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

51	20.9	6.6	10.8	1.45
52	21.3	6.9	9.9	1.37
53	21.7	6.6	9.6	1.35
54	22.1	6.9	8.6	1.29
55	22.5	6.6	9.6	1.27
56	23.0	6.9	8.6	1.27
57	23.4	6.6	8.3	1.23
58	23.8	6.9	8.6	1.25
59	24.2	6.6	9.6	1.24
60	24.6	6.9	8.6	1.26
61	25.0	6.6	9.5	1.26
62	25.4	6.9	9.7	1.30
63	25.8	6.6	9.3	1.33
64	17.6	7.2	12.8	2.09
65	18.0	7.6	13.1	1.88
66	18.4	7.2	14.0	1.71
67	18.8	7.6	14.3	1.63
68	19.3	7.2	12.7	1.64
69	19.7	7.6	11.8	1.54
70	20.1	7.2	11.5	1.50
71	20.5	7.6	11.8	1.42
72	20.9	7.2	11.5	1.40
73	21.3	7.6	10.6	1.32
74	21.7	7.2	9.0	1.32
75	22.1	7.6	9.3	1.27
76	22.5	7.2	9.0	1.28
77	23.0	7.6	9.3	1.21
78	23.4	7.2	9.0	1.25
79	23.8	7.6	9.3	1.24
80	24.2	7.2	8.9	1.25
81	24.6	7.6	9.2	1.25
82	25.0	7.2	8.8	1.27
83	25.4	7.6	9.7	1.30
84	25.8	7.2	9.3	1.33
85	17.6	7.9	14.7	1.79
86	18.0	8.2	13.7	1.70
87	18.4	7.9	14.7	1.66
88	18.8	8.2	15.0	1.59
89	19.3	7.9	14.7	1.56
90	19.7	8.2	12.5	1.48
91	20.1	7.9	12.1	1.45
92	20.5	8.2	10.0	1.42
93	20.9	7.9	12.1	1.36
94	21.3	8.2	10.0	1.31
95	21.7	7.9	9.6	1.29
96	22.1	8.2	11.2	1.28
97	22.5	7.9	10.9	1.26
98	23.0	8.2	9.9	1.25
99	23.4	7.9	9.6	1.24
100	23.8	8.2	9.9	1.23
101	24.2	7.9	9.6	1.24
102	24.6	8.2	10.6	1.27
103	25.0	7.9	10.1	1.28
104	25.4	8.2	11.1	1.30

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	79 di 143


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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

105	25.8	7.9	10.6	1.33
106	17.6	8.6	15.3	1.71
107	18.0	8.9	15.6	1.63
108	18.4	8.6	14.1	1.65
109	18.8	8.9	14.4	1.56
110	19.3	8.6	12.8	1.52
111	19.7	8.9	14.4	1.47
112	20.1	8.6	14.1	1.45
113	20.5	8.9	11.9	1.34
114	20.9	8.6	11.5	1.31
115	21.3	8.9	10.6	1.30
116	21.7	8.6	10.3	1.27
117	22.1	8.9	11.9	1.26
118	22.5	8.6	11.5	1.25
119	23.0	8.9	11.9	1.24
120	23.4	8.6	10.3	1.24
121	23.8	8.9	11.4	1.26
122	24.2	8.6	11.0	1.26
123	24.6	8.9	10.6	1.27
124	25.0	8.6	11.5	1.29
125	25.4	8.9	11.2	1.31
126	25.8	8.6	10.7	1.34
127	17.6	9.2	16.0	1.65
128	18.0	9.5	16.3	1.59
129	18.4	9.2	14.7	1.59
130	18.8	9.5	13.8	1.51
131	19.3	9.2	14.7	1.49
132	19.7	9.5	15.0	1.44
133	20.1	9.2	10.9	1.42
134	20.5	9.5	12.5	1.31
135	20.9	9.2	10.9	1.32
136	21.3	9.5	11.3	1.29
137	21.7	9.2	12.2	1.28
138	22.1	9.5	12.5	1.26
139	22.5	9.2	12.2	1.25
140	23.0	9.5	12.2	1.27
141	23.4	9.2	10.5	1.26
142	23.8	9.5	11.5	1.27
143	24.2	9.2	11.1	1.27
144	24.6	9.5	12.1	1.29
145	25.0	9.2	11.6	1.30
146	25.4	9.5	12.6	1.34
147	25.8	9.2	12.2	1.35
148	17.6	9.9	16.6	1.62
149	18.0	10.2	16.9	1.55
150	18.4	9.9	16.6	1.54
151	18.8	10.2	15.7	1.49
152	19.3	9.9	15.4	1.47
153	19.7	10.2	15.7	1.42
154	20.1	9.9	11.6	1.40
155	20.5	10.2	11.9	1.34
156	20.9	9.9	10.3	1.31
157	21.3	10.2	10.7	1.28
158	21.7	9.9	10.3	1.26

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	80 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo


159	22.1	10.2	12.9	1.29
160	22.5	9.9	12.6	1.28
161	23.0	10.2	12.4	1.30
162	23.4	9.9	12.0	1.28
163	23.8	10.2	13.0	1.29
164	24.2	9.9	12.5	1.29
165	24.6	10.2	12.2	1.31
166	25.0	9.9	11.7	1.32
167	25.4	10.2	12.8	1.35
168	25.8	9.9	12.3	1.37
169	17.6	10.5	16.0	1.62
170	18.0	10.8	16.4	1.55
171	18.4	10.5	14.8	1.50
172	18.8	10.8	16.3	1.47
173	19.3	10.5	16.0	1.45
174	19.7	10.8	15.1	1.41
175	20.1	10.5	13.5	1.38
176	20.5	10.8	11.3	1.34
177	20.9	10.5	11.0	1.30
178	21.3	10.8	14.9	1.32
179	21.7	10.5	13.3	1.31
180	22.1	10.8	13.3	1.28
181	22.5	10.5	12.8	1.26
182	23.0	10.8	13.9	1.27
183	23.4	10.5	13.4	1.26
184	23.8	10.8	13.1	1.32
185	24.2	10.5	12.6	1.31
186	24.6	10.8	13.7	1.34
187	25.0	10.5	13.3	1.34
188	25.4	10.8	13.0	1.38
189	25.8	10.5	12.5	1.40
190	17.6	11.2	16.7	1.59
191	18.0	11.5	15.8	1.51
192	18.4	11.2	16.7	1.49
193	18.8	11.5	17.0	1.45
194	19.3	11.2	16.7	1.43
195	19.7	11.5	15.7	1.40
196	20.1	11.2	14.2	1.36
197	20.5	11.5	15.6	1.35
198	20.9	11.2	12.6	1.33
199	21.3	11.5	15.4	1.31
200	21.7	11.2	13.6	1.29
201	22.1	11.5	13.4	1.30
202	22.5	11.2	14.4	1.29
203	23.0	11.5	14.0	1.29
204	23.4	11.2	13.6	1.28
205	23.8	11.5	14.7	1.31
206	24.2	11.2	14.2	1.31
207	24.6	11.5	13.9	1.33
208	25.0	11.2	13.4	1.38
209	25.4	11.5	14.6	1.38
210	25.8	11.2	12.7	1.47
211	17.6	11.8	17.3	1.56
212	18.4	11.8	17.3	1.48

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	81 di 143

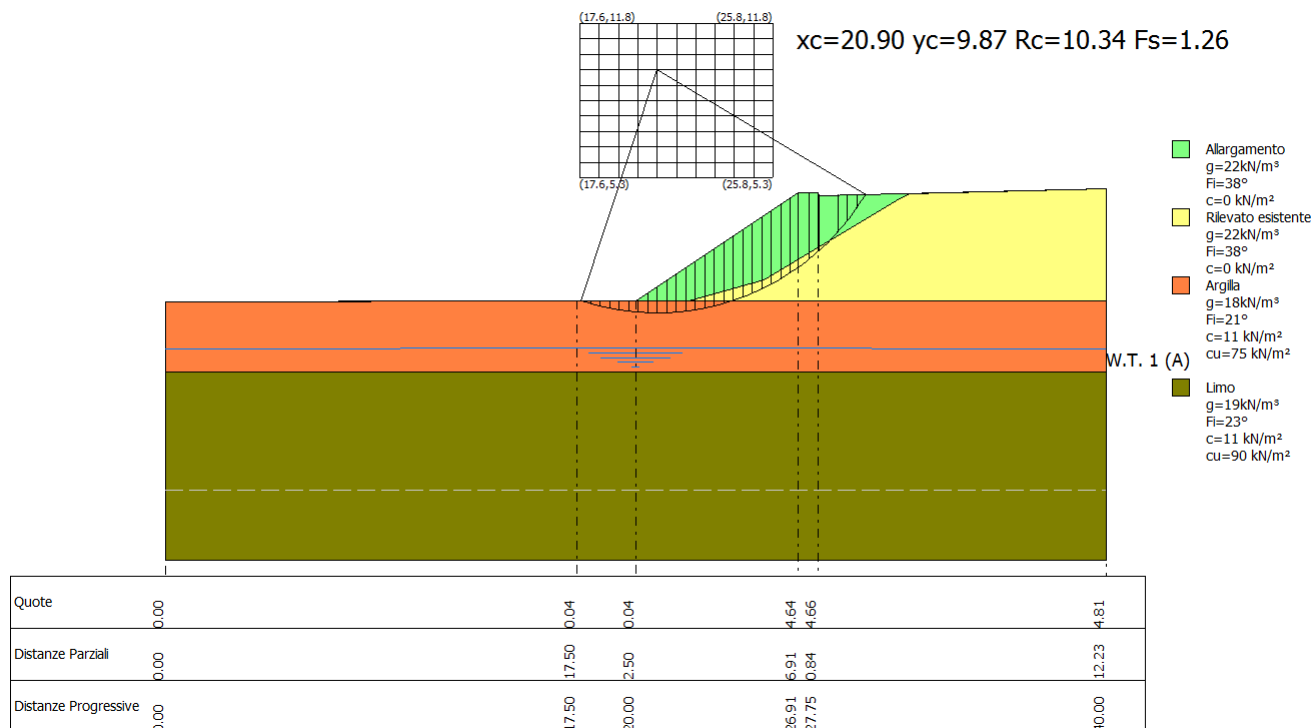
PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

213	19.3	11.8	16.1	1.42
214	20.1	11.8	14.6	1.35
215	20.9	11.8	15.7	1.32
216	21.7	11.8	15.3	1.32
217	22.5	11.8	14.5	1.30
218	23.4	11.8	15.2	1.32
219	24.2	11.8	14.4	1.32
220	25.0	11.8	15.1	1.38
221	25.8	11.8	12.9	1.52

=====

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	82 di 143

Condizione sismica drenata



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

Lat./Long.	44.905591/10.848479
Normativa	NTC 2018 e Circ.
Numero di strati	4.0
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	17.62 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	25.83 m
Ordinata vertice destro superiore ys	11.83 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	83 di 143

=====

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: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.65	2.51	0.29
S.L.D.	201.0	0.82	2.55	0.28
S.L.V.	1898.0	2.14	2.49	0.29
S.L.C.	2475.0	2.37	2.47	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.	0.975	0.18	0.0179	0.0089
S.L.D.	1.23	0.18	0.0226	0.0113
S.L.V.	2.9403	0.31	0.093	0.0465
S.L.C.	3.1801	0.31	0.1005	0.0503

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.093
 Coefficiente azione sismica verticale 0.047

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	17.5	0.04
3	20.0	0.04
4	26.91	4.64
5	27.75	4.66
6	27.77	4.52
7	40.0	4.81

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.0
2	20.0	-1.96
3	40.0	-2.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	25.43	0.96
5	31.07	4.29
6	31.62	4.61
7	40.0	4.81

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	40.0	0.04

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.96
2	40.0	-2.96

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	11	75	21	18	19	Argilla	
4	11	90	23	19	20	Limo	

Risultati analisi pendio [NTC 2018 e Circ.: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.26
Ascissa centro superficie	20.9 m
Ordinata centro superficie	9.87 m
Raggio superficie	10.34 m

xc = 20.902 yc = 9.866 Rc = 10.343 Fs=1.257

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	85 di 143

Lambda = 0.447

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.4	-17.02	0.42	0.47
2	0.4	-14.7	0.42	1.3
3	0.4	-12.4	0.41	2.01
4	0.4	-10.11	0.41	2.59
5	0.4	-7.85	0.41	3.06
6	0.4	-5.6	0.41	3.4
7	0.4	-3.35	0.4	5.39
8	0.4	-1.12	0.4	7.89
9	0.4	1.12	0.4	10.28
10	0.4	3.36	0.4	12.56
11	0.4	5.6	0.41	14.72
12	0.4	7.86	0.41	16.76
13	0.4	10.12	0.41	18.69
14	0.4	12.4	0.41	20.49
15	0.4	14.7	0.42	22.18
16	0.4	17.03	0.42	23.74
17	0.4	19.38	0.43	25.05
18	0.4	21.77	0.43	26.09
19	0.4	24.2	0.44	26.96
20	0.4	26.68	0.45	27.65
21	0.4	29.22	0.46	28.14
22	0.4	31.81	0.48	28.42
23	0.35	34.31	0.43	24.78
24	0.46	37.07	0.57	30.47
25	0.39	40.06	0.51	23.16
26	0.01	41.51	0.02	0.81
27	0.81	44.73	1.14	35.91
28	0.4	49.6	0.62	12.3
29	0.4	53.19	0.67	7.9
30	0.4	57.12	0.74	2.84

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	2.19	4.89	0.0	0.0	-3.04	2.21	0.0
2	4.46	9.97	2.19	4.89	-2.13	2.4	0.0
3	6.73	15.06	4.46	9.97	-1.22	2.6	0.0
4	8.97	20.06	6.73	15.06	-0.36	2.78	0.0
5	11.12	24.87	8.97	20.06	0.42	2.96	0.0
6	13.16	29.44	11.12	24.87	1.09	3.11	0.0
7	15.29	34.21	13.16	29.44	3.26	3.63	0.0
8	17.47	39.08	15.29	34.21	6.0	4.29	0.0
9	19.59	43.82	17.47	39.08	8.72	4.96	0.0
10	21.55	48.22	19.59	43.82	11.35	5.61	0.0
11	23.28	52.08	21.55	48.22	13.86	6.23	0.0
12	24.7	55.26	23.28	52.08	16.2	6.81	0.0
13	25.76	57.61	24.7	55.26	18.33	7.35	0.0
14	26.39	59.03	25.76	57.61	20.23	7.84	0.0
15	26.56	59.41	26.39	59.03	21.87	8.26	0.0


16	26.23	58.66	26.56	59.41	23.21	8.63	0.0
17	26.66	59.63	26.23	58.66	23.88	11.87	0.0
18	26.57	59.43	26.66	59.63	24.48	12.17	0.0
19	25.93	58.0	26.57	59.43	24.72	12.29	0.0
20	24.72	55.31	25.93	58.0	24.58	12.22	0.0
21	22.95	51.35	24.72	55.31	24.05	11.96	0.0
22	20.62	46.12	22.95	51.35	23.12	11.5	0.0
23	18.14	40.58	20.62	46.12	19.05	9.47	0.0
24	14.5	32.44	18.14	40.58	21.74	10.81	0.0
25	11.26	25.19	14.5	32.44	14.99	7.45	0.0
26	11.14	24.92	11.26	25.19	0.5	0.25	0.0
27	5.0	11.19	11.14	24.92	19.06	9.48	0.0
28	2.51	5.6	5.0	11.19	4.84	2.41	0.0
29	0.72	1.6	2.51	5.6	2.23	1.11	0.0
30	0.0	0.0	0.72	1.6	0.44	0.22	0.0

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17.6	5.3	12.0	1.82
2	18.0	5.6	9.9	1.80
3	18.4	5.3	9.5	1.78
4	18.8	5.6	8.6	1.64
5	19.3	5.3	8.3	1.64
6	19.7	5.6	7.4	1.46
7	20.1	5.3	8.3	1.51
8	20.5	5.6	7.3	1.33
9	20.9	5.3	8.3	1.42
10	21.3	5.6	7.3	1.35
11	21.7	5.3	8.3	1.40
12	22.1	5.6	7.3	1.28
13	22.5	5.3	8.3	1.41
14	23.0	5.6	7.3	1.30
15	23.4	5.3	8.2	1.46
16	23.8	5.6	8.6	1.47
17	24.2	5.3	8.2	1.52
18	24.6	5.6	8.6	1.55
19	25.0	5.3	8.2	1.62
20	25.4	5.6	8.6	1.66
21	25.8	5.3	8.2	1.79
22	17.6	5.9	11.4	1.82
23	18.0	6.3	10.5	1.74
24	18.4	5.9	8.9	1.69
25	18.8	6.3	9.3	1.57
26	19.3	5.9	7.7	1.53
27	19.7	6.3	9.3	1.44
28	20.1	5.9	7.7	1.36
29	20.5	6.3	8.0	1.35
30	20.9	5.9	7.7	1.29
31	21.3	6.3	8.0	1.28
32	21.7	5.9	7.7	1.28
33	22.1	6.3	8.0	1.28

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

34	22.5	5.9	7.7	1.30
35	23.0	6.3	8.0	1.32
36	23.4	5.9	7.6	1.33
37	23.8	6.3	8.0	1.38
38	24.2	5.9	7.6	1.42
39	24.6	6.3	8.0	1.49
40	25.0	5.9	7.6	1.58
41	25.4	6.3	9.2	1.63
42	25.8	5.9	8.9	1.71
43	17.6	6.6	12.1	1.77
44	18.0	6.9	11.2	1.68
45	18.4	6.6	9.6	1.61
46	18.8	6.9	8.7	1.54
47	19.3	6.6	8.3	1.48
48	19.7	6.9	8.7	1.39
49	20.1	6.6	8.3	1.35
50	20.5	6.9	8.7	1.37
51	20.9	6.6	8.3	1.29
52	21.3	6.9	8.6	1.28
53	21.7	6.6	8.3	1.26
54	22.1	6.9	8.6	1.28
55	22.5	6.6	8.3	1.28
56	23.0	6.9	8.6	1.31
57	23.4	6.6	8.3	1.31
58	23.8	6.9	8.6	1.37
59	24.2	6.6	8.3	1.42
60	24.6	6.9	8.6	1.46
61	25.0	6.6	8.3	1.55
62	25.4	6.9	9.7	1.60
63	25.8	6.6	9.3	1.69
64	17.6	7.2	11.5	1.70
65	18.0	7.6	10.6	1.63
66	18.4	7.2	10.2	1.58
67	18.8	7.6	9.3	1.48
68	19.3	7.2	9.0	1.43
69	19.7	7.6	9.3	1.36
70	20.1	7.2	9.0	1.33
71	20.5	7.6	9.3	1.30
72	20.9	7.2	9.0	1.29
73	21.3	7.6	9.3	1.27
74	21.7	7.2	9.0	1.28
75	22.1	7.6	9.3	1.27
76	22.5	7.2	9.0	1.29
77	23.0	7.6	9.3	1.28
78	23.4	7.2	9.0	1.33
79	23.8	7.6	9.3	1.36
80	24.2	7.2	8.9	1.41
81	24.6	7.6	9.2	1.45
82	25.0	7.2	8.8	1.52
83	25.4	7.6	9.7	1.59
84	25.8	7.2	9.3	1.67
85	17.6	7.9	10.9	1.68
86	18.0	8.2	12.5	1.61
87	18.4	7.9	10.9	1.54

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	88 di 143


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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

88	18.8	8.2	10.0	1.46
89	19.3	7.9	9.6	1.42
90	19.7	8.2	10.0	1.41
91	20.1	7.9	9.6	1.32
92	20.5	8.2	10.0	1.30
93	20.9	7.9	9.6	1.28
94	21.3	8.2	10.0	1.29
95	21.7	7.9	9.6	1.27
96	22.1	8.2	9.9	1.29
97	22.5	7.9	9.6	1.29
98	23.0	8.2	9.9	1.31
99	23.4	7.9	9.6	1.33
100	23.8	8.2	9.9	1.36
101	24.2	7.9	9.6	1.39
102	24.6	8.2	10.6	1.47
103	25.0	7.9	10.1	1.52
104	25.4	8.2	11.1	1.57
105	25.8	7.9	10.6	1.62
106	17.6	8.6	11.6	1.65
107	18.0	8.9	10.6	1.58
108	18.4	8.6	10.3	1.51
109	18.8	8.9	10.6	1.43
110	19.3	8.6	10.3	1.39
111	19.7	8.9	10.6	1.35
112	20.1	8.6	10.3	1.32
113	20.5	8.9	10.6	1.30
114	20.9	8.6	10.3	1.28
115	21.3	8.9	10.6	1.28
116	21.7	8.6	10.3	1.27
117	22.1	8.9	10.6	1.28
118	22.5	8.6	10.3	1.33
119	23.0	8.9	10.6	1.31
120	23.4	8.6	10.3	1.33
121	23.8	8.9	10.1	1.36
122	24.2	8.6	9.7	1.39
123	24.6	8.9	10.6	1.45
124	25.0	8.6	10.2	1.51
125	25.4	8.9	11.2	1.55
126	25.8	8.6	10.7	1.62
127	17.6	9.2	12.2	1.60
128	18.0	9.5	12.5	1.53
129	18.4	9.2	11.0	1.50
130	18.8	9.5	10.0	1.39
131	19.3	9.2	11.0	1.38
132	19.7	9.5	11.3	1.35
133	20.1	9.2	10.9	1.32
134	20.5	9.5	11.3	1.33
135	20.9	9.2	10.9	1.30
136	21.3	9.5	11.3	1.28
137	21.7	9.2	10.9	1.29
138	22.1	9.5	11.3	1.33
139	22.5	9.2	10.9	1.32
140	23.0	9.5	10.9	1.32
141	23.4	9.2	10.5	1.32

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	89 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

142	23.8	9.5	11.5	1.40
143	24.2	9.2	11.1	1.42
144	24.6	9.5	10.7	1.45
145	25.0	9.2	11.6	1.51
146	25.4	9.5	11.3	1.57
147	25.8	9.2	12.2	1.60
148	17.6	9.9	14.1	1.60
149	18.0	10.2	13.2	1.50
150	18.4	9.9	12.9	1.48
151	18.8	10.2	10.7	1.38
152	19.3	9.9	10.4	1.33
153	19.7	10.2	10.7	1.31
154	20.1	9.9	10.4	1.27
155	20.5	10.2	10.7	1.27
156	20.9	9.9	10.3	1.26
157	21.3	10.2	10.7	1.27
158	21.7	9.9	10.3	1.27
159	22.1	10.2	11.6	1.30
160	22.5	9.9	11.2	1.32
161	23.0	10.2	11.0	1.32
162	23.4	9.9	10.6	1.36
163	23.8	10.2	11.6	1.39
164	24.2	9.9	11.2	1.41
165	24.6	10.2	12.2	1.47
166	25.0	9.9	11.7	1.50
167	25.4	10.2	12.8	1.55
168	25.8	9.9	12.3	1.60
169	17.6	10.5	13.5	1.56
170	18.0	10.8	13.9	1.50
171	18.4	10.5	11.0	1.45
172	18.8	10.8	11.3	1.38
173	19.3	10.5	11.0	1.33
174	19.7	10.8	11.3	1.31
175	20.1	10.5	11.0	1.29
176	20.5	10.8	11.3	1.29
177	20.9	10.5	11.0	1.28
178	21.3	10.8	12.3	1.32
179	21.7	10.5	11.9	1.31
180	22.1	10.8	11.9	1.30
181	22.5	10.5	11.5	1.33
182	23.0	10.8	12.5	1.35
183	23.4	10.5	12.0	1.36
184	23.8	10.8	13.1	1.43
185	24.2	10.5	11.3	1.42
186	24.6	10.8	12.3	1.48
187	25.0	10.5	11.9	1.51
188	25.4	10.8	13.0	1.56
189	25.8	10.5	12.5	1.60
190	17.6	11.2	14.2	1.57
191	18.0	11.5	14.5	1.51
192	18.4	11.2	11.7	1.44
193	18.8	11.5	12.0	1.38
194	19.3	11.2	11.7	1.34
195	19.7	11.5	12.0	1.32

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	90 di 143

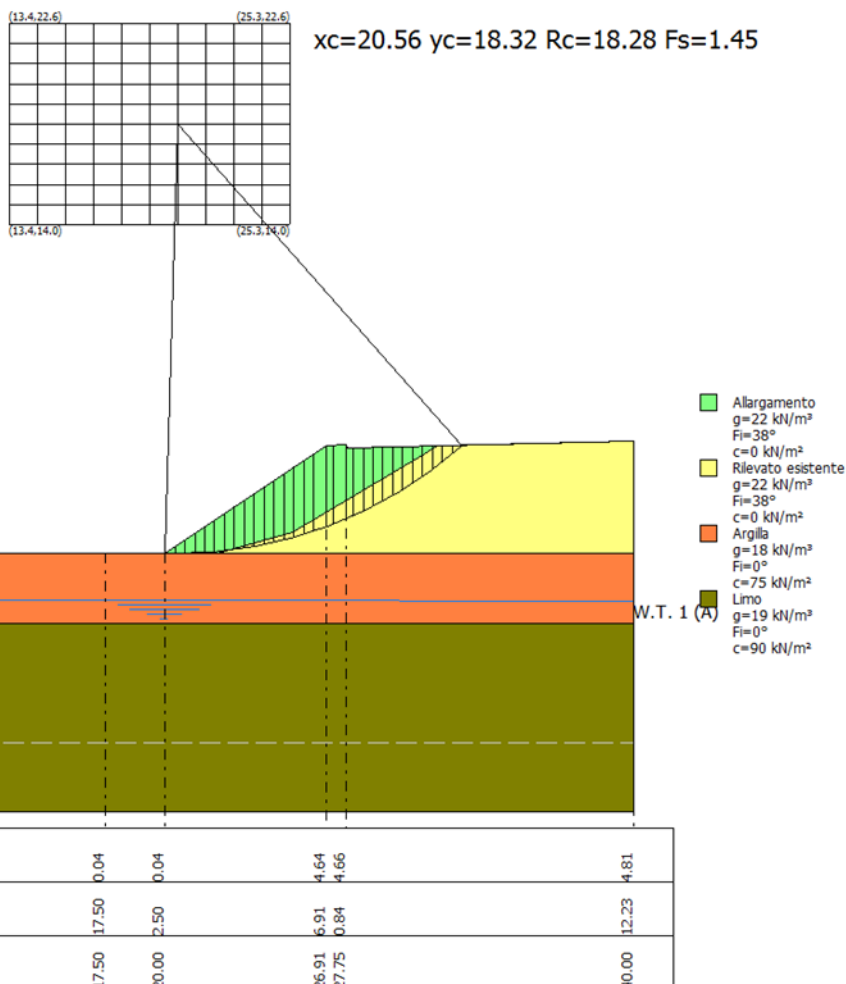
PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

196	20.1	11.2	11.7	1.30
197	20.5	11.5	13.0	1.35
198	20.9	11.2	12.6	1.32
199	21.3	11.5	12.6	1.31
200	21.7	11.2	12.2	1.30
201	22.1	11.5	12.0	1.34
202	22.5	11.2	12.9	1.35
203	23.0	11.5	12.6	1.35
204	23.4	11.2	12.2	1.38
205	23.8	11.5	13.3	1.42
206	24.2	11.2	12.8	1.43
207	24.6	11.5	13.9	1.47
208	25.0	11.2	13.4	1.52
209	25.4	11.5	13.2	1.56
210	25.8	11.2	12.7	1.63
211	17.6	11.8	14.8	1.53
212	18.4	11.8	12.3	1.44
213	19.3	11.8	12.3	1.35
214	20.1	11.8	12.0	1.30
215	20.9	11.8	12.9	1.32
216	21.7	11.8	12.4	1.33
217	22.5	11.8	13.1	1.37
218	23.4	11.8	13.7	1.41
219	24.2	11.8	12.9	1.44
220	25.0	11.8	13.6	1.52
221	25.8	11.8	12.9	1.65

=====

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	91 di 143

Condizione sismica non drenata



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

Lat./Long.	44.905591/10.848479
Normativa	NTC 2018 e Circ.
Numero di strati	4.0
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	13.39 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	14.04 m

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	92 di 143

Ascissa vertice destro superiore xs	25.34 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.61 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:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.65	2.51	0.29
S.L.D.	201.0	0.82	2.55	0.28
S.L.V.	1898.0	2.14	2.49	0.29
S.L.C.	2475.0	2.37	2.47	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.	0.975	0.18	0.0179	0.0089
S.L.D.	1.23	0.18	0.0226	0.0113
S.L.V.	2.9403	0.31	0.093	0.0465
S.L.C.	3.1801	0.31	0.1005	0.0503

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.093
Coefficiente azione sismica verticale	0.047

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	17.5	0.04
3	20.0	0.04
4	26.91	4.64
5	27.75	4.66
6	27.77	4.52
7	40.0	4.81

Falda

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	93 di 143

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.0
2	20.0	-1.96
3	40.0	-2.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	25.43	0.96
5	31.07	4.29
6	31.62	4.61
7	40.0	4.81

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	40.0	0.04

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.96
2	40.0	-2.96

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	75	0	0	18	19	Argilla
4	90	0	0	19	20	Limo

Risultati analisi pendio [NTC 2018 e Circ.: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.45
Ascissa centro superficie	20.56 m

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	94 di 143

Ordinata centro superficie 18.32 m
 Raggio superficie 18.28 m
 =====

xc = 20.564 yc = 18.324 Rc = 18.277 Fs=1.455

Lambda = 0.575

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.42	-1.04	0.42	1.35
2	0.42	0.29	0.42	3.99
3	0.42	1.61	0.42	6.53
4	0.42	2.93	0.42	8.98
5	0.42	4.26	0.42	11.35
6	0.42	5.58	0.42	13.62
7	0.42	6.91	0.42	15.8
8	0.42	8.25	0.43	17.89
9	0.42	9.59	0.43	19.88
10	0.42	10.93	0.43	21.79
11	0.42	12.28	0.43	23.59
12	0.42	13.64	0.43	25.3
13	0.42	15.0	0.44	26.91
14	0.42	16.38	0.44	28.42
15	0.42	17.76	0.44	29.83
16	0.56	19.38	0.59	41.34
17	0.29	20.78	0.31	21.53
18	0.56	22.21	0.6	39.92
19	0.29	23.64	0.31	18.47
20	0.42	24.86	0.46	25.89
21	0.42	26.33	0.47	24.11
22	0.42	27.81	0.48	22.2
23	0.42	29.32	0.48	20.17
24	0.42	30.85	0.49	17.99
25	0.42	32.4	0.5	15.68
26	0.42	33.98	0.51	13.21
27	0.42	35.59	0.52	10.59
28	0.42	37.23	0.53	7.79
29	0.42	38.91	0.54	4.82
30	0.42	40.63	0.56	1.66

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.4	0.69	0.0	0.0	1.01	0.43	0.0
2	1.46	2.54	0.4	0.69	3.12	1.34	0.0
3	3.03	5.27	1.46	2.54	5.32	2.29	0.0
4	4.97	8.63	3.03	5.27	7.59	3.26	0.0
5	7.14	12.42	4.97	8.63	9.88	4.24	0.0
6	9.45	16.43	7.14	12.42	12.16	5.23	0.0
7	11.79	20.49	9.45	16.43	14.41	6.19	0.0
8	14.07	24.46	11.79	20.49	16.61	7.13	0.0
9	16.22	28.19	14.07	24.46	18.72	8.04	0.0
10	18.17	31.57	16.22	28.19	20.74	8.91	0.0


11	19.85	34.49	18.17	31.57	22.65	9.73	0.0
12	21.21	36.85	19.85	34.49	24.42	10.49	0.0
13	22.2	38.58	21.21	36.85	26.05	11.19	0.0
14	22.78	39.59	22.2	38.58	27.53	11.83	0.0
15	22.92	39.83	22.78	39.59	28.84	12.39	0.0
16	22.37	38.88	22.92	39.83	39.76	17.08	0.0
17	21.76	37.82	22.37	38.88	20.56	8.83	0.0
18	20.04	34.83	21.76	37.82	37.75	16.22	0.0
19	18.98	32.99	20.04	34.83	17.26	7.42	0.0
20	17.19	29.87	18.98	32.99	23.9	10.27	0.0
21	15.18	26.38	17.19	29.87	21.88	9.4	0.0
22	13.02	22.63	15.18	26.38	19.76	8.49	0.0
23	10.79	18.75	13.02	22.63	17.54	7.53	0.0
24	8.55	14.86	10.79	18.75	15.24	6.55	0.0
25	6.39	11.11	8.55	14.86	12.89	5.54	0.0
26	4.39	7.64	6.39	11.11	10.5	4.51	0.0
27	2.65	4.61	4.39	7.64	8.09	3.48	0.0
28	1.26	2.2	2.65	4.61	5.7	2.45	0.0
29	0.34	0.59	1.26	2.2	3.36	1.44	0.0
30	0.0	0.0	0.34	0.59	1.09	0.47	0.0

Numero di superfici esaminate....(208)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	13.4	14.0	17.5	5.86
2	14.0	14.5	19.1	4.04
3	14.6	14.0	19.2	3.67
4	15.2	14.5	19.9	3.39
5	15.8	14.0	20.0	3.12
6	16.4	14.5	20.7	2.98
7	17.0	14.0	19.5	3.00
8	17.6	14.5	21.1	2.77
9	18.2	14.0	20.7	2.70
10	18.8	14.5	21.0	2.64
11	19.4	14.0	20.6	2.60
12	20.0	14.5	20.7	2.58
13	20.6	14.0	16.9	2.55
14	21.2	14.5	14.9	2.59
15	21.8	14.0	14.2	2.30
16	22.4	14.5	17.0	2.42
17	23.0	14.0	14.7	2.40
18	23.6	14.5	14.3	1.79
19	24.1	14.0	13.6	1.88
20	24.7	14.5	14.8	2.26
21	25.3	14.0	14.1	2.23
22	13.4	14.9	18.1	5.57
23	14.0	15.3	18.8	4.65
24	14.6	14.9	18.8	4.10
25	15.2	15.3	20.5	3.37
26	15.8	14.9	20.6	3.15
27	16.4	15.3	20.0	3.23
28	17.0	14.9	21.3	2.85


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 Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

29	17.6	15.3	21.9	2.77
30	18.2	14.9	21.5	2.69
31	18.8	15.3	20.2	2.78
32	19.4	14.9	15.1	2.66
33	20.0	15.3	21.0	2.60
34	20.6	14.9	17.1	2.65
35	21.2	15.3	18.3	2.55
36	21.8	14.9	17.6	2.46
37	22.4	15.3	15.6	2.40
38	23.0	14.9	15.0	2.07
39	23.6	15.3	14.6	1.78
40	24.1	14.9	15.5	2.36
41	24.7	15.3	15.2	2.06
42	25.3	14.9	14.5	2.18
43	13.4	15.8	18.8	5.36
44	14.0	16.2	20.4	4.09
45	14.6	15.8	20.5	3.66
46	15.2	16.2	20.0	3.76
47	15.8	15.8	20.0	3.43
48	16.4	16.2	20.4	3.29
49	17.0	15.8	21.8	2.87
50	17.6	16.2	22.4	2.78
51	18.2	15.8	22.2	2.69
52	18.8	16.2	22.4	2.65
53	19.4	15.8	21.7	2.64
54	20.0	16.2	21.4	2.64
55	20.6	15.8	15.8	1.96
56	21.2	16.2	18.7	2.56
57	21.8	15.8	18.0	2.53
58	22.4	16.2	15.9	1.63
59	23.0	15.8	15.3	1.70
60	23.6	16.2	16.6	2.36
61	24.1	15.8	15.9	2.18
62	24.7	16.2	15.6	2.07
63	25.3	15.8	14.9	2.19
64	13.4	16.6	20.4	4.95
65	14.0	17.0	20.1	4.86
66	14.6	16.6	20.0	4.13
67	15.2	17.0	21.7	3.45
68	15.8	16.6	20.5	3.52
69	16.4	17.0	20.9	3.33
70	17.0	16.6	20.9	3.13
71	17.6	17.0	21.3	3.01
72	18.2	16.6	21.3	2.87
73	18.8	17.0	22.8	2.68
74	19.4	16.6	20.4	2.81
75	20.0	17.0	20.1	2.70
76	20.6	16.6	19.4	2.60
77	21.2	17.0	17.3	2.52
78	21.8	16.6	16.6	1.92
79	22.4	17.0	19.7	2.46
80	23.0	16.6	17.3	2.50
81	23.6	17.0	17.0	1.87
82	24.1	16.6	16.3	1.96

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	97 di 143


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 Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

83	24.7	17.0	16.0	2.08
84	25.3	16.6	15.3	2.21
85	13.4	17.5	20.2	5.48
86	14.0	17.9	20.6	4.93
87	14.6	17.5	20.6	4.15
88	15.2	17.9	22.2	3.50
89	15.8	17.5	22.2	3.23
90	16.4	17.9	21.4	3.38
91	17.0	17.5	21.4	3.19
92	17.6	17.9	21.8	3.05
93	18.2	17.5	23.5	2.74
94	18.8	17.9	18.0	2.60
95	19.4	17.5	20.8	2.81
96	20.0	17.9	22.2	2.72
97	20.6	17.5	21.5	2.66
98	21.2	17.9	17.6	1.50
99	21.8	17.5	20.4	2.50
100	22.4	17.9	18.4	2.55
101	23.0	17.5	17.7	2.34
102	23.6	17.9	17.4	1.88
103	24.1	17.5	16.7	1.97
104	24.7	17.9	16.4	2.10
105	25.3	17.5	17.5	2.28
106	13.4	18.3	21.7	4.94
107	14.0	18.8	21.2	5.13
108	14.6	18.3	22.2	3.80
109	15.2	18.8	22.8	3.53
110	15.8	18.3	21.4	3.61
111	16.4	18.8	23.4	3.13
112	17.0	18.3	23.4	2.97
113	17.6	18.8	24.0	2.86
114	18.2	18.3	23.9	2.73
115	18.8	18.8	21.8	2.87
116	19.4	18.3	21.1	2.77
117	20.0	18.8	19.0	2.73
118	20.6	18.3	18.3	1.45
119	21.2	18.8	19.8	2.79
120	21.8	18.3	19.1	2.69
121	22.4	18.8	18.8	2.02
122	23.0	18.3	18.1	1.80
123	23.6	18.8	17.8	1.89
124	24.1	18.3	17.1	1.99
125	25.3	18.3	18.0	2.25
126	13.4	19.2	22.3	4.65
127	14.0	19.6	21.7	5.36
128	14.6	19.2	21.6	4.43
129	15.2	19.6	22.0	4.06
130	15.8	19.2	21.9	3.62
131	16.4	19.6	24.0	3.17
132	17.0	19.2	22.3	3.25
133	17.6	19.6	22.8	3.11
134	18.2	19.2	24.3	2.81
135	18.8	19.6	22.2	2.92
136	19.4	19.2	21.5	2.88

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	98 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

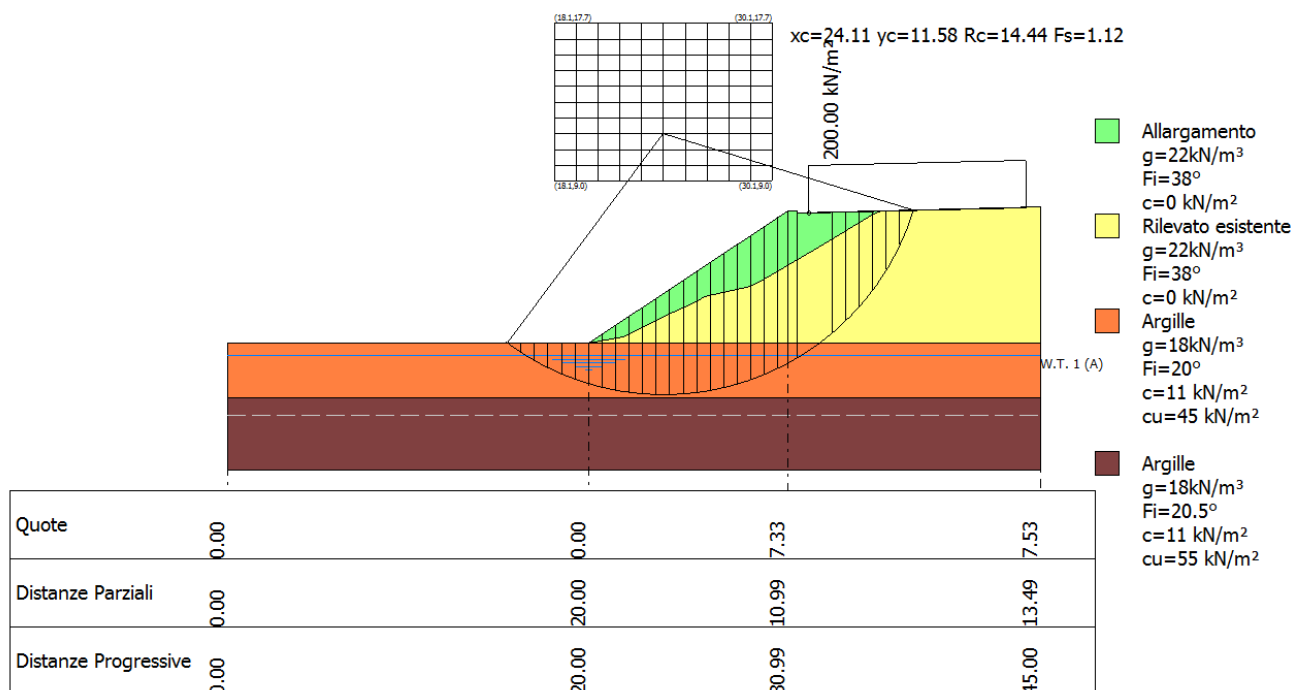
137	20.0	19.6	21.2	2.95
138	20.6	19.2	22.3	2.68
139	21.2	19.6	22.1	2.63
140	21.8	19.2	19.5	2.57
141	22.4	19.6	19.2	1.73
142	23.0	19.2	18.5	1.81
143	24.1	19.2	19.5	2.36
144	24.7	19.6	19.3	2.15
145	25.3	19.2	18.6	2.27
146	13.4	20.0	23.0	4.60
147	14.0	20.5	22.2	5.78
148	14.6	20.0	22.1	4.64
149	15.2	20.5	22.5	4.24
150	15.8	20.0	24.0	3.38
151	16.4	20.5	22.9	3.54
152	17.0	20.0	22.8	3.24
153	17.6	20.5	25.1	2.94
154	18.2	20.0	24.7	2.85
155	18.8	20.5	20.6	2.92
156	19.4	20.0	21.9	3.00
157	20.0	20.5	23.5	2.75
158	20.6	20.0	22.8	2.65
159	21.2	20.5	20.6	2.41
160	21.8	20.0	19.9	1.67
161	22.4	20.5	19.6	1.75
162	23.0	20.0	18.9	1.82
163	24.1	20.0	20.0	2.06
164	25.3	20.0	19.1	2.29
165	13.4	20.9	22.4	7.18
166	14.0	21.3	22.8	6.14
167	14.6	20.9	22.7	4.98
168	15.2	21.3	24.6	3.66
169	15.8	20.9	23.0	3.93
170	16.4	21.3	23.4	3.69
171	17.0	20.9	23.3	3.34
172	17.6	21.3	25.7	2.97
173	18.2	20.9	25.2	2.93
174	18.8	21.3	24.9	2.92
175	19.4	20.9	24.2	2.83
176	20.0	21.3	24.0	2.74
177	20.6	20.9	21.3	2.85
178	21.2	21.3	21.0	1.62
179	21.8	20.9	20.3	1.68
180	22.4	21.3	22.1	2.71
181	23.0	20.9	21.4	2.59
182	24.7	21.3	20.4	2.20
183	13.4	21.8	22.9	7.94
184	14.0	22.2	23.3	6.62
185	14.6	21.8	24.7	3.85
186	15.2	22.2	25.3	3.67
187	15.8	21.8	25.2	3.46
188	16.4	22.2	23.9	3.87
189	17.0	21.8	25.7	3.12
190	17.6	22.2	22.3	2.93

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	99 di 143

191	18.2	21.8	25.6	2.97
192	18.8	22.2	25.4	2.92
193	19.4	21.8	22.7	3.21
194	20.0	22.2	24.4	2.83
195	20.6	21.8	21.7	1.57
196	21.2	22.2	21.4	1.63
197	21.8	21.8	20.7	1.69
198	22.4	22.2	22.6	2.68
199	24.1	21.8	21.1	2.09
200	13.4	22.6	24.9	5.05
201	14.6	22.6	25.3	3.94
202	15.8	22.6	24.1	4.36
203	17.0	22.6	26.3	3.15
204	18.2	22.6	24.1	3.40
205	19.4	22.6	23.1	3.19
206	20.6	22.6	22.1	1.58
207	21.8	22.6	23.3	2.80
208	25.3	22.6	20.8	2.40

7.1.5.2 Sezione 288+111

Condizione statica



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

Normativa
 Numero di strati

NTC 2018 e Circ.
 4.0

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	100 di 143

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 18.09 m
 Ordinata vertice sinistro inferiore yi 8.96 m
 Ascissa vertice destro superiore xs 30.13 m
 Ordinata vertice destro superiore ys 17.68 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	20.0	0.0
3	30.99	7.33
4	31.5	7.33
5	31.51	7.19
6	45.0	7.53

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.7
2	20.0	-0.7
3	45.0	-0.7

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	20.0	0.0
3	20.0	0.0
4	21.84	0.37
5	22.8	0.78
6	23.93	1.4
7	26.02	2.35
8	26.35	2.55
9	28.95	3.15
10	29.39	3.37
11	32.72	5.31
12	35.7	7.14
13	36.17	7.31
14	45.0	7.53

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	20.0	0.0
3	45.0	0.0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-3.0
2	20.0	-3.0
3	45.0	-3.0

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	11	45	20	18	19	Argille
4	11	55	20.5	18	19	Argille

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	32.15	7.19	44.15	7.49	200

Risultati analisi pendio [NTC 2018 e Circ.: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.12
Ascissa centro superficie	24.11 m
Ordinata centro superficie	11.58 m
Raggio superficie	14.44 m

xc = 24.109 yc = 11.576 Rc = 14.444 Fs=1.12
 Lambda = 0.327

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.75	-34.92	0.91	3.64
2	0.75	-31.37	0.88	10.26

3	0.75	-27.95	0.85	16.31
4	0.75	-24.64	0.82	21.57
5	0.75	-21.41	0.8	26.09
6	0.75	-18.25	0.79	29.93
7	0.75	-15.15	0.78	36.8
8	0.75	-12.1	0.77	47.59
9	0.75	-9.07	0.76	57.79
10	0.75	-6.08	0.75	67.42
11	0.75	-3.1	0.75	76.49
12	0.75	-0.13	0.75	85.0
13	0.75	2.84	0.75	92.96
14	0.75	5.82	0.75	100.37
15	0.75	8.82	0.76	107.22
16	0.75	11.84	0.76	113.49
17	0.75	14.89	0.77	119.18
18	0.75	17.99	0.79	124.26
19	0.75	21.14	0.8	128.69
20	0.75	24.36	0.82	132.44
21	0.55	27.22	0.62	99.64
22	0.51	29.61	0.59	91.36
23	0.01	30.81	0.01	1.91
24	1.92	35.51	2.36	568.28
25	0.75	42.2	1.01	254.71
26	0.75	46.36	1.08	243.02
27	0.75	50.86	1.19	229.37
28	0.75	55.86	1.33	213.16
29	0.75	61.63	1.58	193.26
30	0.75	68.88	2.08	147.16

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	10.91	33.38	0.0	0.0	-25.07	0.82	0.0
2	23.73	72.63	10.91	33.38	-23.09	1.1	0.41
3	36.78	112.6	23.73	72.63	-19.85	1.87	3.53
4	49.6	151.83	36.78	112.6	-15.27	3.13	6.24
5	61.86	189.38	49.6	151.83	-10.05	4.63	8.58
6	73.38	224.64	61.86	189.38	-4.68	6.22	10.56
7	85.02	260.26	73.38	224.64	2.33	8.37	12.21
8	97.47	298.38	85.02	260.26	12.53	11.59	13.54
9	110.17	337.24	97.47	298.38	23.65	15.13	14.56
10	122.65	375.45	110.17	337.24	35.21	18.83	15.29
11	134.53	411.83	122.65	375.45	46.78	22.57	15.73
12	145.51	445.45	134.53	411.83	58.06	26.22	15.89
13	155.33	475.49	145.51	445.45	68.76	29.71	15.76
14	163.76	501.29	155.33	475.49	78.67	32.95	15.34
15	170.61	522.27	163.76	501.29	87.58	35.9	14.64
16	175.73	537.94	170.61	522.27	95.35	38.5	13.64
17	178.98	547.9	175.73	537.94	101.83	40.7	12.33
18	180.26	551.81	178.98	547.9	106.92	42.47	10.71
19	179.47	549.4	180.26	551.81	110.51	43.79	8.76
20	176.56	540.49	179.47	549.4	112.54	44.64	6.46
21	173.56	531.31	176.56	540.49	83.63	33.27	3.06

22	170.1	520.72	173.56	531.31	75.6	30.33	1.39
23	172.4	527.76	170.1	520.72	3.26	1.18	0.01
24	121.97	373.39	172.4	527.76	413.94	157.7	0.0
25	111.74	342.06	121.97	373.39	175.22	122.23	0.0
26	96.65	295.86	111.74	342.06	144.7	100.94	0.0
27	77.05	235.85	96.65	295.86	110.61	77.16	0.0
28	53.34	163.28	77.05	235.85	72.87	50.83	0.0
29	26.03	79.7	53.34	163.28	31.26	21.8	0.0
30	-0.52	-1.6	26.03	79.7	-13.24	-9.23	0.0

Numero di superfici esaminate....(203)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	18.7	9.4	12.3	1.82
2	19.9	9.4	12.3	1.68
3	20.5	9.0	11.8	1.61
4	21.1	9.4	12.3	1.41
5	21.7	9.0	11.8	1.31
6	22.9	9.0	11.8	1.20
7	24.1	9.0	11.8	1.20
8	25.3	9.0	11.8	1.16
9	26.5	9.0	11.8	1.18
10	27.7	9.0	11.8	1.24
11	28.3	9.4	11.1	1.40
12	29.5	9.4	11.1	1.54
13	30.1	9.0	10.6	1.65
14	18.7	10.3	13.1	1.78
15	19.9	10.3	13.1	1.57
16	20.5	9.8	12.7	1.41
17	21.1	10.3	13.1	1.29
18	21.7	9.8	12.7	1.24
19	22.3	10.3	13.1	1.20
20	22.9	9.8	12.7	1.18
21	24.1	9.8	12.7	1.20
22	25.3	9.8	12.7	1.14
23	26.5	9.8	12.7	1.17
24	27.1	10.3	12.0	1.31
25	27.7	9.8	12.7	1.22
26	28.3	10.3	13.1	1.30
27	28.9	9.8	12.7	1.35
28	29.5	10.3	13.0	1.44
29	30.1	9.8	12.6	1.47
30	18.1	10.7	12.4	2.01
31	18.7	11.1	14.0	1.74
32	19.3	10.7	12.4	1.70
33	19.9	11.1	14.0	1.43
34	20.5	10.7	12.4	1.54
35	21.1	11.1	14.0	1.24
36	21.7	10.7	13.6	1.22
37	22.3	11.1	14.0	1.17
38	22.9	10.7	13.6	1.16
39	23.5	11.1	12.9	1.16
40	24.1	10.7	12.4	1.17


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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

41	24.7	11.1	12.9	1.20
42	25.3	10.7	13.6	1.17
43	25.9	11.1	12.9	1.23
44	26.5	10.7	13.6	1.20
45	27.1	11.1	12.9	1.29
46	27.7	10.7	13.6	1.26
47	28.3	11.1	13.9	1.29
48	28.9	10.7	13.5	1.35
49	29.5	11.1	12.4	1.58
50	30.1	10.7	13.3	1.49
51	18.1	11.6	13.3	1.91
52	18.7	12.0	14.9	1.60
53	19.3	11.6	13.3	1.70
54	19.9	12.0	14.9	1.31
55	20.5	11.6	13.3	1.39
56	21.1	12.0	14.9	1.21
57	21.7	11.6	13.3	1.20
58	22.3	12.0	13.7	1.19
59	22.9	11.6	13.3	1.16
60	23.5	12.0	13.7	1.19
61	24.1	11.6	14.4	1.12
62	24.7	12.0	13.7	1.21
63	25.3	11.6	14.4	1.17
64	25.9	12.0	13.7	1.23
65	26.5	11.6	14.4	1.20
66	27.1	12.0	13.6	1.33
67	27.7	11.6	13.1	1.38
68	28.3	12.0	13.4	1.43
69	28.9	11.6	12.9	1.51
70	29.5	12.0	14.6	1.40
71	30.1	11.6	14.0	1.47
72	18.1	12.4	14.2	1.87
73	18.7	12.9	15.8	1.48
74	19.3	12.4	14.2	1.63
75	19.9	12.9	15.8	1.27
76	20.5	12.4	15.3	1.24
77	21.1	12.9	15.8	1.20
78	21.7	12.4	15.3	1.18
79	22.3	12.9	15.8	1.18
80	22.9	12.4	14.2	1.18
81	23.5	12.9	15.8	1.12
82	24.1	12.4	15.3	1.17
83	24.7	12.9	14.6	1.24
84	25.3	12.4	15.3	1.17
85	25.9	12.9	14.5	1.23
86	26.5	12.4	14.1	1.29
87	27.1	12.9	15.6	1.22
88	27.7	12.4	15.1	1.25
89	28.3	12.9	15.5	1.33
90	28.9	12.4	15.0	1.38
91	29.5	12.9	13.4	1.75
92	30.1	12.4	14.2	1.57
93	18.1	13.3	16.2	1.53
94	18.7	13.8	16.6	1.37

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	105 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

95	19.3	13.3	15.1	1.44
96	19.9	13.8	16.6	1.25
97	20.5	13.3	15.1	1.26
98	21.1	13.8	16.6	1.19
99	21.7	13.3	15.1	1.20
100	22.3	13.8	15.5	1.20
101	22.9	13.3	15.1	1.20
102	23.5	13.8	16.6	1.17
103	24.1	13.3	15.1	1.22
104	24.7	13.8	16.6	1.17
105	25.3	13.3	15.0	1.27
106	25.9	13.8	16.5	1.24
107	26.5	13.3	16.0	1.25
108	27.1	13.8	16.4	1.27
109	27.7	13.3	15.9	1.30
110	28.3	13.8	16.2	1.34
111	28.9	13.3	14.1	1.62
112	29.5	13.8	13.6	2.10
113	30.1	13.3	12.9	2.18
114	18.1	14.2	15.9	1.74
115	18.7	14.6	17.5	1.33
116	19.3	14.2	15.9	1.36
117	19.9	14.6	17.5	1.24
118	20.5	14.2	15.9	1.25
119	21.1	14.6	17.5	1.20
120	21.7	14.2	15.9	1.21
121	22.3	14.6	16.4	1.21
122	22.9	14.2	15.9	1.21
123	23.5	14.6	17.5	1.17
124	24.1	14.2	17.1	1.17
125	24.7	14.6	17.4	1.22
126	25.3	14.2	16.9	1.23
127	25.9	14.6	17.3	1.24
128	26.5	14.2	16.8	1.25
129	27.1	14.6	15.7	1.45
130	27.7	14.2	16.7	1.30
131	28.3	14.6	16.6	1.39
132	28.9	14.2	14.3	1.87
133	29.5	14.6	15.5	1.69
134	30.1	14.2	14.7	1.83
135	18.1	15.1	16.8	1.55
136	18.7	15.5	18.4	1.33
137	19.3	15.1	17.9	1.27
138	19.9	15.5	17.2	1.27
139	20.5	15.1	16.8	1.24
140	21.1	15.5	18.4	1.22
141	21.7	15.1	16.8	1.22
142	22.3	15.5	17.2	1.23
143	22.9	15.1	16.8	1.23
144	23.5	15.5	18.3	1.18
145	24.1	15.1	17.8	1.23
146	24.7	15.5	16.8	1.33
147	25.3	15.1	17.7	1.23
148	25.9	15.5	16.6	1.42

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	106 di 143

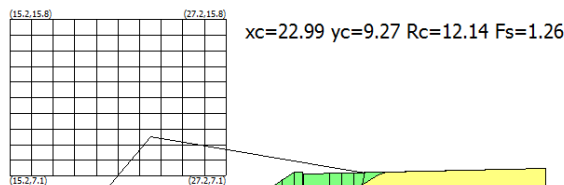
PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

149	26.5	15.1	17.6	1.26
150	27.1	15.5	17.9	1.29
151	27.7	15.1	17.3	1.36
152	28.3	15.5	15.3	1.95
153	28.9	15.1	16.2	1.55
154	29.5	15.5	15.8	1.85
155	18.1	15.9	18.8	1.37
156	18.7	16.4	19.2	1.31
157	19.3	15.9	17.7	1.30
158	19.9	16.4	19.2	1.26
159	20.5	15.9	17.7	1.24
160	21.1	16.4	18.1	1.24
161	21.7	15.9	17.7	1.23
162	22.3	16.4	18.0	1.26
163	22.9	15.9	18.7	1.24
164	23.5	16.4	17.7	1.30
165	24.1	15.9	18.6	1.23
166	24.7	16.4	18.9	1.24
167	25.3	15.9	18.5	1.24
168	25.9	16.4	18.8	1.26
169	26.5	15.9	18.4	1.27
170	27.1	16.4	18.3	1.39
171	27.7	15.9	17.6	1.40
172	28.3	16.4	17.2	1.64
173	28.9	15.9	16.5	1.76
174	29.5	16.4	16.2	2.17
175	18.1	16.8	19.7	1.35
176	18.7	17.2	20.1	1.31
177	19.3	16.8	18.5	1.29
178	19.9	17.2	19.0	1.27
179	20.5	16.8	19.7	1.24
180	21.1	17.2	18.9	1.27
181	21.7	16.8	19.6	1.26
182	22.3	17.2	18.7	1.28
183	22.9	16.8	19.5	1.19
184	23.5	17.2	19.8	1.24
185	24.1	16.8	19.4	1.24
186	24.7	17.2	19.7	1.25
187	25.3	16.8	19.3	1.25
188	25.9	17.2	19.6	1.32
189	26.5	16.8	17.4	1.55
190	27.1	17.2	18.7	1.43
191	27.7	16.8	17.9	1.53
192	29.5	17.2	16.6	2.17
193	30.1	16.8	15.8	2.25
194	18.1	17.7	20.5	1.34
195	19.3	17.7	20.5	1.29
196	20.5	17.7	20.5	1.26
197	21.7	17.7	20.4	1.27
198	22.9	17.7	20.3	1.20
199	24.1	17.7	18.6	1.37
200	25.3	17.7	18.4	1.47
201	26.5	17.7	19.4	1.38
202	27.7	17.7	16.6	1.88

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	107 di 143

203 30.1 17.7 16.3 2.26

Condizione sismica drenata



- Allargamento
 $g=22 \text{ kN/m}^3$
 $Fi=38^\circ$
 $c=0 \text{ kN/m}^2$
- Rilevato esistente
 $g=22 \text{ kN/m}^3$
 $Fi=38^\circ$
 $c=0 \text{ kN/m}^2$
- Argille
 $g=18 \text{ kN/m}^3$
 $Fi=20^\circ$
 $c=11 \text{ kN/m}^2$
 $cu=45 \text{ kN/m}^2$
- Argille
 $g=18 \text{ kN/m}^3$
 $Fi=20.5^\circ$
 $c=11 \text{ kN/m}^2$
 $cu=55 \text{ kN/m}^2$

Quote	0.00	0.00	7.33	7.53
Distanze Parziali	0.00	20.00	10.99	13.49
Distanze Progressive	0.00	20.00	30.99	45.00

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

Lat./Long. 44.905591/10.848479
 Normativa NTC 2018 e Circ.
 Numero di strati 4.0
 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 17.62 m
 Ordinata vertice sinistro inferiore yi 5.28 m
 Ascissa vertice destro superiore xs 25.83 m
 Ordinata vertice destro superiore ys 11.83 m
 Passo di ricerca 10.0
 Numero di celle lungo x 10.0
 Numero di celle lungo y 10.0

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	108 di 143

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: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.65	2.51	0.29
S.L.D.	201.0	0.82	2.55	0.28
S.L.V.	1898.0	2.14	2.49	0.29
S.L.C.	2475.0	2.37	2.47	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.	0.975	0.18	0.0179	0.0089
S.L.D.	1.23	0.18	0.0226	0.0113
S.L.V.	2.9403	0.31	0.093	0.0465
S.L.C.	3.1801	0.31	0.1005	0.0503

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.093
 Coefficiente azione sismica verticale 0.047

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	17.5	0.04
3	20.0	0.04
4	26.91	4.64
5	27.75	4.66
6	27.77	4.52
7	40.0	4.81

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.0
2	20.0	-1.96
3	40.0	-2.0

Vertici strato1

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	25.43	0.96
5	31.07	4.29
6	31.62	4.61
7	40.0	4.81

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	14.7	0.03
3	22.27	0.04
4	40.0	0.04

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.96
2	40.0	-2.96

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	11	75	21	18	19	Argilla	
4	11	90	23	19	20	Limo	

Risultati analisi pendio [NTC 2018 e Circ.: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.26
Ascissa centro superficie	20.9 m
Ordinata centro superficie	9.87 m
Raggio superficie	10.34 m

xc = 20.902 yc = 9.866 Rc = 10.343 Fs=1.257
 Lambda = 0.447

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.4	-17.02	0.42	0.47
2	0.4	-14.7	0.42	1.3
3	0.4	-12.4	0.41	2.01
4	0.4	-10.11	0.41	2.59
5	0.4	-7.85	0.41	3.06
6	0.4	-5.6	0.41	3.4
7	0.4	-3.35	0.4	5.39
8	0.4	-1.12	0.4	7.89
9	0.4	1.12	0.4	10.28
10	0.4	3.36	0.4	12.56
11	0.4	5.6	0.41	14.72
12	0.4	7.86	0.41	16.76
13	0.4	10.12	0.41	18.69
14	0.4	12.4	0.41	20.49
15	0.4	14.7	0.42	22.18
16	0.4	17.03	0.42	23.74
17	0.4	19.38	0.43	25.05
18	0.4	21.77	0.43	26.09
19	0.4	24.2	0.44	26.96
20	0.4	26.68	0.45	27.65
21	0.4	29.22	0.46	28.14
22	0.4	31.81	0.48	28.42
23	0.35	34.31	0.43	24.78
24	0.46	37.07	0.57	30.47
25	0.39	40.06	0.51	23.16
26	0.01	41.51	0.02	0.81
27	0.81	44.73	1.14	35.91
28	0.4	49.6	0.62	12.3
29	0.4	53.19	0.67	7.9
30	0.4	57.12	0.74	2.84

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	2.19	4.89	0.0	0.0	-3.04	2.21	0.0
2	4.46	9.97	2.19	4.89	-2.13	2.4	0.0
3	6.73	15.06	4.46	9.97	-1.22	2.6	0.0
4	8.97	20.06	6.73	15.06	-0.36	2.78	0.0
5	11.12	24.87	8.97	20.06	0.42	2.96	0.0
6	13.16	29.44	11.12	24.87	1.09	3.11	0.0
7	15.29	34.21	13.16	29.44	3.26	3.63	0.0
8	17.47	39.08	15.29	34.21	6.0	4.29	0.0
9	19.59	43.82	17.47	39.08	8.72	4.96	0.0
10	21.55	48.22	19.59	43.82	11.35	5.61	0.0
11	23.28	52.08	21.55	48.22	13.86	6.23	0.0
12	24.7	55.26	23.28	52.08	16.2	6.81	0.0
13	25.76	57.61	24.7	55.26	18.33	7.35	0.0
14	26.39	59.03	25.76	57.61	20.23	7.84	0.0
15	26.56	59.41	26.39	59.03	21.87	8.26	0.0
16	26.23	58.66	26.56	59.41	23.21	8.63	0.0
17	26.66	59.63	26.23	58.66	23.88	11.87	0.0

18	26.57	59.43	26.66	59.63	24.48	12.17	0.0
19	25.93	58.0	26.57	59.43	24.72	12.29	0.0
20	24.72	55.31	25.93	58.0	24.58	12.22	0.0
21	22.95	51.35	24.72	55.31	24.05	11.96	0.0
22	20.62	46.12	22.95	51.35	23.12	11.5	0.0
23	18.14	40.58	20.62	46.12	19.05	9.47	0.0
24	14.5	32.44	18.14	40.58	21.74	10.81	0.0
25	11.26	25.19	14.5	32.44	14.99	7.45	0.0
26	11.14	24.92	11.26	25.19	0.5	0.25	0.0
27	5.0	11.19	11.14	24.92	19.06	9.48	0.0
28	2.51	5.6	5.0	11.19	4.84	2.41	0.0
29	0.72	1.6	2.51	5.6	2.23	1.11	0.0
30	0.0	0.0	0.72	1.6	0.44	0.22	0.0

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17.6	5.3	12.0	1.82
2	18.0	5.6	9.9	1.80
3	18.4	5.3	9.5	1.78
4	18.8	5.6	8.6	1.64
5	19.3	5.3	8.3	1.64
6	19.7	5.6	7.4	1.46
7	20.1	5.3	8.3	1.51
8	20.5	5.6	7.3	1.33
9	20.9	5.3	8.3	1.42
10	21.3	5.6	7.3	1.35
11	21.7	5.3	8.3	1.40
12	22.1	5.6	7.3	1.28
13	22.5	5.3	8.3	1.41
14	23.0	5.6	7.3	1.30
15	23.4	5.3	8.2	1.46
16	23.8	5.6	8.6	1.47
17	24.2	5.3	8.2	1.52
18	24.6	5.6	8.6	1.55
19	25.0	5.3	8.2	1.62
20	25.4	5.6	8.6	1.66
21	25.8	5.3	8.2	1.79
22	17.6	5.9	11.4	1.82
23	18.0	6.3	10.5	1.74
24	18.4	5.9	8.9	1.69
25	18.8	6.3	9.3	1.57
26	19.3	5.9	7.7	1.53
27	19.7	6.3	9.3	1.44
28	20.1	5.9	7.7	1.36
29	20.5	6.3	8.0	1.35
30	20.9	5.9	7.7	1.29
31	21.3	6.3	8.0	1.28
32	21.7	5.9	7.7	1.28
33	22.1	6.3	8.0	1.28
34	22.5	5.9	7.7	1.30
35	23.0	6.3	8.0	1.32

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

36	23.4	5.9	7.6	1.33
37	23.8	6.3	8.0	1.38
38	24.2	5.9	7.6	1.42
39	24.6	6.3	8.0	1.49
40	25.0	5.9	7.6	1.58
41	25.4	6.3	9.2	1.63
42	25.8	5.9	8.9	1.71
43	17.6	6.6	12.1	1.77
44	18.0	6.9	11.2	1.68
45	18.4	6.6	9.6	1.61
46	18.8	6.9	8.7	1.54
47	19.3	6.6	8.3	1.48
48	19.7	6.9	8.7	1.39
49	20.1	6.6	8.3	1.35
50	20.5	6.9	8.7	1.37
51	20.9	6.6	8.3	1.29
52	21.3	6.9	8.6	1.28
53	21.7	6.6	8.3	1.26
54	22.1	6.9	8.6	1.28
55	22.5	6.6	8.3	1.28
56	23.0	6.9	8.6	1.31
57	23.4	6.6	8.3	1.31
58	23.8	6.9	8.6	1.37
59	24.2	6.6	8.3	1.42
60	24.6	6.9	8.6	1.46
61	25.0	6.6	8.3	1.55
62	25.4	6.9	9.7	1.60
63	25.8	6.6	9.3	1.69
64	17.6	7.2	11.5	1.70
65	18.0	7.6	10.6	1.63
66	18.4	7.2	10.2	1.58
67	18.8	7.6	9.3	1.48
68	19.3	7.2	9.0	1.43
69	19.7	7.6	9.3	1.36
70	20.1	7.2	9.0	1.33
71	20.5	7.6	9.3	1.30
72	20.9	7.2	9.0	1.29
73	21.3	7.6	9.3	1.27
74	21.7	7.2	9.0	1.28
75	22.1	7.6	9.3	1.27
76	22.5	7.2	9.0	1.29
77	23.0	7.6	9.3	1.28
78	23.4	7.2	9.0	1.33
79	23.8	7.6	9.3	1.36
80	24.2	7.2	8.9	1.41
81	24.6	7.6	9.2	1.45
82	25.0	7.2	8.8	1.52
83	25.4	7.6	9.7	1.59
84	25.8	7.2	9.3	1.67
85	17.6	7.9	10.9	1.68
86	18.0	8.2	12.5	1.61
87	18.4	7.9	10.9	1.54
88	18.8	8.2	10.0	1.46
89	19.3	7.9	9.6	1.42

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	113 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

90	19.7	8.2	10.0	1.41
91	20.1	7.9	9.6	1.32
92	20.5	8.2	10.0	1.30
93	20.9	7.9	9.6	1.28
94	21.3	8.2	10.0	1.29
95	21.7	7.9	9.6	1.27
96	22.1	8.2	9.9	1.29
97	22.5	7.9	9.6	1.29
98	23.0	8.2	9.9	1.31
99	23.4	7.9	9.6	1.33
100	23.8	8.2	9.9	1.36
101	24.2	7.9	9.6	1.39
102	24.6	8.2	10.6	1.47
103	25.0	7.9	10.1	1.52
104	25.4	8.2	11.1	1.57
105	25.8	7.9	10.6	1.62
106	17.6	8.6	11.6	1.65
107	18.0	8.9	10.6	1.58
108	18.4	8.6	10.3	1.51
109	18.8	8.9	10.6	1.43
110	19.3	8.6	10.3	1.39
111	19.7	8.9	10.6	1.35
112	20.1	8.6	10.3	1.32
113	20.5	8.9	10.6	1.30
114	20.9	8.6	10.3	1.28
115	21.3	8.9	10.6	1.28
116	21.7	8.6	10.3	1.27
117	22.1	8.9	10.6	1.28
118	22.5	8.6	10.3	1.33
119	23.0	8.9	10.6	1.31
120	23.4	8.6	10.3	1.33
121	23.8	8.9	10.1	1.36
122	24.2	8.6	9.7	1.39
123	24.6	8.9	10.6	1.45
124	25.0	8.6	10.2	1.51
125	25.4	8.9	11.2	1.55
126	25.8	8.6	10.7	1.62
127	17.6	9.2	12.2	1.60
128	18.0	9.5	12.5	1.53
129	18.4	9.2	11.0	1.50
130	18.8	9.5	10.0	1.39
131	19.3	9.2	11.0	1.38
132	19.7	9.5	11.3	1.35
133	20.1	9.2	10.9	1.32
134	20.5	9.5	11.3	1.33
135	20.9	9.2	10.9	1.30
136	21.3	9.5	11.3	1.28
137	21.7	9.2	10.9	1.29
138	22.1	9.5	11.3	1.33
139	22.5	9.2	10.9	1.32
140	23.0	9.5	10.9	1.32
141	23.4	9.2	10.5	1.32
142	23.8	9.5	11.5	1.40
143	24.2	9.2	11.1	1.42

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	114 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

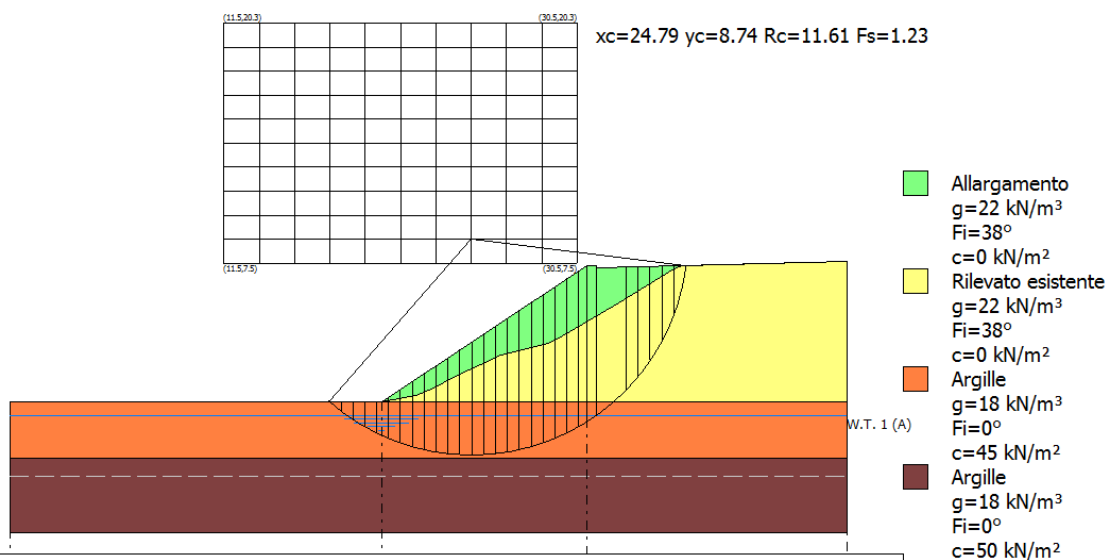
144	24.6	9.5	10.7	1.45
145	25.0	9.2	11.6	1.51
146	25.4	9.5	11.3	1.57
147	25.8	9.2	12.2	1.60
148	17.6	9.9	14.1	1.60
149	18.0	10.2	13.2	1.50
150	18.4	9.9	12.9	1.48
151	18.8	10.2	10.7	1.38
152	19.3	9.9	10.4	1.33
153	19.7	10.2	10.7	1.31
154	20.1	9.9	10.4	1.27
155	20.5	10.2	10.7	1.27
156	20.9	9.9	10.3	1.26
157	21.3	10.2	10.7	1.27
158	21.7	9.9	10.3	1.27
159	22.1	10.2	11.6	1.30
160	22.5	9.9	11.2	1.32
161	23.0	10.2	11.0	1.32
162	23.4	9.9	10.6	1.36
163	23.8	10.2	11.6	1.39
164	24.2	9.9	11.2	1.41
165	24.6	10.2	12.2	1.47
166	25.0	9.9	11.7	1.50
167	25.4	10.2	12.8	1.55
168	25.8	9.9	12.3	1.60
169	17.6	10.5	13.5	1.56
170	18.0	10.8	13.9	1.50
171	18.4	10.5	11.0	1.45
172	18.8	10.8	11.3	1.38
173	19.3	10.5	11.0	1.33
174	19.7	10.8	11.3	1.31
175	20.1	10.5	11.0	1.29
176	20.5	10.8	11.3	1.29
177	20.9	10.5	11.0	1.28
178	21.3	10.8	12.3	1.32
179	21.7	10.5	11.9	1.31
180	22.1	10.8	11.9	1.30
181	22.5	10.5	11.5	1.33
182	23.0	10.8	12.5	1.35
183	23.4	10.5	12.0	1.36
184	23.8	10.8	13.1	1.43
185	24.2	10.5	11.3	1.42
186	24.6	10.8	12.3	1.48
187	25.0	10.5	11.9	1.51
188	25.4	10.8	13.0	1.56
189	25.8	10.5	12.5	1.60
190	17.6	11.2	14.2	1.57
191	18.0	11.5	14.5	1.51
192	18.4	11.2	11.7	1.44
193	18.8	11.5	12.0	1.38
194	19.3	11.2	11.7	1.34
195	19.7	11.5	12.0	1.32
196	20.1	11.2	11.7	1.30
197	20.5	11.5	13.0	1.35

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	115 di 143

198	20.9	11.2	12.6	1.32
199	21.3	11.5	12.6	1.31
200	21.7	11.2	12.2	1.30
201	22.1	11.5	12.0	1.34
202	22.5	11.2	12.9	1.35
203	23.0	11.5	12.6	1.35
204	23.4	11.2	12.2	1.38
205	23.8	11.5	13.3	1.42
206	24.2	11.2	12.8	1.43
207	24.6	11.5	13.9	1.47
208	25.0	11.2	13.4	1.52
209	25.4	11.5	13.2	1.56
210	25.8	11.2	12.7	1.63
211	17.6	11.8	14.8	1.53
212	18.4	11.8	12.3	1.44
213	19.3	11.8	12.3	1.35
214	20.1	11.8	12.0	1.30
215	20.9	11.8	12.9	1.32
216	21.7	11.8	12.4	1.33
217	22.5	11.8	13.1	1.37
218	23.4	11.8	13.7	1.41
219	24.2	11.8	12.9	1.44
220	25.0	11.8	13.6	1.52
221	25.8	11.8	12.9	1.65

Condizione sismica non drenata

$x_c=24.79$ $y_c=8.74$ $R_c=11.61$ $F_s=1.23$



Quote	0.00	0.00	7.33	7.53
Distanze Parziali	0.00	20.00	10.99	13.49
Distanze Progressive	0.00	20.00	30.99	45.00

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

Lat./Long.	44.888567/10.850368
Normativa	NTC 2018 e Circ.
Numero di strati	4.0
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	11.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	7.45 m
Ascissa vertice destro superiore xs	30.49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20.33 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:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.7	2.49	0.28
S.L.D.	201.0	0.89	2.57	0.27
S.L.V.	1898.0	2.35	2.47	0.28
S.L.C.	2475.0	2.62	2.45	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.	1.05	0.18	0.0193	0.0096
S.L.D.	1.335	0.18	0.0245	0.0123
S.L.V.	3.1604	0.31	0.0999	0.05
S.L.C.	3.425	0.31	0.1083	0.0541

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.1
 Coefficiente azione sismica verticale 0.05

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	20.0	0.0
3	30.99	7.33
4	31.5	7.33
5	31.51	7.19
6	45.0	7.53

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.7
2	20.0	-0.7
3	45.0	-0.7

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	20.0	0.0
3	20.0	0.0
4	21.84	0.37
5	22.8	0.78
6	23.93	1.4
7	26.02	2.35
8	26.35	2.55
9	28.95	3.15
10	29.39	3.37
11	32.72	5.31
12	35.7	7.14
13	36.17	7.31
14	45.0	7.53

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	20.0	0.0
3	45.0	0.0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-3.0
2	20.0	-3.0
3	45.0	-3.0

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	45	0	0	18	19	Argille	
4	50	0	0	18	19	Argille	

Risultati analisi pendio [NTC 2018 e Circ.: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 1.23
 Ascissa centro superficie 24.79 m
 Ordinata centro superficie 8.74 m
 Raggio superficie 11.61 m

xc = 24.794 yc = 8.742 Rc = 11.61 Fs=1.226
 Lambda = 0.294

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.64	-39.12	0.82	3.09
2	0.64	-35.16	0.78	8.68
3	0.64	-31.38	0.75	13.76
4	0.64	-27.76	0.72	18.16
5	0.64	-24.25	0.7	22.21
6	0.64	-20.83	0.68	31.4
7	0.64	-17.49	0.67	40.08
8	0.64	-14.21	0.66	48.26
9	0.64	-10.98	0.65	55.98
10	0.64	-7.78	0.64	63.24
11	0.64	-4.61	0.64	70.06
12	0.64	-1.45	0.64	76.46
13	0.64	1.7	0.64	82.42
14	0.64	4.86	0.64	87.96
15	0.64	8.03	0.65	93.07
16	0.64	11.23	0.65	97.74
17	0.64	14.47	0.66	101.95
18	0.64	17.75	0.67	105.7
19	0.64	21.09	0.68	108.95
20	0.64	24.52	0.7	111.68
21	0.64	28.03	0.72	113.84
22	0.42	31.04	0.49	76.22

23	0.51	33.77	0.61	90.67
24	0.01	35.32	0.01	1.89
25	1.61	40.59	2.12	258.61
26	0.64	48.2	0.96	87.77
27	0.64	53.2	1.07	77.06
28	0.64	58.88	1.24	64.01
29	0.64	65.77	1.56	47.27
30	0.64	76.27	2.69	22.66

Sforzi sui conci


Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	15.97	54.27	0.0	0.0	-43.91	30.21	0.0
2	31.05	105.51	15.97	54.27	-34.27	28.67	0.31
3	45.26	153.78	31.05	105.51	-27.65	27.46	2.93
4	58.54	198.93	45.26	153.78	-20.94	26.49	5.2
5	70.92	240.98	58.54	198.93	-14.22	25.71	7.15
6	82.93	281.79	70.92	240.98	-3.23	25.08	8.81
7	94.29	320.4	82.93	281.79	8.21	24.58	10.2
8	104.77	356.01	94.29	320.4	19.72	24.18	11.33
9	114.18	387.96	104.77	356.01	30.99	23.88	12.23
10	122.34	415.71	114.18	387.96	41.79	23.66	12.89
11	129.13	438.78	122.34	415.71	51.9	23.52	13.32
12	134.42	456.77	129.13	438.78	61.16	23.45	13.54
13	138.12	469.31	134.42	456.77	69.41	23.45	13.53
14	140.12	476.1	138.12	469.31	76.52	23.53	13.3
15	140.34	476.88	140.12	476.1	82.37	23.67	12.85
16	138.74	471.42	140.34	476.88	86.86	23.9	12.17
17	135.23	459.51	138.74	471.42	89.91	24.21	11.26
18	129.78	441.0	135.23	459.51	91.42	24.61	10.1
19	122.36	415.77	129.78	441.0	91.34	25.12	8.69
20	112.93	383.74	122.36	415.77	89.64	25.76	7.01
21	101.5	344.89	112.93	383.74	86.28	26.56	5.04
22	95.54	324.63	101.5	344.89	56.87	18.11	2.09
23	86.0	292.21	95.54	324.63	62.76	22.52	1.04
24	94.18	320.02	86.0	292.21	10.91	0.49	0.0
25	42.97	146.02	94.18	320.02	115.05	77.87	0.0
26	33.55	114.0	42.97	146.02	37.29	23.76	0.0
27	23.42	79.56	33.55	114.0	20.8	13.25	0.0
28	13.21	44.9	23.42	79.56	4.85	3.09	0.0
29	4.01	13.64	13.21	44.9	-8.67	-5.53	0.0
30	-1.74	-5.91	4.01	13.64	-14.18	-9.04	0.0

Numero di superfici esaminate....(177)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	18.1	8.1	11.0	2.54
2	23.8	8.1	11.0	1.34
3	25.7	8.1	11.0	1.26
4	30.5	7.5	10.3	20.00
5	15.3	8.7	11.6	5.15


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 Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

6	16.2	9.4	12.3	3.51
7	17.2	8.7	11.6	2.95
8	18.1	9.4	12.3	2.29
9	19.1	8.7	11.6	2.03
10	22.9	8.7	11.6	1.37
11	23.8	9.4	12.3	1.34
12	24.8	8.7	11.6	1.23
13	25.7	9.4	12.3	1.23
14	26.7	8.7	11.6	1.24
15	27.6	9.4	12.3	1.25
16	29.5	9.4	11.1	1.72
17	30.5	8.7	10.4	2.06
18	12.4	10.7	13.5	12.38
19	16.2	10.7	13.5	3.09
20	17.2	10.0	12.9	2.63
21	18.1	10.7	13.5	2.11
22	19.1	10.0	12.9	1.88
23	20.0	10.7	12.4	1.84
24	21.9	10.7	12.4	1.54
25	23.8	10.7	13.5	1.36
26	24.8	10.0	12.9	1.24
27	25.7	10.7	13.5	1.25
28	26.7	10.0	12.9	1.26
29	27.6	10.7	13.5	1.27
30	28.6	10.0	12.9	1.30
31	29.5	10.7	13.4	1.43
32	30.5	10.0	12.7	1.65
33	12.4	12.0	14.8	9.92
34	16.2	12.0	13.7	3.92
35	17.2	11.3	14.2	2.39
36	18.1	12.0	14.8	1.99
37	19.1	11.3	14.2	1.94
38	20.0	12.0	14.8	1.63
39	21.0	11.3	13.1	1.65
40	21.9	12.0	13.7	1.56
41	22.9	11.3	13.1	1.44
42	23.8	12.0	13.7	1.43
43	24.8	11.3	14.2	1.27
44	25.7	12.0	14.8	1.25
45	26.7	11.3	14.2	1.25
46	27.6	12.0	13.5	1.41
47	28.6	11.3	14.0	1.30
48	29.5	12.0	14.5	1.37
49	30.5	11.3	12.1	2.09
50	11.5	12.6	15.5	13.33
51	12.4	13.2	16.1	7.95
52	13.4	12.6	15.5	5.87
53	14.3	13.2	15.0	7.66
54	15.3	12.6	14.3	5.31
55	16.2	13.2	15.0	3.44
56	17.2	12.6	15.5	2.21
57	18.1	13.2	16.1	1.92
58	19.1	12.6	15.5	1.89
59	20.0	13.2	16.1	1.61

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	121 di 143


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 Emilia-Romagna</i>	<i>Progetto definitivo</i>

60	21.0	12.6	15.5	1.51
61	21.9	13.2	16.1	1.43
62	22.9	12.6	14.3	1.49
63	23.8	13.2	15.0	1.40
64	24.8	12.6	14.3	1.37
65	25.7	13.2	16.0	1.24
66	26.7	12.6	15.4	1.24
67	27.6	13.2	15.9	1.29
68	28.6	12.6	13.8	1.61
69	29.5	13.2	13.5	2.26
70	30.5	12.6	12.4	3.25
71	11.5	13.9	16.8	11.02
72	12.4	14.5	17.4	6.47
73	13.4	13.9	16.8	5.00
74	14.3	14.5	16.3	6.02
75	15.3	13.9	15.6	4.41
76	16.2	14.5	16.3	3.04
77	17.2	13.9	16.8	2.11
78	18.1	14.5	17.4	1.86
79	19.1	13.9	16.8	1.72
80	20.0	14.5	17.4	1.59
81	21.0	13.9	16.8	1.54
82	21.9	14.5	17.4	1.44
83	22.9	13.9	15.6	1.49
84	23.8	14.5	17.4	1.30
85	24.8	13.9	16.7	1.26
86	25.7	14.5	17.2	1.30
87	26.7	13.9	16.5	1.29
88	27.6	14.5	17.0	1.29
89	28.6	13.9	16.1	1.38
90	29.5	14.5	13.8	2.82
91	11.5	15.2	17.9	9.92
92	12.4	15.8	18.7	5.49
93	13.4	15.2	18.0	4.27
94	14.3	15.8	17.6	5.04
95	15.3	15.2	18.0	2.67
96	16.2	15.8	17.6	2.77
97	17.2	15.2	16.9	2.41
98	18.1	15.8	18.7	1.86
99	19.1	15.2	18.0	1.70
100	20.0	15.8	17.6	1.77
101	21.0	15.2	18.0	1.49
102	21.9	15.8	18.7	1.46
103	22.9	15.2	16.9	1.50
104	23.8	15.8	18.5	1.35
105	24.8	15.2	16.6	1.43
106	25.7	15.8	18.3	1.30
107	26.7	15.2	17.7	1.29
108	27.6	15.8	17.6	1.38
109	28.6	15.2	14.9	2.60
110	29.5	15.8	15.9	2.48
111	30.5	15.2	14.8	3.11
112	12.4	17.1	20.0	4.66
113	13.4	16.5	19.3	3.76

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	122 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

114	14.3	17.1	20.0	2.86
115	15.3	16.5	19.3	2.61
116	16.2	17.1	18.8	2.62
117	17.2	16.5	19.3	2.01
118	18.1	17.1	18.8	2.06
119	19.1	16.5	19.3	1.73
120	20.0	17.1	18.8	1.77
121	21.0	16.5	19.3	1.51
122	21.9	17.1	19.9	1.50
123	22.9	16.5	19.2	1.40
124	23.8	17.1	19.7	1.36
125	24.8	16.5	17.6	1.50
126	25.7	17.1	19.5	1.36
127	26.7	16.5	18.7	1.34
128	27.6	17.1	18.1	1.50
129	28.6	16.5	17.0	1.80
130	11.5	17.8	20.1	9.34
131	12.4	18.4	21.1	4.36
132	13.4	17.8	19.5	5.89
133	14.3	18.4	21.3	2.69
134	15.3	17.8	20.6	2.51
135	16.2	18.4	20.1	2.59
136	17.2	17.8	20.6	1.98
137	18.1	18.4	20.1	2.04
138	19.1	17.8	20.6	1.71
139	20.0	18.4	21.2	1.61
140	21.0	17.8	19.3	1.72
141	21.9	18.4	19.6	1.68
142	22.9	17.8	20.4	1.35
143	23.8	18.4	19.3	1.63
144	24.8	17.8	20.2	1.38
145	25.7	18.4	20.4	1.42
146	26.7	17.8	17.6	2.24
147	27.6	18.4	18.7	1.89
148	28.6	17.8	17.6	2.61
149	29.5	18.4	17.1	2.78
150	11.5	19.0	21.2	8.84
151	12.4	19.7	21.1	10.26
152	13.4	19.0	20.8	4.84
153	14.3	19.7	22.6	2.67
154	15.3	19.0	21.9	2.34
155	16.2	19.7	21.4	2.51
156	17.2	19.0	21.9	1.95
157	18.1	19.7	21.4	2.03
158	19.1	19.0	20.7	1.93
159	20.0	19.7	22.4	1.61
160	21.0	19.0	21.7	1.53
161	21.9	19.7	20.6	1.78
162	22.9	19.0	21.5	1.47
163	23.8	19.7	22.0	1.43
164	24.8	19.0	19.6	1.67
165	25.7	19.7	19.2	2.10
166	26.7	19.0	19.8	1.59
167	27.6	19.7	19.4	2.44

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	123 di 143

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 Emilia-Romagna	Progetto definitivo

168	28.6	19.0	18.2	2.60
169	29.5	19.7	17.8	2.78
170	13.4	20.3	22.1	4.09
171	15.3	20.3	23.2	2.37
172	17.2	20.3	23.2	1.93
173	19.1	20.3	23.0	1.71
174	21.0	20.3	21.3	1.82
175	22.9	20.3	22.6	1.42
176	24.8	20.3	22.1	1.45
177	28.6	20.3	18.9	2.59

=====

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, interessanti, quindi, terreni non precedentemente bonificati. L'allargamento nella porzione centrale interessa, infatti un rilevato già esistente.

L'ampliamento in questione interessa le piazzole alle progressive 286+459 e 288+111, ciascuna per un tratto di circa 140 m.

7.2.1 Metodo di Burmister per la definizione dello spessore di bonifica

Per la definizione degli spessori di bonifica sotto il piano di posa del rilevato, i fattori che intervengono sono molteplici e variano al variare della natura del terreno, della stratigrafia locale, dello stato di addensamento, del contenuto d'acqua, della natura del materiale utilizzato e dalle prestazioni richieste dopo la messa d'opera.

Nel presente studio, la determinazione dello spessore di bonifica è stata condotta ricorrendo al criterio del bistrato formulato da D. M. Burmister (1943), basato sullo studio dell'equilibrio di due solidi elastici di diversa natura e sovrapposti, uno, con spessore finito s , modulo di elasticità o di deformazione E_1 e coefficiente di Poisson ν_1 , l'altro semifinito (terreno di sottofondo) con modulo elastico E_0 e coefficiente di Poisson ν_0 .

Burmister considera un carico uniforme p superficiale distribuito su un'area circolare di raggio a e ipotizza le seguenti condizioni al contorno:

- pressione nulla al di fuori dell'area di carico;
- tensioni e cedimenti nulli all'infinito;
- sulla superficie di contatto tra i due strati vi è assenza di spostamenti relativi.

Il cedimento f al centro della piastra, ipotizzando $\nu_0=0.2$, risulta dalla seguente relazione:

$$f = 1,5 \frac{pa}{E_0} F_1$$

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	124 di 143

Infatti, all'applicazione del carico le deformazioni misurate risultano proporzionali alle pressioni e il terreno si comporta come un mezzo quasi elastico.

F_1 è una funzione dei due rapporti E_1/E_0 ed s/a , i cui valori possono ottenersi dalla seguente formula ottenuta analiticamente da N. Odemark:

$$F_1 = \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(0,9 \frac{s}{a}\right)^2}} \right] \frac{E_0}{E_1} + \frac{1}{\sqrt{1 + \left(0,9 \frac{s}{a} 3 \sqrt{\frac{E_1}{E_0}}\right)^2}}$$

Quindi si può mettere in relazione il modulo di piastra, M_d , con lo spessore e le caratteristiche dello strato di bonifica e del sottofondo passando attraverso il calcolo del cedimento per un carico pari a 100 kPa agente su una piastra di diametro 30 cm.

7.2.2 Calcolo degli spessori di bonifica

Per la stima dei parametri di deformazione del terreno in posto si è fatto riferimento alle prove già indicate per le verifiche di stabilità.

Sezione	Indagine di riferimento	Terreno di fondazione interessato dalla bonifica	γ (kN/m ³)	E (MPa)	Spessore di bonifica (cm)
286+459	RE_CPTU2	argille	18	5	50
288+111	RE_CPTU5	argille	18	2.5	100

TAB. 32 – SEZIONI VERIFICATE E RELATIVI PARAMETRI GEOTECNICI

Nelle figure sottostanti si riportano le curve di progetto per la determinazione dello spessore di bonifica (intesa come lo spessore totale da rimuovere cioè scotico + bonifica) in funzione del modulo del terreno di sottofondo E_0 , del prescritto modulo di piastra (M_d), pari a 20 MPa e di un modulo di Young dello strato di bonifica (M_b) pari a 25 MPa ritenuto progettualmente accettabile.

Dal grafico si legge (Freccia rossa) lo spessore minimo di bonifica necessario per portare il terreno al valore di progetto di 20 MPa (linea tratteggiata orizzontale rossa).

Come si può constatare dai risultati riportati in Tab. 32, nella prima sezione, in cui i terreni risultano sostanzialmente normalconsolidati, è sufficiente una bonifica totale (scotico + bonifica) di soli 50 cm. Nella sezione 288+111, invece, dove i terreni presentano un elevato grado di plasticità, la bonifica dovrà raggiungere uno spessore totale di circa 100 cm.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	125 di 143

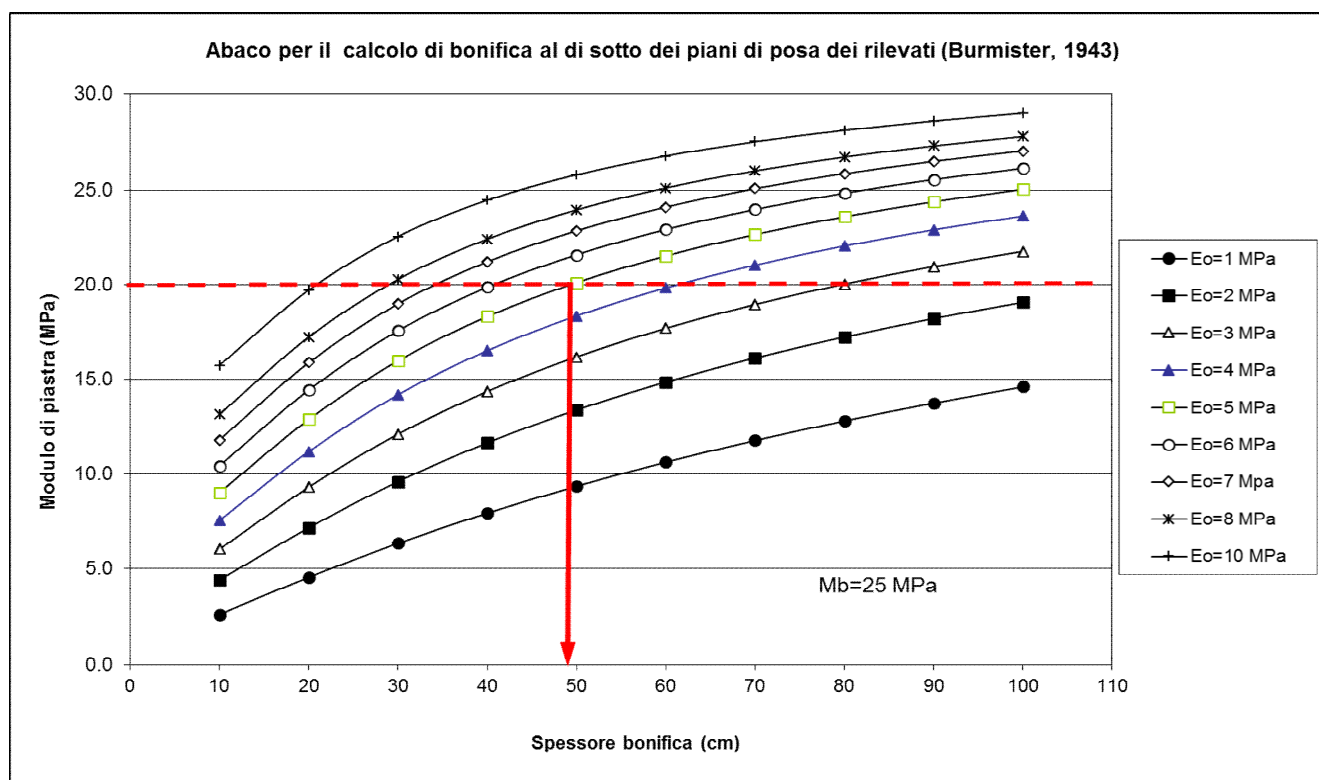


FIG. 17 - SEZ. 286+459 - CORRELAZIONI TRA MODULO DI DEFORMAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE E SPESSORE DI BONIFICA CON MATERIALE DI BONIFICA AVENTE MODULO ELASTICO PARI A 25 MPa.

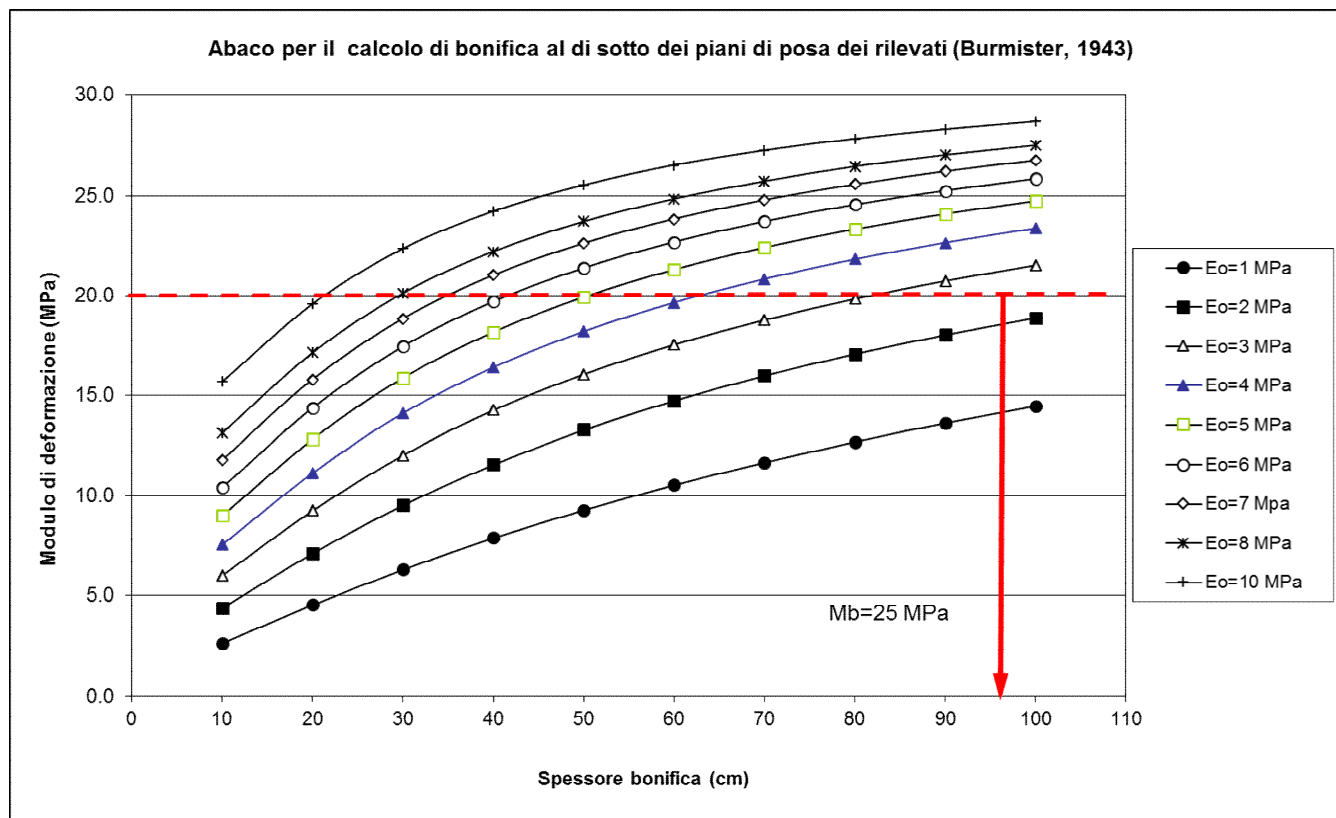


FIG. 18 - SEZ. 288+111 - CORRELAZIONI TRA MODULO DI DEFORMAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE E SPESSORE DI BONIFICA CON MATERIALE DI BONIFICA AVENTE MODULO ELASTICO PARI A 25 MPa.

7.3 Valutazione dei cedimenti indotti dai rilevati

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

Il cedimento dei rilevati poggianti su terreni coesivi, quali quelli in questione, può essere determinato ricorrendo alla teoria edometrica.

I metodi tradizionali di calcolo basati sulla teoria edometrica sono ad oggi ancora da preferire rispetto ad analisi numeriche eseguite modellando il terreno con leggi costitutive adeguate.

Un requisito fondamentale per un'affidabile stima dei cedimenti è quello costituito dalla conoscenza dello stato tensionale iniziale e di quello indotto dai carichi.

La valutazione delle tensioni esistenti prima dell'applicazione del carico dovute al peso proprio del terreno, dette tensioni geostatiche, è stata fatta facendo ricorso alla formula seguente dove si assume che la direzione verticale sia direzione principale di tensione:

$$\sigma_{vo}' = \gamma' \cdot z$$

essendo:

σ_{vo}' = pressione geostatica verticale efficace;

γ' = peso di volume efficace del terreno;

z = profondità dal piano campagna.

Si fa riferimento alle tensioni effettive in quanto il calcolo edometrico per sua natura si riferisce alle condizioni drenate.

La determinazione delle sovratensioni indotte dai carichi esterni, $\Delta\sigma_v$, è stata effettuata utilizzando la teoria dell'elasticità, assimilando il terreno di fondazione ad un mezzo continuo, lineare, isotropo ed omogeneo e i carichi agenti come uniformemente ripartiti con intensità linearmente variabile sull'impronta in pianta del rilevato (soluzione di Boussinesq).

Il metodo edometrico viene applicato in via approssimata alle situazioni reali, non strettamente rappresentative delle situazioni edometriche, nelle quali si verifica anche un cedimento istantaneo.

Il cedimento di consolidazione, è stato stimato con la seguente espressione (Fig. 19):

$$s_c = \sum_1^n \frac{\Delta\sigma_v \cdot \Delta z_i}{Eed_i}$$

essendo:

s_c = cedimento di consolidazione;

$\Delta\sigma_v$ = incremento tensionale indotto dal carico;

Δz_i = altezza dello strato coesivo i-esimo;

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

Eed_i = modulo edometrico dello strato coesivo i-esimo.

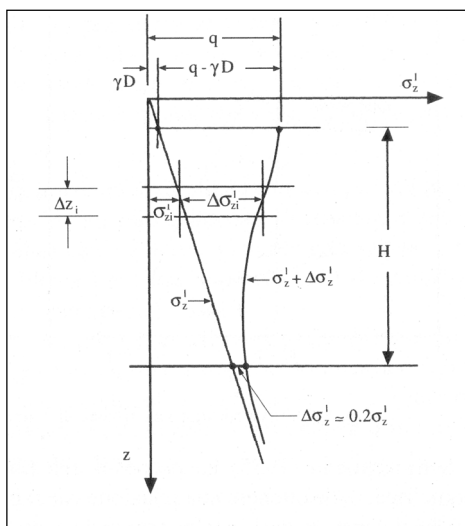


FIG. 19 – CEDIMENTO EDOMETRICO

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	128 di 143

Sezione	Indagine di riferimento	Stratigrafia terreno di fondazione	da m	A m	E (MPa)
286+459	RE_CPTU2	argille	0	5	5.0
		limi	5	10	3.5
288+111	RE_CPTU5	argille	0	6	3.5
		argille	6	13	6.0

TAB. 33 – PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEI CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti è stato utilizzato il modulo “RILEVATI” del Programma LOADCAP della Geostru. I parametri geotecnici utilizzati sono quelli della Tab. 33. Il cedimento è stato calcolato per 5 punto “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. 20.

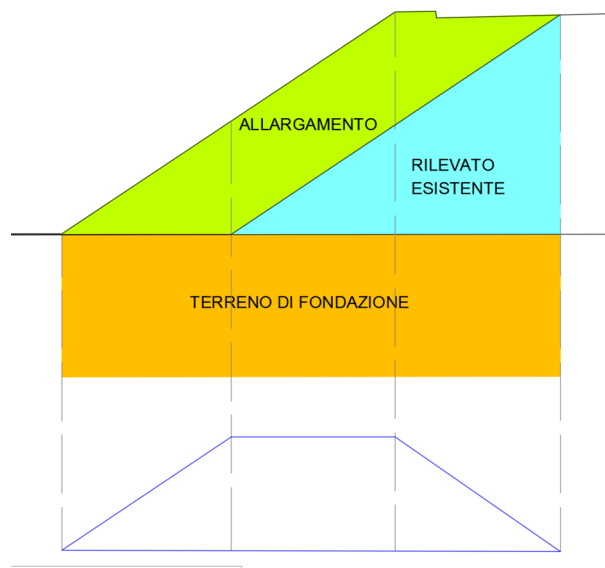


FIG. 20 – SCHEMA DI RIPARTIZIONE IN PIANO DEL CARICO INDOTTO DALL'ALLARGAMENTO

7.3.1 Risultati delle verifiche dei cedimenti

SEZIONE 286+459

Riferimento zona	SEZIONE 286+459
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	7.66 m
Imposta piano di posa sbancamento	0 m
Peso unità volume sbancamento	2 t/m ³

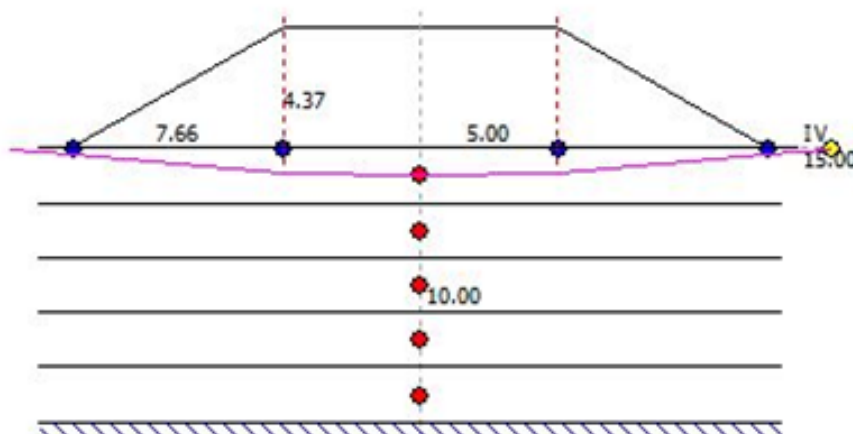
Incremento netto al piano di posa	6.1	t/m ²
Distanza asse - IV punto a scelta	15	m
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO	10	m
Altezza rilevato	4.37	m
Peso unità volume rilevato	2	t/m ³
Peso unità volume fondazione rilevato	1.8	t/m ³

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato m	Modulo edometrico Kg/cm ²	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	2.50	50	1	2.441	2.47	0.13	0.027
2	2.50	50	1	2.491	2.241	0.321	0.104
3	2.00	35	1	3.046	2.772	0.626	0.277
4	1.00	35	1	2.588	2.387	0.717	0.379
5	2.00	35	1	2.699	2.486	0.909	0.54

Cedimenti totali

Asse	13.265	cm
Bordo	12.356	cm
Piede	2.703	cm
IV Punto	1.327	cm



Come si può constatare il cedimento massimo appare abbastanza significativo (oltre 13 cm), anche se la stima è sicuramente sopravvalutata in relazione alle ipotesi semplificative introdotte per il calcolo.

In corso d'opera si dovrà valutare lo sviluppo dei cedimenti tenendo sotto controllo il rilevato autostradale a lato dell'intervento.

SEZIONE 288+111

Riferimento zona	SEZIONE 288+111
Carico statico sul rilevato	0 t/m ²

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	130 di 143

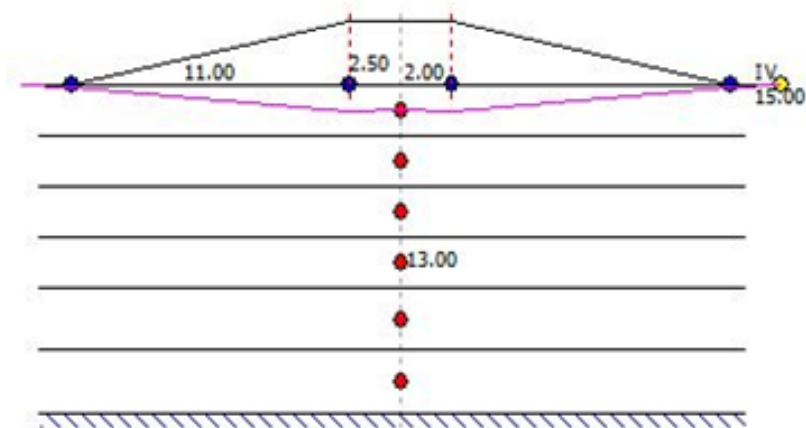
Carico dinamico sul rilevato	0	t/m ²
1/2 Larghezza rettangolo	2	m
Larghezza base triangolo	11	m
Imposta piano di posa sbancamento	0	m
Peso unità volume sbancamento	2	t/m ³
Incremento netto al piano di posa	2.9	t/m ²
Distanza asse - IV punto a scelta	15	m
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO	13	m
Altezza rilevato	2.5	m
Peso unità volume rilevato	2	t/m ³
Peso unità volume fondazione rilevato	1.8	t/m ³

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato m	Modulo edometrico Kg/cm ²	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	2	35	1	1.678	1.682	0.053	0.007
2	2	35	1	1.261	1.356	0.125	0.036
3	2	35	1	1.015	1.096	0.168	0.069
4	2	60	1	0.503	0.532	0.111	0.056
5	2.5	60	1	0.539	0.556	0.148	0.084
6	2.5	60	1	0.463	0.468	0.149	0.093

Cedimenti total

Asse	5.459	cm
Bordo	5.690001	cm
Piede	0.754	cm
IV Punto	0.345	cm



Come si può constatare il cedimento totale, nella zona di massimo carico, è modesto, pari a circa 5.7 cm, non trascurabile, ma sicuramente tollerabile per la situazione studiata.

In ogni caso in corso d'opera si dovrà valutare lo sviluppo dei cedimenti tenendo sotto controllo il rilevato autostradale a lato dell'intervento.

7.4 Valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione

La Valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione è stato eseguito con il programma "CONSOLIDATE" della GGU.

Anche in questo caso la verifica è stata effettuata per le stesse sezioni utilizzate per le verifiche di stabilità, poiché si tratta delle sezioni di maggiore altezza, che determineranno i maggiori cedimenti e, di conseguenza, i maggiori tempi di consolidazione.

7.4.1 Determinazione teorica dell'andamento dei cedimenti nel tempo

La valutazione dell'andamento nel tempo del cedimento di consolidazione primaria dei terreni coesivi è stata condotta con riferimento alla teoria della consolidazione monodimensionale di Terzaghi.

Si calcola il tempo "t" necessario allo sviluppo dei cedimenti corrispondenti al grado di consolidazione U scelto tramite la seguente espressione:

$$t = \frac{T \cdot H_0^2}{c_v}$$

Dove:

T = fattore adimensionale del tempo corrispondente al grado di consolidazione;

H = massimo percorso di drenaggio delle particelle d'acqua all'interno degli strati coesivi;

c_v = coefficiente di consolidazione verticale primaria = $\frac{k}{\gamma_w \cdot m_v}$, in cui k è il coefficiente di permeabilità,

γ_w è il peso di volume dell'acqua e m_v è il coefficiente di compressibilità edometrica, pari all'inverso del modulo edometrico Eed.

In questo studio si è scelto di determinare il tempo necessario allo sviluppo del 90% del cedimento primario.

7.4.2 Sezioni verificate e risultati

Come già illustrato le sezioni verificate sono le stesse già utilizzate per le verifiche di stabilità e dei cedimenti. In relazione alla complessità della stratigrafia, le verifiche sono state effettuate singolarmente per ciascuno strato coesivo di ciascuna sezione.

Il valore del coefficiente di consolidazione è stato desunto dalle indagini di laboratorio disponibili al contorno; per ciascun orizzonte il valore di C_v è stato valutato per la pressione litostatica efficace relativa alla profondità media dello strato).

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-GT.1 - Relazione geotecnica	Agosto 2023	1	132 di 143

Per la valutazione del sovraccarico indotto dal nuovo rilevato è stato utilizzato lo schema di Fig. 20. In Tab. 34 sono riportati, per ciascuna sezione, gli strati verificati, con i relativi valori di Cv, ed i tempi di consolidazione calcolati.

Quando i tempi di consolidazione sono risultati particolarmente elevati, si è provveduto ad effettuare la verifica anche in presenza di dreni verticali di lunghezza pari allo spessore dello strato e con maglia quadrata di 2.0x2.0 o 2.5x2.5 m.

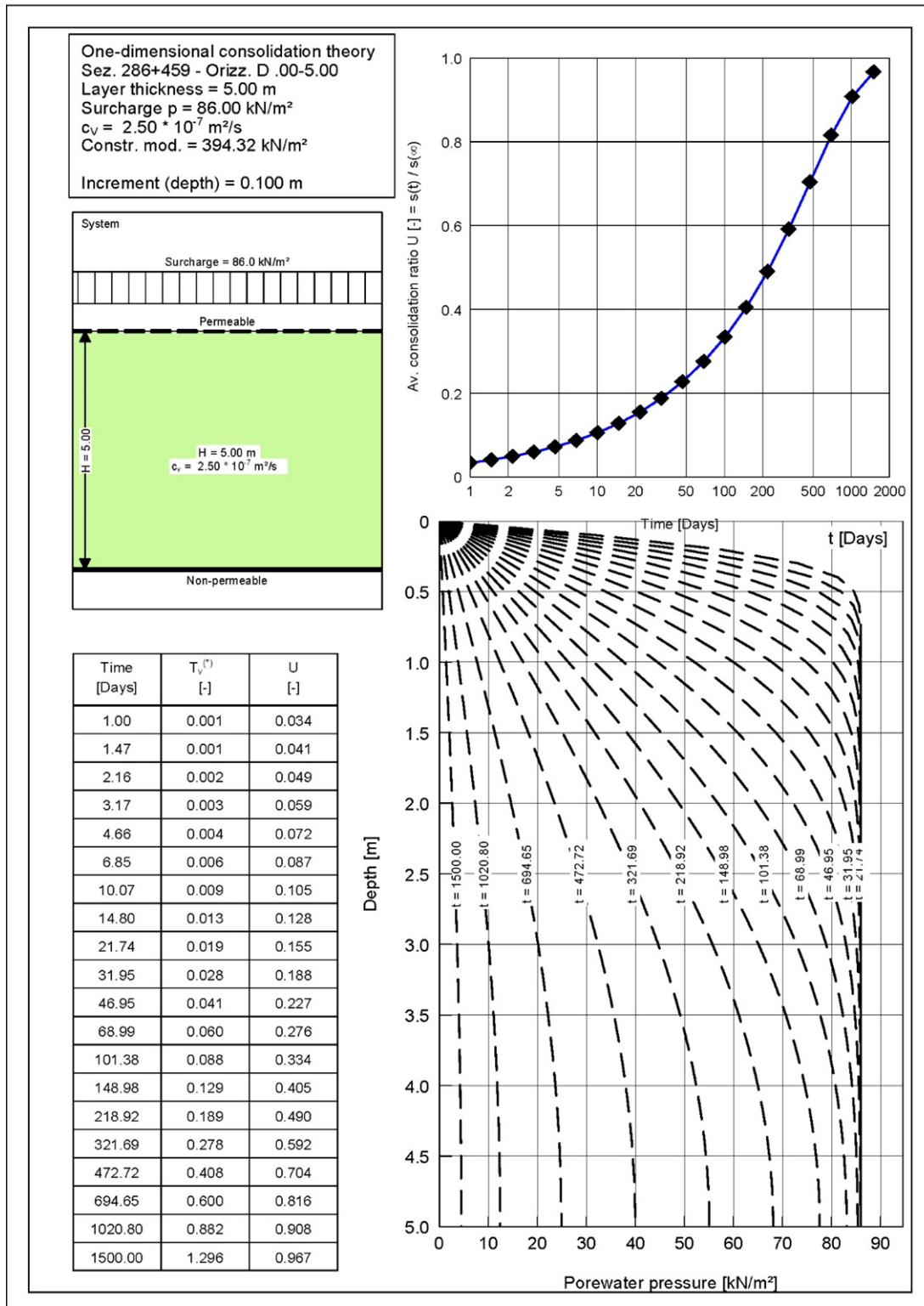
Nell'ipotesi considerata i dreni verticali dovranno presentare un raggio equivalente pari a 50 mm; inoltre dovranno garantire una portata di scarico assiale minima di 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 Kn/m³).

Sezione	Stratigrafia terreno di fondazione	da m	a m	Cv	Tempo di consolidazione al 90% (gg)		
				(m ² /s)	senza dreni	con dreni maglia 2.5x2.5 m	con dreni maglia 2.0x2.0 m
286+459	Argille	0.0	5.0	2.50E-07	1020	203	120
	Limi	5.0	10.0	2.00E-06	121	dreni non necessari	
288+111	Argille	0	6	6.80E-07	511	76	45
	Argille	6	13	2.50E-07	2000	203	120

TAB. 34 – SEZIONI VERIFICATE E RELATIVI TEMPI DI CONSOLIDAZIONE

Considerata la durata prevista del cantiere in relazione ai tempi di consolidazione calcolati ed alla limitata entità dei cedimenti attesi, si è convenuto con i Progettisti di non prevedere l'inserimento di dreni verticali nel progetto dell'opera.

Nelle figure seguenti sono riportati gli output di calcolo del programma per ciascuna sezione verificata.



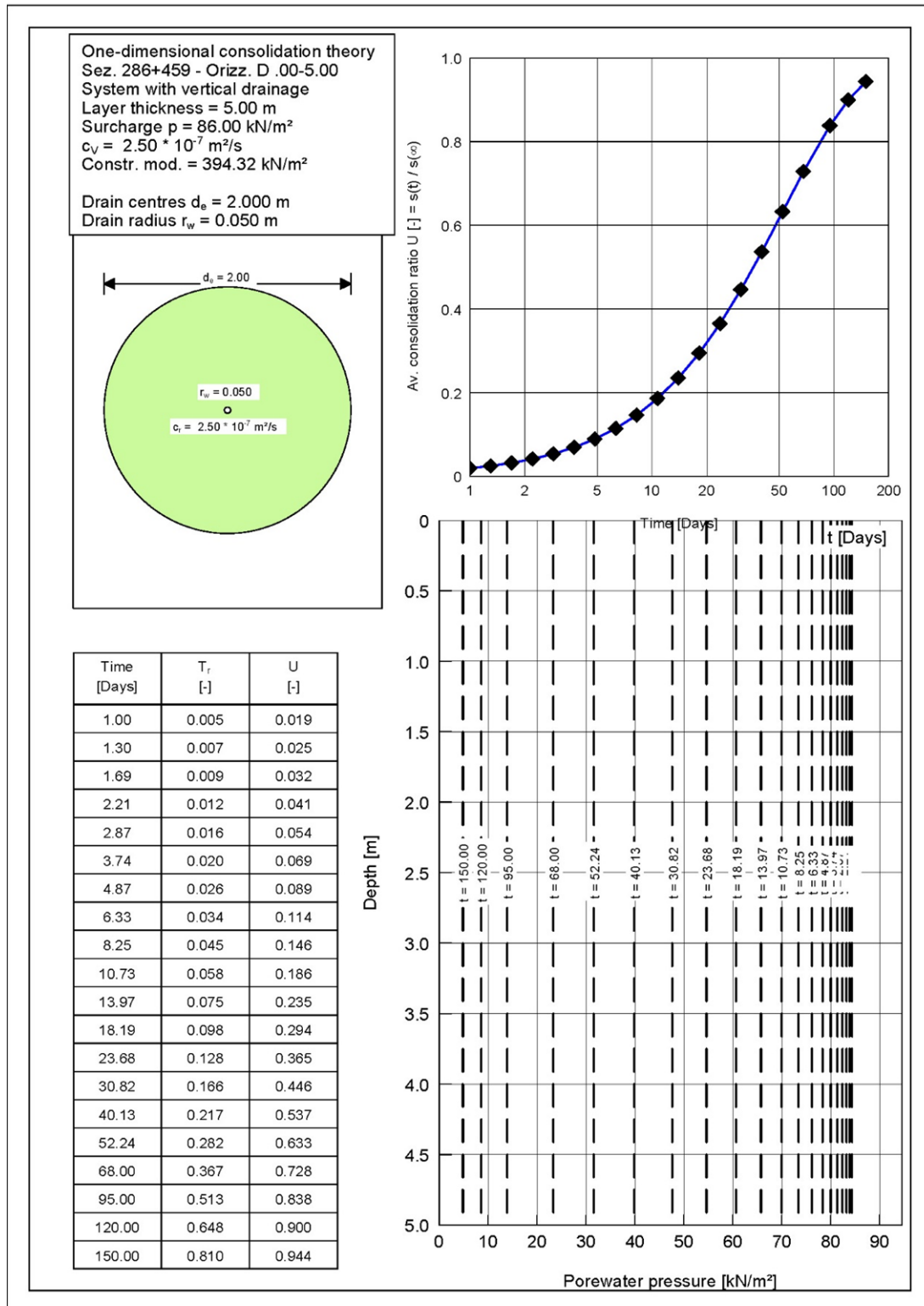


FIG. 22 – SEZ. 286+459 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-5.00 M CON DRENI MAGLIA 2.0x2.0 M

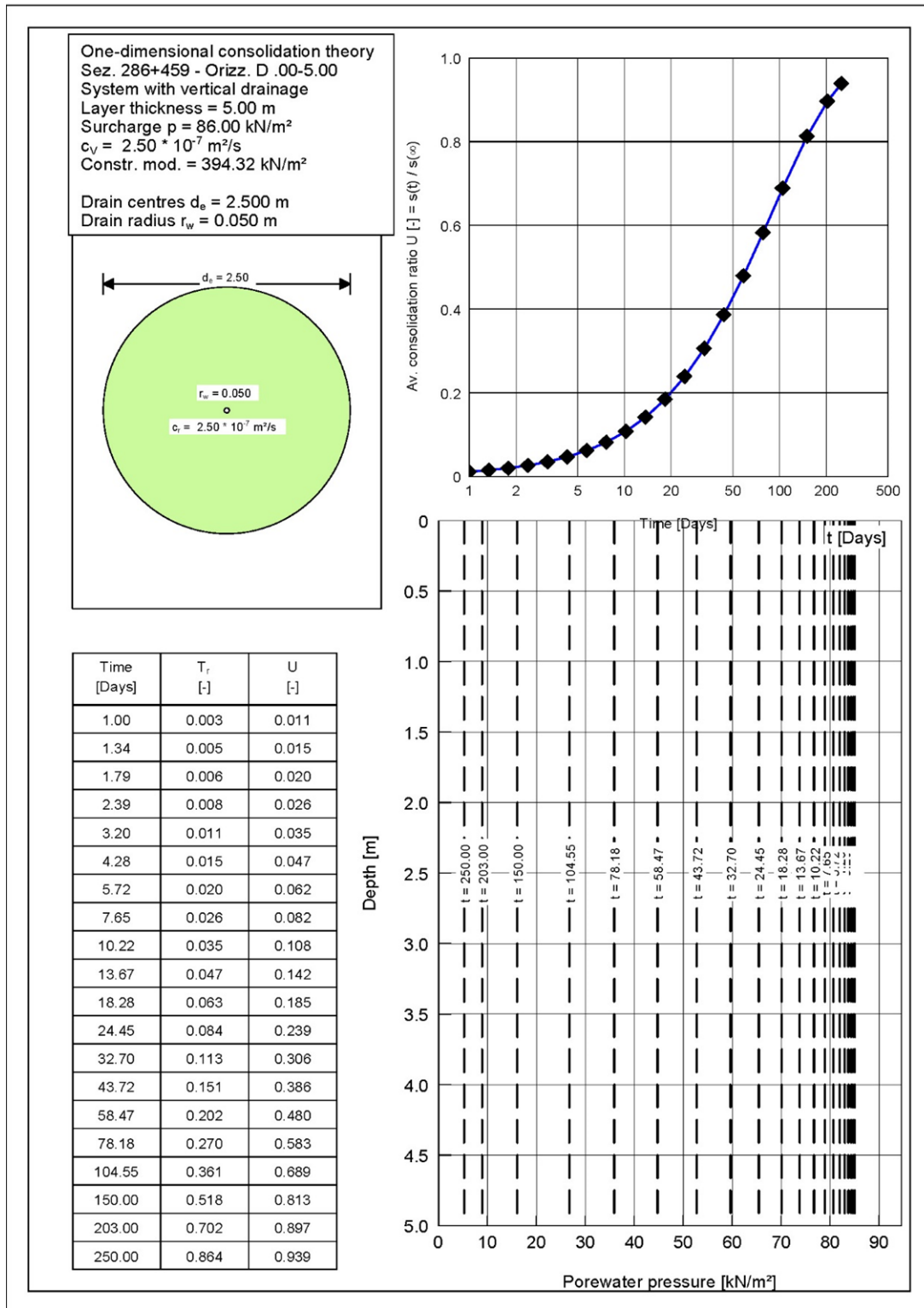


FIG. 23 – SEZ. 286+459 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-5.00 M CON DRENI MAGLIA 2.5X2.5 M

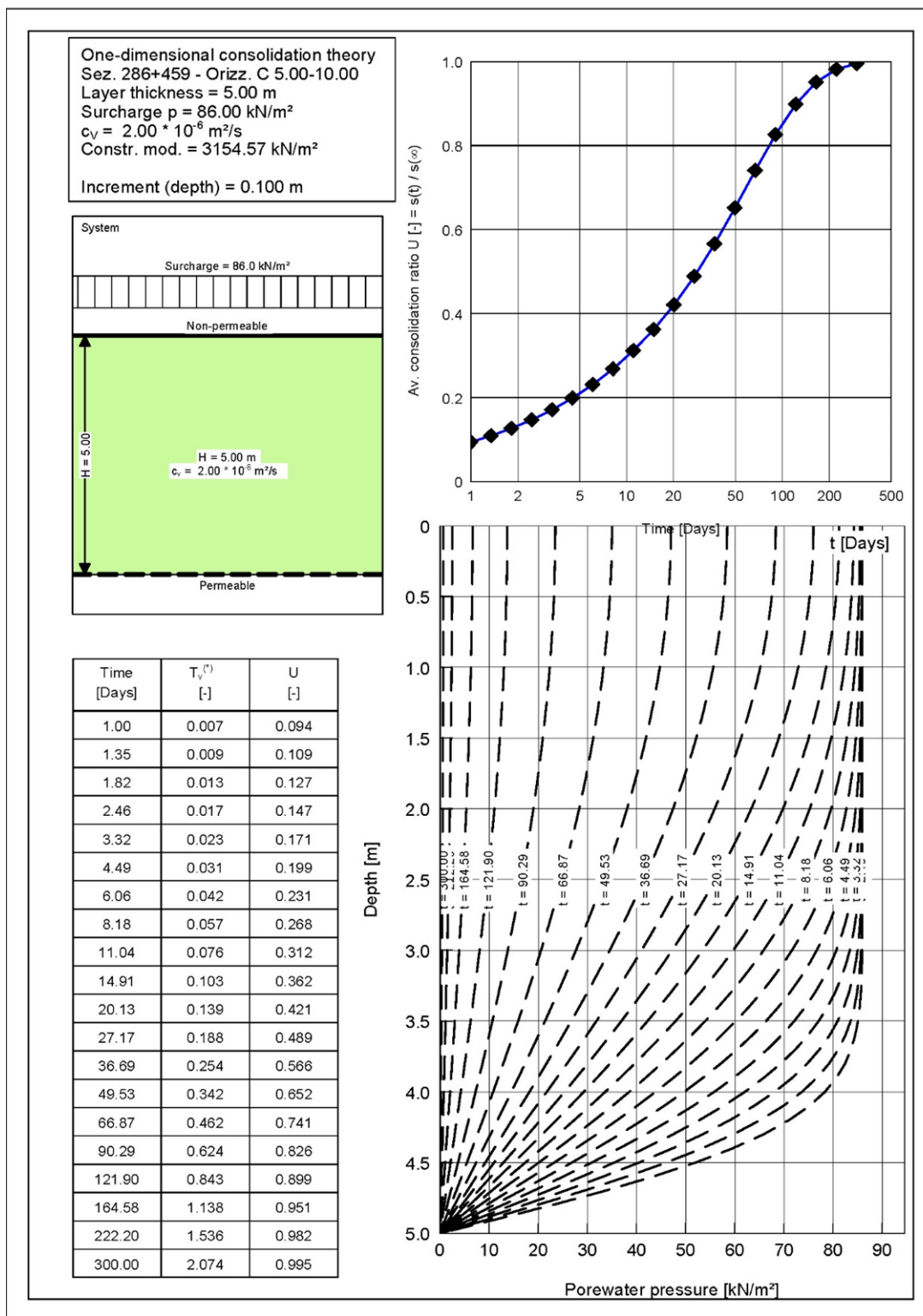


FIG. 24 – SEZ. 286+459 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE C 5.00-10.00 M

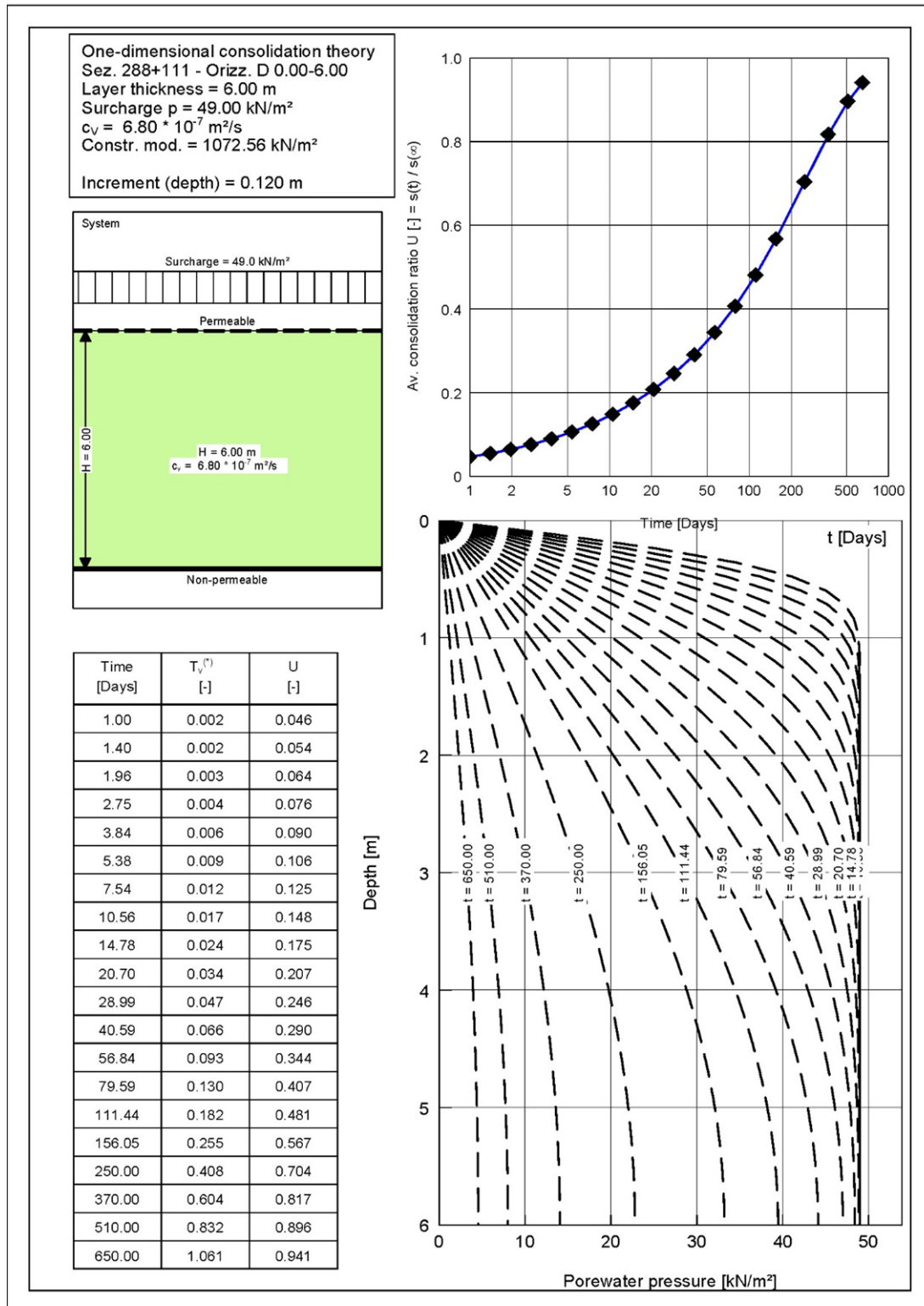


FIG. 25 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-6.00 M

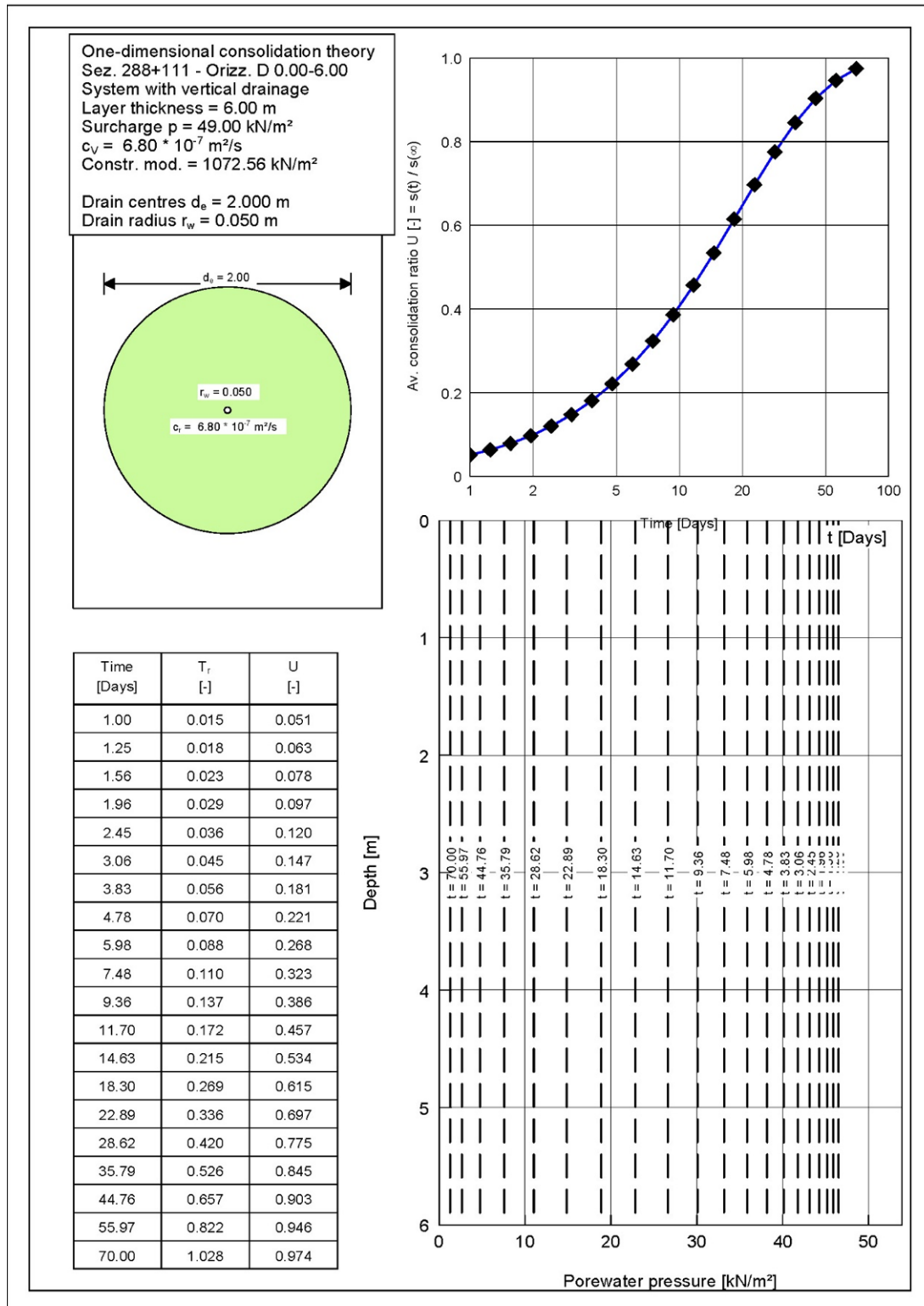


FIG. 26 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-6.00 M CON DRENI MAGLIA 2.0x2.0 M

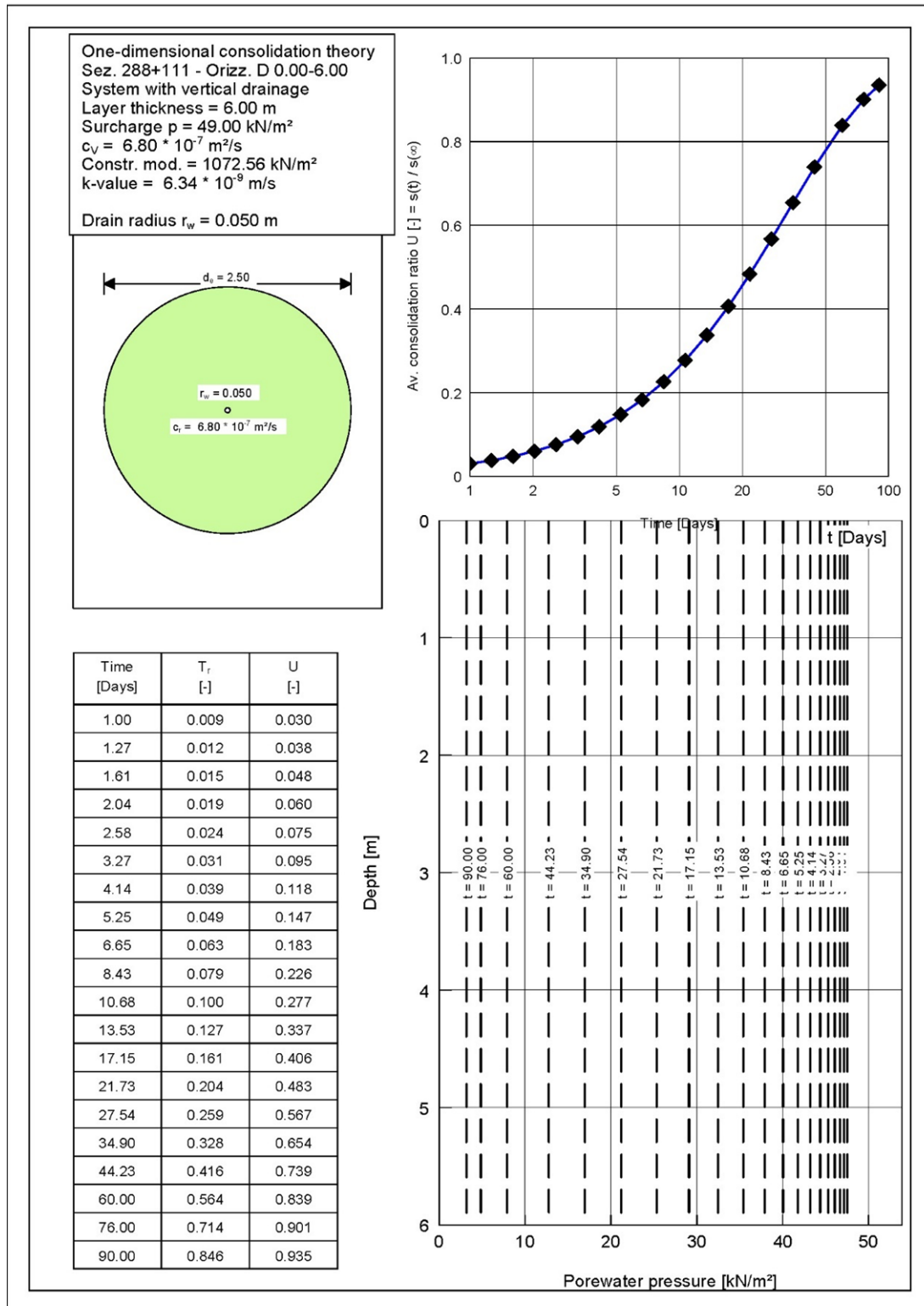


FIG. 27 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-6.00 M CON DRENI MAGLIA 2.5x2.5 M

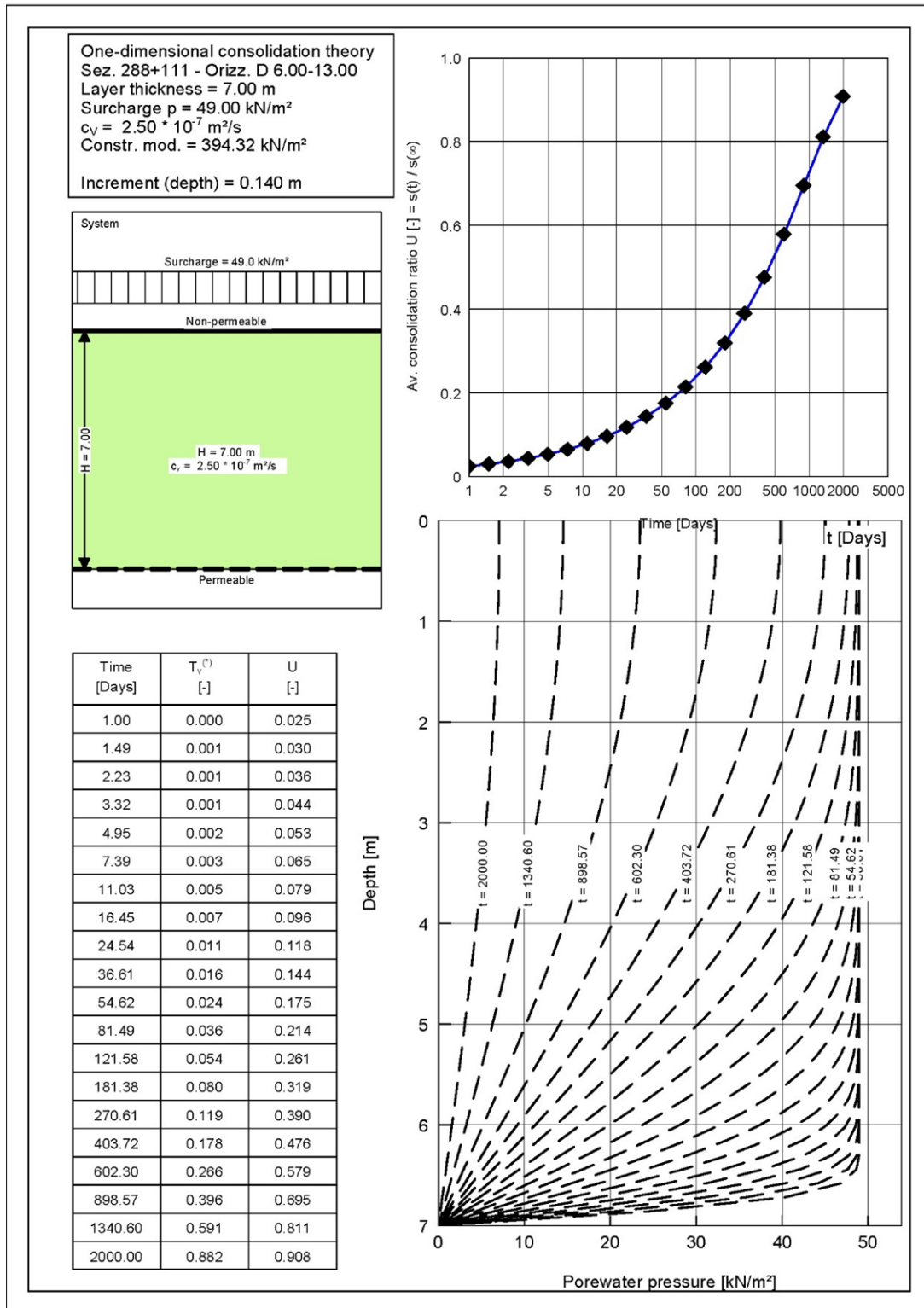


FIG. 28 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 6.00-13.00 M

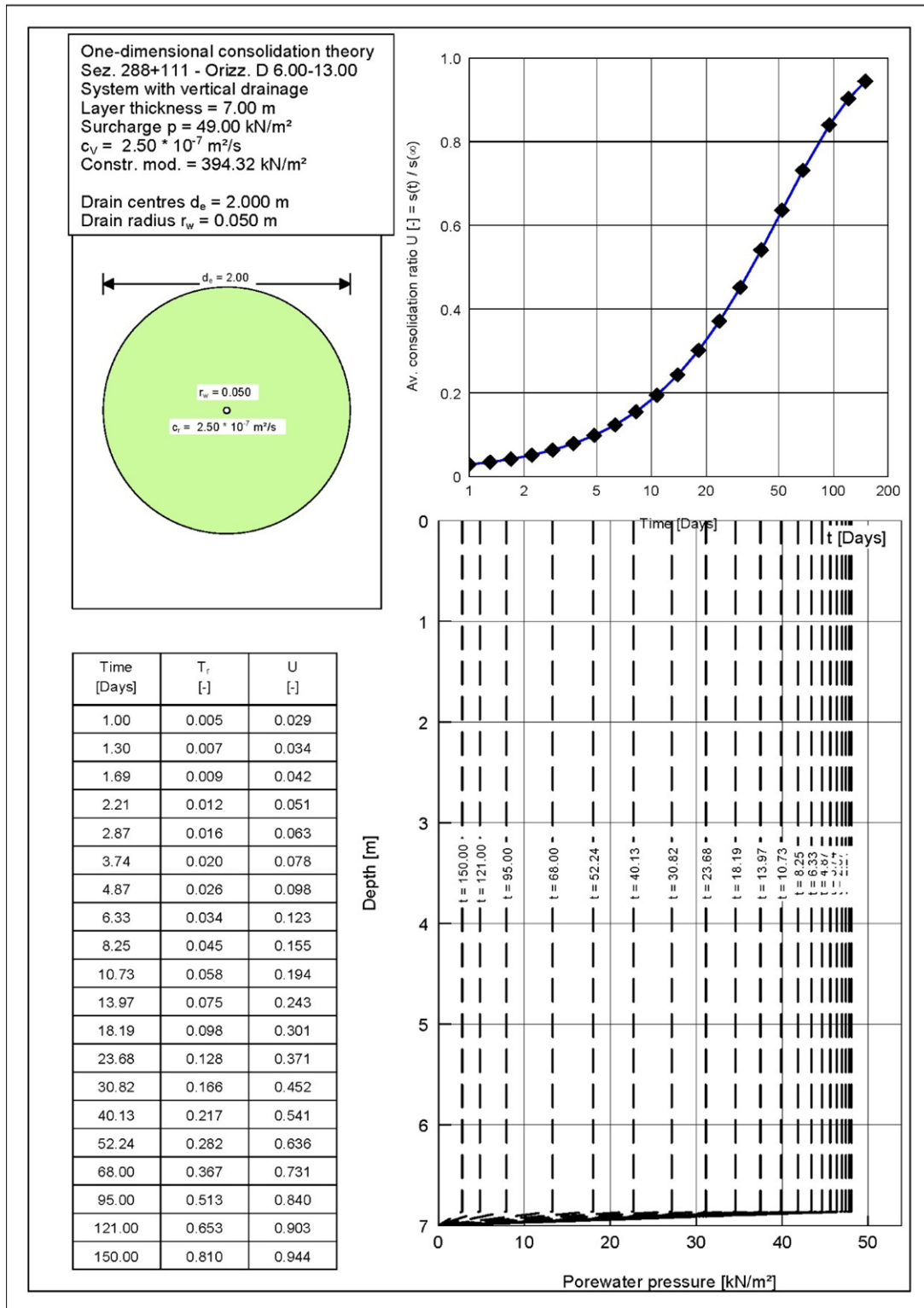


FIG. 29 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 6.00-13.00 M CON DRENI MAGLIA 2.0X2.0 M

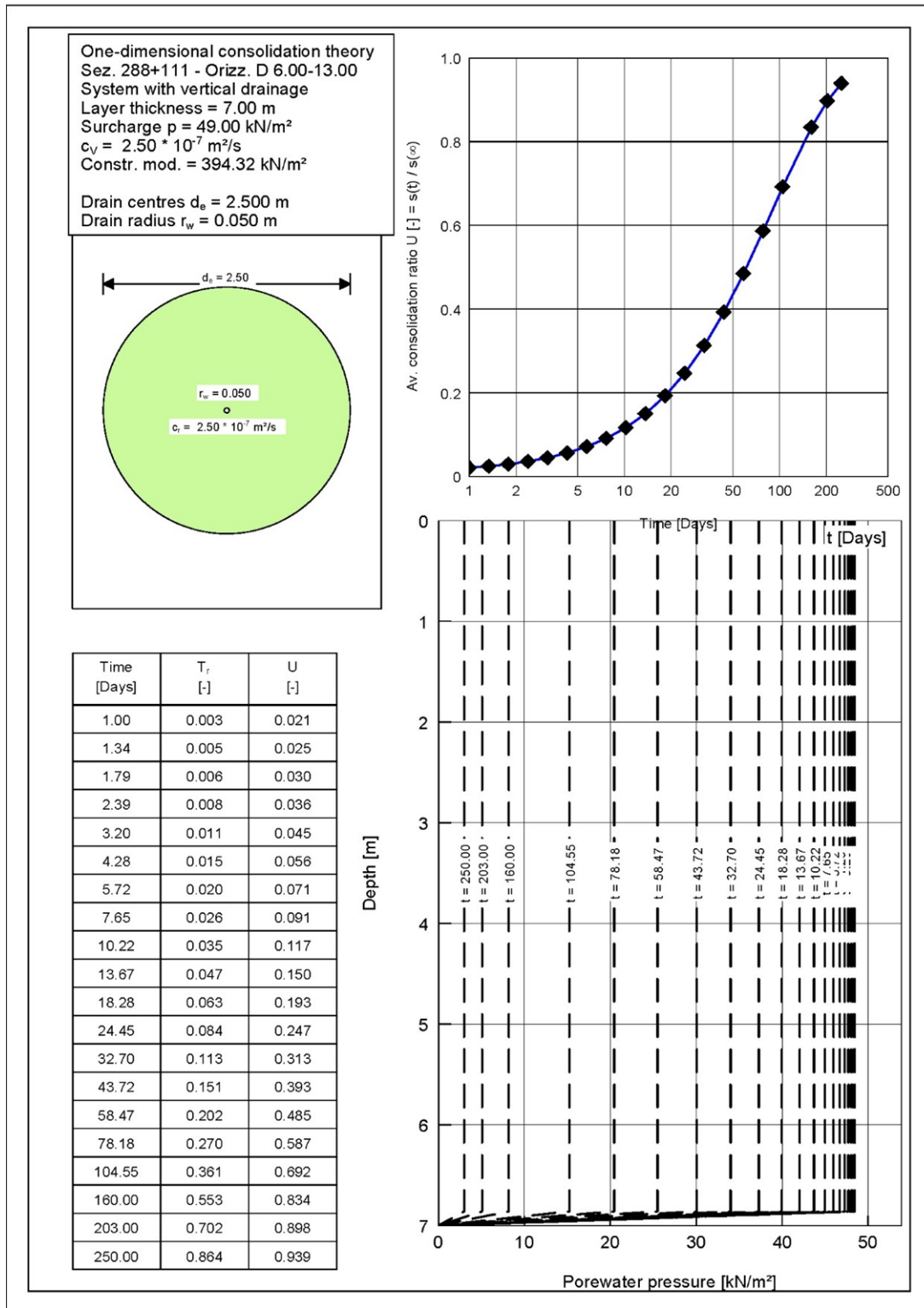


FIG. 30 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 6.00-13.00 M CON DRENI MAGLIA 2.5x2.5 M