

Regione EMILIA ROMAGNA

Provincia di MODENA

Comune di Medolla

**DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI
DI VIA CAMPANA NEL COMUNE DI MEDOLLA (MO)**

**Continuità di esercizio della discarica esistente
sita nel Comune di Medolla**

ISTANZA DI RILASCIO DEL P.A.U.R.
(Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale)

COMMITTENTE:

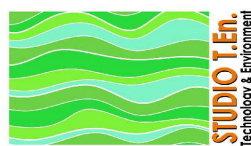


Via Maestri del Lavoro - 41037 Mirandola (MO)
Tel. 0535 28111 - Fax 0535 1872005
C.F. e P.I. 00664670361 - E mail: info@aimag.it

DIRETTORE IMPIANTI AMBIENTE

P.I. Floriano Scacchetti

ELABORAZIONE:



Via A. Einstein, 11 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522-337096 ; Fax: 0522-337592
E-mail: info@studioten.it

Dott. Ing. Stefano Teneggi

Data: **Ottobre 2025**

Scala: -

Rif.

Titolo elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

**(Relazione già rassegnata all'interno
del procedimento di rilascio del PAUR
per il raccordo morfologico)**

EMISSIONE:

DATA:

SOSTITUISCE IL

SOSTITUITO DA

Descrizione

Elaborato n°

4

Regione EMILIA ROMAGNA

Provincia di MODENA

Comune di Medolla

**DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI
DI VIA CAMPANA NEL COMUNE DI MEDOLLA (MO)**

Raccordo morfologico tra area Est ed area Ovest della discarica per rifiuti non pericolosi di Medolla (MO) - PROGETTO DEFINITIVO -

COMMITTENTE:



Via Maestri del Lavoro - 41037 Mirandola (MO)
Tel. 0535 28111 - Fax 0535 1872005
C.F. e P.I. 00664670361 - E mail: info@aimag.it

DIRIGENTE TECNICO SERVIZI AMBIENTALI:

Dott. Paolo Ganassi

ELABORAZIONE:



Studio T.En.

Via A. Einstein, 11 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522-337096 ; Fax: 0522-337592
E-mail: info@studioten.it

Dott. Ing. Stefano Teneggi

Data: **Dicembre 2018**

Titolo tavola

Scala:

Rif.

**RELAZIONE GEOGNOSTICA SULLE INDAGINI
ESEGUITE IN SITO
MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO E
CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E
GEOTECNICA DEI TERRENI
ANALISI SISMICA DEL SITO RIPORTANTE LA
PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

EMISSIONE: DATA:

SOSTITUISCE IL

SOSTITUITO DA

Redatto da:

Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL
Via Genova 1/8
MEDOLLA (MO)



Tav n°

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
4. INQUADRAMENTO URBANISTICO	5
5. INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO.....	9
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E SISTEMI DI TUTELA	9
7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
7.1. Lineamenti geologici generali.....	14
8. LITOLOGIA DI SUPERFICIE.....	16
8.1 Suolo	17
8.2 Uso del suolo.....	20
9. IDROGEOLOGIA DELL'AREA	21
9.1 Vulnerabilità idrogeologica.....	25
10. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA SUPERFICIALE E PROFONDA DI DETTAGLIO DELL'AREA DI INTERVENTO	27
10.1. Prove penetrometriche statiche con punta meccanica ed elettrica	28
10.2. Sondaggi geognostici	29
10.3. Ricostruzione litostratigrafica del sito.....	31
11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	33
11.1. Parametri di plasticità.....	34
11.2. Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate.....	36
11.3. Parametri geotecnici in condizioni drenate.....	37
11.4. Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate e drenate	37
11.5. Parametri di compressibilità in condizione edometrica.....	38
12. DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEI TERRENI	38
13. SISMICITA' DEL TERRITORIO.....	41
13.1. Inquadramento sismotettonico	41
13.2. Evidenze di attività recente.....	45
13.3. Sismicità storica ed attuale.....	48
13.4. Cenni sulla sismotettonica della Pianura Padana.....	50
14. DEFINIZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO.....	53
14.1. Analisi del sottosuolo in sismica passiva multicanale ESAC e a stazione singola HVSr e mediante sismica attiva multicanale MASW	53
14.2. Picco stratigrafico caratteristico	54
14.3. Modello sismico del sottosuolo	56
15. ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	58
15.1 Analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello	61
15.2. Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito	74
18. SINTESI E CONCLUSIONI	103

1. PREMESSA

Il presente studio è stato redatto su incarico e per conto di AIMAG SPA e ha preso in considerazione aspetti paesaggistico ambientali, geomorfologici, idrogeologici, litostratigrafici e di pericolosità sismica dell'area oggetto di raccordo morfologico con aumento di volumetrie della parte est ed ovest della discarica di rifiuti non pericolosi di Medolla, sita in Via Campana.

Il progetto prevede un adeguamento della sola parte centrale della discarica esistente che va ad unirsi al settore EST e OVEST in continuità morfologica ai lotti adiacenti, esauriti.

Lo scopo dello studio è quello di:

- Fornire un'inquadramento, già in gran parte noto, paesaggistico ambientale, geomorfologico e geologico del sito di ubicazione;
- Caratterizzare la litologia superficiale e profonda della zona di intervento, utilizzando dati di bibliografia di studi precedenti e nuove indagini eseguite in sito e in laboratorio nell'agosto 2018;
- Parametrizzazione le proprietà geomeccaniche dei terreni nella zona di intervento;
- Condurre un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello sulla base di analisi sismiche dirette eseguite in sito nell'Agosto 2018, finalizzate all'elaborazione degli spettri di base e al calcolo della velocità di propagazione delle onde di taglio, in ottemperanza al DM 2008 e nuove integrazioni delle Norme Tecniche 2018.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

D.L.G.S. 13/01/2003 N. 36

D.L.G.S. 152/2006 e s.m.i

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

Delibera Giunta Regionale 2193/2015

Atto di Indirizzo R.E.R. ai sensi della L.R. 20/2000 Delibera n.112 del 02/05/2007

D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" in vigore dal 22 marzo 2018

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La discarica di rifiuti non pericolosi di Medolla si trova in Via Campana
Il sito è censito al C.T.R. del Comune di Medolla nella SEZIONE (scala 1:10.000) n. 184130
MEDOLLA e TAVOLA 184SO MIRANDOLA.

L'area su cui verrà fatto l'intervento è mappata:

Foglio n. 25 Mappale n. 41

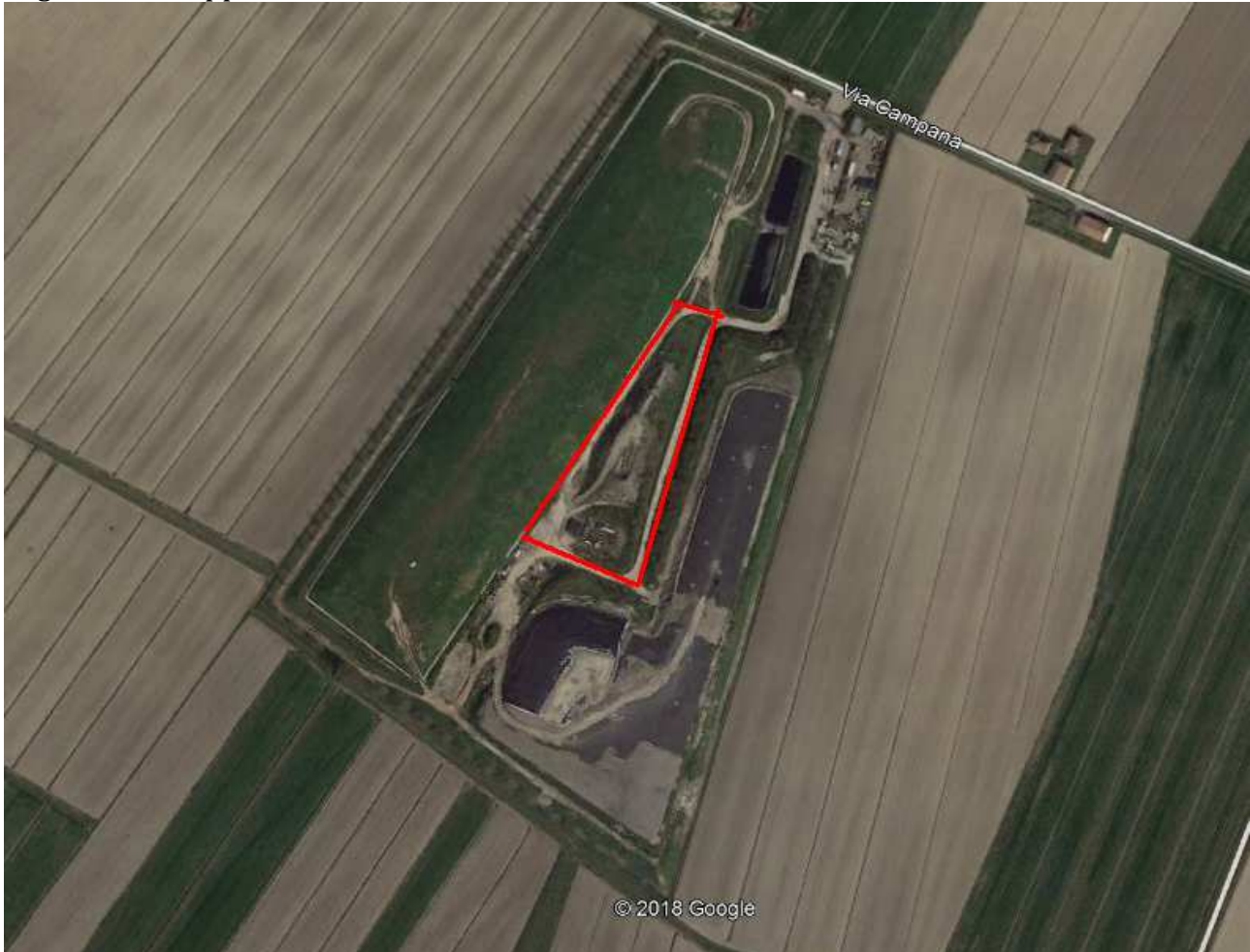


Fig.1. Ortofoto con indicata area oggetto di intervento

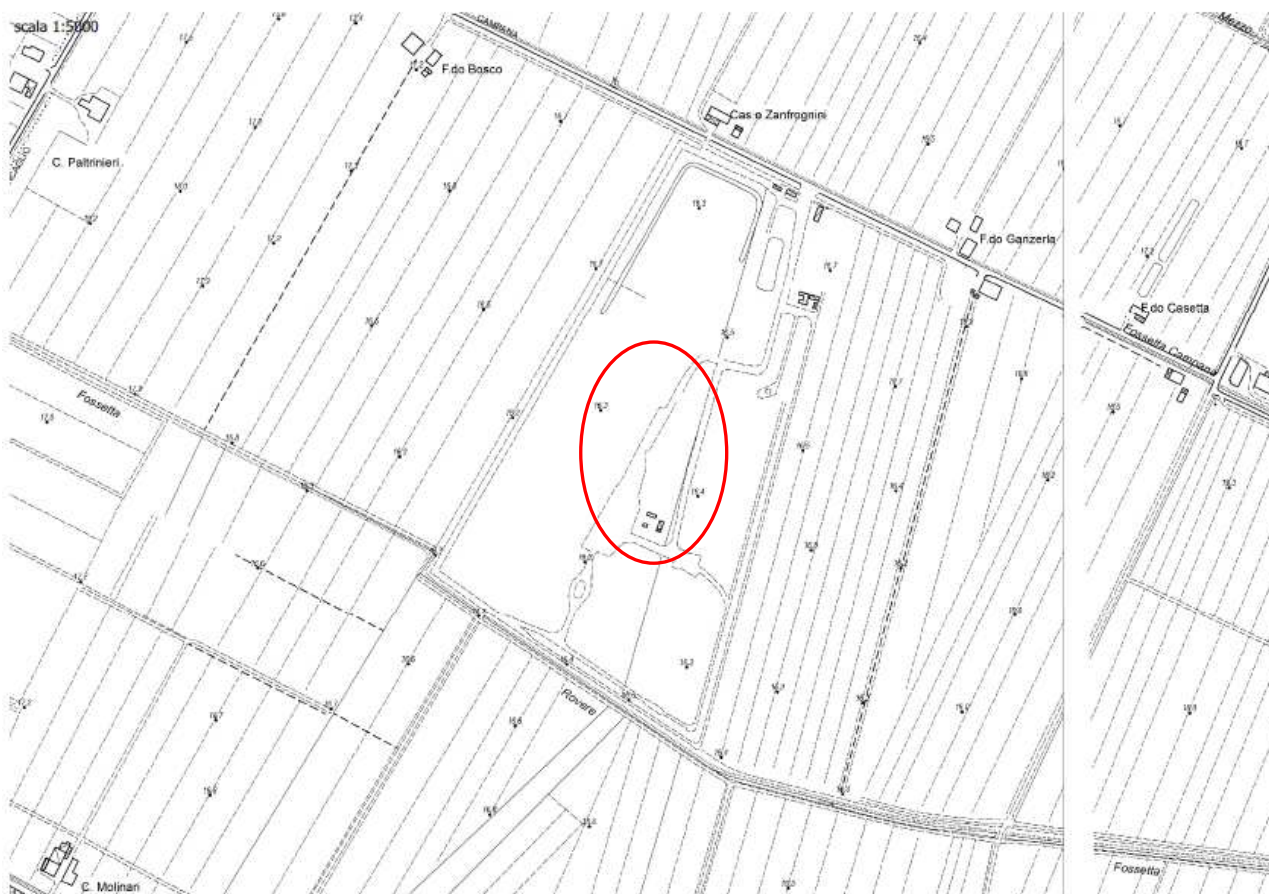


Fig.2. SEZIONE CTR 184130 MEDOLLA con indicata zona di intervento



Fig.3. Foglio 25 Mappale 41

4. INQUADRAMENTO URBANISTICO

La discarica di Medolla è raggiungibile mediante Via Campana, una laterale di Via Roncaglio che si collega con la Strada Provinciale n. 5 Camposanto-Cavezzo.

I centri abitati più vicini sono :

Medolla a 3.5 Km a nord-nord-ovest

San Felice sul Panaro a 6 Km a nord-est

Camposanto a 5.50 Km a est – sud-est

La frazione di Solara di Bomporto a 5.2 Km a sud

San Prospero a 5.40 Km a sud-ovest

Cavezzo a 5.00 Km a ovest – nord-ovest

Nella carta di individuazione degli ambiti del PSC del comune di Medolla, Variante 2015, la zona di ubicazione dell'intervento è classificata in ambito ASSC "Ambiti specializzati per servizi esistenti consolidati" (Artt.55).














-  AVP Ambiti agricoli di alto valore produttivo (Artt. 56/59)
-  ARP Ambiti agricoli di rilievo paesistico (Artt. 56/58)
-  AAP Ambiti agricoli periurbani (Artt. 56/60)
-  ASSC Ambiti specializzati per servizi esistenti consolidati (Art. 55)
-  ASSNI Ambiti specializzati per servizi di nuovo insediamento (Art. 55)
-  Destinate ad attrezzature socio - culturali (Art.55, comma 3bis)
-  Destinate ad attrezzature sportive (Art.55, comma 4bis)
-  Comparti oggetto di accordo di pianificazione ex art.18 L.R. 20/2000 (Elaborato 1.9)
-  Piani particolareggiati vigenti (Artt. 38/44/53)
-  Attività produttive esistenti nel territorio rurale (Art. 61)
-  Corridoi di fattibilità della nuova viabilità (Art. 17)
-  Fasce di rispetto dei cimiteri e del depuratore (Artt. 19/20)
-  Edifici di interesse storico-architettonico (Artt. 32/33/34)



Fig.4. : Stralcio Carta di individuazione degli Ambiti (Variante 2015) con indicata la zona di intervento.

In adiacenza a Via Campana scorre un fosso ad uso promiscuo agricolo e irriguo che è la fossetta Campana, mentre all'estremità sud della discarica corre un altro fosso ad uso promiscuo irriguo e di scolo che è la fossetta Rovere.

L'intera area di discarica confina con terreni a destinazione agricola AVP, ad alto valore produttivo.

L'area di intervento non è soggetta ad alcun vincolo, come evidente nella Carta dei Vincoli e delle Tutele redatta per il PSC Comunale.



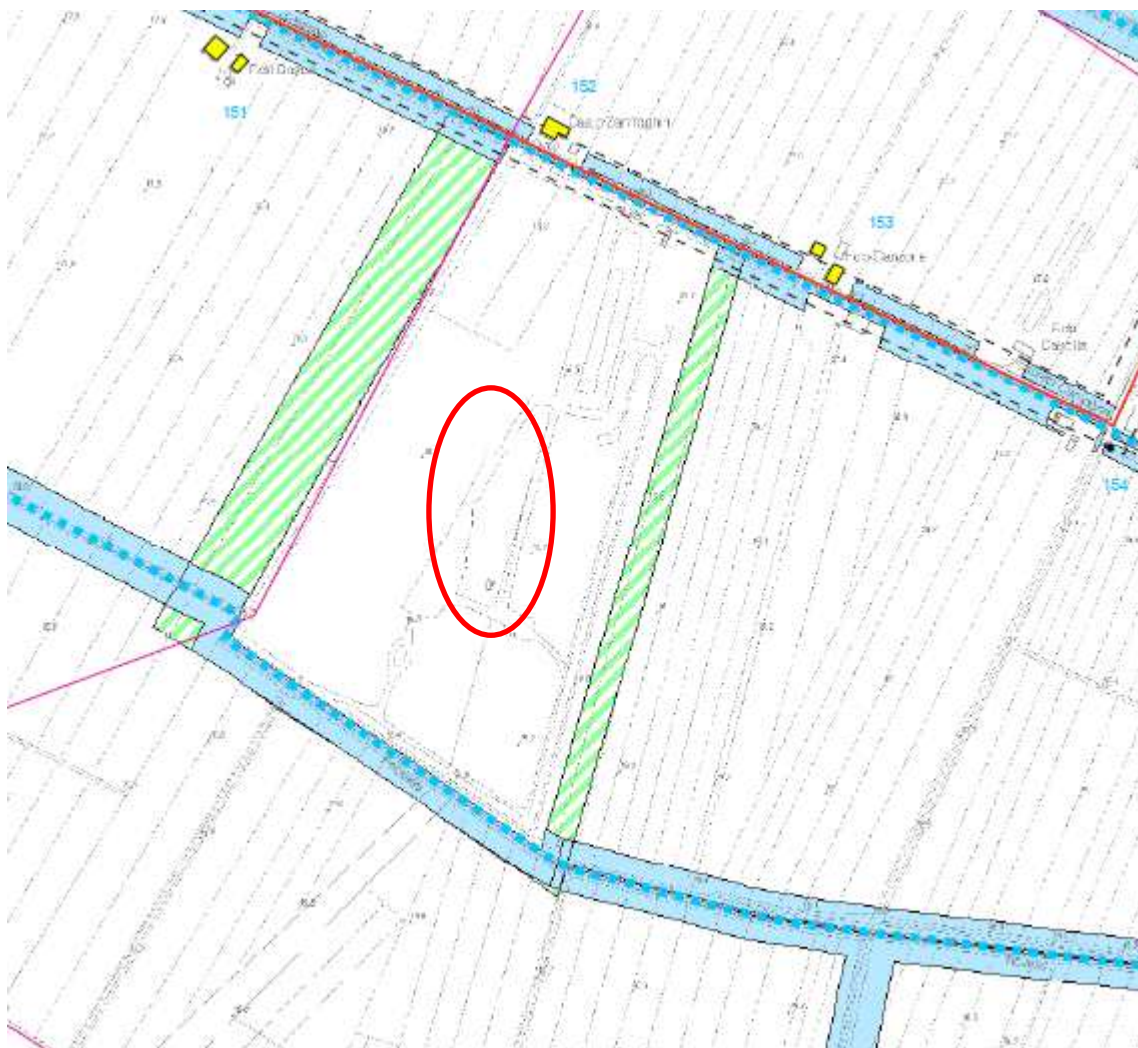


Fig.5. "Carta dei Vincoli e Tutele" del PSC del Comune di Medolla.

Si riportano di seguito due planimetria che evidenziano lo stato di fatto dell'intervento e lo stato di progetto.

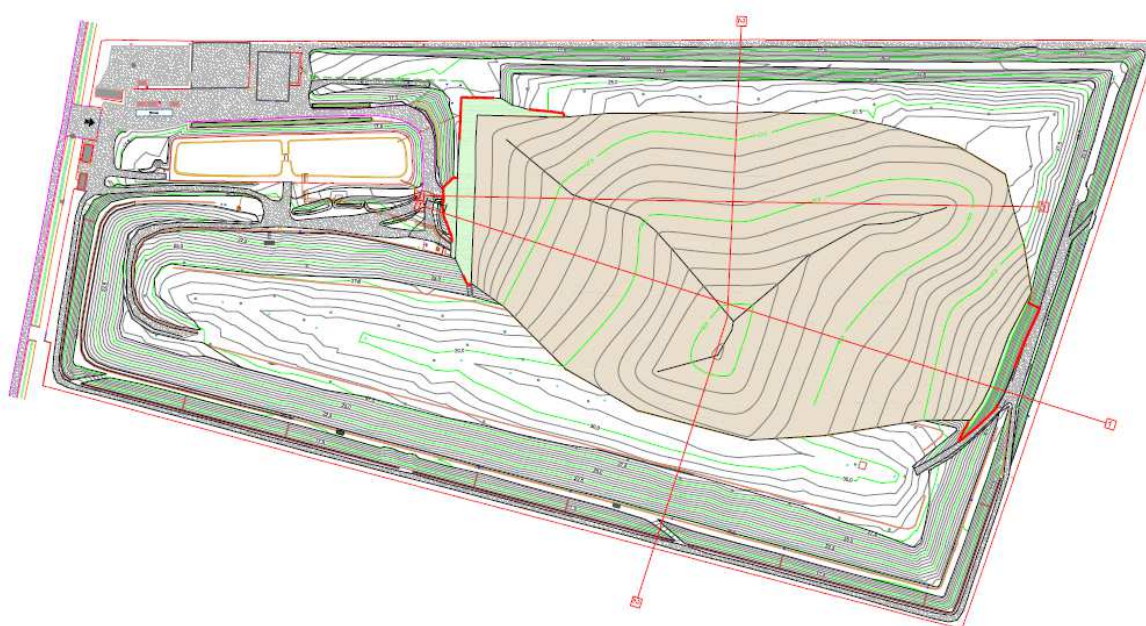
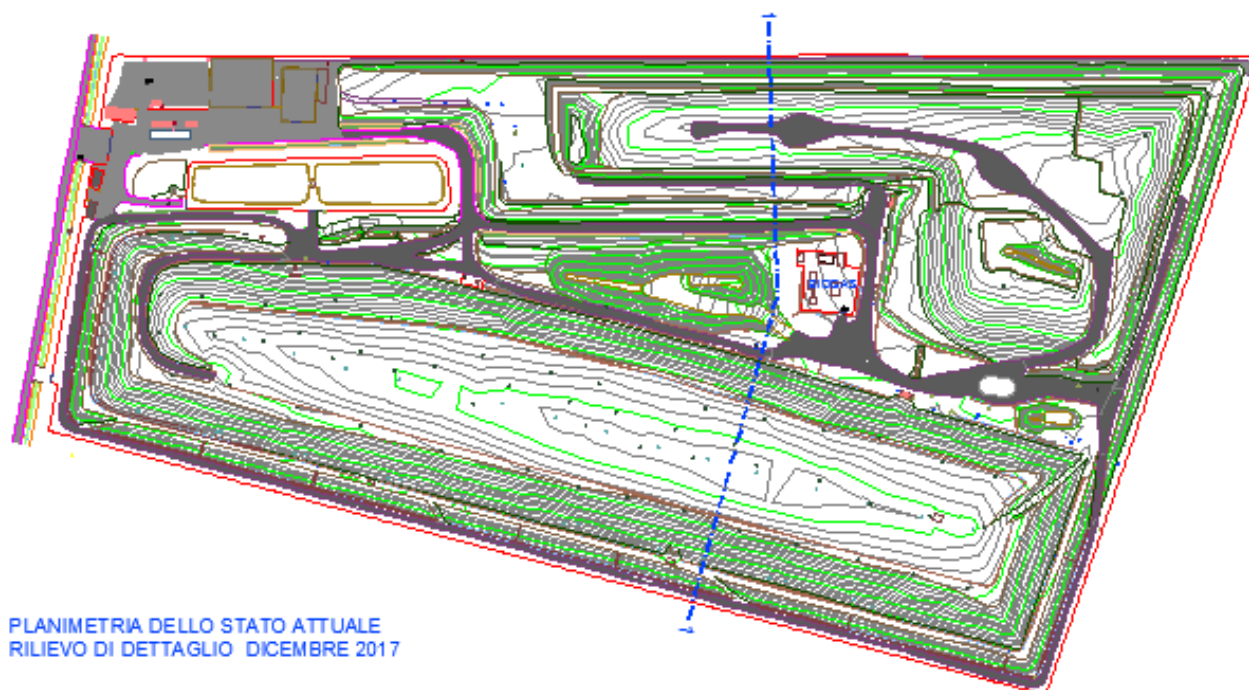


Fig.6. Stato di fatto e di progetto intervento da realizzare

5. INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO

Il territorio del Comune di Medolla è situato a Nord della provincia di Modena e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena redatto nel Marzo 2000, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 2 "Dossi e zone più rilevate nella Bassa e Media Pianura".

Nell'ambito del PTCP per unità di paesaggio è stato inteso individuare un territorio che presenta elementi omogenei nel paesaggio che ha subito la stessa formazione ed evoluzione.

I caratteri ambientali dell'Unità di Paesaggio n. 2 sono rappresentati dalla trama degli antichi paleoalvei fluviali, morfologicamente emergenti sull'intorno delle aree vallive riscattate dalla bonifica. Sono presenti vari dossi con disegno complesso e con digitazioni dall'andamento vario. Le caratteristiche morfologiche dei dossi hanno determinato storicamente la disposizione delle infrastrutture e degli insediamenti per evidenti ragioni di sicurezza nei confronti della divagazione delle acque, prima e durante le grandi opere di bonifica.

I principali caratteri ambientali sono una limitata vegetazione spontanea, a seguito dell'estensione delle coltivazioni agrarie su tutto il territorio, a quella erbacea tipica degli ambienti umidi e dei canali. E' quasi assente la vegetazione arborea, che attualmente ha un carattere marginale ed è costituita da alberi isolati peraltro molto radi. La fauna è quella tipica delle campagne coltivate con una concentrazione di fauna ornitica di passo e stanziale, in corrispondenza delle zone umide.

L'orientamento produttivo prevalente è il seminativo estensivo con pressochè totale assenza della zootecnia e rarefazione delle produzioni frutticole, mentre sui dossi le caratteristiche pedologiche, generalmente buone, favoriscono lo sviluppo di colture orticole e frutticole di maggior pregio e coltivazioni di tipo intensivo rispetto alle adiacenti zone vallive.

L'orientamento agronomico prevalente delle aziende è a carattere viticolo e zootecnico. Sono presenti anche aziende di grandi dimensioni a carattere misto, in cui permane anche la produzione frutticola, ed aziende di tipo estensivo a seminativi.

6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E SISTEMI DI TUTELA

Il Comune di Medolla è situato nella parte Nord della provincia di Modena e si estende su un'area di 2.681 ettari. In un'ottica più ampia esso ricade nel settore assiale della Pianura Padana e confina con i Comuni di Mirandola, San Felice sul Panaro, Camposanto, San Prospero e Cavezzo.

L'area comunale è inserita nella pianura alluvionale entro la quale, negli ultimi 4.000-5.000 anni dell'Olocene, gli affluenti appenninici del fiume Po (Secchia e Panaro) ed il fiume Po stesso hanno determinato l'attuale assetto morfologico ed altimetrico del territorio che, a sua volta, dipende dai movimenti tettonici, dalla subsidenza naturale e dall'intervento antropico.

I fiumi, che scorrono in questa porzione di bassa pianura, si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva, a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto.

Questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani, in funzione della diversa energia cinetica della corrente.

In prossimità dell'alveo, il fiume tende a depositare materiali più grossolani, grazie alla maggiore energia cinetica, formando dossi di tracimazione (argini naturali), ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte. Tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei).

Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse, dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione. Per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio.

I paleoalvei, quindi, sono aree generalmente più elevate di qualche metro rispetto al contorno, la tessitura granulometrica risulta variabile dal franco al franco - sabbioso; sono zone di infiltrazione meteorica con percentuali variabili dal 20 - 30 % del totale.

La distribuzione dei paleoalvei e, più in generale, delle unità geomorfologiche degli argini naturali e dei bacini interfluviali ha condizionato e condiziona tuttora sia l'assetto idraulico di superficie che la distribuzione degli insediamenti antropici, soprattutto storici: le strutture rilevate (paleoalvei), vere e proprie direttrici geomorfologiche, sono state infatti sede preferenziale dello sviluppo insediativo e viario, a causa della migliore difesa dalle esondazioni e delle migliori condizioni geotecniche dei terreni.

Al contrario le aree depresse, specie nelle zone di vera e propria conca, sono state sede di paludi ed acquitrini fino alla avvenuta bonifica. Le conche morfologiche rappresentano ancora le aree di maggior rischio idraulico, non solo in caso di esondazione ma anche nel caso di eventi pluviometrici di eccezionale durata e/o intensità, che possono mettere in crisi la rete scolante o produrre ristagni di acqua, favoriti anche dalla scarsa permeabilità della litologia di superficie.

In questo meccanismo "naturale" è intervenuto l'uomo che, innalzando argini artificiali ed emungendo acqua dal sottosuolo, accelerando i processi di costipazione e di subsidenza, ha modificato la dinamica deposizionale e quindi l'assetto morfologico del territorio.

La costruzione di argini artificiali, in questa zona, si è completata nel XV secolo.

A partire da questo periodo, i fiumi sono stati canalizzati entro percorsi ben definiti e non hanno più avuto la possibilità di aprirsi, dopo un rotta, nuovi percorsi.

Di conseguenza, le alluvioni degli ultimi 500 anni hanno determinato un classamento ben preciso dei depositi per cui troviamo sedimenti più grossolani e sedimenti più fini rispettivamente nelle vicinanze e nelle zone più lontane dai percorsi attuali dei fiumi. Questo spiega perchè antichi dossi corrispondenti a paleoalvei siano stati ricoperti da sedimenti più fini che hanno notevolmente uniformato la morfologia dell'area.

Altre forme di notevole interesse sono i numerosi ventagli d'esondazione che indicano che in quel punto del fiume si è verificata una rotta non contrastata da interventi di riparazione degli argini.

Nell'area comunale, l'andamento delle curve di livello mette in evidenza che la morfologia del territorio è stata condizionata dal succedersi di eventi alluvionali generati dalle migrazioni fluviali. Si denotano forme convesse, allungate ed altimetricamente più rilevate, sede di antichi paleoalvei ascrivibili al fiume appenninico Secchia.

Per la loro datazione ed attribuzione idrografica occorre fare riferimento agli autori più recenti che si sono occupati della ricostruzione paleoidrografica della zona: Pellegrini (1969), Veggiani (1947), Castaldini et al. (1979), Cremaschi et al. (1980), Gasperi e Pellegrini (1981, 1984).

Dall'esame di questi autori risulta che prima dell'VIII sec. a.C. il Fiume Secchia (detto in antico

Gabello, ma anche Sesula, Situla, Seda, Secla) aveva un tracciato spostato a ovest e, sub-parallelo a quello attuale nella parte più a monte fin verso San Prospero, e che deviava verso oriente ad iniziare da Cavezzo, e attraversando gli attuali territori di Medolla, San Felice sul Panaro, Rivara, Canalazzo e Finale Emilia, confluendo nel Po nei pressi di Bondeno.

Dopo l'VIII secolo a.C., il Secchia si spostò verso est nel tratto ad andamento meridiano, e verso nord in quello ad andamento parallelo.











Si può ritenere che solo verso il XV secolo d.C. il Secchia e il Panaro abbiano assunto definitivamente il percorso attuale. Infatti, in questo periodo il Secchia deviò bruscamente verso nord all'altezza di Concordia, per confluire nel Po a nord di Quistello e a monte di Motta di Cavezzo verso nord-ovest.

Dall'esame della cartografia risulta evidente che il settore centrale, altimetricamente più rilevato, è caratterizzato da paleoalvei attribuibili al Fiume Secchia, che, con andamento sinuoso, iniziano da Cavezzo e si allungano con andamento sud-ovest/nord-est.

I paleodrenaggi che interessano il territorio comunale sono datati tra l'VIII secolo a. C. ed il XII secolo d. C., periodo in cui il Secchia, a partire da Cavezzo, deviava verso oriente per immettersi nel Fiume Po presso Bondeno. Questo percorso, comunque, secondo Veggiani (1974) era certamente abbandonato nel I secolo d. C.

L'elemento morfologico caratteristico, è costituito da un dosso nella parte centrale che divide l'area comunale in due parti inclinate in senso opposto; la superficie territoriale degrada verso nord all'isoipsa 19.00 m e verso sud alla quota di 15.50 m s.l.m. Conche chiuse o catini sono rilevabili a sud del capoluogo e presso il limite Sud-Est del confine comunale.

La zona si trova ubicata su un area priva di morfostrutture, come indicato nell'estratto della carta "Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali" del PTCP della Provincia di Modena, approvato il 18 Marzo 2009.

Rete idrografica e risorse idriche superficiali e sotterranee	
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 10)
Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi bacini e corsi d'acqua (Art. 9)	
	Fasce di espansione inondabili (Art. 9, comma 2, lettera a)
	Zone di tutela ordinaria (Art. 9, comma 2, lettera b)
	Compresenza di fasce di espansione inondabili e zone di tutela naturalistica
	Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art. 12)
Dossi di pianura (Art. 23A)	
	Paleodossi di accertato interesse (Art. 23A, comma 2, lettera a)
	Dossi di ambito fluviale recente (Art. 23A, comma 2, lettera b)
	Paleodossi di modesta rilevanza (Art. 23A, comma 2, lettera c)
Ambiti ed elementi territoriali di interesse paesaggistico ambientale	
	Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale (Art. 39)
	Zone di particolare interesse paesaggistico e ambientale soggette a decreto di tutela (Art. 40)

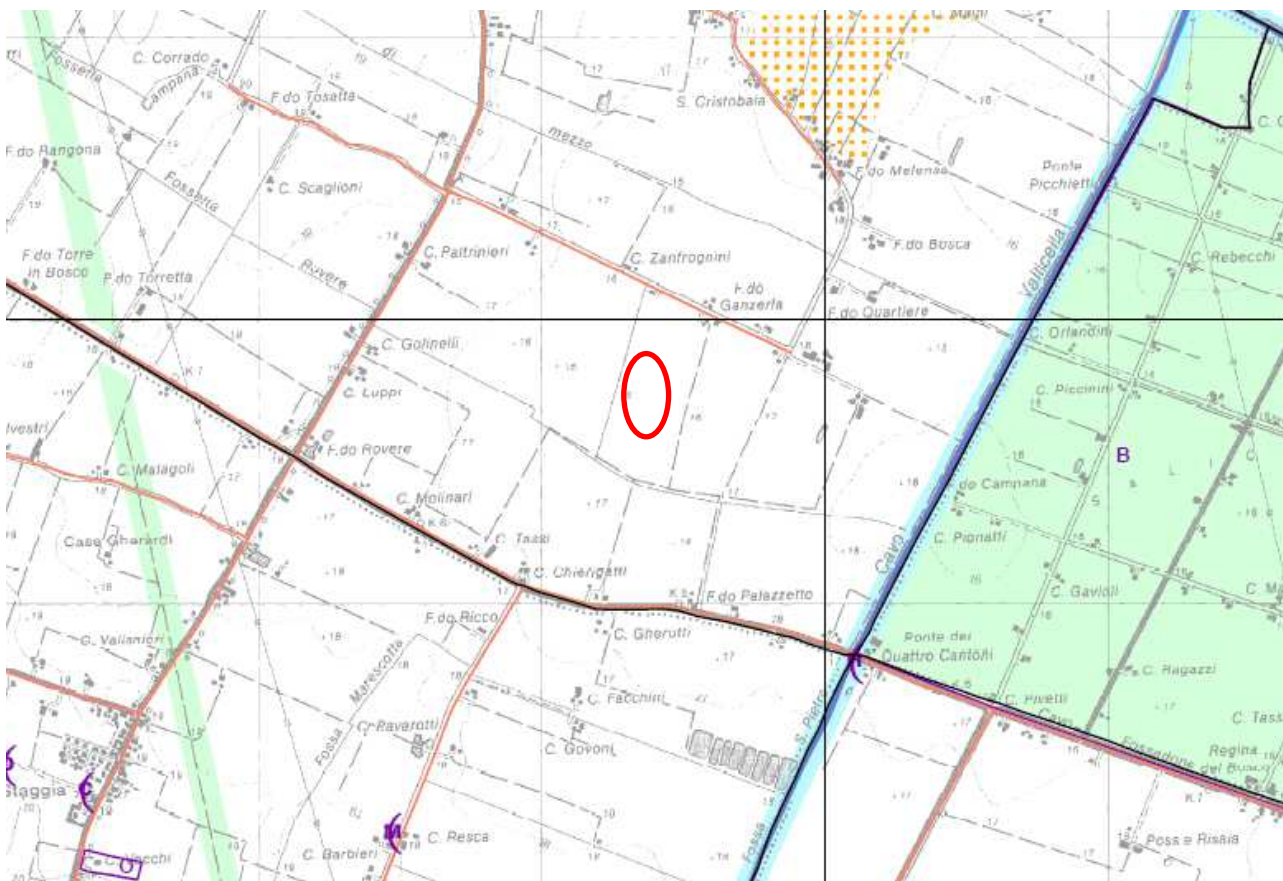











Fig.7. stralcio Carta 1.1.2 Tutele delle risorse paesaggistico e storico – culturali PTCP 2009.

Dall'analisi della tavola Tav.1.2 del PTCP 2009 - Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio non risultano nell'area di interesse elementi di tutela. In corrispondenza del sito di discarica passa una direzione di collegamento ecologico.

Aree Protette (L.R. 06/2005)	
	Parco Regionale - zona parco (Art.31)
	Parco Regionale - area contigua (Art.31)
	Riserve Naturali (Art.31)
Elementi funzionali della rete ecologica provinciale	
	Nodi ecologici complessi (Art.28)
	Nodi ecologici semplici (Art.28)
	Corridoi ecologici primari (Art.28)
	Corridoi ecologici secondari (Art.28)
	Connettivo ecologico diffuso (Art.28)
	Direzioni di collegamento ecologico (Art.28)
	Varchi ecologici (Art.28)

Potenziali elementi funzionali alla costituzione della rete ecologica locale	
	Corridoi ecologici locali (Art.29)
	Zone umide
	Maceri principali (Art.44C)
	Fontanili (Art.12A)
	Zona di tutela dei fontanili (Art.12A)
	Mitigazione TAV
	Ambiti agricoli periurbani di rilievo provinciale (Art.72)
Insedativi	
	Territorio insediato al 2006

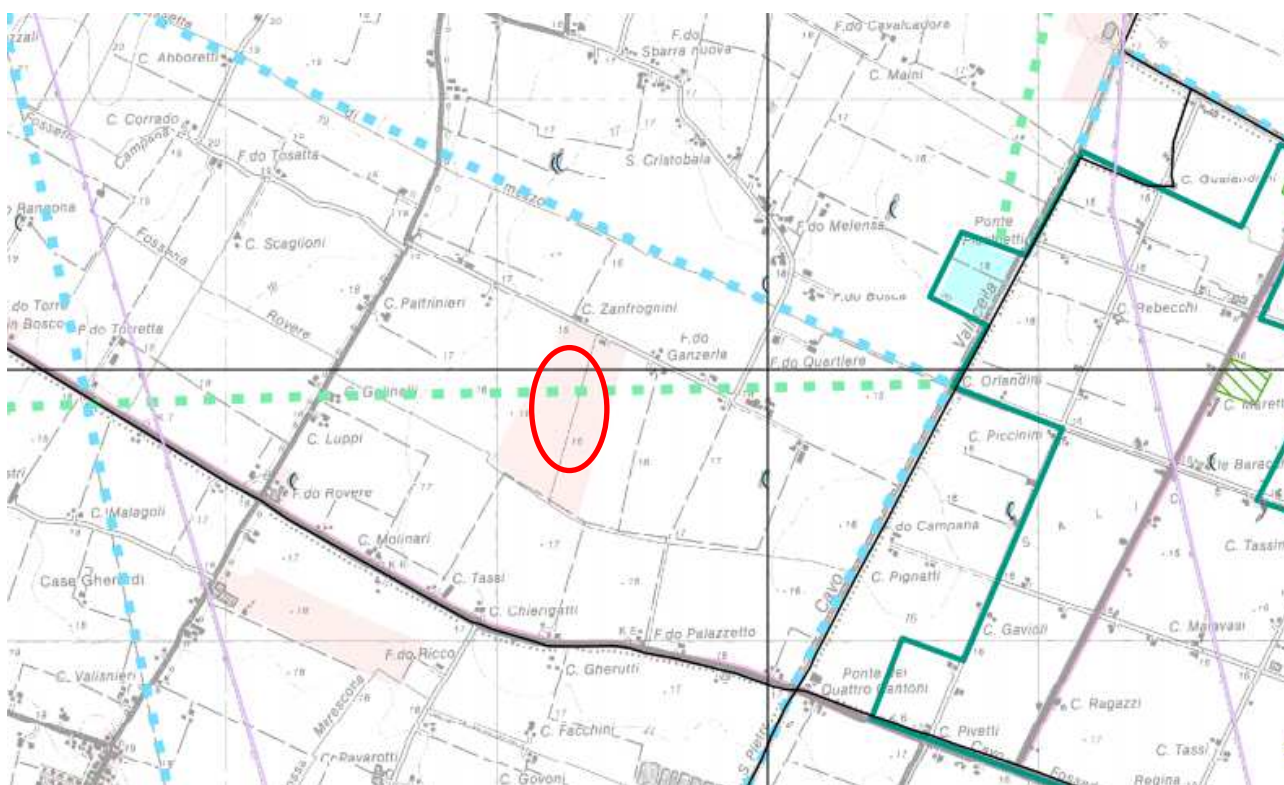


Fig.8. stralcio Carta 1.2.2 Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio PTCP 2009.

7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

7.1. Lineamenti geologici generali

Nella provincia di Modena affiorano quasi esclusivamente rocce sedimentarie.

Nella zona appenninica si tratta di rocce di origine marina, di età compresa tra 2 - 4 e 120 -140 milioni di anni. Al contrario, in pianura si trovano prevalentemente depositi alluvionali di ambiente continentale di età inferiore al milione di anni (Gasperi et al.,1989), che ricoprono comunque rocce sedimentarie più antiche di ambiente marino, riconosciute nel sottosuolo attraverso le perforazioni per la ricerca di idrocarburi.

In base alle loro caratteristiche (mineralogia, granulometria, strutture, contenuto fossilifero, età, origine etc.) le formazioni sedimentarie dell'Appennino modenese sono riferibili alle unità toscane, alle unità liguri o Liguridi ed alla Successione epiligure.

Per capire meglio il significato di questi raggruppamenti di formazioni litostratigrafiche è necessario accennare all'evoluzione geologica dell'Appennino Settentrionale.

Si tratta infatti di una catena montuosa formatasi per la chiusura di un bacino oceanico, la Tetide, che durante l'età mesozoica separava la placca europea, ad ovest, da una propaggine della placca africana chiamata Adria, ad est.

All'inizio dell'era terziaria, sotto la spinta di forze tettoniche, si ebbe la chiusura della Tetide. Tale fenomeno comportò la deformazione e l'impilamento delle originarie successioni sedimentarie depostesi, durante il periodo Cretaceo, sul fondale oceanico che, come falde tettoniche, vennero sovrapposte le une sulle altre lungo superfici di dislocazione.

Le unità tettoniche (falde) derivate dalle successioni sedimentarie della Tetide sono denominate complessivamente con il termine di Liguridi.

Con il progredire dell'avvicinamento relativo della placca africana, da est a ovest, verso quella europea, e fino alla loro collisione, si ebbe la deformazione delle successioni sedimentarie che si erano deposte sul margine continentale e sul fondale oceanico (la successione toscana, la successione umbro-marchigiana e la successione subligure), le quali andarono a formare delle nuove falde impilate al di sotto delle Liguridi.

Come risultato di tali processi si formò quella che è l'attuale ossatura strutturale dell'Appennino Settentrionale, che può essere descritta come prisma d'accrescimento (Traves, 1984).

Nel prisma d'accrescimento appenninico si riconoscono, dall'alto verso il basso, le falde seguenti: Liguridi, Subliguridi, Toscanidi e falde umbro-marchigiane.

Mentre l'edificio strutturale della catena era in via di formazione, la sedimentazione continuava al di sopra delle Liguridi che costituivano le falde geometricamente poste più in alto, e che quindi formavano un fondale sottomarino in movimento relativo verso nord-est, all'inizio dell'era terziaria. Ne è risultata la deposizione di una successione sedimentaria sinorogenetica, la successione epiligure, la quale rappresenta il risultato della sedimentazione avvenuta.

Volendo utilizzare una similitudine, si potrebbe paragonare la struttura dell'Appennino modenese, e più in generale dell'Appennino Settentrionale, a quella di una torta a strati inclinati verso NE, nella quale i livelli inferiori, che per via dell'inclinazione verso NE si trovano comunque alle quote più alte della catena montuosa, corrispondono alle unità umbro-marchigiane (non affioranti in provincia) e alla falda toscana, mentre quelli superiori sono le unità liguri ricoperte dalla successione Epiligure.

La successione Epiligure è costituita da formazioni a composizione prevalentemente pelitico argillosa oppure arenacea.

Anche se le formazioni liguri ed epiliguri arrivano ad affiorare quasi in corrispondenza dell'alta Pianura Padana, nelle colline della zona pedemontana sono presenti rocce sedimentarie più recenti,

argillose e sabbiose, di età compresa all'incirca tra 4 e 2 milioni di anni. Si tratta delle cosiddette Argille Azzurre dei calanchi delle basse colline modenesi, ricche in resti fossiliferi.

Per quanto riguarda invece la litologia di superficie della pianura modenese, i terreni affioranti sono costituiti da depositi alluvionali, di età compresa tra il tardo Pleistocene e l'attuale, legati all'azione del trasporto ed accumulo dei fiumi principali (Po, Panaro, Secchia, Tiepido etc.) questi coprono il substrato prequaternario con spessori variabili tra 400-600 m nell'alta pianura, a sud, e 300-400 m nella bassa pianura, a nord.

Di seguito si riporta uno stralcio della "Carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna" (R.E.R.,1999) con indicata la zona indagata che è ubicata in un'area dove affiorano depositi dell'unità 9: **Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.**

PIANA ALLUVIONALE ALLUVIAL PLAIN	
5	Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. <i>Medium and fine sand in beds tens of centimetres thick, changing laterally and/or intercalated to fine and very fine silty sand, smaller amount of clayey silt; locally medium and coarse sand in lenticular, ribbon shaped bodies. Channel and proximal levee.</i> <i>At the top, soils with various degree of evolution.</i>
6	Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. <i>Sandy silt, fine and very fine sand, silty clay and smaller amounts of silty-clayey sand intercalated in beds tens of centimetres thick. Distal levee deposits.</i> <i>At the top, soils with various degree of evolution.</i>
7	Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. <i>Medium and fine sand, silt and silty clay intercalated in beds tens of centimetres thick; locally medium and coarse sand in lenticular and ribbon shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.</i> <i>At the top soils with various degree of evolution.</i>
8	Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. <i>Clayey silt and sandy silt, smaller amounts of fine and very fine sand, in beds tens of centimetres thick; locally sand in lenticular and ribbon-shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.</i> <i>At the top soils of various degree of evolution.</i>
9	Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude. <i>Silty clay, clay and laminated clayey silt, locally concentrations of partially decomposed organic matter. Back-swamp deposits.</i>
10	Sabbie medie e grossolane subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi e limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico. Depositi di piana a meandri. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. <i>Medium and coarse sand, to a lesser extent gravel and sandy gravel, smaller amounts of silt and sandy silt in bed tens of centimetres thick. Meander belt deposits.</i> <i>At the top, soils of various degree of evolution.</i>

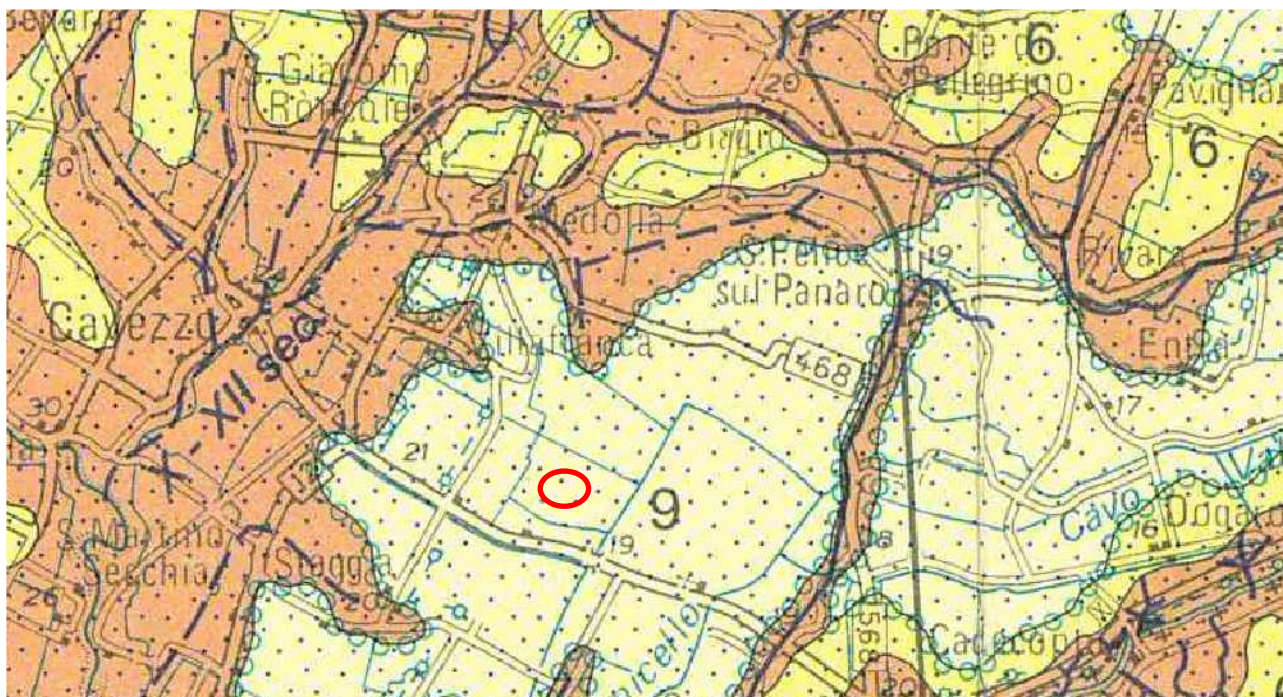


Fig.9. Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna redatta dalla Regione Emilia Romagna (1999).

8. LITOLOGIA DI SUPERFICIE

In corrispondenza del margine appenninico le conoidi dei fiumi principali presentano una composizione litologica prevalente a corpi ghiaiosi; allontanandosi dalle zone apicali gli accumuli ghiaiosi si alternano a strati pelitici di limi e argille di spessore sempre più crescente. La struttura a substrati intercalati di peliti e ghiaie si verifica sia sul fronte, sia sui lati delle conoidi principali.

Per quel che riguarda le conoidi relative ai fiumi minori, è possibile riconoscere la medesima struttura a substrati delle conoidi principali, in cui la composizione litologica vede la prevalenza di terreni sabbiosi e limosi in cui sono inseriti modesti corpi ghiaiosi della larghezza media non più estesa di qualche metro.

Procedendo verso Nord, negli spazi esistenti tra le conoidi citate, compare un ambiente di copertura alluvionale dominato da sedimenti fini: è il caso delle aree d'interesse.

La distribuzione areale delle litologie dei depositi superficiali risulta di fondamentale importanza per la determinazione del grado di permeabilità dei suoli e conseguentemente del coefficiente d'infiltrazione; la conoscenza di tale parametro è essenziale per poter stimare la percentuale delle precipitazioni e delle irrigazioni che è in grado di infiltrarsi nel sottosuolo e in definitiva per poter individuare l'aliquota di risorsa idrica a disposizione del deflusso idrico sotterraneo. I valori del coefficiente d'infiltrazione sono compresi generalmente in un range variabile tra il 5% per suoli argillosi e il 30% per suoli ghiaiosi; è importante sottolineare che sotto questo aspetto le aree urbanizzate vengono, di norma, assimilate ai depositi argillosi in corrispondenza dei quali la rialimentazione superficiale degli acquiferi risulta sostanzialmente preclusa.

Il ciclo deposizionale continentale è diviso in due grandi fasi:

- **Fase pleistocenica (*Diluvium*)**, direttamente collegata ai fenomeni glaciali e pluviali circumpadani;
- **Fase olocenica (*Alluvium*)**, nella quale si è verificata la sedimentazione alluvionale dopo l'ultima glaciazione (Würm) e che è tuttora in atto.

La litologia delle aree in esame è quasi costantemente rappresentata da materiali molto fini, in cui predominano le argille, interrotte talvolta da lenti argilloso-limose e da limi. Questo fenomeno è connesso con il potere di trasporto dei corsi d'acqua e con la costituzione litologica dell' *Hinterland* appenninico. Tuttavia, a profondità modeste, la litologia di superficie passa a depositi più grossolani dovuti ad una fase di iniziale sviluppo dei fiumi padani.

I depositi prevalenti, per le aree in esame, sono costituiti da terreni quaternari continentali. Si tratta di depositi alluvionali a granulometria assai variabile sia in senso areale che verticale, dovuti alle deposizioni dei corsi d'acqua appenninici e del fiume Po. Si tratta in generale di alluvioni argillose-limose-sabbiose, con andamento lenticolare. La distribuzione in superficie di terreni di varie classi granulometriche è testimonianza delle successive fasi deposizionali recenti avvenute. Si evidenzia la stretta connessione tra litologia di superficie ed evoluzioni idrografiche del fiume Secchia e Panaro, responsabili oltre che delle caratteristiche litografiche delle aree, anche delle forme morfologiche presenti.

In particolare, si osserva che i depositi sabbiosi si localizzano lungo il precorso dei corsi d'acqua, attuali o relitti, ed in prossimità di paleodossi, generati da tracimazioni e/o divagazioni dell'alveo dei fiumi, mentre i depositi limosi che sono messi in posto da acque a bassa energia e quindi con un trasporto solido minore si osservano nelle zone circostanti i corsi d'acqua minori e nelle fasce più esterne di quelli principali. I depositi in prevalenza argillosi che interessano le aree di studio, sono depositi nelle zone topograficamente più depresse, in seguito all'esaurimento dell'energia di trasporto delle acque di esondazione.

8.1 Suolo

Il suolo costituisce il "substrato" per la maggior parte dei processi e delle attività biologiche e condiziona direttamente o indirettamente tutte le forme di vita terrestre. E' una risorsa naturale e non rinnovabile alla scala temporale umana, soggetta a elevato rischio di erosione e di degrado per l'eccessivo sfruttamento, come ad esempio il disboscamento, l'impermeabilizzazione o lo stoccaggio di sostanze estranee non compatibili.

Di seguito si schematizzano le principali funzioni del suolo:

<i>Funzione ecologica</i>	<i>Produzione di biomassa</i>	<i>Il suolo produce cibo, fornisce nutrienti, aria e acqua. E' il mezzo in cui possono penetrare e trovare sostegno le radici delle piante.</i>
	<i>Azione di filtro, buffering e trasformazione</i>	<i>Il suolo distrugge le sostanze nocive, svolge un'azione di filtro nei confronti di composti organici, inorganici e radioattivi, che vengono decomposti e trasformati prevenendo il loro ingresso nelle acque e nella catena alimentare.</i>
	<i>Conservazione delle specie e protezione della flora e della fauna</i>	<i>Il suolo preserva numerosi organismi e micro-organismi che vivono solamente nel suolo.</i>
<i>Funzioni socio-economiche</i>	<i>Supporto agli insediamenti umani (abitazioni, infrastrutture, ricreazione) e alla allocazione dei rifiuti</i>	<i>Il suolo fornisce il supporto per la costruzione delle case, industrie, strade e discariche</i>

	<i>Fonte di materie prime e di acqua</i>	<i>Il suolo fornisce numerose materie prime, incluse l'acqua, l'argilla, sabbia, ghiaia, minerali e combustibili (torba).</i>
	<i>Conservazione e protezione dell'eredità culturale</i>	<i>Il suolo è una parte essenziale del paesaggio ed è una fonte di evidenze paleontologiche e archeologiche, importanti per comprendere l'evoluzione della Terra e dell'umanità.</i>

Nell'area della pianura si rinvencono tre gruppi di suoli di cui due propriamente localizzati in aree di pianura ed il terzo sui terrazzi pleistocenici al margine appenninico.

Nel territorio di Finale Emilia sono presenti i suoli del gruppo 1 e 2, i primi si sono sviluppati principalmente in aree di depressione interfluviale, i secondi si trovano in aree a maggior drenaggio della pianura.

I suoli del primo gruppo, sono a tessitura fine, generalmente profondi, calcarei e moderatamente alcalini. Il loro sviluppo è essenzialmente da attribuire alla bonifica delle zone depresse interfluviali. L'evoluzione di questi suoli è quindi fortemente condizionata dal regime idrico annuale che favorisce l'alternarsi di condizioni di contrazione e di rigonfiamento.

I suoli del gruppo 2, si sono formati in aree costituite dai depositi fluviali più rilevati dei corsi d'acqua di provenienza appenninica. Le tessiture sono generalmente più grossolane di quelle del gruppo 1, sono suoli profondi, ben drenati, decarbonatati nella parte superiore del profilo mentre si accumulano carbonati di calcio più in profondità a volte con formazione di concrezioni vere e proprie.

Dalla "Carta dei suoli della pianura modenese" redatta dal Servizio Cartografico - Ufficio Pedologico della Regione Emilia Romagna Provincia di Modena (prima edizione 1993), è stata estratta la litologia della zona in cui è stata realizzata la discarica in oggetto.

Nella Carta sono rappresentati i seguenti tipi di suoli:

Suolo CON1/CIA1: Confine franca ghiaiosa/Clavernasco franca argillosa limosa.

Suolo CPO1: Case Ponte argillosa.

Suolo CPO1/RAM1: Case Ponte/Ramesina argillose.

Suolo CTL1: Cataldi franca limosa.

Suolo CTL1/CTL3: Cataldi franca limosa/Cataldi franca argillosa limosa.

Suolo CTL1/CTL6: Cataldi franca limosa/Cataldi franca argillosa, a substrato franco ghiaioso.

Suolo CTL3: Cataldi franca argillosa limosa.

Suolo GHI1: Ghiardo franca limosa.

Suolo GLS2: Galisano argillosa limosa.

Suolo MDC1: Medicina argillosa limosa.

Suolo MON1: Montale franca argillosa limosa.

Suolo PRD1: Pradoni franca argillosa limosa.

Suolo RSD1: Risaia del Duca argillosa limosa.

Suolo SCN1/BEL1: Ascensione/Bellaria franco - limosa.

Suolo SCN5: Ascensione franca argillosa limosa, sulle aree golenali.

Suolo SMB1: San Ombono franca limosa.

Suolo SMB1/SEC1: San Ombono franca limosa/Secchia franca.

Suolo SMB1/SMB4: San Ombono franca limosa/San Ombono franca limosa a substrato estremamente ghiaioso.

Suolo SMB2: San Ombono franca argillosa limosa.

Suolo SMB4: San Ombono franca limosa, a substrato franco estremamente ghiaioso.

Suolo TEG1: Tegagna franca limosa.
Suolo TES1/RAM1: Tesa/Ramasina argillosa.
Suolo TIE1: Tiepido franca limosa.

Nell'area indagata si individua un solo tipo di suolo:

- PRD1 : l'unità cartografica Padroni *franca argillosa limosa* è nella piana a copertura alluvionale, su depositi di transizione tra argini naturali di canali fluviali e ampie depressioni morfologiche o in aree relativamente depresse racchiuse tra argini naturali. La pendenza varia da 0.2 a meno 0.1%; il substrato è costituito da sedimenti alluvionali a composizione carbonatica (>25%) organizzati in alternanze di strati decimetrici prevalenti, a tessitura moderatamente fine e strati centimetrici subordinati, a tessitura moderatamente grossolana. L'uso del suolo è prevalentemente a seminativo semplice e vigneto, secondariamente a frutteto (pero, melo). Sono suoli a profondità molto elevata. L'orizzonte superficiale, interessato dalle lavorazioni agricole, ha uno spessore che varia da 40 a 60 cm, di colore bruno grigiastro scuro, ha tessitura franca argilloso limosa. L'orizzonte profondo di colore bruno grigiastro scuro con screziatura grigia, comuni, ha tessitura franca limosa; il substrato di colore bruno olivastro chiaro o grigio scuro con screziature bruno giallastre, abbondanti, ha tessitura franca limosa.

Questi suoli sono molto calcarei e moderatamente alcalini; hanno una moderata disponibilità di ossigeno per le radici delle piante, limitatamente al periodo invernale-primaverile sono presenti strati saturi d'acqua a partire dallo strato sottostante le lavorazioni, mentre nel periodo estivo le condizioni anaerobiosi sono assenti entro 150 cm di profondità.

La falda estiva è talora presente oltre 2.00 m di profondità. La permeabilità è moderatamente lenta, l'indice di incrostamento è moderato o elevato. La capacità di accettazione piogge è moderato o elevata, la capacità di ritenzione dell'acqua disponibile per le piante è molto alta.

Se si fa riferimento alla carta della CAPACITA' D'USO DEI SUOLI redatta sempre dal Servizio Cartografico - Ufficio Pedologico della Regione Emilia Romagna Provincia di Modena (prima edizione 1993), il suolo PRD1 è classificato come suolo a lavorabilità moderata con moderata disponibilità di ossigeno per le radici delle piante. Tale suolo viene considerato come terra con moderate limitazioni, che riducono la scelta delle colture praticabili o che richiedono moderate pratiche di conservazione.

L'elevato contenuto in limo (50-60%) dell'orizzonte superficiale se associato ad un basso contenuto in sostanza organica condiziona il comportamento fisico del suolo. Il rischio di formazione di croste superficiali, con conseguente diminuzione della permeabilità, è moderato, talora elevato.

Di seguito si riporta un estratto della " CARTA DEI SUOLI " con indicata la zona di ubicazione della discarica.



9. IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Nel sottosuolo della pianura e sul Margine Appenninico Padano sono stati riconosciuti tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati Gruppo Acquifero A, B e C a partire dal piano campagna.

Il **Gruppo Acquifero A** è attualmente sfruttato in modo intensivo, il **Gruppo Acquifero B** è sfruttato solo localmente, il **Gruppo Acquifero C**, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è raramente sfruttato.

Di seguito si effettua una caratterizzazione sintetica delle tre Unità Idrogeologiche A, B e C sovrapposte.

Unità Idrogeologica A) Stratigraficamente superiore, è costituita da ghiaie, conglomerati, sabbie e peliti di terrazzo e conoide alluvionale organizzati in strati lenticolari di spessore estremamente variabile, da alcune decine di centimetri a svariati metri.

In genere sono costituiti da un letto di conglomerati eterometrici ed eterogenei, con matrice sabbiosa, talora disorganizzati, talora embriciati, generalmente poco cementati, e da un tetto sabbioso-limoso.

La base degli strati è fortemente erosiva. Sono presenti paleosuoli.

La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri.

Il contatto con le unità idrogeologiche sottostanti B e C e le unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è frequentemente discordante.

L'età di questo Gruppo Acquifero A è Pleistocene medio-Olocene.

Unità Idrogeologica B) è costituita da prevalenti argille limose di pianura alluvionale con talora intercalati livelli discontinui di ghiaie e conglomerati eterometrici ed eterogenei e sabbie. Sono anche presenti alcuni paleosuoli.

La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri.

Le due immagini di seguito riportate sono tratte dal lavoro ENI-AGIP e facenti parte dello studio **“Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna “ (R.E.R. – ENI,1998)** e rappresentano, la prima un inquadramento stratigrafico ed idrostratigrafico dell'area studiata, la seconda una sezione sismica passante per Bologna in cui sono stati evidenziati in colore i tre acquiferi descritti prima.

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE										ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE								
AFFIORANTI					SEPOLTE							GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO							
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI OLIVATELLO	UNITÀ DI VILLA DEL BOSCO	UNITÀ DI CA' DI SOLA	SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITÀ DI BORGO PANIGALE	ORIZZONTE DI FOSSOLO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	0.125	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A0				
																A1				
								SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITÀ ALLUVIONALE INFERIORE							~0.35-0.45		PLEISTOCENE MEDIO	B	B1
																				B2
														B3						
															B4					
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.					SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSINTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 3			ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.65			C	C1				
	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.															SUBSINTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 2	C2		
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.																		SINTEMA QUATERNARIO MARINO 1	C3
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.																	C4		
P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.					SUPERSINTEMA DEL PLOCIENE MEDIO-SUPERIORE			PLOCIENE MEDIO SUPERIORE			~2.2		1.72		C5				
												~3.3-3.6		3.55						
												~3.9		PLOCIENE INFERIORE MIOCENE						
ACQUITARIO BASALE																				

Fig.12. Inquadramento geologico-stratigrafico e idrostratigrafico dell'area di studio.

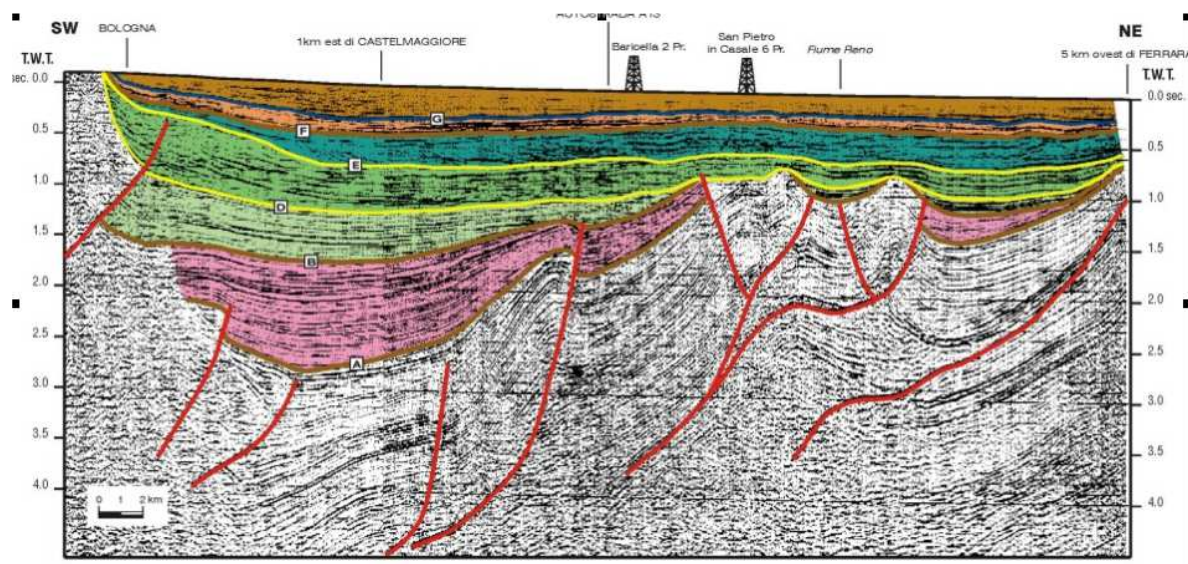


Fig.13. Profilo sismico interpretato (cortesia Agip).

L'assetto idrogeologico dell'area è schematizzato nella sezione geologica riportata in figura di sotto riproposta, tratta dal volume "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" (1998).

La sezione mostra la presenza sulla verticale dei tre gruppi acquiferi sopracitati.

Ciascun gruppo acquifero a sua volta viene suddiviso in diversi complessi acquiferi e acquitardi, secondo un modello di suddivisione gerarchico per ranghi via via più piccoli sulla base della dimensione e dell'estensione areale dei corpi idrogeologici che li compongono.

Sulla base di alcune loro caratteristiche geometriche, gli acquiferi nel sottosuolo si distinguono in:

- **acquifero monostrato**, si sviluppa nella zona a ridosso dell'Appennino dove troviamo un unico acquifero costituito da ghiaie che dalla superficie continuano nel sottosuolo per decine e decine di metri senza soluzione di continuità; tale zona corrisponde anche alla zona di ricarica degli acquiferi;
- **acquifero multistrato**, si sviluppa più a nord del precedente dove i corpi di ghiaie e sabbie si separano gli uni dagli altri per la presenza di intercalazioni di terreni più fini (limi e argille) e costituiscono quindi diversi acquiferi verticalmente sovrapposti (caso dell'area comunale di Medolla).

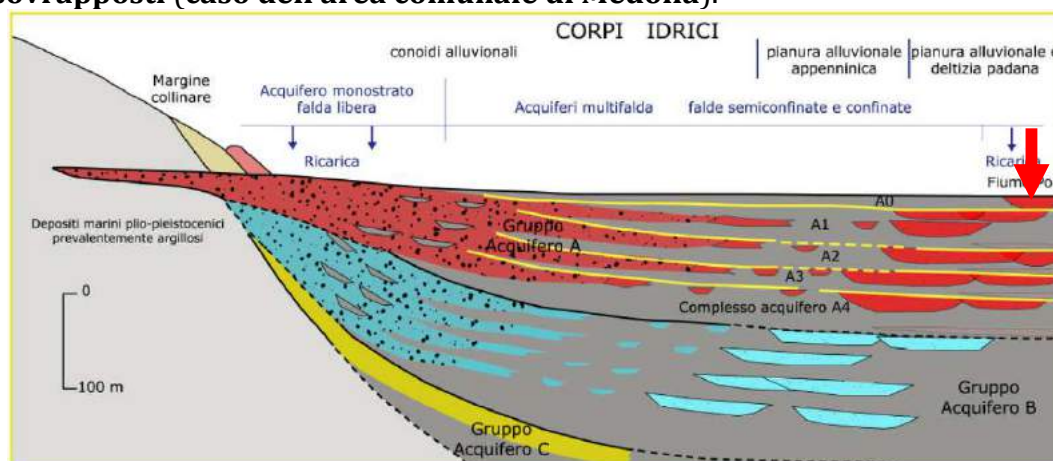


Fig.14. Distribuzione schematica dei corpi idrici e delle unità idrostratigrafiche nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola (la freccia indica la situazione in Comune di San Felice sul Panaro).

I piezometri della rete di monitoraggio della discarica controllano il primo acquifero del GRUPPO ACQUIFERO A1.

Si tratta di un acquifero multistrato, in pressione (o confinato), dove l'acqua, all'interno dei depositi permeabili, è confinata superiormente dalla presenza di depositi impermeabili o poco permeabili (gli acquitardi).

L'acquifero è sempre completamente riempito d'acqua sotto pressione e, se perforato, all'interno del foro l'acqua salirà ad una quota più alta del limite superiore dei depositi che la contengono.

In dettaglio il primo acquifero presente nel sito e facente parte del gruppo acquifero A1 è costituito da sabbie da fini a medie ubicato al di sotto dei 38/51 metri di profondità. I terreni più superficiali sono costituiti da argille e limi argillosi poco permeabili. Si tratta quindi di un acquifero in pressione confinato al tetto da litologie poco permeabili.

Nei sedimenti più superficiali di natura argillosa e limo-argillosa sono presenti livelli limosi nei quali si ha una circolazione idrica lenta e poco significativa causa della bassa permeabilità dei depositi ospitanti (complesso Acquifero denominato A0).

Tale orizzonte freatico assume caratteristiche di acquitardo e non di acquifero ed è prevalentemente alimentato dalle infiltrazioni meteoriche dalla superficie che risultano massime nelle zone agricole e minime nelle aree urbanizzate dove sono presenti coperture impermeabili.

In figura 15 è riportata la suddivisione areale delle Unità Idrogeologiche.

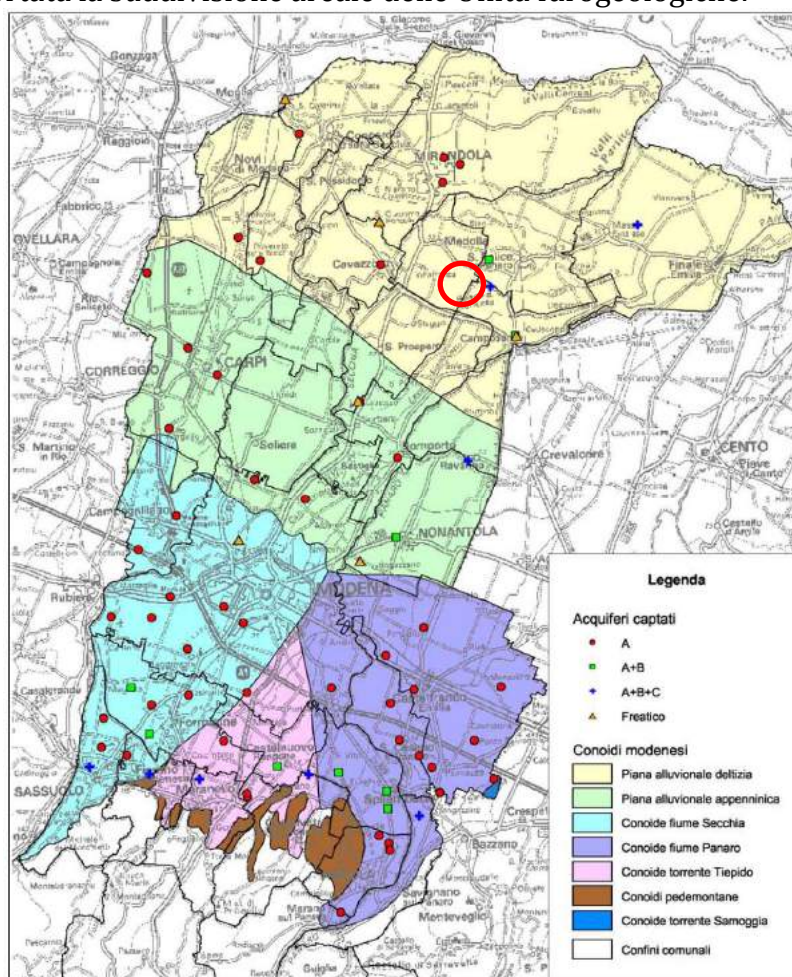


Fig.15. : Unità idrogeologiche del territorio della pianura modenese.

9.1 Vulnerabilità idrogeologica

La vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento viene definita (da Civita 1987) come la suscettività specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche a ricevere e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo.

Gli studi condotti sulle acque sotterranee dalla Provincia di Modena, hanno fornito una buona conoscenza dei tipi di sostanze inquinanti che possono prevalentemente ritrovarsi negli acquiferi modenesi.

La conoscenza del grado di vulnerabilità del territorio fornisce utili indicazioni per la comprensione degli episodi di inquinamento e consente di elaborare strategie di uso dei suoli, nonché di programmazione delle attività antropiche, tese ad eliminare il rischio di inquinamento degli acquiferi.

La vulnerabilità intrinseca di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, tra i quali prevalgono la litologia superficiale, la struttura del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo di ricarica e di deflusso del corpo idrico sotterraneo.

La carta di vulnerabilità dell'acquifero principale, redatta dalla Provincia di Modena nell'ambito del Nuovo PTCP (marzo 2009), consente di indirizzare e modificare le scelte da affrontare per "la gestione" del territorio, utile soprattutto in ambito urbano dove sono possibili interventi edilizi che interessano il sottosuolo.

Le informazioni riportate sulla carta di cui si allega uno stralcio che interessa l'area in oggetto, sono state ottenute mediante l'incrocio di quattro fattori:

- litologia del terreno e di conseguenza permeabilità del substrato;
- profondità del tetto delle ghiaie ;
- tipo di acquifero (libero o confinato);
- capacità di attenuazione del suolo.

L'ultimo parametro è di nuova introduzione e consente, pur non apportando sconvolgimenti rilevanti rispetto alle più vecchie carte elaborate, di meglio dettagliare le diverse situazioni, in particolare quelle delle classi estreme (basso ed elevato) operando con maggiori garanzie l'attribuzione delle classi di vulnerabilità.

L'area oggetto di studio viene classificata come area a vulnerabilità molto bassa.

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta "Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" redatta per il Nuovo PTCP con indicata la zona di studio.

10. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA SUPERFICIALE E PROFONDA DI DETTAGLIO DELL'AREA DI INTERVENTO

Per la caratterizzazione litologica e stratigrafica superficiale e profonda e per la definizione delle proprietà geomeccaniche dei terreni presenti nell'area di intervento sono state prese in considerazione le seguenti indagini in sito.

- N. 1 sondaggio geognostico eseguito in data 30 - 31/07/2018 nel sito di completamento e spinto alla profondità di - 30.00 metri dal piano viabilità interna discarica;
- N. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU eseguita in data 25/08/2018 nel sito di completamento e spinta alla profondità di - 21.00 metri dal piano viabilità interna discarica;
- N. 1 prova CPTU eseguita nel Marzo 1997 per un lotto di ampliamento, nella parte est e spinta alla profondità di - 25.00 metri dal p.c.;
- N. 1 sondaggio geognostico eseguito nel febbraio 2006 all'esternità nord della discarica e spinto a - 56 metri dal piano campagna;
- N. 2 prove penetrometriche statiche CPT eseguite nell'aprile 2015, una sul lato sud e una sul lato est della discarica, per il progetto di adeguamento morfologico del lato sud-est. Queste 2 prove sono state spinte alla profondità di -30.00 metri dal p.c.

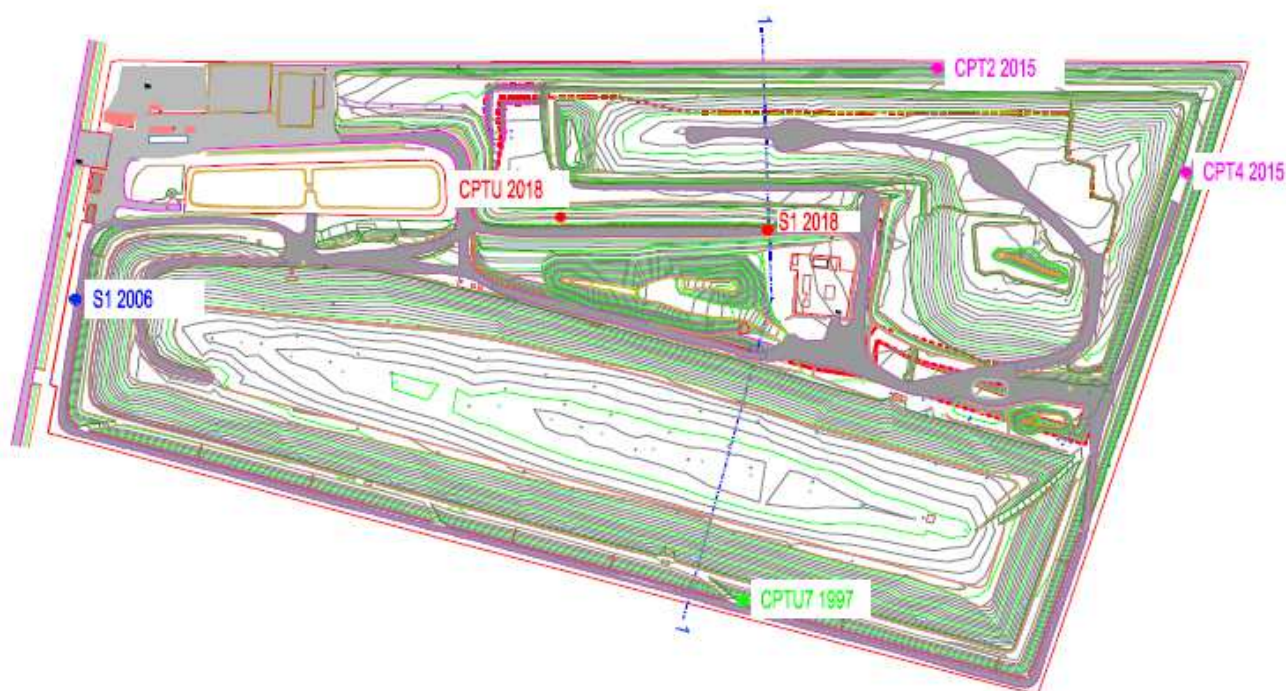


Fig.17. Ubicazione indagini eseguite nell'intera area tecnologica utilizzate per la ricostruzione litostratigrafica superficiale e profonda del sito di intervento

10.1. Prove penetrometriche statiche con punta meccanica ed elettrica

Le prove penetrometriche statiche sia meccaniche CPT che elettriche con piezocono CPTU sono state realizzate dal Laboratorio Geoprogetti Srl di Medolla.

Le prove con punta meccanica sono state realizzate con un penetrometro statico da 300 KN dotato di punta meccanica " jacket friction cone " in cui l'avanzamento automatico è regolato da centraline elettroniche.

La prova penetrometrica statica consiste nell'infiggere a pressione nel terreno una punta conica misurando separatamente ma con continuità lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto al di sopra della punta.

L'infissione avviene tramite un pistone idraulico che spinge la batteria di aste su cui è montata la punta a velocità costante di 2 cm/s con una tolleranza di ± 5 mm/s, l'avanzamento è automatico e regolato da centraline elettroniche.

Il penetrometro meccanico possiede il manicotto di attrito che si muove indipendentemente dalla punta secondo il metodo Begemann.

Lo sforzo per l'infissione della punta è misurato mediante manometri collegati al martinetto che esercita la spinta. L'acquisizione dati viene rilevata da manometri meccanici a bagno d'olio con sensibilità minima pari a 0.1 Bar.

Le caratteristiche del penetrometro statico olandese tipo Gouda sono:

punta conica meccanica $\phi = 35.7$ mm - angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - area punta $A_p = 10$ cm²

manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" $\phi = 35.7$ mm. - h = 133 mm. - sup.lat. $A_m = 150$ cm²

le aste sono doppie: una cava $\phi = 36$ mm. e una, il cui diametro è tale da essere contenuta all'interno delle aste cave

Durante l'esecuzione della prova ogni 20 cm vengono lette nei manometri la resistenza all'avanzamento della sola punta L.punta, la resistenza dell'avanzamento della punta e del manicotto L.laterale e la resistenza totale all'avanzamento delle sole aste cave.

Nei diagrammi vengono rappresentati:

la resistenza alla punta q_c in MPa

la resistenza laterale locale f_s in MPa

la linea a destra rappresenta il rapporto q_c/f_s (numero puro).

L'attrezzatura della prova penetrometrica statica elettrica è costituita da un dispositivo di spinta da 30 tonnellate che agisce sulla batteria di aste cave da 36 mm. di diametro e lunghezza 1 m., all'estremità inferiore delle quali è avvitata la punta fissa.

Le punte elettriche hanno la caratteristica di contenere le celle di carico che misurano separatamente la resistenza alla punta, q_c e l'attrito laterale locale f_s .

I sensori sono estensimetri (strain-gauge) incollati.

La punta è munita di elemento poroso per la misura delle pressioni neutre nel corso della prova.

Sopra la punta ed il manicotto è installato un inclinometro per il rilievo continuo dell'inclinazione rispetto alla verticale.

L'attrezzatura per C.P.T.U. è installata su penetrometro statico autocarrato Fiat Iveco 80/16, trazione 4 x 4; con potenza di spinta pari a 30 Tonnellate (26 T. alla penetrazione, 30 T. in fase di estrazione).

La cella del piezocono viene saturata ad ogni prova mediante una soluzione di grasso, non necessita di prefiori per raggiungere la falda, in quanto la punta non si desatura attraversando terreni non sotto falda.

Ad ogni prova viene effettuato l'azzeramento iniziale ed automatico delle celle pressimetriche connesse alle letture di punta, friction e pressione atmosferica (Zero ch1 - ch2 - ch3) e finali a termine prova; ciò consente di valutare il perfetto funzionamento di tutte le apparecchiature connesse alla punta e della punta stessa.

Ogni 2 cm. di infissione vengono rilevati i valori di qc resistenza alla punta, fs attrito laterale e della pp pressione interstiziale e il valore di deviazione dalla verticale.

Nei grafici MEMOCONE allegati in calce alla relazione vengono evidenziati:

qc = il valore della resistenza alla punta in Mpa,

fs = il valore dell'attrito laterale fs in Mpa,

ratio = il rapporto $(fs/qc \times 100)$ (numero puro)

p.p. = la pressione interstiziale dei pori in Mpa, lo zero è posto a 0.1 Mpa (pressione atmosferica), con una linea viene indicato l'aumento della pressione dell'acqua con la profondità

degr = la deviazione dalla verticale in gradi.



Fig.18. Penetrometro statico da 300 KN, montato su camion IVECO utilizzato in sito per l'esecuzione delle prove CPT e CPTU

In allegato (All. n. 2, 3, 4, 5 e 6) per le prove penetrometriche, sono riportati i diagrammi penetrometrici, le tabelle di campagna con le letture dirette e i valori trasformati di resistenza alla punta qc e resistenza laterale fs, i diagrammi delle valutazioni litologiche e le tabelle dei parametri geotecnici.

10.2. Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici sono stati realizzati a rotazione e carotaggio per dettagliare la litologia superficiale e profonda del sito e per il prelievo di campioni indisturbati da analizzare in laboratorio.

I sondaggi sono stati eseguiti con sonda autocarrata MUSTANG ATLAS COOPCO A65.

Il diametro del carotiere semplice utilizzato è pari a $\phi = 101$ mm, mentre il rivestimento ha diametro $\phi = 127$ mm.

Al fine di ridurre le interferenze che la perforazione provoca sul terreno naturale alterando lo stato originario, gli avanzamenti sono stati condotti a bassa velocità con il minimo utilizzo di acqua di circolazione anche in estrazione campione.

Le carote, una volta estratte sono state posizionate in cassette catalogatrici in PVC divise per metri e dotate di coperchio di protezione.



Fig.19. Sonda utilizzata in sito per l'esecuzione delle perforazioni.

In allegato (All. n. 7 e 8) vengono riportate le schede stratigrafiche di dettaglio e le foto dei campioni carotati divisi nelle cassette catalogatrici dei 2 sondaggi eseguiti.

10.3. Ricostruzione litostratigrafica del sito

Dall'analisi delle prove eseguite in sito nel luglio 2018 e delle prove di bibliografia si è ricostruita la litostratigrafia superficiale e profonda dell'area che risulta omogenea sull'intera area tecnologica con alcune differenze negli spessori degli strati.

Da 0.00 a – 8.80/11.70 m : ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIAMENTE COMPATTE;

Da – 8.80/11.70 a – 17.00/20.20 m : ARGILLE LIMOSE COMPATTE;

Da – 17.00/20.20 a – 17.60/30.00m: LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI

Nella parte ovest si evidenzia un livello di sabbie che non continua nella parte est, dello spessore modesto variabile da 17.60 ÷ 20.20 m nella CPTU DEL 1997; 28.40 ÷ 30.40 m nel sondaggio S1 del 2006 –da 25.60 ÷ 26.30 m nel sondaggio S1 del 2018.

DA – 20.20/30.00 A – 38/51 m ARGILLA A TRATTI LIMOSA COMPATTA.

DA – 38/51 m SABBIA FINE.

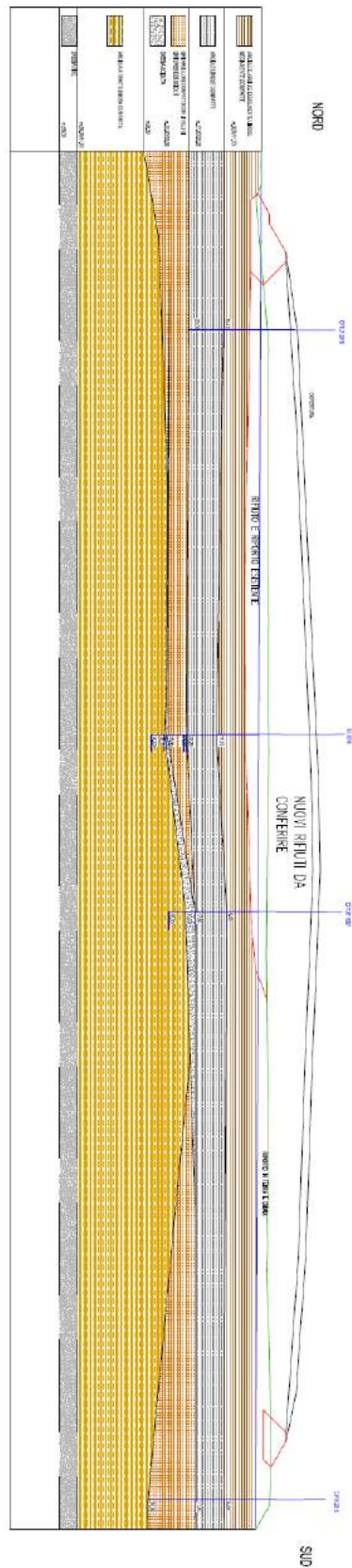
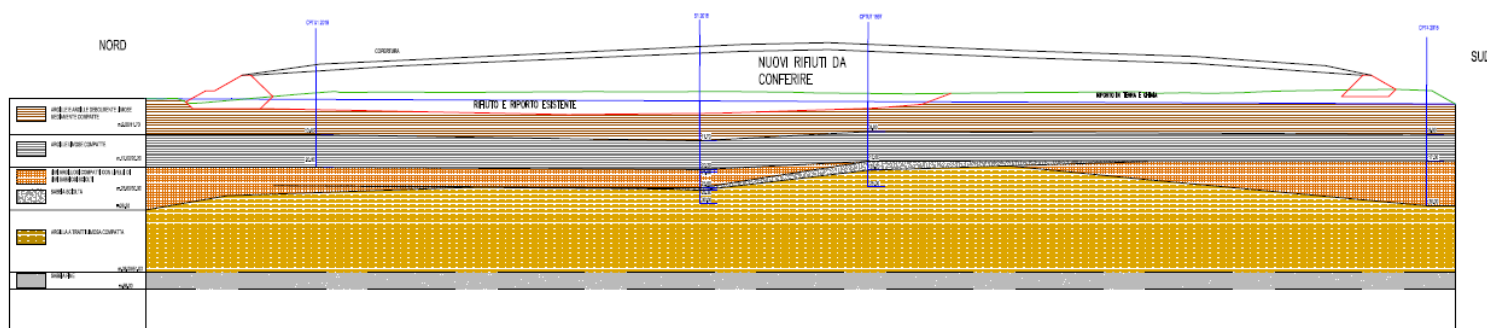


Fig.20. SEZIONE EST-OVEST DELL'INTERA AREA TECNOLOGICA

Nel tratto interessato dall'adeguamento morfologico la stratigrafica superficiale e profonda di dettaglio si caratterizza negli **stessi 5 strati** presenti in tutte le prove con spessori che si differenziano di pochi centimetri.



Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale
0.00 – 9.00/11.70	ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIANTE COMPATTE
9.00/11.70 – 17.00/20.20	ARGILLE LIMOSE COMPATTE
17.00/20.20 – 25.60/30.00	LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI
25.60 – 26.30	LIVELLO DI SABBIE SCIOLTE
25.60/30.00 – 38.00/51.00	ARGILLE A TRATTI LIMOSE COMPATTE
38.00/51.00 – 56.00	SABBIE FINI

Fig.21. Stratigrafia area di intervento

Al fine di definire lo strato visivamente più ricco in limo e limo sabbioso compreso fra 17.00/20.20 metri e 25.60/30.00 metri si è eseguita un'analisi granulometrica su un campione indisturbato prelevato alla quota di – 23.00 m.

La composizione granulometrica definita è:

%ghiaia = 0.0

%sabbia = 1.4

%limo = 46.4

%argilla = 52.2

Si tratta quindi di terreni principalmente argillosi e limosi con una bassissima percentuale di sabbia pura. I risultati dell'analisi granulometrica di laboratorio sono riportati in allegato (All. n.9).

11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico S1 eseguito nell'Agosto 2018 sono stati prelevati n. 3 campioni indisturbati a mezzo fustella campionatrice tipo Shelby per una caratterizzazione di dettaglio dei parametri geotecnici dei terreni superficiali e profondi. Le analisi eseguite e le profondità di campionamento sono indicate nella tabella di Fig. 22.

CAMPIONI INDISTURBATI				
SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA	ANALISI DI LABORATORIO
S1	C1	3.00÷3.60	ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE	CONTENUTO NATURALE ACQUA
				PESO DI VOLUME NATURALE
				LIMITI DI ATTERBERG
				EDOMETRICA + cv,k
				TRIASSIALE CONSOLIDATA E NON DRENATA CIUX
S1	C2	13÷13.60	ARGILLE LIMOSE	CONTENUTO NATURALE ACQUA
				PESO DI VOLUME NATURALE
				LIMITI DI ATTERBERG
				EDOMETRICA + cv,k
				TRIASSIALE CONSOLIDATA E NON DRENATA CIUX
S1	C3	23.00÷23.60	LIMI ARGILLOSI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI	CONTENUTO NATURALE ACQUA
				PESO DI VOLUME NATURALE
				LIMITI DI ATTERBERG
				EDOMETRICA + cv,k
				ANALISI GRANULOMETRICA MEDIANTE VAGLIATURA PER VIA UMIDA E MEDIANTE SEDIMENTAZIONE CON DENSIMETRO

Fig.22. Profondità dei campioni indisturbati prelevati e analisi di laboratorio eseguite su ogni campione

11.1. Parametri di plasticità

Per una classificazione relativa alla plasticità e alla capacità si ritiro dei terreni riscontrati in sito, in tutti i campioni indisturbati prelevati, sono stati determinati i limiti di Atterberg in associazione con i valori di contenuto in acqua e della massa volumica naturale che permettono di definire, in base al contenuto d'acqua, lo stato fisico del terreno in termini di stato fluido, plastico e solido. Le analisi di laboratorio sono allegati in calce alla relazione (All. n. 9).

Campione	QUOTA	Contenuto in acqua w %	Peso di volume (Mg/m ³)	Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice Plastico (%)	Class. Carta di Plasticità di Casagrande
S1 C1	3.00 ÷ 3.60	24.13	1.90	48	21	27	CL: ARGILLA INORGANICA CON BASSO LIMITE DI LIQUIDITA' (BASSA PLASTICITA')
S1 C2	13.00÷13.60	20.85	2.03	30	19	11	CL: ARGILLA INORGANICA CON BASSO LIMITE DI LIQUIDITA' (BASSA PLASTICITA')
S1 C3	23.00 + 23.60	32.35	1.92	44	24	20	CL: ARGILLA INORGANICA CON BASSO LIMITE DI LIQUIDITA' (BASSA PLASTICITA')

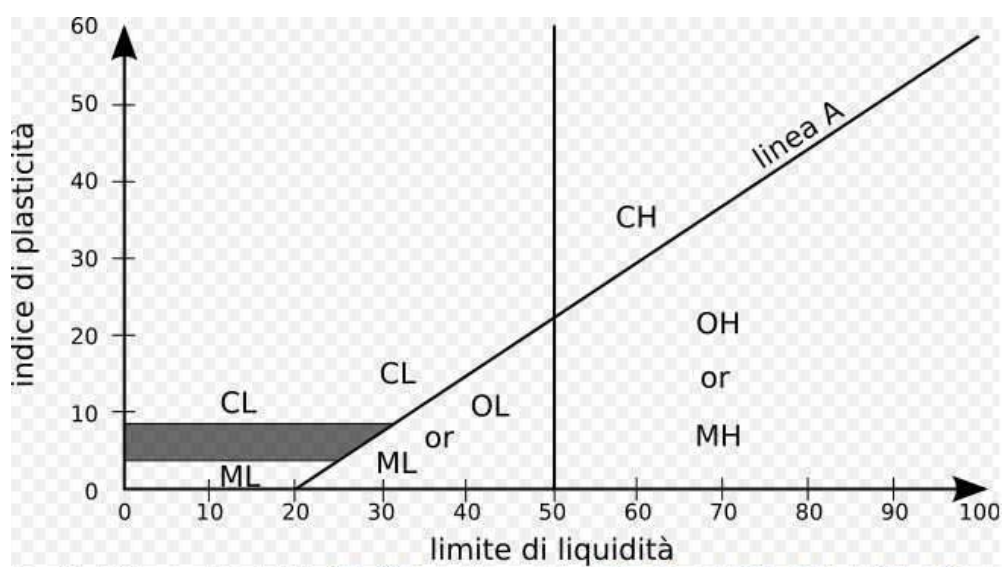
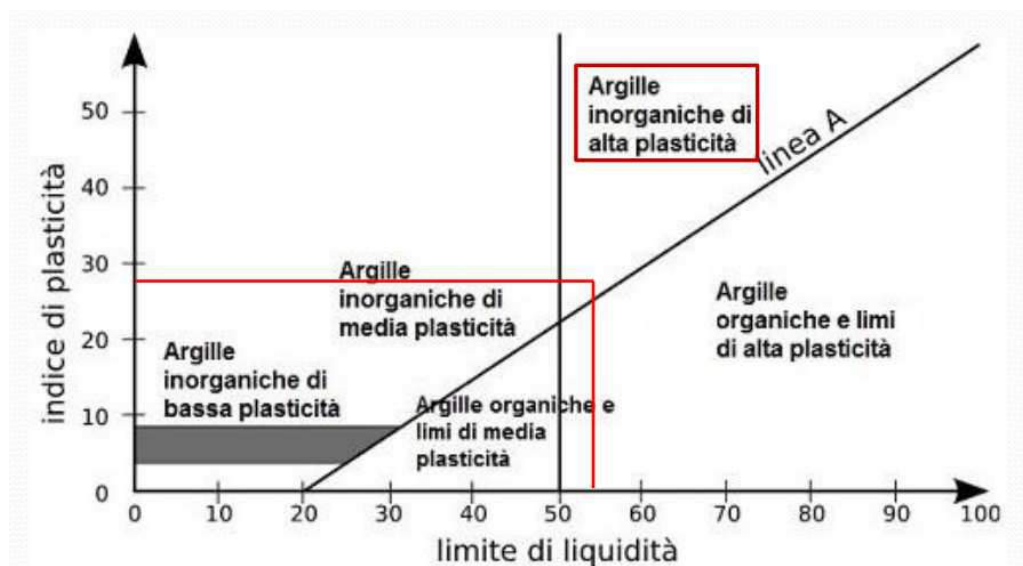


Fig.23. Carta di plasticità di Casagrande

11.2. Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate

Per quanto attiene ai parametri geotecnici caratteristici, con il DM2008 e Nuovo DM2018 si ragiona in termini non più di valori deterministici, ma in termini di variabili aleatorie, cioè le resistenze dei terreni vengono scelte secondo una stima cautelativa del valore medio delle stesse.

Stima cautelativa perché la variabile può essere rappresentata da più parametri ma la trattazione deve necessariamente riguardare tutti i possibili valori della variabile, e non solo il valore atteso (media), deve cioè tener conto di tutta la distribuzione della variabile.

La variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati coesivi** studiati per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito è il **parametro geotecnico caratteristico c_u** ; la variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati sciolti** studiati per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito è il **parametro geotecnico caratteristico ϕ** .

Il valore caratteristico scelto è pari al 5° percentile della media della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (c_u) per gli strati coesivi, è pari invece al 5° percentile della media della distribuzione normale del parametro geotecnico ϕ per gli strati sciolti.

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (c_u) è :

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} - \frac{t_{1-\alpha/2}(n-1)}{\sqrt{n}} * \sqrt{S^2(1 + \frac{S^2}{2})}$$

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione normale del parametro geotecnico (ϕ) è :

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

I dati immessi nei calcoli sono i valori di c_u derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalle prove penetrometriche mediante le correlazioni standard (Raccomandazioni AGI 1977-Ricceri et Altri 1974 – Marsal et al. 1974/1979).

In sintesi i **PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI in condizioni non drenate c_{uk}** sono:

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	c_{uk} (kPa)
Primo strato	da 0.00 a - 9.00/11.70 m	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	70
Secondo strato	- da - 9.00/11.70 a - 17.00/20.20m	Argille limose compatte	74
Terzo strato	da - 17.00/20.20 a - 25.60/30.00m	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	80
Quarto strato	da - 25.60 a - 26.30 m	Livello di sabbie sciolte	/
Quinto strato	Da -25.60/30.00 m a 38.00/51.00m	Argille a tratti limose compatte	80

Fig.24. Parametri geotecnici in condizioni non drenate

11.3. Parametri geotecnici in condizioni drenate

Sui 2 campioni più superficiali prelevati è stata eseguita una prova triassiale consolidata e non drenata con saturazione preliminare e misura delle pressioni interstiziali che ha permesso di determinare i parametri geotecnici in condizioni drenate sintetizzati nella tabella di seguito riportata. Le analisi di laboratorio sono allegati in calce alla relazione (All. n.9).

CAMPIONI	QUOTA PRELIEVO(m)	C' (kPa)	ϕ' (°)
S1C1	3.00 ÷ 3.60	16.30	17.80
S1C2	13.00÷13.60	23.3	19.28

Fig.25. Parametri geotecnici in condizioni drenate

I parametri geotecnici caratteristici in condizioni drenate sono stati determinati considerando i parametri c' e ϕ' definiti con le prove di laboratorio e considerando una COV (coefficiente di variazione) per il parametro ϕ' e c' pari a 13 consigliato da Phoon e Kullhawy (1999) per litologie coesive.

11.4. Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate e drenate

Sintetizzando nella tabella di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici in condizioni drenate e non drenate per i singoli strati riscontrati in una sezione semplificata con le profondità medie dei vari strati per semplicità e chiarezza.

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	C_{uk} (kPa)	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
Primo strato	da 0.00 a - 10.40 m	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	70	15	19	15	14
Secondo strato	da - 10.40 a - 18.60 m	Argille limose compatte	74	16	20	18	17
Terzo strato	da - 18.60 a - 27.80 m	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	80	13	19	17	18
	da - 25.60 a - 26.30 m	Livello di sabbie sciolte	/	18	20	/	24
Quarto strato	da -27.80 m a 44.50 m	Argille a tratti limose compatte	80	17	19.50	16	18
Quinto strato	da -44.50 m a 56.00 m	Sabbie fini	/	18	20	0	27

Fig.26. Stratigrafia semplificata e parametri geotecnici caratteristici per ogni strato in condizioni drenate e non drenate

11.5. Parametri di compressibilità in condizione edometrica

Sui tutti 3 i campioni prelevati sono state eseguite tre prove di compressibilità edometrica per la definizione dei parametri di compressibilità e 2 prove triassiali consolidata e non drenata con saturazione preliminare e misura delle pressioni interstiziali necessari alla determinazione dei parametri di compressibilità per il calcolo dei cedimenti.

I parametri ottenuti dalle analisi sono sintetizzati nella tabella di seguito mentre i certificati delle prove eseguite sono allegati in calce alla relazione (All. n.9).

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s)	Modulo edometrico Med (kPa)	Modulo elastico (kPa)
Primo strato	da 0.00 a - 10.40 m	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	3.54*10 ⁻⁴ 1.00*10 ⁻³ 5.98*10 ⁻⁴	7936 5747 10537	/
Secondo strato	da - 10.40 a - 18.60 m	Argille limose compatte	4.12*10 ⁻³ 1.61*10 ⁻³ 5.24*10 ⁻³	17985 7518 14662	/
Terzo strato	da - 18.60 a - 27.80 m	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	4.35*10 ⁻³ 5.61*10 ⁻⁴ 6.58*10 ⁻⁴	9009 6944 8474	/
	da - 25.60 a - 26.30 m	Livello di sabbie sciolte	/	/	15000
Quarto strato	da -27.80 m a 44.50 m	Argille a tratti limose compatte	/	10000	/
Quinto strato	da -44.50 m a 56.00 m	Sabbie fini	/	/	25000

Fig.27. Parametri di compressibilità per i vari strati

12. DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEI TERRENI

A seguito delle indicazioni del D. Lgs n. 36 che richiede la verifica della caratteristiche di permeabilità K dei terreni che costituiscono la barriera geologica naturale mediante diverse metodologie di analisi, la conducibilità idraulica degli strati argillosi e argillo-limosi dei terreni in sito è stata misurata, in questa campagna di indagini, con prove in sito e in laboratorio.

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU, sono state eseguite 2 prove di dissipazione delle pressioni interstiziali per la misurazione delle permeabilità orizzontali.

Nei tre campioni indisturbati prelevati durante l'esecuzione del sondaggio geognostico alla profondità di 3.00 ÷ 3.60 m; 13 ÷ 13.60 m; e 23.00 ÷ 23.60 m è stata eseguita una prova edometrica con calcolo delle permeabilità verticali.

La misura delle permeabilità orizzontali da punta elettrica si basa su studi ed esperienze (SORANZO M.) condotti utilizzando la punta piezometrica (C.P.T.U.) che permettono di determinare in sito il coefficiente di permeabilità orizzontale K_h ; il metodo consiste nell'infissione nel terreno di un filtro in metallo poroso che, a mezzo di trasduttori elettronici

di pressioni neutrali a strain-gauge, misura nel tempo l'andamento delle sovrappressioni neutre generate dal contatto con il terreno.

La permeabilità orizzontale del terreno è valutabile con una relazione del tipo :

$$K_h = M_v \times Y_w \times C_h$$

cioè dal prodotto del coefficiente di compressibilità del volume M_v , per il peso unitario dell'acqua Y_w , per il coefficiente di consolidazione orizzontale C_h .

Secondo Mitchell (1978), il modulo di deformazione edometrica nei terreni coesivi può essere espresso con la relazione:

$1/M_v = E = \alpha Q_c$ con α variabile sulla base delle caratteristiche del terreno analizzato secondo la tabella seguente:

	$M = \frac{1}{m_v} = \frac{2,3 \cdot (1+e) \cdot \sigma'_v}{C_c} = \alpha \cdot q_c$	
Argille di bassa plasticità (CL)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 8$
	$0,7 < q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 5$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 2,5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 6$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 3$
Argille e limi di elevata plasticità (CH, MH)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$q_c < 1,2 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 8$
Torbe e argille organiche (Pt, OH)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	
	$50 < w^* < 100$	$1,5 < \alpha < 4$
	$100 < w < 200$	$1 < \alpha < 1,5$
	$w > 200$	$0,4 < \alpha < 1$

*w = contenuto in acqua (%)

dove Q_c è la resistenza unitaria di punta del penetrometro statico alla quota considerata.

La determinazione di $C_h(OC)$ costituisce la parte originale della prova di dissipazione C.P.T.U., eseguita con penetrometro dotato di piezocono, sviluppata contemporaneamente da Torstensson (1975) e da Wissa (1975).

Il coefficiente di consolidazione si ottiene con la relazione del tipo :

$$C_h = T/t \times R^2$$

dove T è un fattore di tempo corrispondente al grado di consolidazione considerato, ricavabile da diagrammi standard di riferimento, t è il tempo necessario per produrre la consolidazione considerata, che si ottiene dal grafico relativo alla prova di dissipazione ed R è il raggio del penetrometro.

Le permeabilità ottenute sono:

RELAX N. 1 ALLA PROFONDITA' DI - 3.00 m

$$K_h = 2,55 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$$

RELAX N. 2 ALLA PROFONDITA' DI 15.40 m

$$K_h = 7,49 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$$

I diagrammi delle dissipazioni sono riportati in allegato (All. N.10)

Le prove edometriche per la determinazione della permeabilità verticale sono state eseguite dal laboratorio CGG S.r.l. di Piacenza autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture con D.M. 52490 per prove geotecniche sui terreni.

Le permeabilità ottenute sono:

CAMPIONE 1 SONDAGGIO 1 PROFONDITA' PROVINO m: da - 3.00 a - 3.60

$K_v = 4.44 \times 10^{-9}$ cm/s (gradino IX 98-196 kPa)

$K_v = 1.74 \times 10^{-8}$ cm/s (gradino X 196-392 kPa)

$K_v = 5.67 \times 10^{-9}$ cm/s (gradino XI 392-785 kPa)

CAMPIONE 2 SONDAGGIO 1 PROFONDITA' PROVINO m: da - 13.00 a - 13.60

$K_v = 2.29 \times 10^{-8}$ cm/s (gradino IX 98-196 kPa)

$K_v = 2.13 \times 10^{-8}$ cm/s (gradino X 196-392 kPa)

$K_v = 3.58 \times 10^{-8}$ cm/s (gradino XI 392-785 kPa)

CAMPIONE 3 SONDAGGIO 1 PROFONDITA' PROVINO m: da - 23.00 a - 23.60

$K_v = 4.81 \times 10^{-8}$ cm/s (gradino IX 98-196 kPa)

$K_v = 8.10 \times 10^{-9}$ cm/s (gradino X 196-392 kPa)

$K_v = 7.79 \times 10^{-9}$ cm/s (gradino XI 392-785 kPa)

Si riportano di seguito le permeabilità misurate con entrambi i metodi alle varie quote, prendendo per le permeabilità verticali i valori più cautelativi:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	PERMEABILITA' K verticale (cm/s)	PERMEABILITA' K orizzontale (cm/s)
0.00 - 9.00/11.70	ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIAMENTE COMPATTE	2.55×10^{-7}	1.74×10^{-8}
9.00/11.70 - 17.00/20.20	ARGILLE LIMOSE COMPATTE	7.49×10^{-8}	3.58×10^{-8}
17.00/20.20 - 25.60/30.00	LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI	/	4.81×10^{-8}

I risultati sui valori di permeabilità misurati evidenziano una **barriera naturale caratterizzata da uno spessore significativo di 30.00 metri di orizzonti argillosi e argillo limosi impermeabili** se si fa riferimento alla classificazione dei terreni in base alla conducibilità idraulica K definita da Civita (2005) di seguito riproposta.

Tabella 1. Permeabilità dei terreni.

k (cm/s)	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile				
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi	Argille omogenee compatte		

La barriera naturale nel sito di intervento è da ritenersi continua e affidabile, **capace di garantire la separazione dell'acquifero confinato a - 38.00/51.00 metri dalla frangia freatica**.

13. SISMICITA' DEL TERRITORIO

13.1. Inquadramento sismotettonico

La zona di Medolla, e l'ubicazione dell'area di studio, ricade all'interno delle Pieghe Ferraresi. L'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole è un complesso di strutture che può essere suddiviso in tre gruppi minori: le Pieghe Ferraresi (quelle più esterne), le pieghe Romagnole (collocate verso l'interno della catena) e le Pieghe Adriatiche (situate tra le Pieghe Romagnole e la monoclinale Adriatica). L'arco Emiliano è collocato più ad ovest.

Questo settore del bacino del Po è riempito da una spessa coltre di sedimenti clastici sintettonici, di età prevalentemente pliocenica e pleistocenica.

Sebbene la fase principale di compressione sia iniziata nel Messiniano, i primi sedimenti clastici si sono depositi nell'Oligocene superiore con una provenienza principale dalle Alpi meridionali.

La fase pliocenica viene dominata da sedimenti di tipo flyschoidi, in contrasto con i sedimenti di molassa che hanno caratterizzato la fase successiva nella quale divenne dominante l'input di materiale erosivo proveniente dallo smantellamento della catena Appenninica (Zoetemeijer, 1993).

Il basamento della Pianura Padano-Veneta è costituito da sedimenti carbonatici di età mesozoica e terziaria inferiore.

Sul basamento si sono poi depositate le successioni clastiche eoceniche, oligoceniche e mioceniche. Queste costituiscono il grande ciclo deposizionale inferiore che si conclude con le evaporiti messiniane regressive.

Successivamente, il bacino venne colmato dai cicli sedimentari superiori pliocenico e pleistocenico, che sono iniziati con le facies salmastre messiniane (Dondi & D'Andrea, 1986).

Lo schema dei rapporti stratigrafici delle unità neogeniche-quadernarie, del margine e della pianura, è descritto nella figura di seguito.

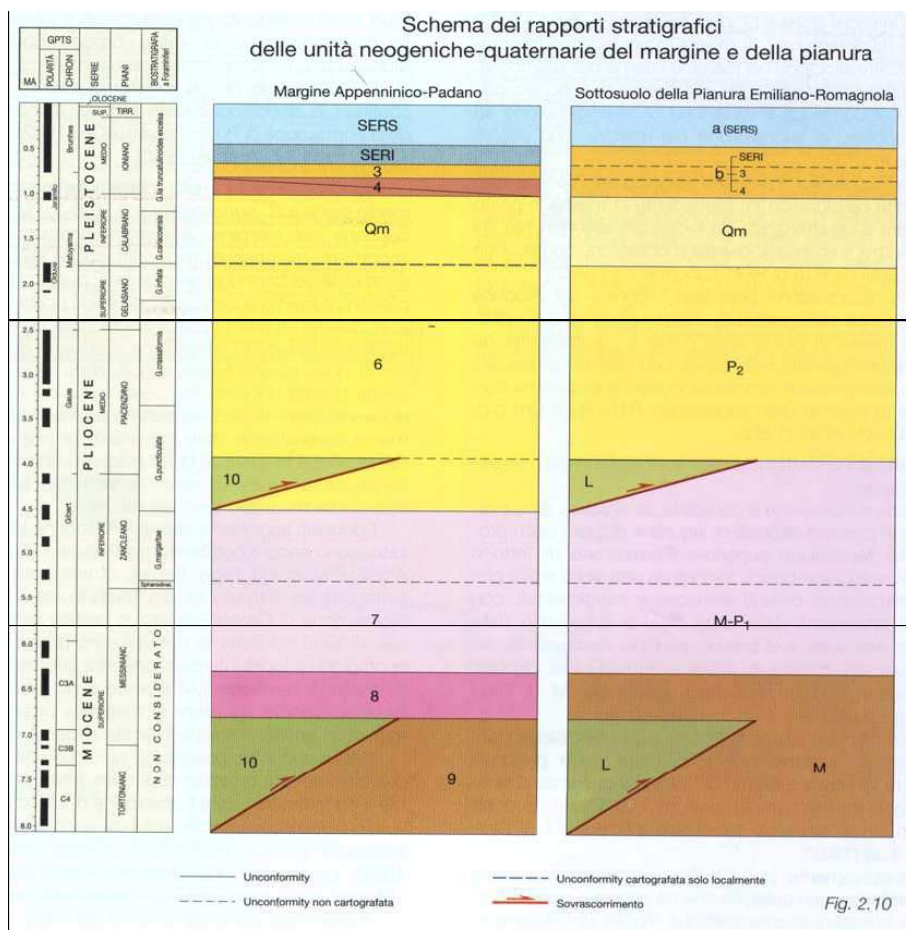


Fig.28. Schema dei rapporti stratigrafici delle unità neogeniche e quaternarie (Boccaletti et al., 2004).
 Legenda: M-P1 =Messiniano sup. - Pliocene inf.; P2 = Pliocene medio - sup.; Qm = Pleistocene inf.; b =Pleistocene medio; a = Pleistocene medio - Olocene.

I primi sedimenti clastici depositi nel margine appenninico, nell'Oligocene superiore, sono prevalentemente peliti riferibili al Gruppo Marne del Gallare, considerate come una variazione in senso distale di sedimenti torbiditici.

Nel Miocene inferiore e medio si sono deposte prevalentemente sabbie marine e costiere (Aquitaniense), depositi fini e torbide di piana bacinale (Langhiano), e sedimenti sabbioso-pelitici (Serravalliano-Tortoniano), come quelli che costituiscono la formazione della Marnoso-Arenacea.

Questo primo ciclo sedimentario si conclude con il messiniano pre-evaporitico ed evaporitico. La riduzione degli apporti di acqua marina nella Pianura Padana provocò un sensibile aumento delle aree emerse e una riduzione del bacino.

Tutto questo si associa all'inizio di una fase tettonica regionale di notevole intensità.

In questa fase buona parte del Bacino Padano è ricoperto, verso i margini, da argille e marne di ambiente marino ristretto, mentre solo in alcune porzioni del bacino si depositarono sedimenti evaporitici (Dondi & D'Andrea, 1986).

Il ciclo inferiore si conclude, in Pianura Padana, a causa della sovrapposizione di due eventi di importanza regionale:

- 1) l'avvicinamento fra la placca africana e quella europea, che ridusse man mano l'ampiezza del bacino;
- 2) il progressivo essiccamento del Mediterraneo e la conseguente regressione, con l'inizio della deposizione evaporitica che andò a sostituire quella di mare aperto.

Dopo le successioni messiniane di ambiente marino ristretto, inizia un nuovo ciclo di sedimenti prevalentemente clastici (Dondi & D'Andrea, 1986; Dondi et al., 1982). Questi depositi sono concordanti con quelli precedenti nelle aree centrali del bacino, mentre poggiano in onlap verso i bordi del bacino stesso, a causa della rapida trasgressione pliocenica.

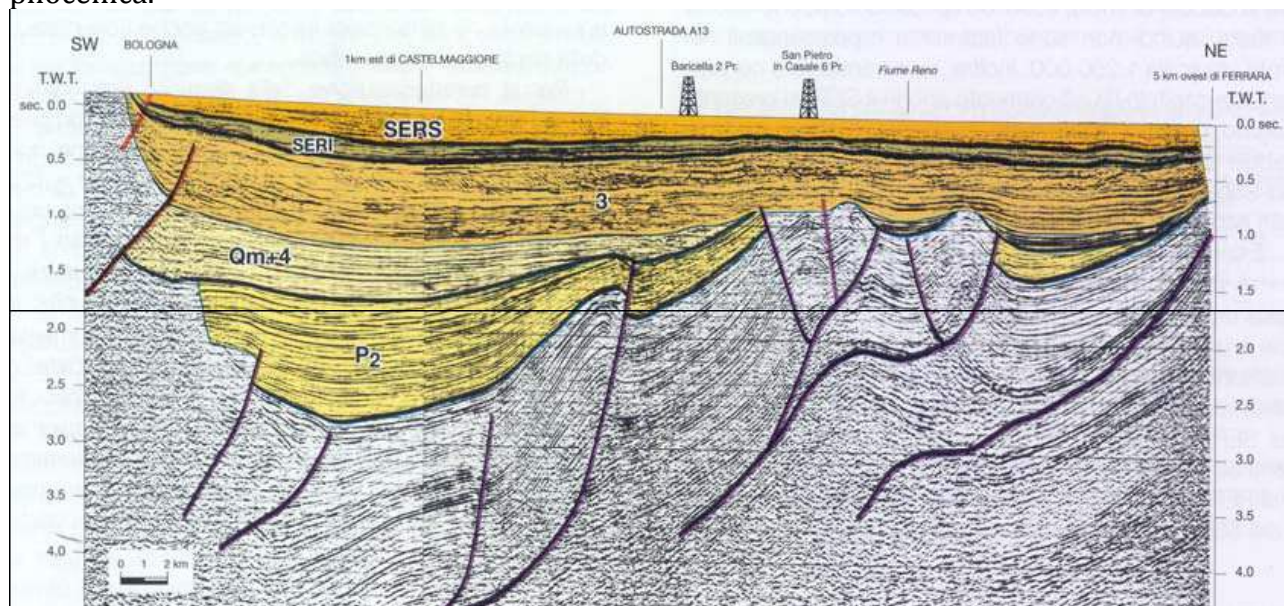


Fig.29. Profilo sismico passante 5 km ad ovest di Ferrara. Risultano ben visibili le unconformity e le deformazioni che caratterizzano i sedimenti pliocenici. Sono invece scarse le deformazioni nei sedimenti Quaternari (Boccaletti et al., 2004).

La ripresa della sedimentazione nel Pliocene si svolse principalmente presso il margine settentrionale dell'Appennino, in una stretta fascia che va dal Piemonte meridionale fino alle Marche.

Nel Messiniano post-evaporitico si depositarono facies di tipo lagunare salmastro, come quelle della Formazione di Fusignano. Questo corpo sedimentario corrisponde al ciclo miocenico sommatale M di Ricci Lucchi et al. (1982).

Nel Pliocene inferiore, l'ingressione marina ricoprì le aree precedentemente emerse, estendendosi fino alle zone più interne dell'Appennino. In questa fase si deposero sedimenti di tipo torbiditico, denominati da Ricci Lucchi et al. (1982) come ciclo P1 (Formazione Porto Corsini), e iniziò la deposizione di argille con intercalazioni sabbiose ed arenacee, che bordano le zone occupate dalle torbiditi.

Sempre nel Pliocene inferiore si assistette all'emersione di alcune aree a causa dell'intensa attività tettonica; aree coincidenti con la parte più esterna delle pieghe appenniniche sepolte e con la Dorsale Ferrarese.

Nel Pliocene medio-superiore (P2, Ricci Lucchi et al., 1982) si estesero le aree emerse, per questo motivo in alcune zone manca la sedimentazione, come ad esempio lungo tutta la grande dorsale di Ferrara.

In questi settori in sollevamento si rinvenivano gap sedimentari dovuti alla mancanza di depositi appartenenti al Pliocene medio o superiore. Questi testimoniano intense fasi tettoniche e una generale regressione.

Inoltre, queste aree sono soggette ad intensa erosione sui culmini delle pieghe più marcate, sono evidenziate anche da blande discordanze angolari fra i marker sismici.

Le zone di fossa, invece, sono ancora occupate da depositi torbiditici (come la Formazione Porto Garibaldi).

Riassumendo, le formazioni plioceniche sono costituite da torbiditi nella parte centrale del bacino (Formazione Porto Corsini e Formazione Porto Garibaldi), mentre le zone marginali di scarpata e di piattaforma sono occupate da sedimenti pelitici costieri (es. Formazione Argille del Santerno e Formazione Sabbie di Cortemaggiore).

Infine, con il Pleistocene si instaura un nuovo ciclo sedimentario (Qm , Ricci Lucchi et al., 1982), che porta al colmamento del Bacino Padano in un regime di subsidenza generalizzata.

Gran parte delle aree precedentemente emerse vengono ricoperte dal mare ed inizia una sedimentazione nettamente sabbiosa (Sabbie di Asti).

Convenzionalmente la base di questo ciclo viene posta in corrispondenza della scomparsa dell'ultimo banco di argilla consistente.

La sedimentazione grossolana prosegue poi, ininterrottamente, fino all'Attuale. In essa, però, si passa da facies torbiditiche di bacino a facies di scarpata, poi costiere ed infine alluvionali, pur rimanendo in termini sabbiosi.

Successivamente, la sedimentazione diviene esclusivamente continentale, e prosegue con i depositi fluvio-lacustri delle Alluvioni Padane (Qc , Ricci Lucchi et al., 1982).

I sedimenti sabbiosi, limosi ed argillosi, che riempiono la parte più superficiale del bacino, sono stati depositi dal fiume Po e dagli altri fiumi tributari che provengono dalla catena Appenninica (Dondi et al., 1982; Pieri, 1984; Dondi & D'Andrea, 1986; Ori, 1993; Vittori & Ventura, 1995; Amorosi et al., 1999).

Nel Pleistocene medio, quindi, la prosecuzione del sollevamento comporta il definitivo instaurarsi della deposizione continentale e inizia a sedimentarsi il Supersintema Emiliano Romagnolo (Boccaletti et al., 2004), corrispondente al ciclo Qc di Ricci Lucchi et al. (1982). Questo Supersintema è articolato in due Sintemi: il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (SERI), compreso tra 0,65 0,45 Ma, e il Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (SERS), compreso tra 0,45 Ma e il presente.

Si tratta essenzialmente di depositi alluvionali.

Le porzioni affioranti del SERI sono prevalentemente costituite da argille limose di piana alluvionale con intercalazioni di sabbie di canale e ghiaie di conoide alluvionale.

Gli affioramenti del SERS sono invece costituiti da prevalenti ghiaie e sabbie di terrazzo e conoide alluvionale (Boccaletti et al., 2004). Tettonicamente sono molto importanti poiché il SERI, e talora il SERS, poggiano in discordanza angolare sul substrato marino rappresentando così le più recenti superfici di discordanza riconoscibili a scala regionale.

Tutti i cicli trasgressivo-regressivi, che costituiscono le diverse sequenze deposizionali, non sono altro che la risposta sedimentaria a fenomeni di subsidenza più o meno intensa, fasi tettoniche e fluttuazioni del livello del mare.

Le fasi di regressione possono essere ricondotte al sollevamento tettonico o alla caduta del livello del mare oppure ad una combinazione di questi due. Sono caratterizzate, sulle sezioni sismiche, dalla progradazione della zona di transizione scarpata sottomarina-piana bacinale (TSB), dalla formazione di discontinuità erosive e dallo sviluppo di prismi sedimentari progradanti.

Viceversa, le fasi trasgressive sono favorite da un regime di subsidenza generalizzata e dall'ingressione marina, e sono contraddistinte da riflettori in onlap sulle superfici di discontinuità formatesi in precedenza (Regione Emilia Romagna, Eni-Agip, 1998).

I sedimenti depositi in concomitanza all'attività tettonica risultano fortemente controllati da questa.

Contrariamente ai depositi del Neogene, quelli del Quaternario, soprattutto del Pleistocene medio-superiore, rappresentano degli accumuli disposti in amplissime ondulazioni con geometrie lenticolari che indicano il colmamento delle depressioni residue dei bacini pliocenici precedenti.

13.2. Evidenze di attività recente

Il complesso delle Pieghe Ferraresi è costituito da alcune delle strutture più complesse della pianura del fiume Po.

Questo si estende lungo un arco delimitato esternamente da faglie inverse e sovrascorrimenti, che lo separano dalla monoclinale pedealpina.

Verso sud, l'arco è in contatto con le Pieghe Emiliane più orientali e con le strutture interne dell'Appennino Romagnolo (Pieri & Groppi, 1981).

E' un sistema di pieghe che viene comunemente indicato anche con il termine di Dorsale Ferrarese, la cui caratteristica è il ridotto spessore dei sedimenti del Terziario deposti al top dell'anticlinale, dove i carbonati mesozoici arrivano a profondità di poche centinaia di metri dalla superficie.

La fase compressiva che le ha generate risale principalmente al Pliocene superiore – Pleistocene inferiore.

Le strutture di Ferrara si estendono lateralmente per qualche decina di chilometri. Sono ben visibili ad ovest di Ferrara, nelle zone di Cavone e di Mirandola.

Dei numerosi sovrascorrimenti che hanno interessato l'area, solamente due sembrerebbero essere ancora attivi: il sovrascorrimento più esterno, che ha generato le Pieghe Ferraresi-Romagnole ed Emiliane, e un sovrascorrimento fuori sequenza, che si è generato verso l'interno della catena.

Come accennato, la maggiore fase di attività di queste strutture viene ricondotta al Pliocene e Pleistocene inferiore, sebbene ci siano tuttora evidenze di attività tettonica recente.

I depositi quaternari, nelle sezioni sismiche, presentano blande deformazioni concentrate soprattutto in corrispondenza degli alti strutturali. Ma queste deformazioni divengono poco evidenti dopo il Pleistocene inferiore, in parte, a causa della bassa risoluzione delle sezioni sismiche e, in parte, perché sepolte velocemente da un'imponente coltre di sedimenti.

Per questi motivi alcuni autori (Bertotti et al., 1997; Castellarin et al., 1985) pensano che l'attività di queste strutture tettoniche sia cessata nel Pleistocene, nonostante il Fronte Appenninico Padano sia ancora oggi interessato da intensa sismicità, soprattutto nel ferrarese.

Ulteriori indizi di attività tettonica vengono da evidenze geomorfologiche e da dati di pozzo (Burrato et al., 2003; Valensise & Pantosti, 2001; Selvaggi et al., 2001; Montone et al., 2004; Montone & Mariucci, 1999).

Una prima testimonianza dell'attività tardo-quaternaria delle strutture in esame è la superficie stratigrafica che costituisce la base del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS), datata a 0,45 Ma.

Questa superficie presenta una geometria articolata in zone più o meno depresse. In particolare, è molto evidente la Dorsale Ferrarese e gli alti che la caratterizzano, come l'alto di Mirandola ad ovest di Ferrara, dove la base del SERS è ad una profondità inferiore a -100 metri sul livello del mare (addirittura inferiore a -50 metri ad ovest di Mirandola).

Le zone di alto della base del SERS ricadono tutte sul culmine della Dorsale Ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo pleistocenica di questa struttura (Boccaletti et al., 2004).

L'attività recente e attuale della Dorsale Ferrarese è indicata anche da alcune evidenze nella morfologia di superficie (Boccaletti et al., 2004; Burrato et al., 2003).

Burrato et al. (2003) hanno utilizzato i reticoli idrografici, essendo questi particolarmente sensibili alle deformazioni verticali a cui reagiscono con deflessioni e variazioni nelle modalità di sedimentazione, come indicatori di strutture in crescita.

In particolare, questo tipo di approccio sembra essere molto promettente in un'area come quella della valle del Po, dove l'evoluzione dei reticoli di drenaggio non è affetta da altri ostacoli morfologici, né è controllata da eterogeneità del substrato roccioso.

Da un'analisi delle anomalie dei reticoli idrografici nella zona delle Pieghe Ferraresi, Burrato et al. (2003), hanno constatato che alcuni depositi di canale dei fiumi appenninici non raggiungono né il Po, né il mare, e sembrano non oltrepassare l'alto della Dorsale Ferrarese. Anche il corso del Po, a nord di Reggio Emilia, presenta una brusca deviazione verso nord immediatamente prima di raggiungere l'alto di Mirandola, dove la Dorsale Ferrarese è molto vicina alla superficie.

Queste anomalie sono state associate alla propagazione di sovrascorrimenti ciechi o, in generale, allo sviluppo di strutture tettoniche. Solamente alcune delle anticlinali, tra cui quella di Mirandola, presentano evidenze morfologiche in Pianura Padana. Questo è dovuto al fatto che generalmente i tassi di sedimentazione superano quelli tettonici.

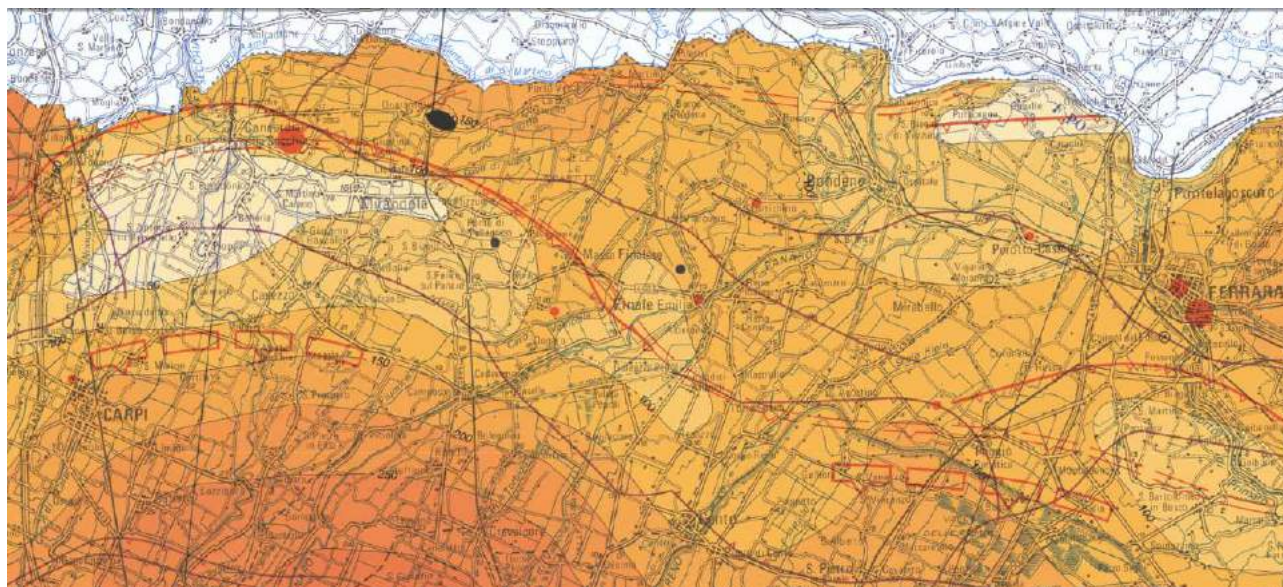


Fig.30. Andamento della Dorsale Ferrarese, da Ferrara fino alla struttura di Mirandola. In arancione sono rappresentate le isobate della base del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (0,45 Ma). Le aree più chiare sono quelle in cui questa superficie stratigrafica è più superficiale (ad esempio presso Ferrara e la struttura di Mirandola). In rosso è rappresentato il fronte dei sovrascorrimenti (da Boccaletti et al., 2004, Carta Sismotettonica della R.E.R.).

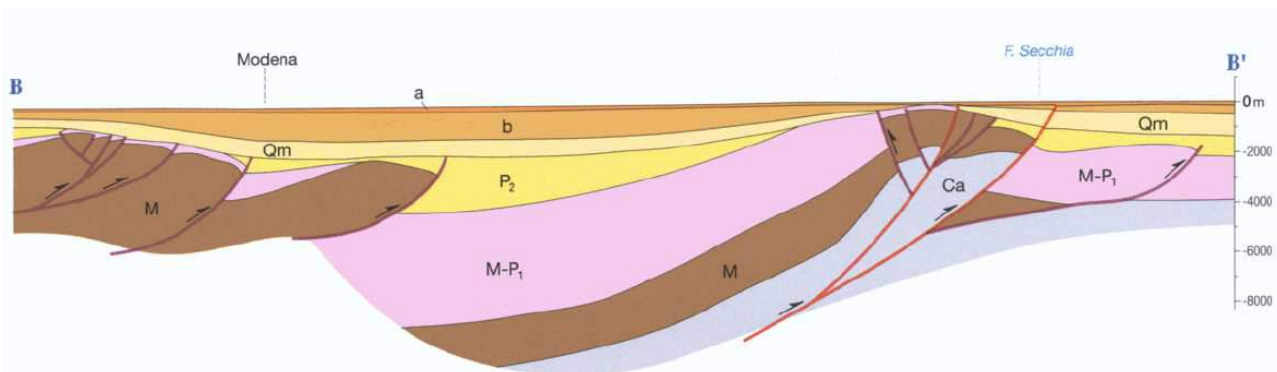


Fig.31. Sezione B-B' passante per la struttura di Mirandola (presso Cavone), che rappresenta il proseguimento ad ovest della Dorsale Ferrarese. Ca = carbonati meso-cenozoici; M = Miocene; MP1 = Messiniano sup.-Pliocene inf.; P2 = Pliocene medio-sup.; Qm = Pleistocene inf.; b = Pleistocene medio; a = Pleistocene sup.-Olocene. Con le frecce sono indicati i punti in cui sono stati calcolati i tassi di sedimentazione riportati in Tabella 2.1 (da Boccaletti et al., 2004, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna).

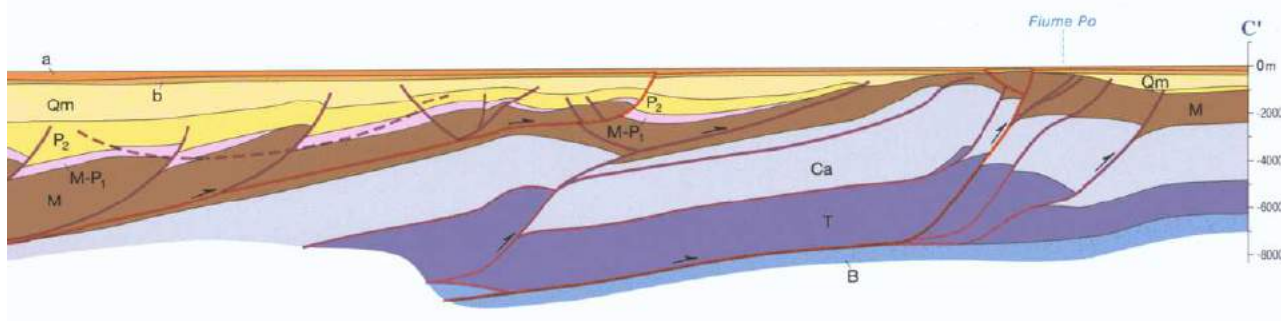


Fig.32. Sezione C-C', passante ad ovest di Ferrara. B = basamento; T = Triassico inf. e medio; Ca = carbonati meso-cenozoici; M = Miocene; MP1 = Messiniano sup.-Pliocene inf.; P2 = Pliocene medio-sup.; Qm = Pleistocene inf.; b = Pleistocene medio; a = Pleistocene sup.-Olocene. I sovrascorrimenti rappresentati in rosso sono post Pleistocene medio (<1 Ma), quelli in viola sono plio-quadernari (4,5-1 Ma). Su entrambe le sezioni si nota che in alcuni punti alle spalle della Dorsale Ferrarese (ad esempio a sud di Cavone) il substrato pre-Pliocene raggiunge profondità di 7-8 chilometri. Questo significa che, nel depocentro di quel bacino si sono depositi, in un intervallo temporale di 4-5 Ma, diversi chilometri di sedimenti plio-quadernari, principalmente torbiditici. Ciò testimonia che nella zona delle Pieghe Ferraresi, come nel resto della Pianura Padana, il fenomeno di subsidenza è molto intenso. Sulle creste delle anticlinali questo spessore si assottiglia, fino a valori di poche centinaia di metri o, in alcuni casi, si annulla completamente ad indicare episodi di emersione della Dorsale Ferrarese principalmente riconducibili al Pliocene (da Boccaletti et al., 2004, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna).

Nel sottosuolo padano sono state riconosciute diverse sorgenti sismogenetiche, interpretate come sovrascorrimenti attivi responsabili della deformazione compressiva delle coperture sedimentarie meso-cenozoiche.

Tali sorgenti sono in grado di generare terremoti con valori di Magnitudo fino a 5.5 Mw, come è stato per il terremoto di Reggio Emilia del 1996, o maggiori (Valensise & Pantosti, 2001; Selvaggi et al., 2001) come è stato per la recente crisi sismica del maggio 2012, che si è manifestata con due episodi principali e sciame sismico prolungato per due mesi.

Il primo evento del maggio 2012 ha avuto epicentro nel Comune di Finale Emilia e Magnitudo stimata pari a 5.9 ML.

Il secondo evento si è verificato il 29 Maggio, epicentro posto tra i comuni di Cavezzo e Medolla, con Magnitudo stimata pari a 5.8 ML.

13.3. Sismicità storica ed attuale

La prima versione disponibile al pubblico del DataBase Macrosismico Italiano risale al maggio 2007 ([DBMI04](#); Stucchi et al., 2007). Esso conteneva i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del catalogo parametrico rilasciato nel maggio 2004 ([CPTI04](#); Gruppo di Lavoro Catalogo Parametrico Italiano CPTI, 2004), a sua volta utilizzato per la compilazione della [Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale](#) (MPS04, Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Il DBMI04 con il passare degli anni ha subito svariati aggiornamenti dei contenuti relativi alle finestre temporali, arrivando dunque alla pubblicazione del DBMI15 del 2015.

Nella tabella sottostante sono riportati i dati storici del comune di Mirandola reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

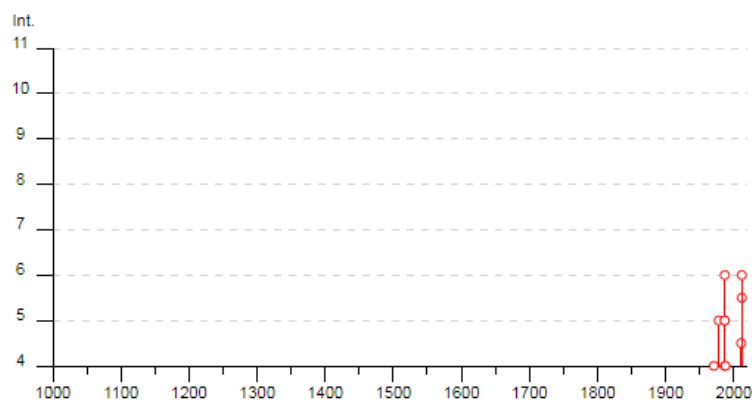
Medolla



PlaceID IT_38522
Coordinate (lat, lon) 44.849, 11.071
Comune (ISTAT 2015) Medolla
Provincia Modena
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 20

Effetti	In occasione del terremoto del												
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
3-4	1901	01	20	06	30		Bassa modenese	10	4	3.68			
3-4	1901	01	20	06	34	2	Bassa modenese	12	5	4.11			
4	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51			
5	1978	12	25	22	53	4	Bassa modenese	28	5	4.39			
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04			
3	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43			
4	1987	04	24	02	30	2	Reggiano	54	6	4.64			
6	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71			
5	1987	05	08	11	10	2	Bassa modenese	24	6	4.44			
5	1987	07	11	01	46	5	Bassa Bolognese	15	5	4.20			
4	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57			
NF	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94			
NF	1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29			
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06			
NF	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93			

NF	🔗	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	🔗	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	🔗	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
4-5	🔗	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
5-6	🔗	2012 05 20 02 03 5	Pianura emiliana	53	7	6.09
6	🔗	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90



Constatando l'importanza di conoscere le caratteristiche sismogenetiche delle strutture, il gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003 n.3274) dell' INGV, ha proposto la zonazione sismogenetica ZS9.

La ZS9 è stata costruita basandosi sugli approcci cinematici ed i modelli sismotettonici della ZS4, ovviando al problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente con un numero esiguo di campioni sismici. È stata integrata con le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche nazionali (DISS 2.0 – *Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy*, Valensise e Pantosti, 2001) e regionali; inoltre sono presenti anche i dati risultati dalle considerazioni sui terremoti più importanti che si sono verificati dopo la ZS4.

Il territorio nazionale è stato suddiviso in 36 Zone Sismogenetiche e il territorio comunale si colloca nella Zona Sismogenetica 912 (Dorsale Ferrarese):

- Zona Sismogenetica 912: rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE.

I terremoti storici hanno raggiunto valori pari a $M = 5,9$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 6 e 8 Km con profondità efficace di 7 km; nella Zona Sismogenetica 912 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{max} = 6,14$.

13.4. Cenni sulla sismotettonica della Pianura Padana

(Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna nel 2016)

Il sottosuolo della Pianura Padana è intensamente deformato da fronti sepolti delle catene a thrust del Sud-Alpino e dell'Appennino Settentrionale.

A sud del fiume Po sono presenti tre archi formati da thrust ciechi nord-vergenti e dalle relative anticlinali, che costituiscono i fronti più esterni della catena appenninica.

Questi sono da ovest verso est: il Monferrato, l'arco delle Pieghe Emiliane e l'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole.

L'attività recente di alcuni dei thrust appartenenti a questi fronti è dimostrata dalla sismicità storica e strumentale dei depositi Quaternari deformati, osservazione ottenuta dall'analisi delle linee sismiche e, in superficie, dalla correlazione con evidenti anomalie del drenaggio.

La sismicità storica e strumentale nel settore meridionale della Pianura Padana mostra l'occorrenza di una serie di terremoti con epicentri allineati parallelamente al fronte morfologico dell'Appennino.

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. Questa variabilità è data dalle anticlinali, interna ed esterna, che costituiscono il sistema dell'arco della dorsale ferrarese.

L'anticlinale più interna, quella di Mirandola, è più pronunciata nel settore occidentale (Novi di Modena, Mirandola sud, Medolla Nord), dove il tetto del substrato geologico è < 100 m (come nel sito di studio).

L'anticlinale più esterna, quella di Ferrara, è più pronunciata nel settore orientale, con il suo culmine tra Bondeno e Occhiobello dove la base del SERS è a una profondità inferiore a - 100 m s.l.m.

Queste zone di alto permettendo di ipotizzare un'attività tardo - pleistocenica della struttura.

Lo studio in dettaglio, delle strutture sepolte della Pianura Padana, è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti, che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala, sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma. Risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Le maggiori evidenze di strutture attive, segnalate nella Carta della Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, sono nel settore del margine compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice (a est di Bologna), sul fronte sepolto delle pieghe emiliane (tra Piacenza e Reggio Emilia) e al tetto delle dorsale ferrarese (tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio), dove si trova il sito di studio.

L'attività recente e attuale della dorsale ferrarese è indicata, oltre che dagli ultimi eventi sismici, anche da alcune evidenze morfologiche.

Alcuni depositi di canale dei fiumi appenninici non raggiungono né il Po, né il mare e sembrano non oltrepassare l'alto della dorsale ferrarese. Anche il corso del Po, a nord di Reggio Emilia, fa una brusca deviazione verso nord, immediatamente prima di raggiungere Novellara e Mirandola, zone in cui il fronte della dorsale ferrarese è molto vicino alla superficie.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità compresa fra 50 e 100 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva HVRs e ESAC e attiva MASW risulta che fino alla profondità di circa 100-110 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino a circa 550 m/s. La profondità di 120-150 m può essere considerata come la quota del bedrock sismico.

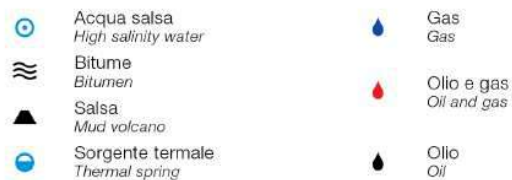


Isobate della base del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS; 0,45 Ma-Presente) riferite al livello del mare
Isobaths of the base of the Emilia-Romagna Upper Synthem (SERS; 0,45 My-Present) referred to the sea level

Ma = milioni di anni
 My = millions of years



Manifestazioni superficiali *Surface manifestations*



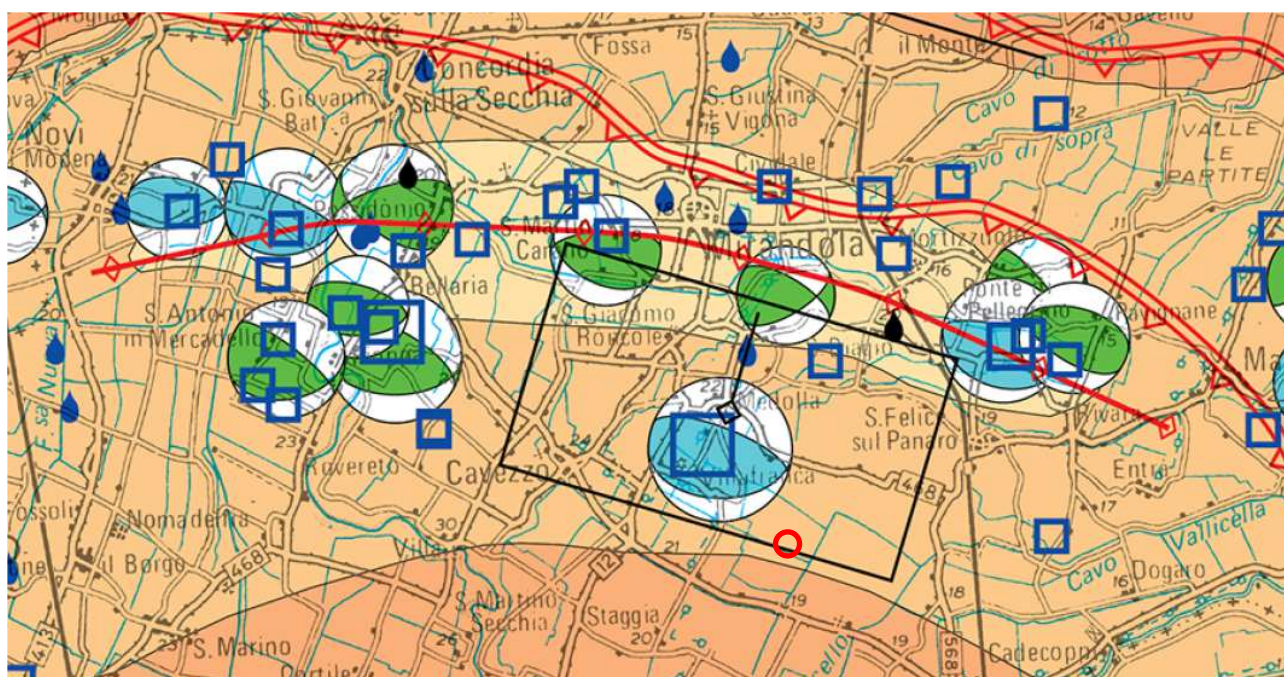
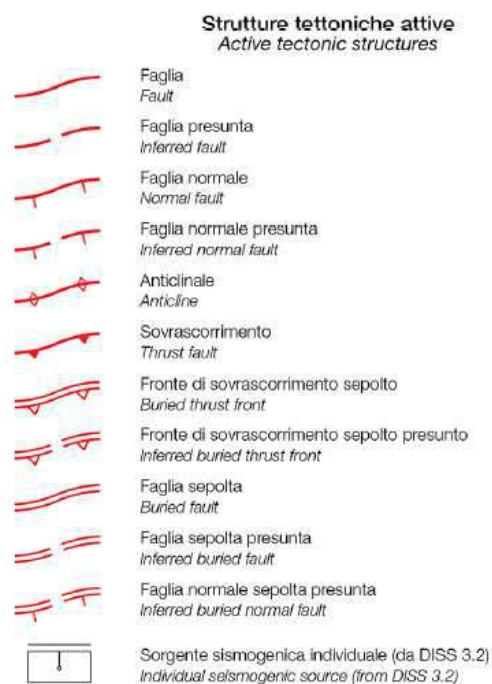


Fig.33. : Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna (2016)

14. DEFINIZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

14.1. Analisi del sottosuolo in sismica passiva multicanale ESAC e a stazione singola HVSR e mediante sismica attiva multicanale MASW

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nell'Agosto 2018 dal Dott. Geol. Lorenzo del Maschio con studio a Modena in Via Camogli.

La campagna di prospezione geofisica che permette di definire la vulnerabilità naturale degli strati superficiali e profondi in caso di moto sismico è stata eseguita mediante sismica attiva multicanale (MASW), passiva multicanale (ESAC) e a stazione singola (HVSR) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle Vsequivalenti.

Tutte le registrazioni sono state effettuate con Gemini2@PASI Srl, che è un registratore disegnato specificatamente per le acquisizioni del rumore sismico. Si tratta di uno strumento portatile tutto in uno nel quale è integrata una terna di geofoni con frequenza di risonanza pari a **2Hz** (accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente) ed un acquisitore dati 24 bit reali appositamente progettato. Collegato al computer tramite l'interfaccia USB, Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati direttamente sul vostro PC tramite il software dedicato in dotazione.

Le indagini sismiche (HVSR e ESAC E MASW) eseguite nell'area di intervento risultano essere:

- n.1 indagini sismiche passive di microtremori;
- n. 1 indagine in sismica passiva multicanale tipo ESAC;
- n.1 indagini sismiche attive MASW in onde Rayleigh.

Le indagini sismiche sono ubicate come da figura di seguito.

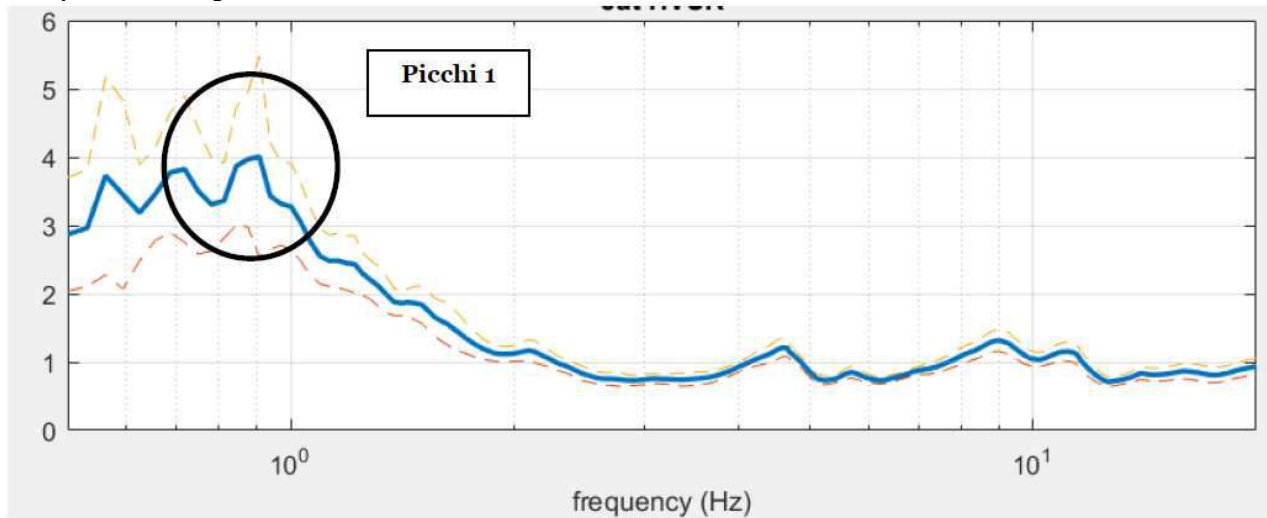
In allegato (All. n. 11) è riportata la relazione di dettaglio sulle prove eseguite.



Fig.34. Ubicazione prove sismiche eseguite nell'area di completamento OVEST.

14.2. Picco stratigrafico caratteristico

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo riscontrato il **picco stratigrafico caratteristico** alla **frequenza fondamentale di 0.9 Hz** e **periodo caratteristico di 1.11 s** che indica un **contrasto di impedenza significativo ($H/V > 3$)** alla quota di **130/150 m di profondità**.



Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 4.0	~ 0.91

I contrasti di impedenza riscontrati ritornano con i dati pubblicati nello studio “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna” RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio) in particolare nella sez. 4 della Tavola 7 riportata in figura 36 in cui si evidenzia che la base della AES6 si trova a circa 100 m dal p.c. e la base della AES si ubica a circa 120-150 m dal p.c.

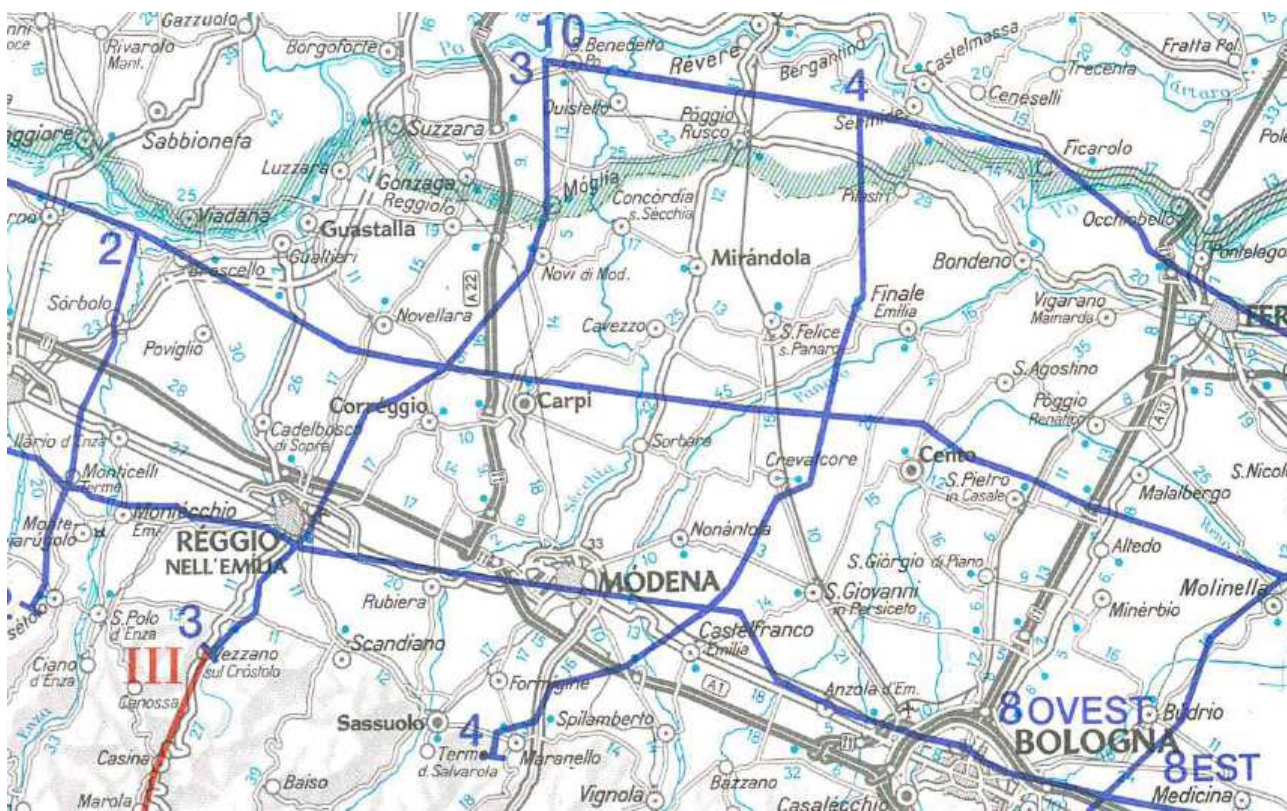
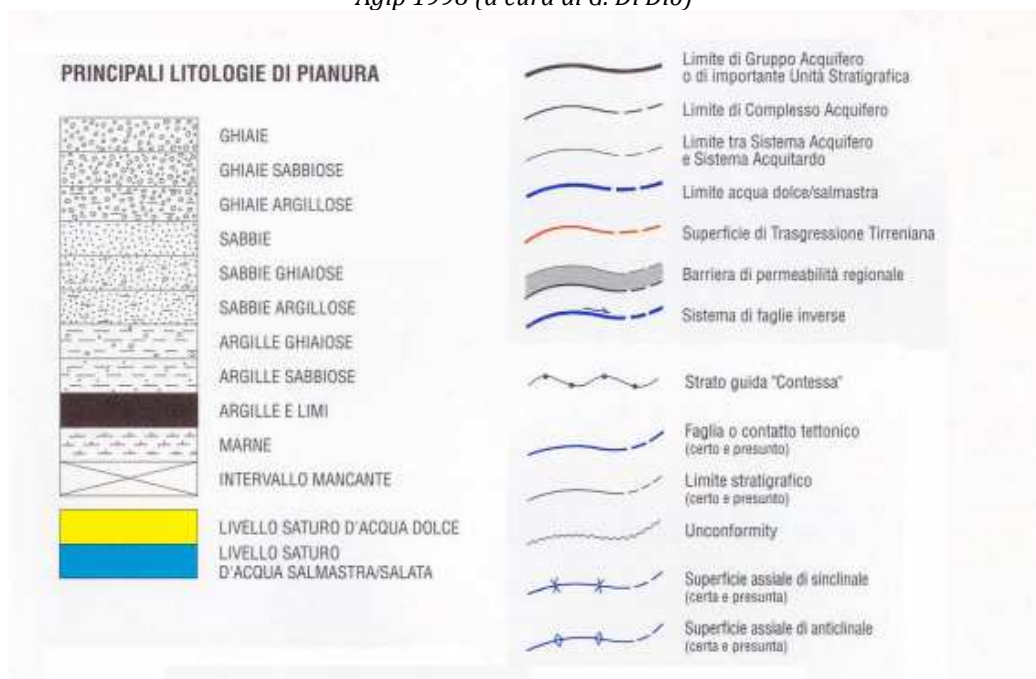


Fig.35. Ubicazione sezione esaminata da "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER - ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio)"



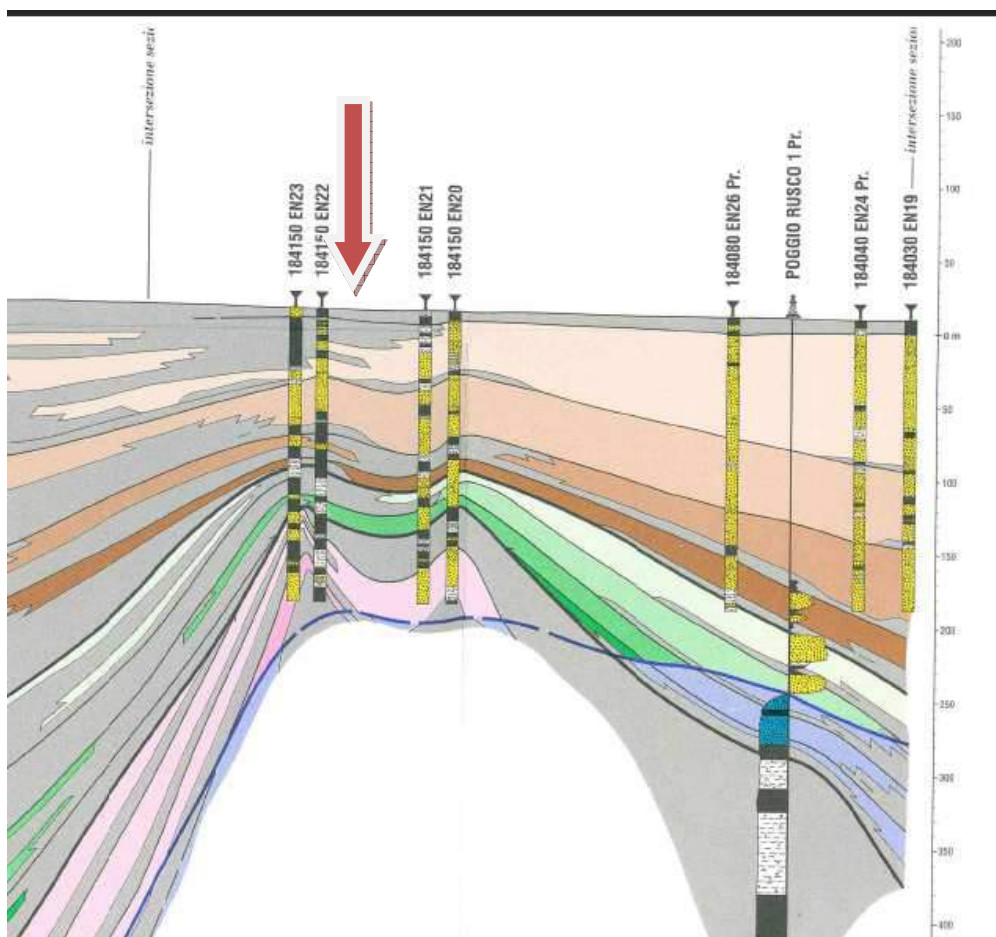


Fig.36. Sezione 4 pozzo 184150EN20 da "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio)"

14.3. Modello sismico del sottosuolo

Attraverso l'analisi MASW delle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC e mediante analisi congiunta dei dati, considerando la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V, si è arrivati alla definizione del profilo di V_{S30} , ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (22 Marzo 2018) § 3.2.2.:

"I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove..... La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

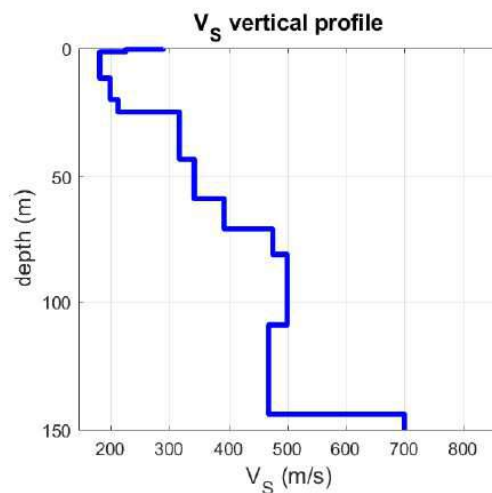
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità”.

Il profilo di V_S con la profondità e il valore di $V_{S,eq}$ è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT e CPTU .

$V_{S,eq} = V_S (30)$: 209 m/s

- MASW + ESAC + HV



V_{SEq} / V_{S30} (m/s): 209 (categoria di sottosuolo “C”)

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (22 Marzo 2018) § 3.2.2.:

“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2..... Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Sulla base delle seguenti considerazioni:

- **interpretazione litostratigrafica del sito caratterizzata da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità,**
- **profondità del substrato oltre i 30 metri,**
- **valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s definiti da prove sismiche in sito,**
- **manca nel profilo stratigrafico di inversioni delle velocità delle onde sismiche.**

Conformemente alla Normativa, secondo l'approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento il sito si classifica in categoria C ($V_s, eq = V_s(30)$: 209 m/s).

Considerato, però, che la Legge Regionale n. 19 del 30/10/2009 nell'allegato B (B.2.3.2) inserisce le discariche come opera infrastrutturale che può assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso in caso di evento sismico per determinare gravi conseguenze in termini di danni ambientali, si è ritenuto corretto eseguire un'analisi di risposta sismica locale mediante modellazione numerica con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati al fine di fornire i parametri spettrali con analisi di terzo livello e non definire l'azione sismica tramite l'approccio semplificato con categoria di suolo C.

15. ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nella carta del rischio sismico : carta delle aree suscettibili di effetti locali elaborata per il Nuovo P.T.C.P approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l'area di studio ricade in zona 8: aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche.

7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione <u>studi</u> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u> ": approfondimenti di III livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <u>studi</u> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u> ": sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.



Fig.37. : Tav. 2.2a.2 PTCP 2009 "Carta delle aree suscettibili di effetti locali".

Nelle "Carte dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione", redatte dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (versione 1.0 – 14/11/2013), sito di studio non rientra tra le aree studiate.

LQ1

FAPGA = 1.7; FH 0.1 – 0.5s = 1.9; FH 0.5 – 1.0s = 2.6

Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna

LQ2

FAPGA = 1.7; FH 0.1 – 0.5s = 1.9; FH 0.5 – 1.0s = 2.6

Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

Valore dell'Indice di Liquefazione (IL: classificazione secondo Sonmez, 2003).

stima IL 10 m			stima IL 15-20 m
1.2	◇	Rischio di liquefazione basso ($0.0 < IL < 2.0$)	□ 1.5
2.8	◇	Rischio di liquefazione moderato ($2.0 \leq IL < 5.0$)	■ 3.3
5.4	◇	Rischio di liquefazione elevato ($5.0 \leq IL < 15.0$)	■ 6.4

Per ogni verticale di verifica è riportato il valore puntuale di IL



Fig.38. : Stralcio "carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione"
RER Versione 1.0 del 14/11/2013.

15.1 Analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello

Dal punto di vista strettamente fisico, per analisi di risposta sismica locale si intende la valutazione quantitativa delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite da un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

Dal punto di vista tecnico, è forse più significativa una valutazione alternativa di tale fenomeno, cioè quella che assume come moto sismico di riferimento quello relativo ad un ipotetico (o reale) affioramento della formazione rocciosa di base (A).

Il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello è eseguito in ottemperanza all'allegato A4 della DGR 2193/2015.

L'analisi di RSL è stata condotta secondo i seguenti step:

1) Ricostruzione del modello geologico-tecnico del sottosuolo attraverso indagini specifiche geognostiche e geofisiche.

La ricostruzione accurata del modello geologico e geofisico è desumibile dai dati geologici riportati nella presente relazione e dai risultati delle indagini geognostiche e sismiche che ha permesso la ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio fino al substrato di terreno molto rigido caratterizzato dalla velocità delle onde di taglio > 800 m/s.

Il profilo utilizzato è:

DISCARICA DI MEDOLLA

Fundamental period (s) = 1.39
Average shear wave velocity (m/sec) = 395.83
Total number of sublayers = 14

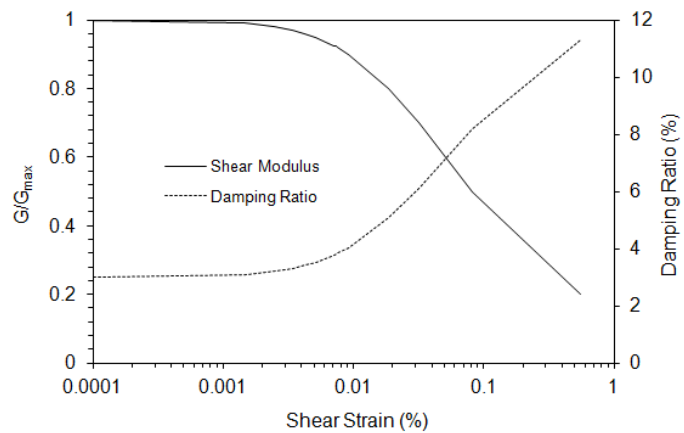
Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	0.4	121.05		19	250			0.2	3.80
	2	1	0.7	93.74		19	220			0.8	14.25
	3	1	10.2	61.37		19	178			6.2	67.77
	4	1	8.4	103.35		19	231			15.5	153.24
	5	1	4.9	87.05		19	212			22.1	214.35
	6	1	13.8	122.99		19	252			31.5	300.28
	7	2	12.2	162.13		20	282			44.5	425.85
	8	2	10.0	235.68		20	340			55.6	538.95
	9	2	10.0	469.72		20	480			65.6	640.85
	10	2	22.0	326.20		20	400			81.6	803.89
	11	3	15.0	535.1681519		21	500			100.1	999.909973
	12	3	20.0	647.5534668		21	550			117.6	1195.73499
	13	3	10.0	1048.929565		21	700			132.6	1363.58496
Bedrock	14	0	11.0	1435.27002	1	22	800	Outcrop		137.6	1419.53491

Per definire il comportamento non lineare dei terreni di fondazione sottoposti a carichi ciclici si è fatto riferimento, non avendo effettuate indagini dinamiche di laboratorio, a curve disponibili in letteratura sulle stesse tipologie di materiali e, ove disponibili, prelevate anche alle stesse profondità. In particolare per i tre strati in cui è stato discretizzato il terreno fino al bedrock sismico si sono utilizzate le seguenti curve di degrado dei materiali:

Materiale 1: Alluvioni Argillose RER

Alluvioni argillose

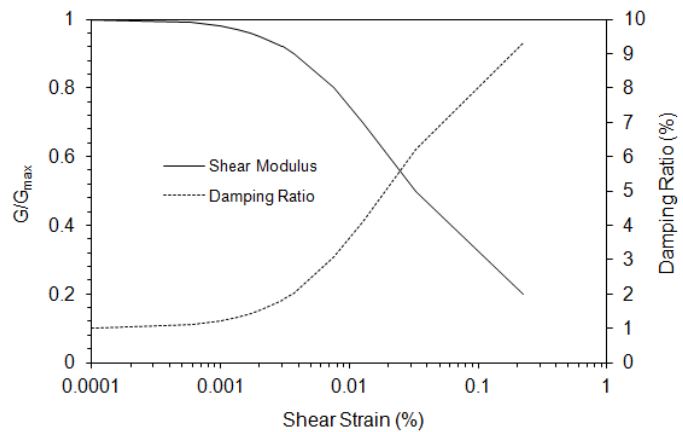
Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	3
0.001476133	0.99	0.001476133	3.103968673
0.002482374	0.98	0.002482374	3.207937346
0.003389625	0.97	0.003389625	3.311906019
0.004250585	0.96	0.004250585	3.415874692
0.00508764	0.95	0.00508764	3.519843364
0.007146498	0.925	0.007146498	3.779765047
0.007385577	0.9221	0.007385577	3.809915962
0.007558987	0.92	0.007558987	3.831749383
0.009228911	0.9	0.009228911	4.039686729
0.018685627	0.8	0.018685627	5.079373458
0.031559139	0.7	0.031559139	6.119060187
0.081640005	0.5	0.081640005	8.198433644
0.557337654	0.2	0.557337654	11.31749383



Materiale 2: Alluvioni sabbiose RER

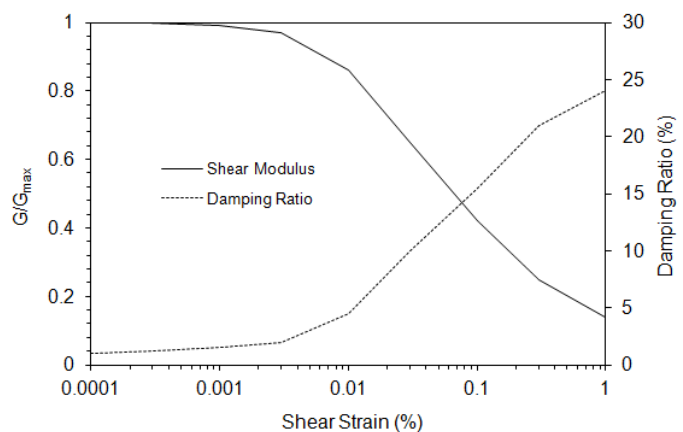
Alluvioni sabbiose

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	1
0.000591397	0.99	0.000591397	1.103968673
0.000994536	0.98	0.000994536	1.207937346
0.001358017	0.97	0.001358017	1.311906019
0.001702951	0.96	0.001702951	1.415874692
0.002038308	0.95	0.002038308	1.519843364
0.002863167	0.925	0.002863167	1.779765047
0.002958952	0.9221	0.002958952	1.809915962
0.003028426	0.92	0.003028426	1.831749383
0.003697463	0.9	0.003697463	2.039686729
0.007486194	0.8	0.007486194	3.079373458
0.012643827	0.7	0.012643827	4.119060187
0.032708184	0.5	0.032708184	6.198433644
0.223291295	0.2	0.223291295	9.317493831



Materiale 3: GHIAIE

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	1
0.0003	1	0.0003	1.2
0.001	0.99	0.001	1.5
0.003	0.97	0.003	2
0.01	0.86	0.01	4.5
0.03	0.65	0.03	10
0.1	0.42	0.1	15.5
0.3	0.25	0.3	21
1	0.14	1	24



2) Definizione del modello di calcolo

L'analisi di risposta sismica locale è stata effettuata con il programma EERA [Bardet et al., 2000], che fa riferimento ad un modello costitutivo del terreno di tipo viscoelastico lineare-equivalente.

Questo codice di calcolo, derivato direttamente da SHAKE [Schnalbe et al., 1972], lavora in termini di tensioni totali, con un modello a strati piano-paralleli e a comportamento viscoelastico lineare equivalente.

Per ogni strato di terreno occorre definire spessore, massa volumica e le curve che descrivono la degradazione del modulo di taglio e dello smorzamento in funzione del livello di deformazione di taglio.

Si ipotizza che il moto sismico, applicato al substrato, sia costituito da onde che si propagano in direzione verticale, perpendicolarmente alla direzione di giacitura degli strati.

3) Moto di input

Per poter effettuare tali analisi, è necessario definire l'azione sismica da applicare al substrato roccioso, rappresentata da un numero prefissato di registrazioni accelerometriche. Si sono utilizzati accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC 08 e NTC 2018) selezionato da banche accelerometriche digitali (ITACA 2008), imponendo i criteri di scelta e spettro-compatibilità imposti dalle NTC 08.

Il primo criterio per la selezione degli accelerogrammi reali è la compatibilità con i vincoli sismo tettonici del contesto geologico regionale ed, in particolare, con i valori di magnitudo, distanza epicentrale e i meccanismi focali dei terremoti di scenario che contribuiscono maggiormente alla pericolosità del sito.

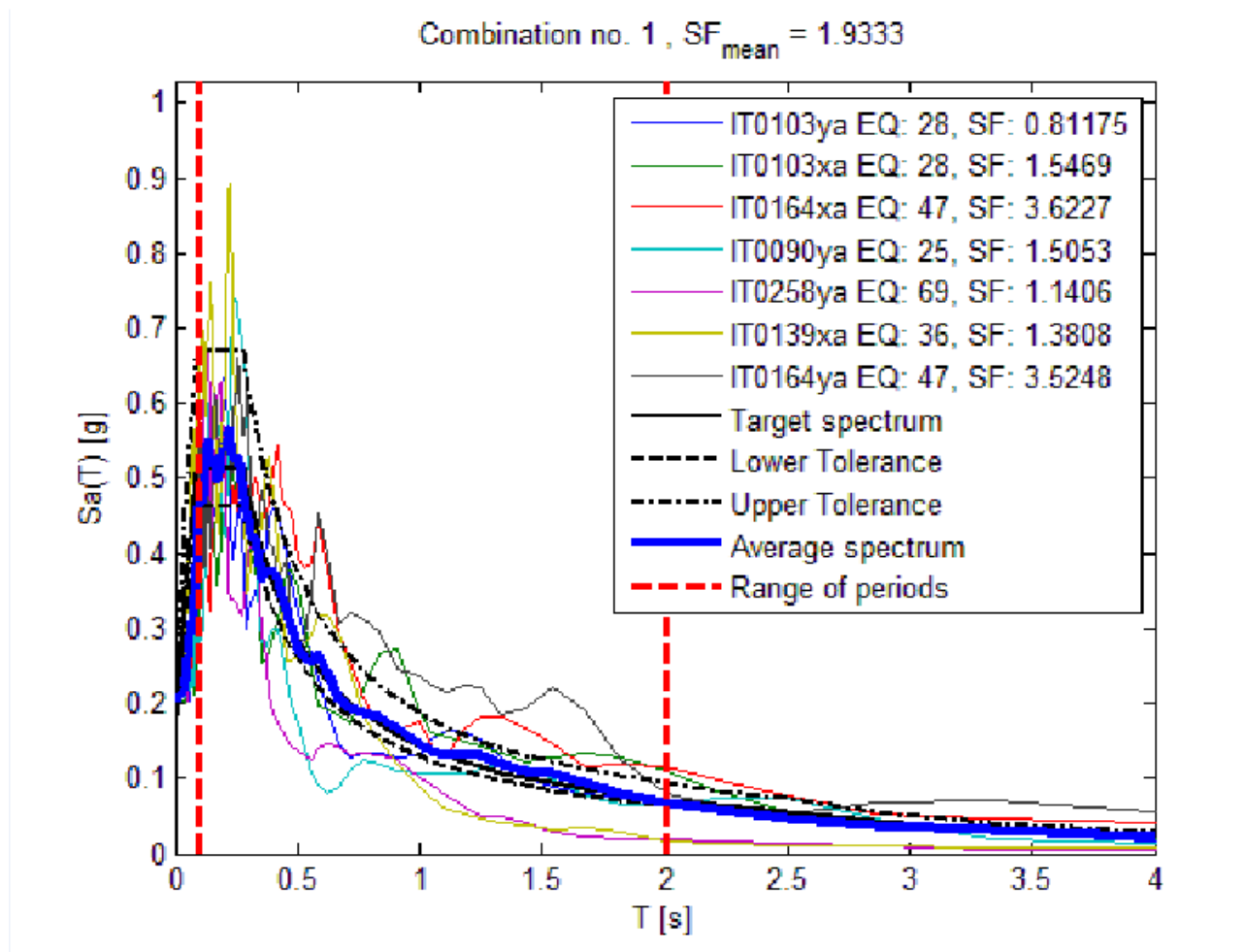
Tale informazione può essere ottenuta dall'analisi di disaggregazione della pericolosità. I risultati della disaggregazione dello studio di pericolosità sismica sono disponibili sul sito web dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) per tutto il territorio nazionale, con riferimento ai punti del reticolo in cui esso è stato suddiviso.

Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo $M=6.13$ e distanza epicentrale $d=19$ km.

Gli accelerogrammi spettro-compatibili sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica ISESD attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ITACA.

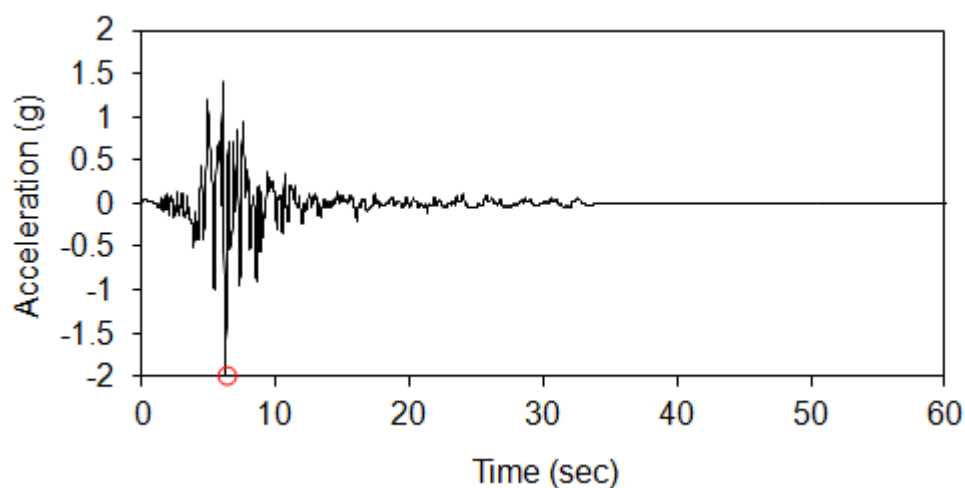
I dati degli accelerogrammi spettro-compatibili selezionati sono di seguito riportati:

Waveform	Earthquake	Station ID	Earthquake Date	Mw	Fault Mec	Epicentral	PGA_X [m]	PGA_Y [m]	PGV_X [m]	PGV_Y [m]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
103	28 SRC0	FRIULI EAF	15/09/1976	5.9	Thrust	16.4207	1.2852	2.449	0.10752	0.20528	4.2894	3.1488	0.65334	0.55895	A
103	28 SRC0	FRIULI EAF	15/09/1976	5.9	Thrust	16.4207	1.2852	2.449	0.10752	0.20528	4.2894	3.1488	0.65334	0.55895	A
164	47 ALT	IRPINIA EAF	23/11/1980	6.9	Normal	23.7807	0.54875	0.56399	0.050589	0.062836	13.859	13.1752	0.70845	1.1284	A
90	25 SRC0	FRIULI EAF	15/09/1976	5.9	Thrust	16.8908	0.58724	1.3207	0.047931	0.077	7.281	5.398	0.87284	0.646	A
258	69 PTL	GUBBIO EAF	29/04/1984	5.6	Normal	26.1323	1.7154	1.7429	0.054235	0.079694	8.4025	5.6115	0.78342	0.96073	A
139	36 CSC	VAL NERIN	19/09/1979	5.8	Normal	9.2711	1.4397	1.9832	0.079103	0.14104	13.3224	3.9336	0.81964	1.1864	A
164	47 ALT	IRPINIA EAF	23/11/1980	6.9	Normal	23.7807	0.54875	0.56399	0.050589	0.062836	13.859	13.1752	0.70845	1.1284	A
mean:				6.128571		18.95671	1.058593	1.581808	0.07107	0.119137	9.328957	6.798729	0.742783	0.881107	

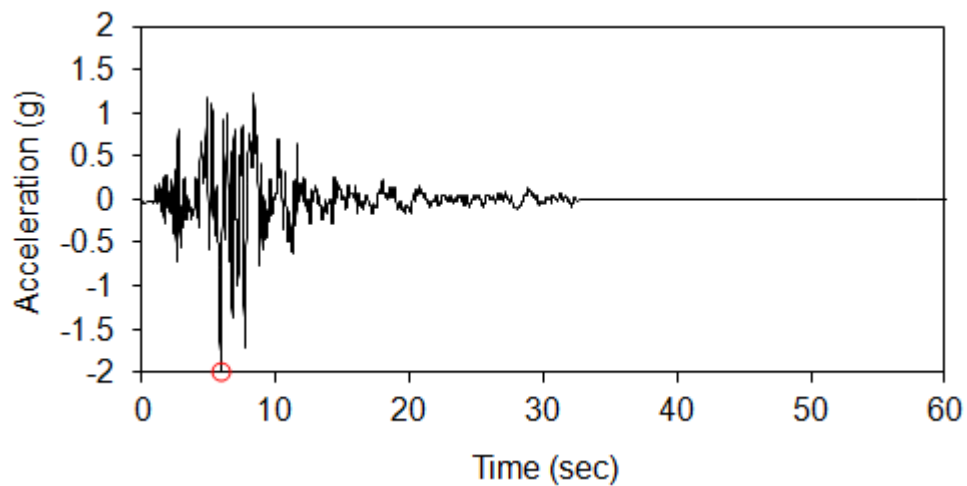


Questi 7 segnali vengono “scalati” rispetto al comune a cui si riferiscono.

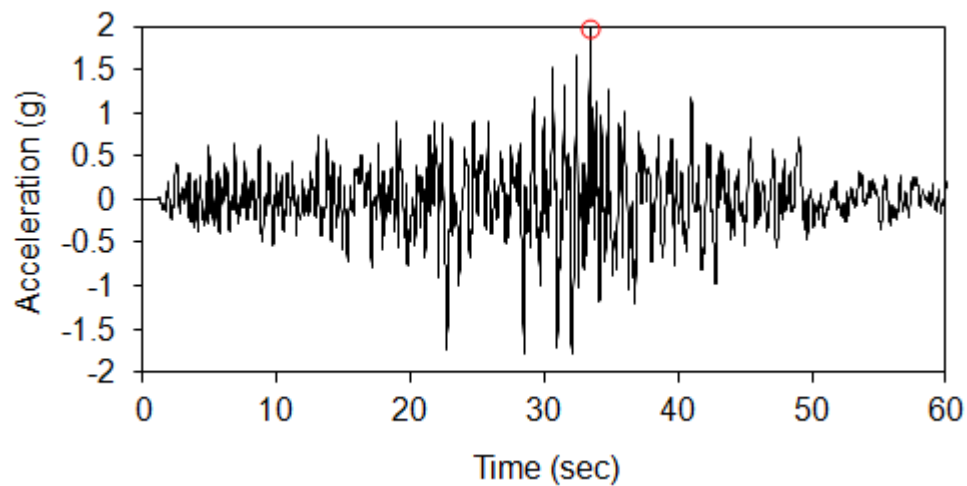
EARTHQUAKE IT0103ya



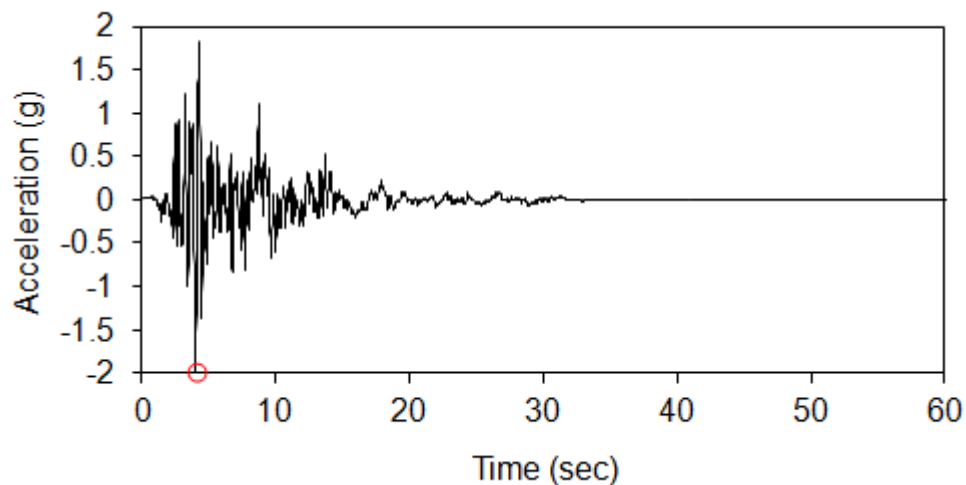
EARTHQUAKE IT0103xa



EARTHQUAKE IT0164xa



EARTHQUAKE IT0090xa



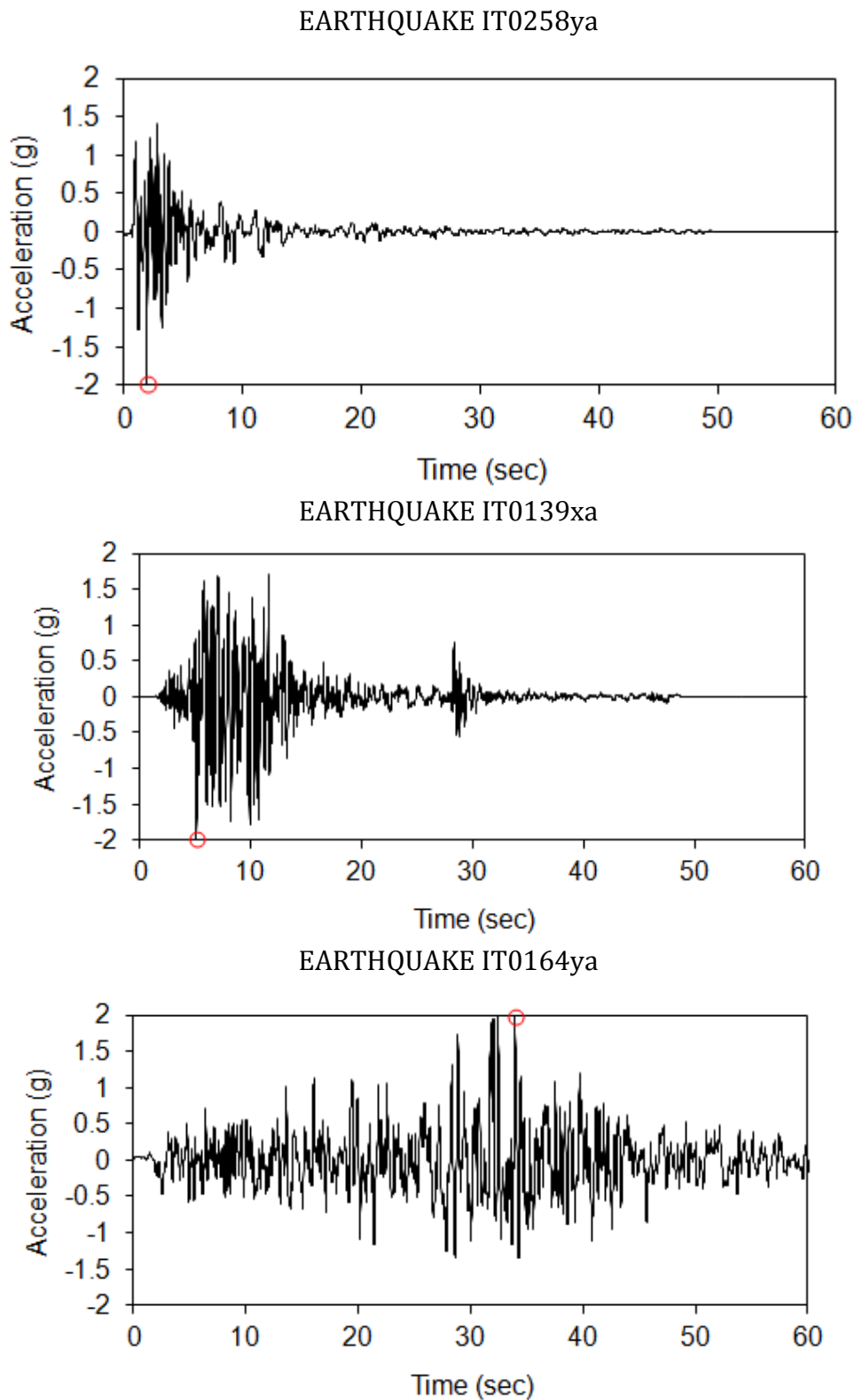


Fig.39. : Accelerogrammi spettro-compatibili selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (ISESD) per il sito di studio.

Nel cerchio, in ogni accelerogramma è indicata la PGA_0 Rdi 0.203g cioè la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido così come indicato nel reticolo di riferimento per tempo di ritorno di 949 anni (La Legge Regionale n. 19 del 30/10/2009 nell'allegato B (B.2.3.2) inserisce le discariche come opera infrastrutturale che può assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso in caso di evento sismico per determinare gravi conseguenze in termini di danni ambientali, e quindi cautelativamente si è utilizzata una classe d'uso IV).

Un primo importante risultato che ci indica la buona riuscita della modellazione è costituito dal confronto tra la "Funzione di trasferimento o funzione di amplificazione" ed i risultati della prova HV condotta nel sito d'indagine, dalla quale si evince che la frequenza fondamentale di amplificazione f_0 si configura prossima a 0.8 in accordo con la frequenza fondamentale rilevata dalle misure dei microtremori effettuata in sito.

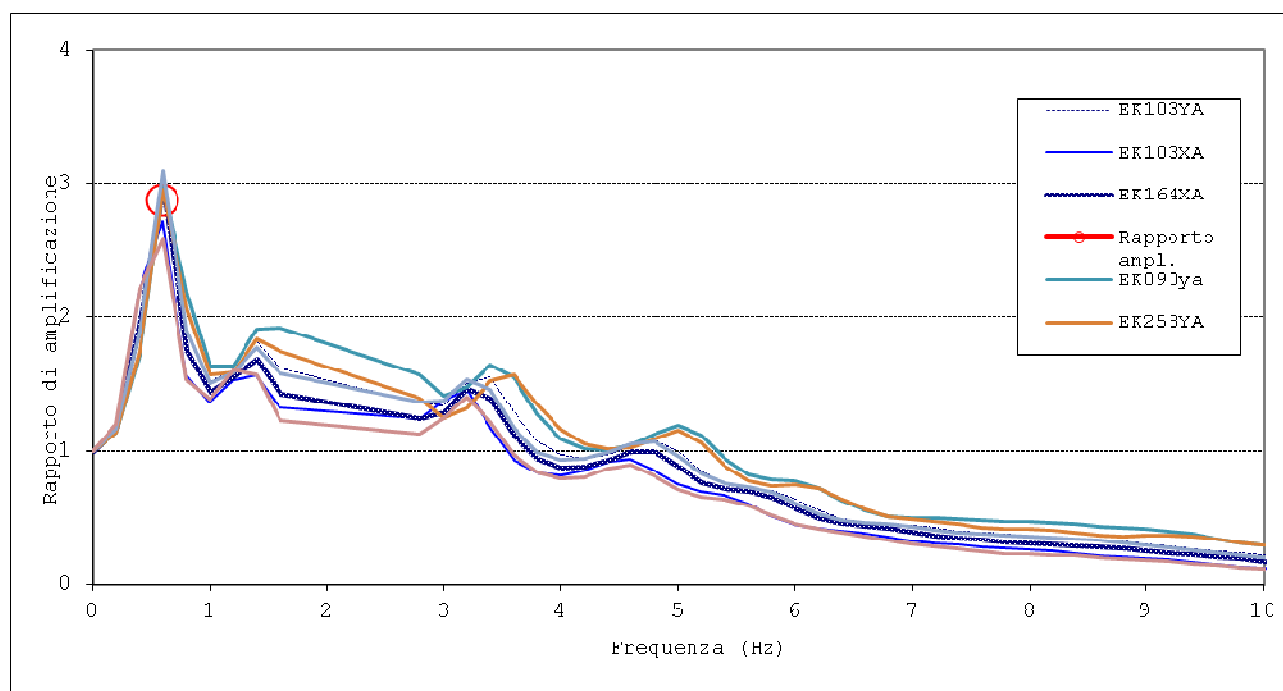
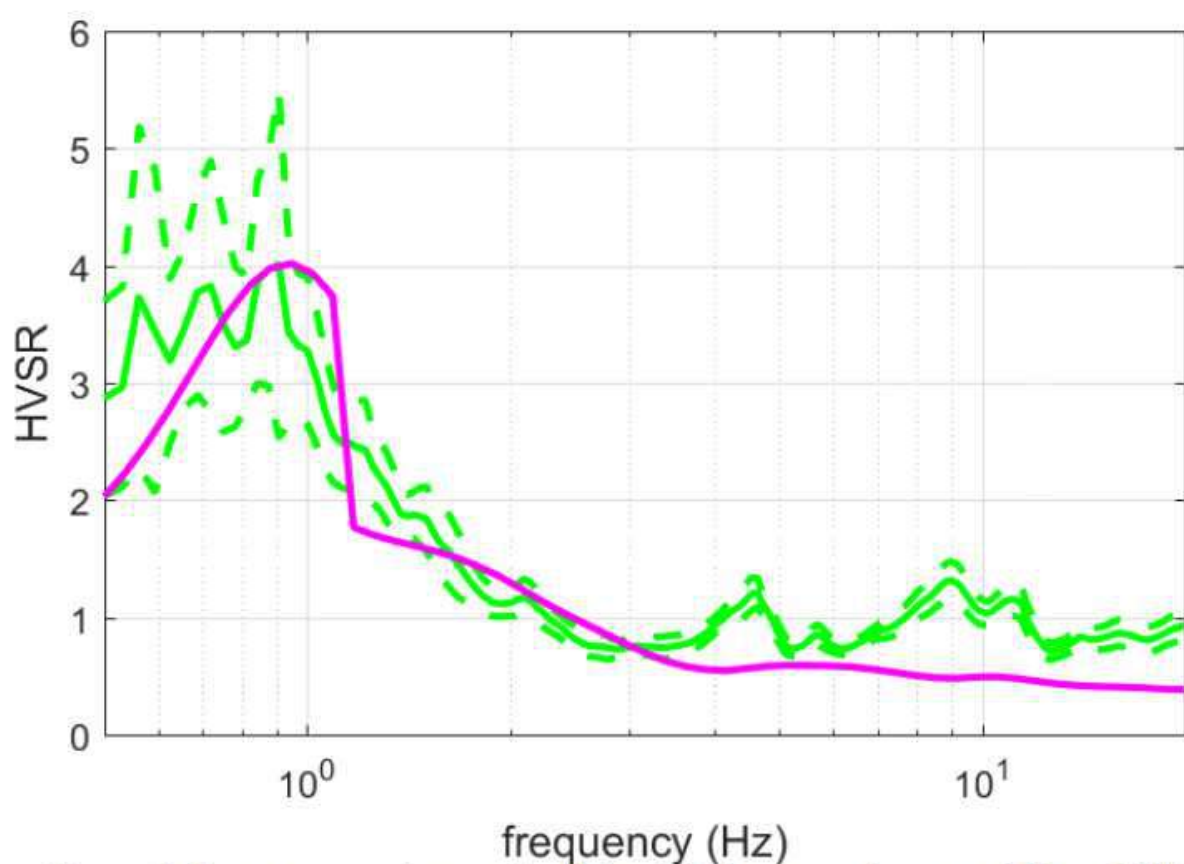
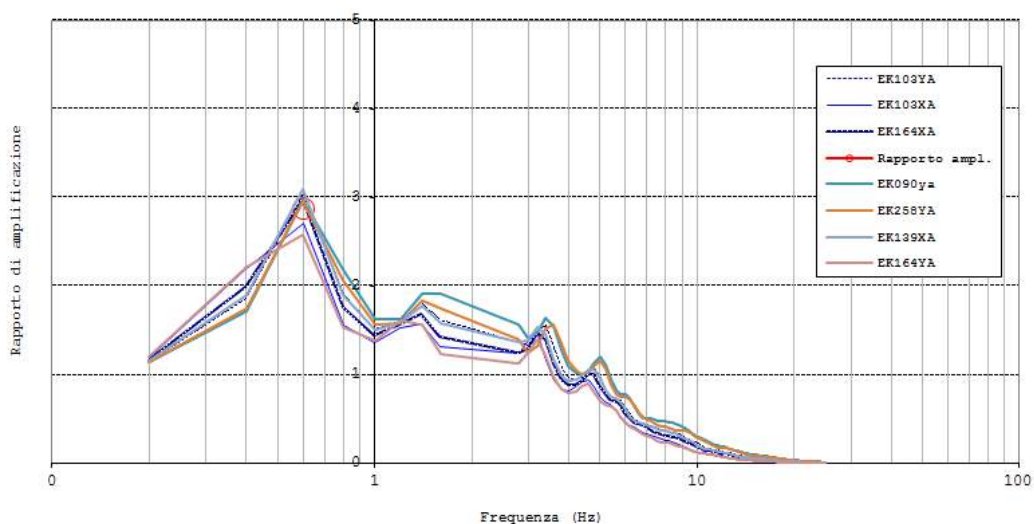


Fig.40. : Curva funzione di amplificazione ottenuta dalla RSL



(In verde la curva sperimentale ed in viola la curva desunta dal modello)

Fig.41. : Confronto fra la funzione di trasferimento calcolata con la RSL e quella misurata in sito con la prova HV.

La modellazione numerica ha il fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento $\xi = 5\%$.

Si definiscono così i fattori amplificativi espressi come rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito (PGA/PGA_0).

I sette spettri attesi e lo spettro medio con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio, sono indicati nella figura 42.

Gli spettri vengono confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C, per un suolo di tipo D (classe d'uso IV) .

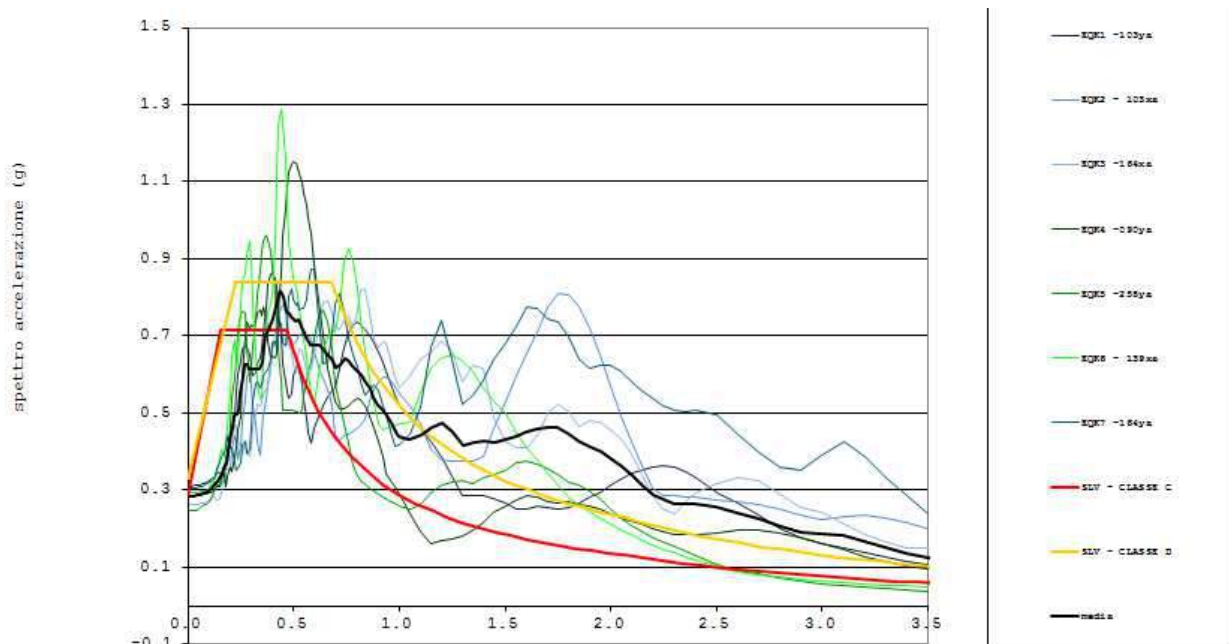


Fig.42. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio e confronto con spettri di norma per suoli di tipo C e di tipo D

Nella figura 43 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie fino a $T=0.5$ s e confrontato con gli spettri di norma di ipo C e D.

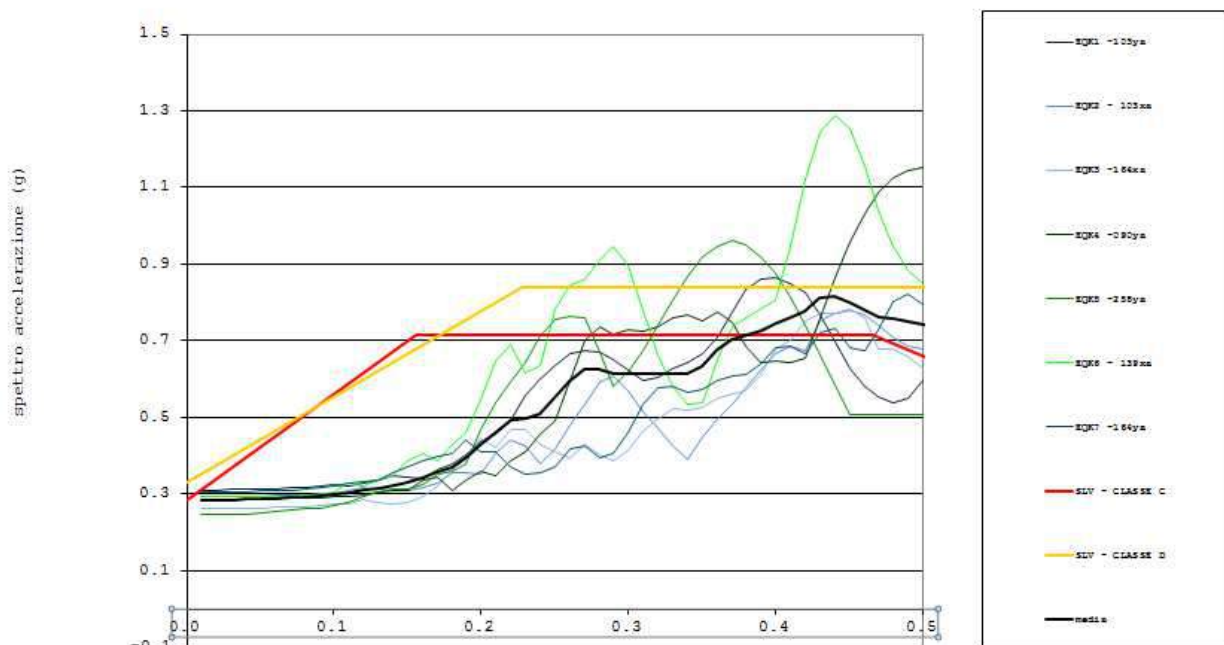


Fig.43. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio per periodo T compreso fra 0.00 e 0.5 sec.

Nella figura 44 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie da T=0.5 s a T = 1.5 s e confrontato con lo spettro di norma di tipo C e di tipo D.

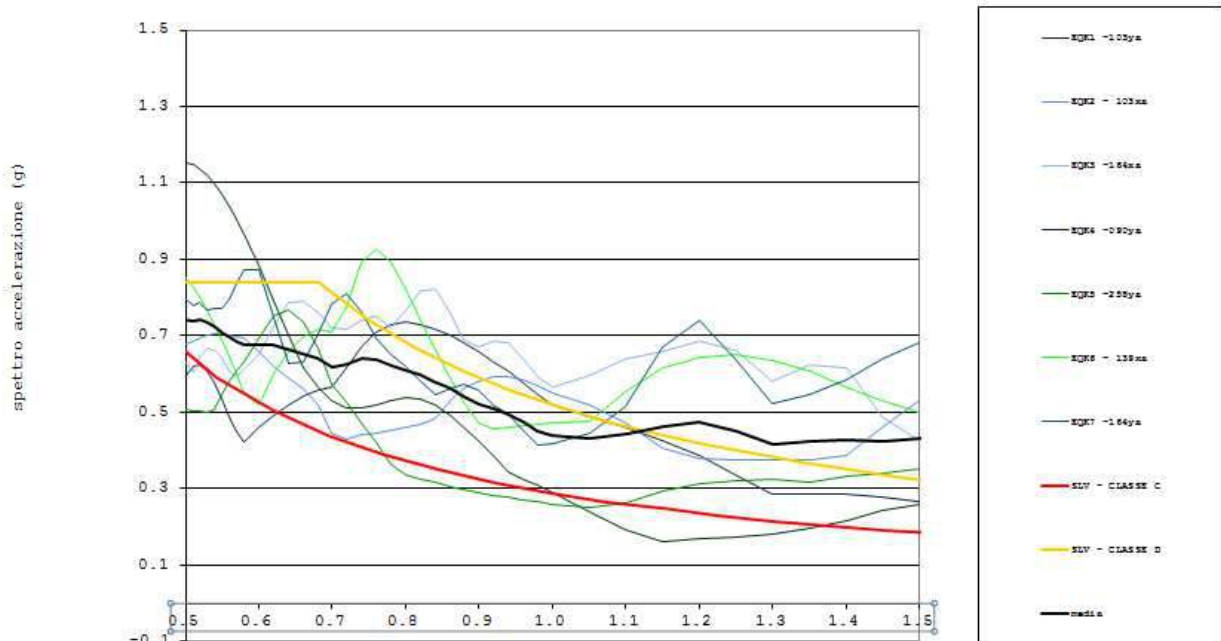


Fig.44. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio per periodo T compreso fra 0.50 e 1.5 sec.

I parametri spettrali per i sette sismi di riferimento e i parametri spettrali dello spettro medio vengono riportati di seguito in forma numerica.

Period	EQK1 - 103ya Abs Accel	EQK2 - 103xa Abs Accel	EQK3 - 164xa Abs Accel	EQK4 - 090ya Abs Accel	EQK5 - 258ya Abs Accel	EQK6 - 139xa Abs Accel	EQK7 - 164ya Abs Accel	media g
sec	g	g	g	g	g	g	g	
0.01	0.31	0.29	0.26	0.28	0.25	0.29	0.30	0.28
0.02	0.31	0.29	0.26	0.28	0.25	0.29	0.30	0.28
0.03	0.31	0.29	0.26	0.29	0.25	0.29	0.31	0.29
0.04	0.31	0.29	0.26	0.29	0.25	0.29	0.31	0.29
0.05	0.31	0.30	0.26	0.29	0.25	0.29	0.31	0.29
0.06	0.31	0.30	0.26	0.29	0.25	0.29	0.31	0.29
0.07	0.32	0.30	0.27	0.29	0.26	0.29	0.31	0.29
0.08	0.32	0.30	0.27	0.29	0.26	0.30	0.31	0.29
0.09	0.32	0.30	0.27	0.29	0.26	0.30	0.32	0.29
0.10	0.32	0.30	0.27	0.29	0.27	0.31	0.32	0.30
0.11	0.32	0.31	0.28	0.29	0.28	0.33	0.33	0.30
0.12	0.33	0.31	0.28	0.30	0.29	0.32	0.33	0.31
0.13	0.34	0.31	0.28	0.31	0.31	0.34	0.34	0.32
0.14	0.35	0.31	0.27	0.31	0.31	0.35	0.36	0.32
0.15	0.34	0.31	0.28	0.31	0.31	0.39	0.37	0.33
0.16	0.34	0.32	0.29	0.34	0.32	0.41	0.39	0.34
0.17	0.36	0.33	0.32	0.34	0.35	0.39	0.40	0.36

0.18	0.38	0.36	0.36	0.31	0.36	0.43	0.41	0.37
0.19	0.40	0.35	0.40	0.34	0.38	0.46	0.44	0.40
0.20	0.44	0.35	0.44	0.36	0.47	0.55	0.41	0.43
0.21	0.46	0.41	0.42	0.35	0.54	0.65	0.41	0.46
0.22	0.49	0.44	0.47	0.39	0.59	0.69	0.37	0.49
0.23	0.56	0.42	0.47	0.41	0.64	0.62	0.35	0.50
0.24	0.60	0.38	0.43	0.46	0.71	0.64	0.36	0.51
0.25	0.64	0.42	0.41	0.49	0.76	0.78	0.37	0.55
0.26	0.67	0.48	0.39	0.60	0.76	0.85	0.42	0.59
0.27	0.68	0.53	0.43	0.70	0.76	0.86	0.42	0.63
0.28	0.67	0.59	0.40	0.74	0.67	0.91	0.39	0.63
0.29	0.65	0.61	0.39	0.72	0.58	0.95	0.40	0.61
0.30	0.62	0.57	0.41	0.73	0.62	0.89	0.46	0.62
0.31	0.60	0.51	0.46	0.72	0.68	0.78	0.53	0.61
0.32	0.60	0.47	0.50	0.74	0.74	0.66	0.58	0.61
0.33	0.63	0.42	0.52	0.76	0.81	0.58	0.58	0.61
0.34	0.65	0.39	0.52	0.77	0.87	0.53	0.57	0.61
0.35	0.67	0.45	0.53	0.75	0.92	0.54	0.57	0.63
0.36	0.71	0.50	0.55	0.77	0.95	0.65	0.59	0.67
0.37	0.77	0.54	0.56	0.75	0.96	0.74	0.61	0.70
0.38	0.83	0.58	0.57	0.69	0.95	0.76	0.61	0.71
0.39	0.86	0.62	0.61	0.64	0.92	0.78	0.64	0.73
0.40	0.86	0.67	0.68	0.65	0.87	0.81	0.68	0.75
0.41	0.85	0.69	0.70	0.64	0.81	0.94	0.68	0.76
0.42	0.82	0.67	0.75	0.66	0.74	1.12	0.67	0.78
0.43	0.77	0.75	0.77	0.76	0.66	1.25	0.72	0.81
0.44	0.70	0.77	0.77	0.87	0.58	1.29	0.73	0.82
0.45	0.63	0.78	0.78	0.96	0.51	1.25	0.68	0.80
0.46	0.58	0.77	0.76	1.03	0.51	1.16	0.67	0.78
0.47	0.55	0.74	0.68	1.09	0.51	1.04	0.73	0.76
0.48	0.54	0.71	0.68	1.12	0.51	0.95	0.80	0.76
0.49	0.55	0.69	0.66	1.14	0.51	0.89	0.82	0.75
0.50	0.59	0.68	0.63	1.15	0.51	0.85	0.80	0.74
0.51	0.62	0.69	0.60	1.15	0.50	0.83	0.78	0.74
0.52	0.62	0.69	0.64	1.14	0.50	0.80	0.79	0.74
0.53	0.61	0.70	0.66	1.12	0.50	0.77	0.77	0.73
0.54	0.58	0.70	0.66	1.10	0.51	0.73	0.77	0.72
0.55	0.53	0.70	0.64	1.07	0.55	0.69	0.77	0.71
0.56	0.49	0.70	0.61	1.04	0.58	0.65	0.80	0.69
0.57	0.45	0.70	0.59	1.00	0.61	0.60	0.84	0.68
0.58	0.42	0.69	0.61	0.97	0.63	0.55	0.87	0.68
0.60	0.46	0.66	0.65	0.89	0.69	0.52	0.87	0.68
0.62	0.49	0.62	0.73	0.79	0.75	0.60	0.75	0.68
0.64	0.52	0.59	0.79	0.70	0.77	0.66	0.63	0.66
0.66	0.54	0.56	0.79	0.62	0.74	0.70	0.63	0.65
0.68	0.56	0.52	0.76	0.56	0.67	0.72	0.70	0.64
0.70	0.57	0.45	0.72	0.53	0.57	0.71	0.78	0.62
0.72	0.62	0.43	0.72	0.51	0.53	0.78	0.81	0.63
0.74	0.67	0.44	0.74	0.51	0.47	0.89	0.76	0.64
0.76	0.71	0.45	0.75	0.52	0.42	0.93	0.69	0.64

0.78	0.73	0.45	0.72	0.53	0.37	0.89	0.65	0.62
0.80	0.73	0.46	0.77	0.54	0.34	0.82	0.62	0.61
0.82	0.73	0.47	0.82	0.53	0.33	0.74	0.58	0.60
0.84	0.72	0.48	0.82	0.52	0.32	0.66	0.55	0.58
0.86	0.70	0.53	0.76	0.49	0.31	0.59	0.56	0.56
0.88	0.68	0.56	0.69	0.46	0.30	0.52	0.57	0.54
0.90	0.66	0.58	0.67	0.43	0.29	0.47	0.56	0.52
0.92	0.63	0.59	0.69	0.39	0.28	0.46	0.52	0.51
0.94	0.61	0.59	0.68	0.34	0.28	0.46	0.50	0.49
0.96	0.58	0.59	0.64	0.33	0.27	0.47	0.45	0.47
0.98	0.55	0.57	0.59	0.31	0.27	0.47	0.41	0.45
1.00	0.52	0.55	0.56	0.29	0.26	0.47	0.42	0.44
1.05	0.49	0.52	0.60	0.24	0.25	0.48	0.45	0.43
1.10	0.46	0.47	0.64	0.19	0.26	0.56	0.52	0.44
1.15	0.43	0.41	0.66	0.16	0.29	0.61	0.67	0.46
1.20	0.39	0.38	0.69	0.17	0.31	0.64	0.74	0.47
1.25	0.34	0.37	0.66	0.17	0.32	0.65	0.64	0.45
1.30	0.29	0.37	0.58	0.18	0.32	0.64	0.52	0.42
1.35	0.29	0.38	0.63	0.20	0.32	0.61	0.55	0.42
1.40	0.29	0.38	0.62	0.22	0.33	0.57	0.58	0.43
1.45	0.28	0.46	0.49	0.24	0.34	0.53	0.64	0.42
1.50	0.27	0.53	0.43	0.26	0.35	0.50	0.68	0.43
1.55	0.25	0.60	0.41	0.27	0.37	0.45	0.73	0.44
1.60	0.25	0.65	0.41	0.29	0.37	0.41	0.78	0.45
1.65	0.26	0.71	0.44	0.28	0.37	0.38	0.77	0.46
1.70	0.25	0.78	0.50	0.27	0.36	0.35	0.74	0.46
1.75	0.25	0.81	0.52	0.27	0.34	0.31	0.74	0.46
1.80	0.25	0.81	0.50	0.27	0.32	0.28	0.70	0.45
1.85	0.27	0.78	0.47	0.26	0.31	0.26	0.64	0.43
1.90	0.28	0.72	0.48	0.26	0.30	0.24	0.62	0.41
1.95	0.29	0.65	0.47	0.25	0.28	0.23	0.62	0.40
2.00	0.31	0.57	0.46	0.24	0.25	0.21	0.63	0.38
2.05	0.33	0.49	0.43	0.23	0.23	0.20	0.61	0.36
2.10	0.34	0.43	0.40	0.22	0.21	0.18	0.58	0.34
2.15	0.35	0.36	0.34	0.21	0.19	0.17	0.56	0.31
2.20	0.36	0.31	0.29	0.20	0.18	0.16	0.54	0.29
2.25	0.36	0.29	0.25	0.19	0.16	0.15	0.52	0.27
2.30	0.36	0.28	0.24	0.18	0.15	0.14	0.51	0.27
2.35	0.35	0.28	0.27	0.18	0.14	0.13	0.50	0.27
2.40	0.33	0.28	0.29	0.18	0.13	0.12	0.51	0.26
2.50	0.29	0.28	0.32	0.19	0.11	0.10	0.50	0.25
2.60	0.27	0.27	0.33	0.19	0.09	0.09	0.44	0.24
2.70	0.23	0.26	0.33	0.20	0.08	0.08	0.40	0.23
2.80	0.20	0.25	0.29	0.19	0.07	0.07	0.36	0.20
2.90	0.18	0.24	0.25	0.18	0.06	0.07	0.35	0.19
3.00	0.16	0.22	0.24	0.16	0.06	0.07	0.39	0.19
3.10	0.15	0.23	0.21	0.14	0.05	0.06	0.43	0.18
3.20	0.14	0.23	0.18	0.13	0.05	0.06	0.39	0.17
3.30	0.13	0.23	0.16	0.11	0.04	0.05	0.33	0.15
3.40	0.12	0.22	0.15	0.10	0.04	0.05	0.29	0.14

3.50	0.11	0.20	0.15	0.10	0.04	0.05	0.24	0.13
3.60	0.10	0.19	0.15	0.09	0.04	0.04	0.19	0.11
3.70	0.09	0.19	0.16	0.09	0.03	0.04	0.16	0.11
3.80	0.09	0.18	0.16	0.08	0.03	0.04	0.15	0.10
3.90	0.08	0.17	0.15	0.08	0.03	0.04	0.13	0.10
4.00	0.08	0.17	0.15	0.08	0.03	0.03	0.12	0.09
4.10	0.08	0.16	0.14	0.08	0.03	0.03	0.11	0.09
4.20	0.08	0.15	0.14	0.08	0.02	0.03	0.10	0.09
4.30	0.08	0.14	0.14	0.08	0.02	0.03	0.10	0.08
4.40	0.08	0.13	0.13	0.09	0.02	0.03	0.09	0.08
4.50	0.07	0.12	0.12	0.09	0.02	0.03	0.09	0.08
4.60	0.07	0.12	0.11	0.09	0.02	0.02	0.09	0.07
4.70	0.07	0.11	0.10	0.09	0.02	0.02	0.08	0.07
4.80	0.07	0.10	0.11	0.09	0.02	0.02	0.08	0.07
4.90	0.07	0.09	0.10	0.09	0.02	0.02	0.08	0.07
5.00	0.06	0.09	0.09	0.08	0.02	0.02	0.08	0.06
5.10	0.06	0.08	0.08	0.08	0.02	0.02	0.08	0.06
5.20	0.06	0.07	0.07	0.08	0.02	0.02	0.08	0.06
5.40	0.05	0.06	0.07	0.07	0.01	0.02	0.09	0.05
5.60	0.05	0.05	0.06	0.06	0.01	0.01	0.09	0.05
5.80	0.05	0.05	0.06	0.05	0.01	0.01	0.08	0.04
6.00	0.05	0.05	0.06	0.04	0.01	0.01	0.07	0.04
6.20	0.04	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.07	0.04
6.40	0.04	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01	0.08	0.04
6.60	0.03	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01	0.08	0.04
6.80	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.08	0.04
7.00	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.09	0.03
7.20	0.02	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.09	0.03
7.40	0.02	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.09	0.03
7.60	0.02	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.08	0.03
7.80	0.02	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.08	0.03
8.00	0.02	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.07	0.03
8.50	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02
9.00	0.02	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02
9.50	0.01	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02
10.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media sono indicati nella tabella di seguito. Il valore dell'accelerazione media $a_g = 0.28$.

	EQK1 103xa	EQK2 103ya	EQK3 164xa	EQK4 164ya	EQK5 388xa	EQK6 606ya	EQK7 813xa	Media
ag max	0.31	0.29	0.26	0.28	0.25	0.29	0.30	0.28

Fig.45. Accelerazioni massime attese in superficie per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media

Si riportano nella tabella di seguito, secondo quanto indicato nella DGR n.2193 il fattore di amplificazione PGA/PGA_0 (rapporti di accelerazione massima orizzontale calcolati in riferimento al valore massimo di PGA desunto dall'accelerogramma calcolato per ognuno dei 7 sismogrammi normalizzati e il valore di PGA_0 pari a 0.203g) in relazione alla modellazione

di suolo adottata e anche i fattori dell'Intensità spettrale di Housner IS per 0.1-0.5 s, 0.5-1 s, 0.2-2s.

	103YA	103XA	164XA	090YA	258YA	139XA	164YA	Media
Fattore di amplificazione PGA/PGA ₀	1.53	1.45	1.29	1.40	1.21	1.44	1.50	1.40
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,1 - 0,5 s	1.38	1.23	1.22	1.38	1.40	1.26	1.22	1.30
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,5 - 1 s	1.74	1.58	1.49	1.74	1.82	1.71	1.49	1.65

Fig.46. Fattore di amplificazione e fattori dell'Intensità spettrale di Housner IS per 0.1-0.5 s, 0.5-1 s

Dall'analisi di risposta sismica locale risulta che l'accelerazione media per i 7 sismi di riferimento è pari a **0.28g** e il fattore di amplificazione **PGA/PGA₀ = 1.40**.

15.2. Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito

Considerata l'importanza dell'opera anche se i terreni del suolo e del sottosuolo riscontrati nel sito fino alla profondità di - 20.00 metri sono argillosi e limo argillosi, cautelativamente si sono eseguite verifiche per definire la stabilità del progetto nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Sulle stratigrafie riscontrate sulle verticali delle prove penetrometriche statiche meccaniche ed elettriche è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

In ottemperanza a quanto indicato al punto A2.2 della **DGR 2193 del 21/12/2015** che detta "*Metodo basato sui risultati di prove CPTe/CPTu (Boulanger e Idriss, 2014)*" "*Tutti i metodi semplificati di stima del rischio liquefazione che utilizzano i risultati di prove penetrometriche statiche sono calibrati sull'apparecchiatura a punta elettrica...*"

In data 25/08/2018 è stata eseguita in sito, una prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU, spinta a 20.00 m dal p.c., su cui è stata eseguita la verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati" in condizioni di "*free field*".

L'accelerazione utilizzata nelle verifiche è l'accelerazione media definita dall'analisi della risposta sismica locale sotto l'azione sismica di riferimento $a_{max} = 0.28g$.

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione IPL che viene calcolato secondo la formula seguente

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

$F = 1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

Secondo la classificazione di Sonmez (2003) adottata dalla Regione Emilia-Romagna, risulta che:

$IL = 0$ il rischio di liquefazione è molto basso;

$0 < IL < 2$ il rischio di liquefazione è basso;

$2 \leq IL < 5$ il rischio di liquefazione è moderato;

$5 \leq IL < 15$ il rischio di liquefazione è elevato;

$IL \geq 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

La magnetudo attesa considerata è quella della zona sismogenetica $M_w = 6.14$ (M_w max Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS).

La profondità della falda freatica considerata è quella più superficiale fra quelle misurate in sito durante l'esecuzione delle indagini realizzate in periodi stagionali e anni diversi, da come indicato nella punto A della DGR 2193.

Il livello di falda freatica considerato è pari a - 1.10 m dal p.c.

Le verifiche sulle prove CPTU sono state effettuate, con due metodi con il software Liquiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software

I metodi di analisi utilizzati sono:

Idriss e Boulanger (2008) indicato al punto 3.3 della determinazione regionale n. 1105 del 03/02/2014 come *"quello meglio compatibile con gli effetti osservati in sito dal confronto fra i vari metodi utilizzati dal gruppo di lavoro che ha effettuato la microzonazione sismica di cui all'Ordinanza del Commissario delegato n. 70/2012"*

Idriss e Boulanger (2014) consigliato nell'allegato 3 della DGR

La resistenza alla liquefazione è stata valutata anche sulle 2 prove CPT eseguite nell'aprile 2015 con **il metodo di Robertson e Wride (1997)**.

Il software utilizzato è Liquiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software.

Per ogni verifica viene riportato il fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione e l'indice IPL alla profondità di - 20.00 m .

PROVA CPTU1**DATI GENERALI****PROGETTO E LOCALIZZAZIONE**

Titolo lavoro: AMPLIAMENTO DISCARICA DI MEDOLLA

Codice identificativo CPTU1

Cliente: AIMAG SPA

Indirizzo, Coordinate: VIA CAMPANA - MEDOLLA - DISCARICA

Data 25/08/2018

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1.1 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.203

Fattore amplificazione 2.538

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.4

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.28

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	REPORT O	0	1.6	18	20	0	0	4500	110	250
2	Argilla	1.6	3.8	16	18	0	0	1060	45.75	180
3	Argilla limosa	3.8	4.6	17	19	0	0	1490	66.47	200
4	Argilla organica	4.6	6.2	17	19	0	0	1090	58.24	180
5	Argilla limosa	6.2	8.3	17	19	0	0	1200	61.17	180
6	Argilla	8.3	10	17	19	0	0	1080	54.86	180
7	argilla	10	11	17	19	0	0	1640	86.86	200
8	Argilla	11	12	17	19	0	0	1430	75.24	190
9	Argilla limosa	12	12.8	17	19.5	0	0	2280	112	230
10	Argilla	12.8	13.3	17	19	0	0	1350	37.62	180
11	Argilla limosa	13.3	16	17	19.5	0	0	1830	79.58	220
12	Argilla	16	17	17	19	0	0	1290	43.62	180
13	Argilla	17	17.8	16	18	0	0	990	19.48	150
14	Argilla	17.8	18.4	17	19	0	0	1380	31.19	180
15	Argilla	18.4	20	17	19	0	0	1880	79.67	200

Metodo Idriss e Boulanger (2008)

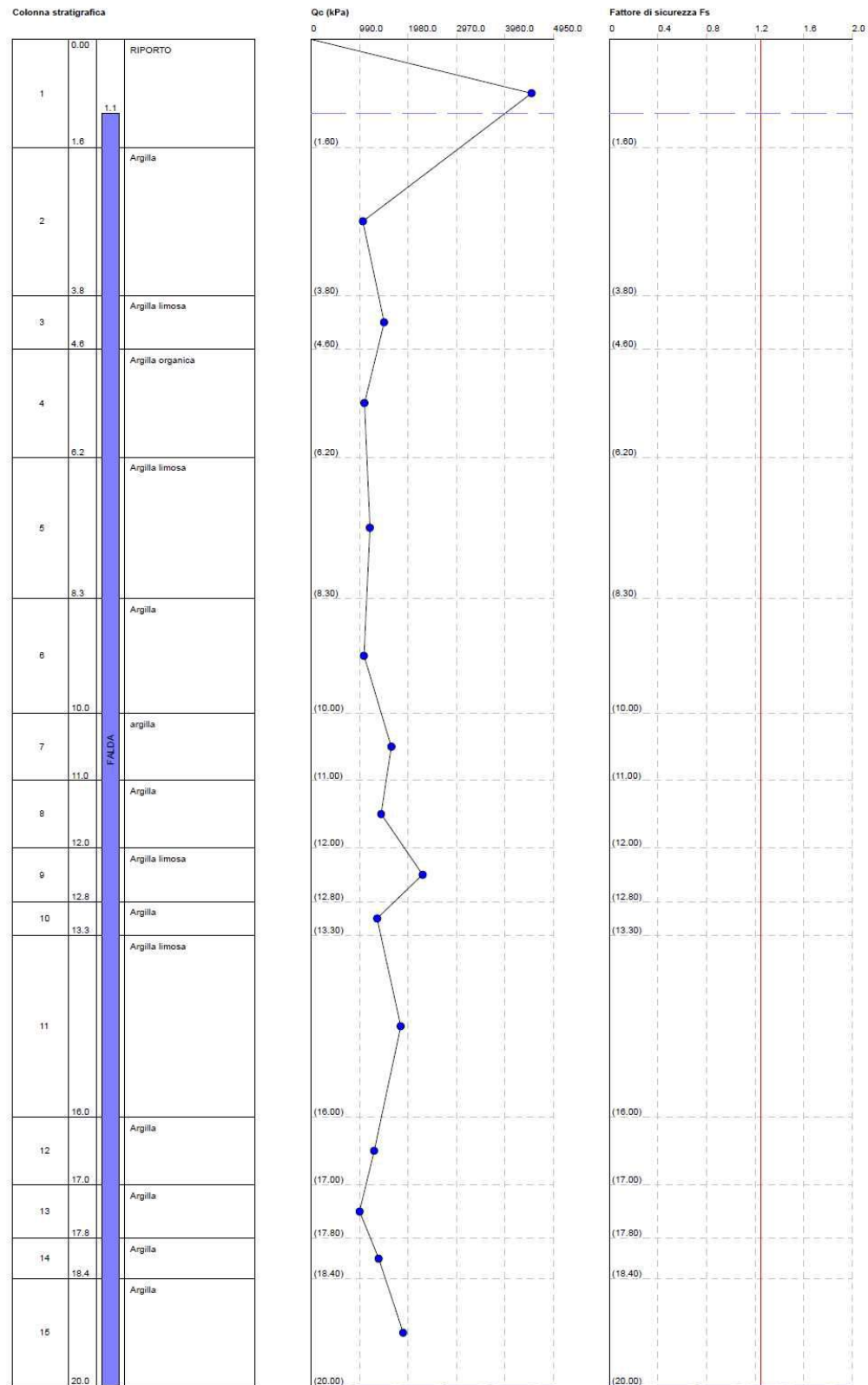
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vov (rd)	Resistenza alla liquefazione e (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
1.30	23.800	21.839										0	Molto basso
1.50	27.800	23.877										0	Molto basso
1.70	31.600	25.716	10.461	4.449	2.757	2.732426	0.000	1.025	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
1.90	35.200	27.355	10.461	4.464	2.770	2.636383	0.000	1.021	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.10	38.800	28.993	10.461	4.480	2.784	2.540452	0.000	1.017	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.30	42.400	30.632	10.461	4.496	2.797	2.45728	0.000	1.013	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.50	46.000	32.271	10.461	4.512	2.810	2.374458	0.000	1.009	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.70	49.600	33.909	10.461	4.528	2.823	2.30167	0.000	1.005	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.90	53.200	35.548	10.461	4.544	2.835	2.229391	0.000	1.001	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.10	56.800	37.187	10.461	4.560	2.847	2.165103	0.000	0.996	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.30	60.400	38.825	10.461	4.577	2.859	2.10143	0.000	0.992	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.50	64.000	40.464	10.461	4.593	2.870	2.04419	0.000	0.987	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.70	67.600	42.103	10.461	4.610	2.882	1.987636	0.000	0.983	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.90	71.300	43.841	14.705	4.685	2.792	1.859352	0.000	0.978	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.10	75.100	45.680	14.705	4.698	2.802	1.810621	0.000	0.974	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.30	78.900	47.519	14.705	4.711	2.812	1.764305	0.000	0.969	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.50	82.700	49.357	14.705	4.723	2.822	1.71886	0.000	0.964	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.70	86.500	51.196	10.757	5.804	2.990	1.725978	0.000	0.959	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.90	90.300	53.035	10.757	5.826	3.001	1.681322	0.000	0.954	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
5.10	94.100	54.873	10.757	5.848	3.011	1.639861	0.000	0.949	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
5.30	97.900	56.712	10.757	5.870	3.022	1.600311	0.000	0.944	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
5.50	101.700	58.551	10.757	5.893	3.032	1.561893	0.000	0.939	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso

5.70	105.500	60.389	10.757	5.916	3.042	1.525881	0.000	0.934	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
5.90	109.300	62.228	10.757	5.939	3.052	1.491418	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.10	113.100	64.067	10.757	5.962	3.062	1.457991	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.30	116.900	65.905	11.843	5.648	3.021	1.41871	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.50	120.700	67.744	11.843	5.668	3.030	1.38906	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.70	124.500	69.583	11.843	5.688	3.039	1.360567	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.90	128.300	71.421	11.843	5.708	3.048	1.332942	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.10	132.100	73.260	11.843	5.728	3.057	1.306604	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.30	135.900	75.099	11.843	5.749	3.066	1.281235	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.50	139.700	76.937	11.843	5.769	3.074	1.256782	0.000	0.887	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.70	143.500	78.776	11.843	5.790	3.083	1.233093	0.000	0.881	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.90	147.300	80.615	11.843	5.811	3.091	1.210352	0.000	0.876	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.10	151.100	82.453	11.843	5.832	3.100	1.188389	0.000	0.870	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.30	154.900	84.292	11.843	5.853	3.108	1.167166	0.000	0.865	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.50	158.700	86.131	10.659	5.955	3.160	1.149105	0.000	0.859	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.70	162.500	87.969	10.659	5.979	3.169	1.128896	0.000	0.854	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.90	166.300	89.808	10.659	6.004	3.177	1.109343	0.000	0.848	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.10	170.100	91.647	10.659	6.029	3.185	1.090401	0.000	0.843	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.30	173.900	93.485	10.659	6.055	3.194	1.072075	0.000	0.837	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.50	177.700	95.324	10.659	6.080	3.202	1.054315	0.000	0.832	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.70	181.500	97.163	10.659	6.106	3.210	1.037098	0.000	0.826	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.90	185.300	99.001	10.659	6.132	3.218	1.020398	0.000	0.821	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.10	189.100	100.840	16.186	5.987	3.055	1.003932	0.000	0.815	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.30	192.900	102.679	16.186	6.002	3.062	0.9891723	0.000	0.810	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.50	196.700	104.518	16.186	6.018	3.068	0.9748159	0.000	0.804	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.70	200.500	106.356	16.186	6.034	3.075	0.9608462	0.000	0.799	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.90	204.300	108.195	16.186	6.050	3.081	0.9472483	0.000	0.793	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso

11.10	208.100	110.034	14.113	6.158	3.145	0.9325967	0.000	0.788	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.30	211.900	111.872	14.113	6.177	3.151	0.9194416	0.000	0.782	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.50	215.700	113.711	14.113	6.196	3.158	0.9066137	0.000	0.777	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.70	219.500	115.550	14.113	6.216	3.165	0.8941267	0.000	0.771	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.90	223.300	117.388	14.113	6.235	3.171	0.8819567	0.000	0.766	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.10	227.150	119.277	22.502	5.456	2.959	0.8789961	0.000	0.760	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.30	231.050	121.216	22.502	5.466	2.964	0.8675721	0.000	0.755	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.50	234.950	123.154	22.502	5.477	2.970	0.8564252	0.000	0.749	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.70	238.850	125.093	22.502	5.487	2.975	0.8455456	0.000	0.744	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.90	242.700	126.982	13.323	3.397	3.066	0.8217787	0.000	0.739	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.10	246.500	128.820	13.323	3.409	3.073	0.8112105	0.000	0.733	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.30	250.300	130.659	13.323	3.421	3.079	0.8009407	0.000	0.728	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.50	254.200	132.598	18.061	5.050	3.057	0.7989588	0.000	0.723	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.70	258.100	134.536	18.061	5.063	3.062	0.7889786	0.000	0.718	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.90	262.000	136.475	18.061	5.075	3.068	0.7792285	0.000	0.713	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.10	265.900	138.414	18.061	5.088	3.074	0.7697007	0.000	0.707	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.30	269.800	140.352	18.061	5.101	3.079	0.7602822	0.000	0.702	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.50	273.700	142.291	18.061	5.113	3.085	0.7511699	0.000	0.697	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.70	277.600	144.230	18.061	5.126	3.091	0.7422587	0.000	0.692	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.90	281.500	146.168	18.061	5.139	3.096	0.7335421	0.000	0.687	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.10	285.400	148.107	18.061	5.152	3.102	0.7250139	0.000	0.682	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.30	289.300	150.046	18.061	5.165	3.107	0.716668	0.000	0.677	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.50	293.200	151.984	18.061	5.178	3.113	0.7083489	0.000	0.672	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.70	297.100	153.923	18.061	5.191	3.118	0.7003437	0.000	0.667	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.90	301.000	155.862	18.061	5.205	3.124	0.6925045	0.000	0.663	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
16.10	304.850	157.750	12.731	4.428	3.245	0.671605	0.000	0.658	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso

16.30	308.650	159.589	12.731	4.445	3.252	0.6641203	0.000	0.653	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
16.50	312.450	161.428	12.731	4.462	3.258	0.6569335	0.000	0.648	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
16.70	316.250	163.266	12.731	4.480	3.264	0.649888	0.000	0.644	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
16.90	320.050	165.105	12.731	4.497	3.270	0.6429797	0.000	0.639	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
17.10	323.750	166.844	9.771	2.924	3.316	0.6268753	0.000	0.635	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
17.30	327.350	168.482	9.771	2.940	3.322	0.6208571	0.000	0.630	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
17.50	330.950	170.121	9.771	2.956	3.329	0.6149433	0.000	0.626	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
17.70	334.550	171.760	9.771	2.972	3.336	0.6091312	0.000	0.621	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
17.90	338.250	173.498	13.620	2.994	3.162	0.6156247	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
18.10	342.050	175.337	13.620	3.005	3.168	0.6094301	0.000	0.612	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
18.30	345.850	177.176	13.620	3.016	3.174	0.6033485	0.000	0.608	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
18.50	349.650	179.014	18.554	5.206	3.166	0.6110059	0.000	0.604	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
18.70	353.450	180.853	18.554	5.219	3.171	0.6052366	0.000	0.600	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
18.90	357.250	182.692	18.554	5.232	3.176	0.599567	0.000	0.596	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
19.10	361.050	184.530	18.554	5.245	3.180	0.5939943	0.000	0.592	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
19.30	364.850	186.369	18.554	5.258	3.185	0.5882466	0.000	0.588	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
19.50	368.650	188.208	18.554	5.271	3.190	0.5828553	0.000	0.584	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
19.70	372.450	190.046	18.554	5.285	3.195	0.577554	0.000	0.580	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
19.90	376.250	191.885	18.554	5.298	3.199	0.5723407	0.000	0.576	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



Metodo Idriss e Boulanger (2014)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

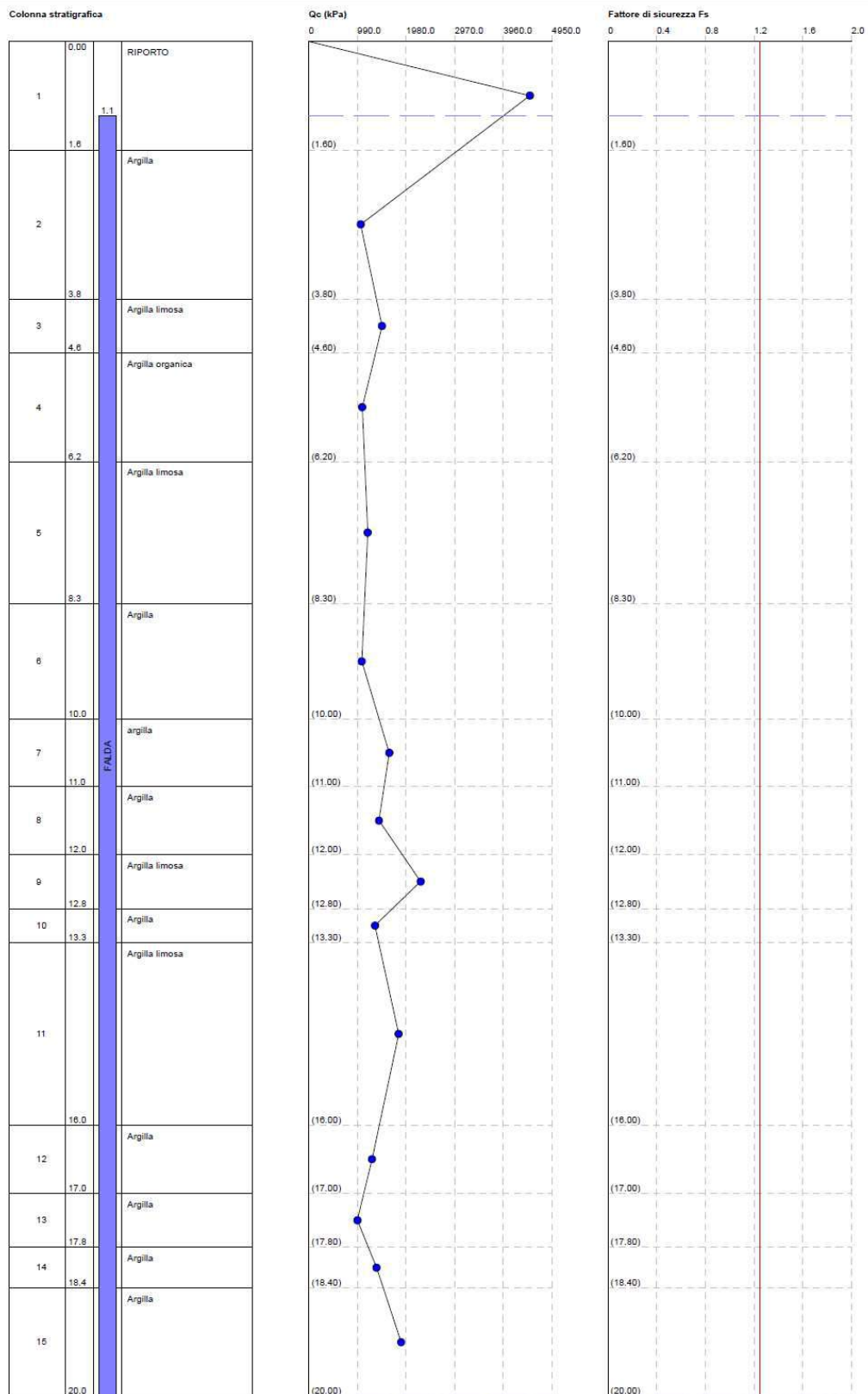
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normali Q	Attrito laterale normale lizzato o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
1.30	23.800	21.839										0	Molto basso
1.50	27.800	23.877										0	Molto basso
1.70	31.600	25.716	10.461	4.449	2.757	2.732426	0.000	1.025	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
1.90	35.200	27.355	10.461	4.464	2.770	2.636383	0.000	1.021	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.10	38.800	28.993	10.461	4.480	2.784	2.540452	0.000	1.017	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.30	42.400	30.632	10.461	4.496	2.797	2.45728	0.000	1.013	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.50	46.000	32.271	10.461	4.512	2.810	2.374458	0.000	1.009	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.70	49.600	33.909	10.461	4.528	2.823	2.30167	0.000	1.005	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
2.90	53.200	35.548	10.461	4.544	2.835	2.229391	0.000	1.001	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.10	56.800	37.187	10.461	4.560	2.847	2.165103	0.000	0.996	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.30	60.400	38.825	10.461	4.577	2.859	2.10143	0.000	0.992	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.50	64.000	40.464	10.461	4.593	2.870	2.04419	0.000	0.987	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.70	67.600	42.103	10.461	4.610	2.882	1.987636	0.000	0.983	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
3.90	71.300	43.841	14.705	4.685	2.792	1.859352	0.000	0.978	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.10	75.100	45.680	14.705	4.698	2.802	1.810621	0.000	0.974	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.30	78.900	47.519	14.705	4.711	2.812	1.764305	0.000	0.969	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.50	82.700	49.357	14.705	4.723	2.822	1.71886	0.000	0.964	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.70	86.500	51.196	10.757	5.804	2.990	1.725978	0.000	0.959	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
4.90	90.300	53.035	10.757	5.826	3.001	1.681322	0.000	0.954	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
5.10	94.100	54.873	10.757	5.848	3.011	1.639861	0.000	0.949	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
5.30	97.900	56.712	10.757	5.870	3.022	1.600311	0.000	0.944	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
5.50	101.700	58.551	10.757	5.893	3.032	1.561893	0.000	0.939	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso

5.70	105.500	60.389	10.757	5.916	3.042	1.525881	0.000	0.934	0.000	0.000	0.000	0.00	basso
5.90	109.300	62.228	10.757	5.939	3.052	1.491418	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.10	113.100	64.067	10.757	5.962	3.062	1.457991	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.30	116.900	65.905	11.843	5.648	3.021	1.41871	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.50	120.700	67.744	11.843	5.668	3.030	1.38906	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.70	124.500	69.583	11.843	5.688	3.039	1.360567	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
6.90	128.300	71.421	11.843	5.708	3.048	1.332942	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.10	132.100	73.260	11.843	5.728	3.057	1.306604	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.30	135.900	75.099	11.843	5.749	3.066	1.281235	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.50	139.700	76.937	11.843	5.769	3.074	1.256782	0.000	0.887	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.70	143.500	78.776	11.843	5.790	3.083	1.233093	0.000	0.881	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
7.90	147.300	80.615	11.843	5.811	3.091	1.210352	0.000	0.876	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.10	151.100	82.453	11.843	5.832	3.100	1.188389	0.000	0.870	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.30	154.900	84.292	11.843	5.853	3.108	1.167166	0.000	0.865	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.50	158.700	86.131	10.659	5.955	3.160	1.149105	0.000	0.859	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.70	162.500	87.969	10.659	5.979	3.169	1.128896	0.000	0.854	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
8.90	166.300	89.808	10.659	6.004	3.177	1.109343	0.000	0.848	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.10	170.100	91.647	10.659	6.029	3.185	1.090401	0.000	0.843	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.30	173.900	93.485	10.659	6.055	3.194	1.072075	0.000	0.837	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.50	177.700	95.324	10.659	6.080	3.202	1.054315	0.000	0.832	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.70	181.500	97.163	10.659	6.106	3.210	1.037098	0.000	0.826	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
9.90	185.300	99.001	10.659	6.132	3.218	1.020398	0.000	0.821	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.10	189.100	100.840	16.186	5.987	3.055	1.003932	0.000	0.815	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.30	192.900	102.679	16.186	6.002	3.062	0.9891723	0.000	0.810	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.50	196.700	104.518	16.186	6.018	3.068	0.9748159	0.000	0.804	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
10.70	200.500	106.356	16.186	6.034	3.075	0.9608462	0.000	0.799	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso

10.90	204.300	108.195	16.186	6.050	3.081	0.9472483	0.000	0.793	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.10	208.100	110.034	14.113	6.158	3.145	0.9325967	0.000	0.788	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.30	211.900	111.872	14.113	6.177	3.151	0.9194416	0.000	0.782	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.50	215.700	113.711	14.113	6.196	3.158	0.9066137	0.000	0.777	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.70	219.500	115.550	14.113	6.216	3.165	0.8941267	0.000	0.771	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
11.90	223.300	117.388	14.113	6.235	3.171	0.8819567	0.000	0.766	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.10	227.150	119.277	22.502	5.456	2.959	0.8789961	0.000	0.760	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.30	231.050	121.216	22.502	5.466	2.964	0.8675721	0.000	0.755	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.50	234.950	123.154	22.502	5.477	2.970	0.8564252	0.000	0.749	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.70	238.850	125.093	22.502	5.487	2.975	0.8455456	0.000	0.744	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
12.90	242.700	126.982	13.323	3.397	3.066	0.8217787	0.000	0.739	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.10	246.500	128.820	13.323	3.409	3.073	0.8112105	0.000	0.733	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.30	250.300	130.659	13.323	3.421	3.079	0.8009407	0.000	0.728	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.50	254.200	132.598	18.061	5.050	3.057	0.7989588	0.000	0.723	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.70	258.100	134.536	18.061	5.063	3.062	0.7889786	0.000	0.718	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
13.90	262.000	136.475	18.061	5.075	3.068	0.7792285	0.000	0.713	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.10	265.900	138.414	18.061	5.088	3.074	0.7697007	0.000	0.707	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.30	269.800	140.352	18.061	5.101	3.079	0.7602822	0.000	0.702	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.50	273.700	142.291	18.061	5.113	3.085	0.7511699	0.000	0.697	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.70	277.600	144.230	18.061	5.126	3.091	0.7422587	0.000	0.692	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
14.90	281.500	146.168	18.061	5.139	3.096	0.7335421	0.000	0.687	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.10	285.400	148.107	18.061	5.152	3.102	0.7250139	0.000	0.682	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.30	289.300	150.046	18.061	5.165	3.107	0.716668	0.000	0.677	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.50	293.200	151.984	18.061	5.178	3.113	0.7083489	0.000	0.672	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.70	297.100	153.923	18.061	5.191	3.118	0.7003437	0.000	0.667	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
15.90	301.000	155.862	18.061	5.205	3.124	0.6925045	0.000	0.663	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
16.10	304.850	157.750	12.731	4.428	3.245	0.671605	0.000	0.658	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto

16.30	308.650	159.589	12.731	4.445	3.252	0.6641203	0.000	0.653	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
16.50	312.450	161.428	12.731	4.462	3.258	0.6569335	0.000	0.648	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
16.70	316.250	163.266	12.731	4.480	3.264	0.649888	0.000	0.644	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
16.90	320.050	165.105	12.731	4.497	3.270	0.6429797	0.000	0.639	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
17.10	323.750	166.844	9.771	2.924	3.316	0.6268753	0.000	0.635	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
17.30	327.350	168.482	9.771	2.940	3.322	0.6208571	0.000	0.630	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
17.50	330.950	170.121	9.771	2.956	3.329	0.6149433	0.000	0.626	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
17.70	334.550	171.760	9.771	2.972	3.336	0.6091312	0.000	0.621	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
17.90	338.250	173.498	13.620	2.994	3.162	0.6156247	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
18.10	342.050	175.337	13.620	3.005	3.168	0.6094301	0.000	0.612	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
18.30	345.850	177.176	13.620	3.016	3.174	0.6033485	0.000	0.608	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
18.50	349.650	179.014	18.554	5.206	3.166	0.6110059	0.000	0.604	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
18.70	353.450	180.853	18.554	5.219	3.171	0.6052366	0.000	0.600	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
18.90	357.250	182.692	18.554	5.232	3.176	0.599567	0.000	0.596	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
19.10	361.050	184.530	18.554	5.245	3.180	0.5939943	0.000	0.592	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
19.30	364.850	186.369	18.554	5.258	3.185	0.5882466	0.000	0.588	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
19.50	368.650	188.208	18.554	5.271	3.190	0.5828553	0.000	0.584	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
19.70	372.450	190.046	18.554	5.285	3.195	0.577554	0.000	0.580	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto
19.90	376.250	191.885	18.554	5.298	3.199	0.5723407	0.000	0.576	0.000	0.000	0.000	0.00	basso Molto

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



PROVA CPT2 2015

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: AMPLIAMENTO DISCARICA DI MEDOLLA

Codice identificativo CPT2 2015

Cliente: DISCARICA DI MEDOLLA

Indirizzo, Coordinate: VIA CAMPANA - MEDOLLA - DISCARICA -

Data 25/08/2018

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1.1 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.203

Fattore amplificazione 2.538

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.4

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.28

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	RIPORTO	0.2	0.4	17	19	0	0	11760	163.3	250
2	RIPORTO	0.4	0.6	17	19	0	0	13720	130.7	250
3	Argilla	0.6	0.8	17	19	0	0	490	39.2	200
4	Argilla	0.8	1	17	19	0	0	980	32.7	200
5	Argilla	1	1.2	17	19	0	0	1370	84.9	200
6	Argilla	1.2	1.4	17	19	0	0	980	65.3	200
7	Argilla	1.4	1.6	17	19	0	0	1080	52.3	200
8	Argilla	1.6	1.8	17	19	0	0	980	58.8	200
9	Argilla	1.8	2	17	19	0	0	1470	45.7	200
10	Argilla	2	2.2	17	19	0	0	1960	65.3	200
11	Argilla	2.2	2.4	17	19	0	0	2160	65.3	200
12	Argilla	2.4	2.6	17	19	0	0	1960	84.9	200
13	Argilla	2.6	2.8	17	19	0	0	2350	84.9	200
14	Argilla	2.8	3	17	19	0	0	2350	84.9	200
15	Argilla	3	3.2	17	19	0	0	1760	117.6	200
16	Argilla	3.2	3.4	17	19	0	0	2450	117.6	200
17	Argilla	3.4	3.6	17	19	0	0	2650	117.6	200
18	Argilla	3.6	3.8	17	19	0	0	2350	137.2	200
19	Argilla	3.8	4	17	19	0	0	2350	124.1	200
20	Argilla	4	4.2	17	19	0	0	2350	117.6	200
21	Argilla	4.2	4.4	17	19	0	0	1960	124.1	200

22	Argilla	4.4	4.6	17	19	0	0	1760	117.6	200
23	Argilla	4.6	4.8	17	19	0	0	1670	111.1	200
24	Argilla	4.8	5	17	19	0	0	1760	124.1	200
25	Argilla	5	5.2	17	19	0	0	1960	111.1	200
26	Argilla	5.2	5.4	17	19	0	0	2060	111.1	200
27	Argilla	5.4	5.6	17	19	0	0	1860	111.1	200
28	Argilla	5.6	5.8	17	19	0	0	1860	117.6	200
29	Argilla	5.8	6	17	19	0	0	1570	104.5	200
30	Argilla	6	6.2	17	19	0	0	1670	104.5	200
31	Argilla	6.2	6.4	17	19	0	0	1960	117.6	200
32	Argilla	6.4	6.6	17	19	0	0	2450	91.5	200
33	Argilla	6.6	6.8	17	19	0	0	1760	98	200
34	Argilla	6.8	7	17	19	0	0	1960	91.5	200
35	Argilla	7	7.2	17	19	0	0	1570	98	200
36	Argilla	7.2	7.4	17	19	0	0	1670	98	200
37	Argilla	7.4	7.6	17	19	0	0	1470	104.5	200
38	Argilla	7.6	7.8	17	19	0	0	1570	104.5	200
39	Argilla	7.8	8	17	19	0	0	1670	104.5	200
40	Argilla	8	8.2	17	19	0	0	1670	111.1	200
41	Argilla	8.2	8.4	17	19	0	0	1570	111.1	200
42	Argilla	8.4	8.6	17	19	0	0	1370	104.5	200
43	Argilla	8.6	8.8	17	19	0	0	1470	91.5	200
44	Argilla	8.8	9	17	19	0	0	1670	84.9	200
45	Argilla	9	9.2	17	19	0	0	2060	71.9	220
46	Argilla	9.2	9.4	17	19	0	0	2350	104.5	220
47	Argilla	9.4	9.6	17	19	0	0	2250	111.1	220
48	Argilla	9.6	9.8	17	19	0	0	1960	117.6	220
49	Argilla	9.8	10	17	19	0	0	2350	98	220
50	Argilla	10	10.2	17	19	0	0	1960	117.6	220
51	Argilla	10.2	10.4	17	19	0	0	1760	117.6	220
52	Argilla	10.4	10.6	17	19	0	0	1670	104.5	220
53	Argilla	10.6	10.8	17	19	0	0	1860	98	220
54	Argilla	10.8	11	17	19	0	0	1960	98	220
55	Argilla	11	11.2	17	19	0	0	2060	98	220
56	Argilla	11.2	11.4	17	19	0	0	2160	98	220
57	Argilla	11.4	11.6	17	19	0	0	2450	117.6	220
58	Argilla	11.6	11.8	17	19	0	0	2650	110	220
59	Argilla	11.8	12	17	19	0	0	1570	104.5	220
60	Argilla	12	12.2	17	19	0	0	1760	91.5	220
61	Argilla	12.2	12.4	17	19	0	0	2250	84.9	220
62	Argilla	12.4	12.6	17	19	0	0	1570	98	220
63	Argilla	12.6	12.8	17	19	0	0	1760	78.4	220
64	Argilla	12.8	13	17	19	0	0	2940	39.2	220
65	Argilla	13	13.2	17	19	0	0	1960	84.9	220
66	Argilla	13.2	13.4	17	19	0	0	3230	91.5	220
67	Argilla	13.4	13.6	17	19	0	0	3040	91.5	220
68	Argilla	13.6	13.8	17	19	0	0	2740	98	220
69	Argilla	13.8	14	17	19	0	0	2450	98	220
70	Argilla	14	14.2	17	19	0	0	2250	78.4	220
71	Argilla	14.2	14.4	17	19	0	0	1470	71.9	220
72	Argilla	14.4	14.6	17	19	0	0	1860	78.4	220
73	Argilla	14.6	14.8	17	19	0	0	1470	78.4	220
74	Argilla	14.8	15	17	19	0	0	2350	104.5	220

75	Argilla	15	15.2	17	19	0	0	2550	91.5	220
76	Argilla	15.2	15.4	17	19	0	0	2250	98	220
77	Argilla	15.4	15.6	17	19	0	0	1180	84.9	220
78	Argilla	15.6	15.8	17	19	0	0	1180	78.4	220
79	Argilla	15.8	16	17	19	0	0	1470	98	220
80	Argilla	16	16.2	17	19	0	0	1570	91.5	220
81	Argilla	16.2	16.4	17	19	0	0	1670	104.5	220
82	Argilla	16.4	16.6	17	19	0	0	1370	78.4	220
83	Argilla	16.6	16.8	17	19	0	0	880	65.3	220
84	Argilla	16.8	17	17	19	0	0	1370	65.3	220
85	Argilla	17	17.2	17.5	19.5	0	0	1760	91.5	220
86	Argilla	17.2	17.4	17.5	19.5	0	0	1960	98	250
87	Argilla	17.4	17.6	17.5	19.5	0	0	2350	117.6	250
88	Argilla	17.6	17.8	17.5	19.5	0	0	2740	124.1	250
89	Argilla	17.8	18	17.5	19.5	0	0	2650	130.7	250
90	Argilla	18	18.2	17.5	19.5	0	0	2060	98	250
91	Argilla	18.2	18.4	17.5	19.5	0	0	2550	91.5	250
92	Argilla	18.4	18.6	17.5	19.5	0	0	2550	124.1	250
93	Argilla	18.6	18.8	17.5	19.5	0	0	3430	111.1	250
94	Argilla	18.8	19	17.5	19.5	0	0	3230	150.3	250
95	Argilla	19	19.2	17.5	19.5	0	0	2650	124.1	250
96	Argilla	19.2	19.4	17.5	19.5	0	0	2740	117.6	250
97	Argilla	19.4	19.6	17.5	19.5	0	0	3040	78.4	250
98	Argilla	19.6	19.8	17.5	19.5	0	0	3530	111.1	250
99	Argilla	19.8	20	17.5	19.5	0	0	3530	124.1	250

Robertson e Wride (1997)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale e effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normali Q	Attrito lateral e norma lizzato o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquef azion e (CRR)	Sforzo di taglio norma lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Rischio
1.30	22.500	20.539	46.619	6.820	2.732	1.7	70.539	0.990	0.113	0.118	0.952	Basso
1.50	26.300	22.377	47.088	4.963	2.627	1.7	64.159	0.989	0.105	0.127	0.825	Basso
1.70	30.100	24.216	39.226	6.190	2.751	1.7	73.014	0.987	0.116	0.134	0.868	Basso
1.90	33.900	26.055	40.309	3.182	2.539	1.7	74.254	0.985	0.118	0.140	0.844	Basso
2.10	37.700	27.893	37.111	3.397	2.584	1.7	107.673	0.984	0.196	0.145	1.352	Molto basso
2.30	41.500	29.732	39.613	3.082	2.535	1.7	108.350	0.982	0.198	0.150	1.326	Molto basso
2.50	45.300	31.571	46.536	4.434	2.595	1.7	109.788	0.981	0.203	0.154	1.323	Molto basso
2.70	49.100	33.409	40.657	3.690	2.580	1.7	128.090	0.979	0.275	0.157	1.754	Molto basso
2.90	52.900	35.248	39.582	3.696	2.589	1.684351	129.007	0.978	0.280	0.160	1.747	Molto basso
3.10	56.700	37.087	45.928	6.904	2.740	1.7	128.597	0.976	0.278	0.163	1.706	Molto basso

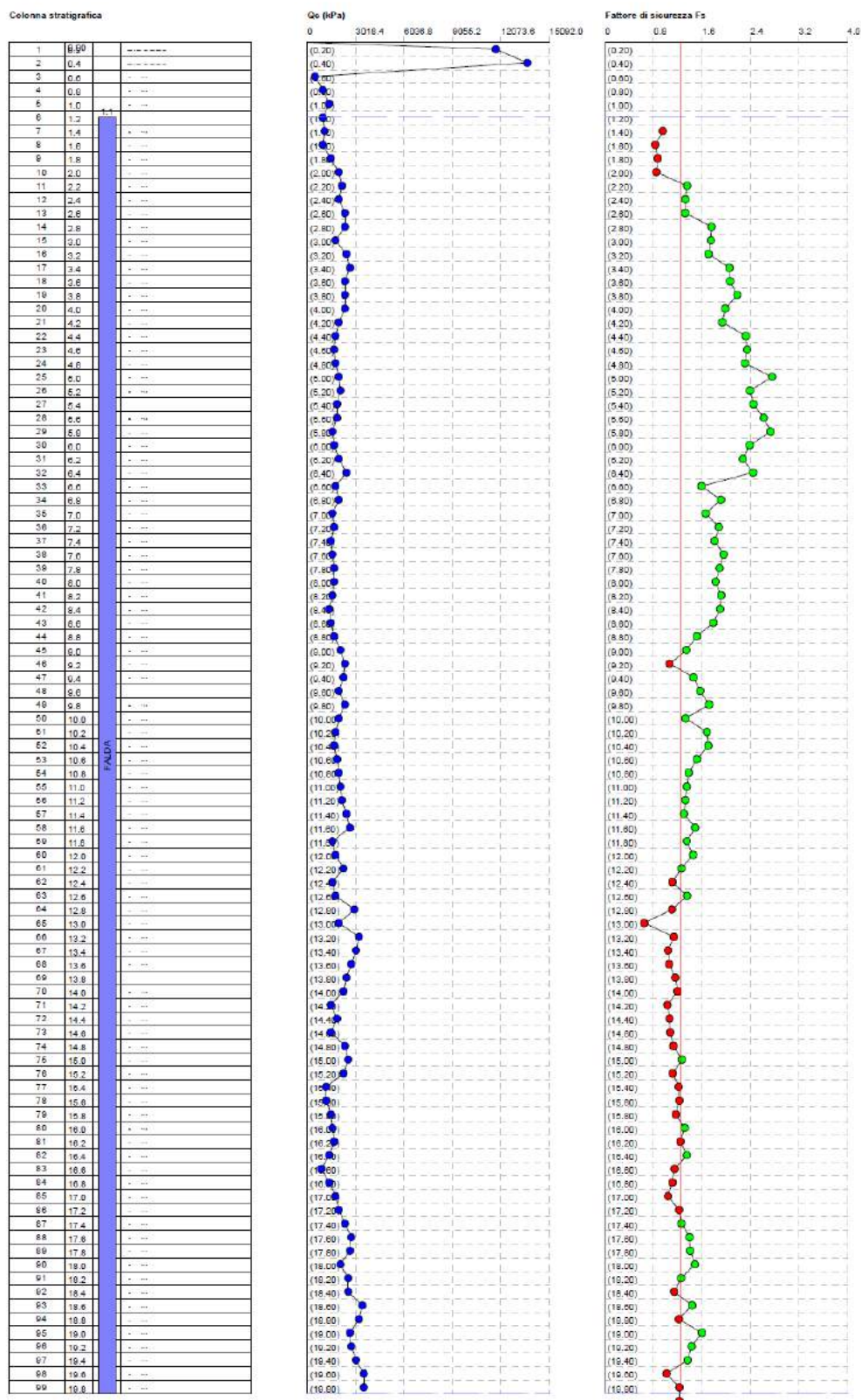
3.30	60.500	38.925	49.715	4.922	2.608	1.7	140.603	0.975	0.339	0.165	2.048	basso
												Molto
3.50	64.300	40.764	51.944	4.548	2.570	1.7	141.789	0.973	0.345	0.167	2.061	basso
												Molto
3.70	68.100	42.603	53.562	6.013	2.651	1.7	145.965	0.972	0.369	0.169	2.179	basso
												Molto
3.90	71.900	44.441	51.261	5.448	2.632	1.7	140.845	0.970	0.340	0.171	1.985	basso
												Molto
4.10	75.700	46.280	49.142	5.171	2.627	1.7	139.708	0.969	0.334	0.173	1.930	basso
												Molto
4.30	79.500	48.119	39.080	6.599	2.772	1.7	151.773	0.967	0.405	0.174	2.324	basso
												Molto
4.50	83.300	49.957	33.563	7.014	2.837	1.7	152.782	0.966	0.412	0.176	2.344	basso
												Molto
4.70	87.100	51.796	30.560	7.019	2.865	1.7	152.312	0.964	0.409	0.177	2.311	basso
												Molto
4.90	90.900	53.635	31.120	7.435	2.878	1.7	164.094	0.963	0.491	0.178	2.759	basso
												Molto
5.10	94.700	55.473	33.625	5.956	2.785	1.7	155.221	0.961	0.428	0.179	2.390	basso
												Molto
5.30	98.500	57.312	34.225	5.664	2.764	1.7	157.128	0.959	0.441	0.180	2.450	basso
												Molto
5.50	102.300	59.151	29.716	6.321	2.841	1.690	596 161.751	0.958	0.474	0.181	2.620	basso
												Molto
5.70	106.100	60.989	28.757	6.705	2.869	1.639	629 164.804	0.956	0.496	0.182	2.734	basso
												Molto
5.90	109.900	62.828	23.240	7.157	2.955	1.591	645 156.276	0.955	0.435	0.182	2.387	basso
												Molto
6.10	113.700	64.667	24.066	6.715	2.924	1.546	639 153.444	0.953	0.416	0.183	2.275	basso
												Molto
6.30	117.500	66.505	27.705	6.383	2.866	1.503	637 158.216	0.952	0.448	0.183	2.444	basso
												Molto
6.50	121.300	68.344	34.073	3.929	2.654	1.463	185 131.802	0.950	0.293	0.184	1.592	basso
												Molto
6.70	125.100	70.183	23.295	5.994	2.900	1.424	852 143.002	0.949	0.352	0.184	1.908	basso
												Molto
6.90	128.900	72.021	25.424	4.997	2.819	1.388	476 134.568	0.947	0.307	0.185	1.658	basso
												Molto
7.10	132.700	73.860	19.460	6.818	2.996	1.353	911 142.320	0.946	0.348	0.185	1.878	basso
												Molto
7.30	136.500	75.699	20.258	6.391	2.964	1.321	026 140.048	0.944	0.335	0.186	1.806	basso
												Molto
7.50	140.300	77.537	17.149	7.859	3.078	1.289	7 145.088	0.943	0.364	0.186	1.957	basso
												Molto
7.70	144.100	79.376	17.964	7.329	3.042	1.259	825 142.973	0.941	0.352	0.186	1.888	basso
												Molto
7.90	147.900	81.215	18.742	6.866	3.010	1.231	303 140.881	0.940	0.340	0.187	1.822	basso
												Molto
8.10	151.700	83.053	18.281	7.317	3.036	1.204	044 143.940	0.938	0.357	0.187	1.912	basso
												Molto
8.30	155.500	84.892	16.662	7.854	3.087	1.177	965 143.559	0.937	0.355	0.187	1.898	basso
												Molto

8.50	159.300	86.731	13.959	8.631	3.171	1.152993	139.801	0.935	0.334	0.187	1.783	Molto basso
8.70	163.100	88.569	14.756	7.001	3.092	1.129057	129.877	0.933	0.284	0.188	1.513	Molto basso
8.90	166.900	90.408	16.626	5.648	2.991	1.106095	122.780	0.932	0.252	0.188	1.343	Molto basso
9.10	170.700	92.247	20.481	3.806	2.811	1.084048	108.931	0.930	0.200	0.188	1.066	Molto basso
9.30	174.500	94.086	23.123	4.803	2.837	1.062863	127.667	0.926	0.274	0.187	1.460	Molto basso
9.50	178.300	95.924	21.597	5.363	2.892	1.04249	131.724	0.920	0.293	0.187	1.568	Molto basso
9.70	182.100	97.763	18.186	6.615	3.008	1.022883	137.034	0.915	0.319	0.186	1.717	Molto basso
9.90	185.900	99.602	21.728	4.528	2.841	1.004001	121.263	0.910	0.246	0.185	1.327	Molto basso
10.10	189.700	101.440	17.452	6.643	3.023	0.9858023	135.229	0.904	0.310	0.184	1.680	Molto basso
10.30	193.500	103.279	15.168	7.507	3.103	0.9682521	135.796	0.899	0.313	0.184	1.703	Molto basso
10.50	197.300	105.118	14.010	7.096	3.113	0.9513158	128.441	0.894	0.277	0.183	1.514	Molto basso
10.70	201.100	106.956	15.510	5.908	3.027	0.9349617	122.547	0.888	0.251	0.182	1.378	Molto basso
10.90	204.900	108.795	16.132	5.584	2.998	0.9191605	121.057	0.883	0.245	0.181	1.350	Molto basso
11.10	208.700	110.634	16.734	5.294	2.971	0.9038845	119.591	0.878	0.239	0.181	1.324	Molto basso
11.30	212.500	112.472	17.315	5.032	2.945	0.889108	118.152	0.872	0.233	0.180	1.298	Molto basso
11.50	216.300	114.311	19.541	5.265	2.918	0.8748068	126.047	0.867	0.266	0.179	1.488	Molto basso
11.70	220.100	116.150	20.920	4.527	2.853	0.8609584	119.807	0.862	0.240	0.178	1.347	Molto basso
11.90	223.900	117.988	11.409	7.763	3.205	0.8475417	124.055	0.856	0.258	0.177	1.453	Molto basso
12.10	227.700	119.827	12.788	5.971	3.093	0.8345366	115.211	0.851	0.222	0.176	1.260	Molto basso
12.30	231.500	121.666	16.591	4.206	2.909	0.8219246	107.043	0.846	0.194	0.176	1.106	Molto basso
12.50	235.300	123.504	10.807	7.342	3.207	0.8096882	118.865	0.840	0.236	0.175	1.352	Molto basso
12.70	239.100	125.343	12.134	5.155	3.070	0.7978108	106.155	0.835	0.191	0.174	1.101	Molto basso
12.90	242.900	127.182	26.070	1.453	2.476	0.8867225	69.054	0.830	0.111	0.173	0.640	Molto alto
13.10	246.700	129.020	13.279	4.955	3.029	0.7750715	107.451	0.824	0.195	0.172	1.136	Molto basso
13.30	250.500	130.859	22.769	3.071	2.716	0.7641811	101.596	0.819	0.178	0.171	1.038	Molto basso
13.50	254.300	132.698	20.993	3.285	2.762	0.7535925	102.422	0.814	0.180	0.170	1.058	Molto basso
13.70	258.100	134.536	18.448	3.949	2.856	0.7432934	107.558	0.808	0.196	0.169	1.157	Molto

13.90	261.900	136.375	16.045	4.479	2.938	0.7332721	109.166	0.803	0.201	0.168	1.195	Molto basso
14.10	265.700	138.214	14.357	3.951	2.941	0.7235172	99.497	0.798	0.172	0.167	1.026	Molto basso
14.30	269.500	140.052	8.572	5.989	3.229	0.7140186	101.368	0.792	0.177	0.166	1.064	Molto basso
14.50	273.300	141.891	11.183	4.941	3.086	0.7047662	101.697	0.787	0.178	0.165	1.076	Molto basso
14.70	277.100	143.730	8.300	6.572	3.265	0.6957505	104.165	0.782	0.185	0.164	1.126	Molto basso
14.90	280.900	145.568	14.214	5.051	3.011	0.6869625	110.951	0.776	0.207	0.163	1.267	Molto basso
15.10	284.700	147.407	15.368	4.039	2.924	0.6783937	102.689	0.771	0.181	0.162	1.113	Molto basso
15.30	288.500	149.246	13.143	4.996	3.035	0.6700361	107.633	0.765	0.196	0.161	1.214	Molto basso
15.50	292.300	151.084	5.876	9.564	3.484	0.6618819	107.747	0.760	0.196	0.160	1.224	Molto basso
15.70	296.100	152.923	5.780	8.870	3.469	0.6539239	104.366	0.755	0.186	0.159	1.165	Molto basso
15.90	299.900	154.762	7.561	8.375	3.363	0.6461548	111.233	0.749	0.208	0.158	1.313	Molto basso
16.10	303.700	156.600	8.086	7.226	3.300	0.6385682	107.362	0.744	0.195	0.157	1.239	Molto basso
16.30	307.500	158.439	8.600	7.670	3.295	0.6311576	112.190	0.739	0.211	0.156	1.351	Molto basso
16.50	311.300	160.278	6.605	7.405	3.375	0.6239172	101.788	0.733	0.178	0.155	1.146	Molto basso
16.70	315.100	162.116	3.485	11.56	3.713	0.6168407	99.429	0.728	0.171	0.154	1.110	Molto basso
16.90	318.950	164.005	6.409	6.213	3.339	0.6097373	94.568	0.723	0.159	0.153	1.035	Molto basso
17.10	322.850	165.944	8.660	6.367	3.242	0.6026138	104.422	0.717	0.186	0.152	1.221	Molto basso
17.30	326.750	167.882	9.729	6.000	3.186	0.595655	105.778	0.712	0.190	0.151	1.257	Molto basso
17.50	330.650	169.821	11.891	5.824	3.111	0.588855	111.538	0.707	0.209	0.150	1.393	Molto basso
17.70	334.550	171.760	14.005	5.159	3.022	0.5822086	111.606	0.701	0.209	0.149	1.404	Molto basso
17.90	338.450	173.698	13.308	5.654	3.065	0.5757105	114.350	0.696	0.219	0.148	1.481	Molto basso
18.10	342.350	175.637	9.780	5.705	3.171	0.5693558	103.794	0.691	0.184	0.147	1.253	Molto basso
18.30	346.250	177.576	12.410	4.152	3.004	0.56314	97.528	0.685	0.166	0.146	1.141	Molto basso
18.50	350.150	179.514	12.254	5.641	3.092	0.5570583	111.132	0.680	0.208	0.145	1.435	Molto basso
18.70	354.050	181.453	16.952	3.612	2.860	0.5511066	100.568	0.675	0.175	0.144	1.216	Molto basso
18.90	357.950	183.392	15.661	5.233	2.989	0.5452808	116.675	0.669	0.228	0.143	1.598	Molto basso

19.10	361.850	185.331	12.346	5.424	3.078	0.5395767	109.511	0.664	0.202	0.141	1.429	Molto basso
19.30	365.750	187.269	12.678	4.953	3.045	0.5339909	106.127	0.659	0.191	0.140	1.362	Molto basso
19.50	369.650	189.208	14.113	2.936	2.869	0.5285195	86.818	0.653	0.141	0.139	1.012	Molto basso
19.70	373.550	191.146	16.513	3.520	2.862	0.5231591	98.592	0.648	0.169	0.138	1.224	Molto basso
19.90	0.000	0.000	16.513	3.520	2.862	0.5231591	98.592	0.648	0.169	0.138	1.224	Molto basso

IPL (Sonmez)=1.24 Zcrit=20 m Rischio=Basso



PROVA CPT4

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: AMPLIAMENTO DISCARICA DI MEDOLLA

Codice identificativo CPT4 2015

Cliente: DISCARICA DI MEDOLLA

Indirizzo, Coordinate: VIA CAMPANA - MEDOLLA - DISCARICA -

Data 25/08/2018

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1.1 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.203

Fattore amplificazione 2.538

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.4

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.28

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0.2	0.4	17	19	0	0	980	58.8	200
2	Argilla	0.4	0.6	17	19	0	0	1270	65.3	200
3	Argilla	0.6	0.8	17	19	0	0	1180	78.4	200
4	Argilla	0.8	1	17	19	0	0	1270	65.3	200
5	Argilla	1	1.2	17	19	0	0	1470	78.4	200
6	Argilla	1.2	1.4	17	19	0	0	1080	71.9	200
7	Argilla	1.4	1.6	17	19	0	0	1180	84.9	200
8	Argilla	1.6	1.8	17	19	0	0	1670	98	200
9	Argilla	1.8	2	17	19	0	0	1370	111.1	200
10	Argilla	2	2.2	17	19	0	0	1270	98	200
11	Argilla	2.2	2.4	17	19	0	0	1570	78.4	200
12	Argilla	2.4	2.6	17	19	0	0	1860	111.1	200
13	Argilla	2.6	2.8	17	19	0	0	1760	111.1	200
14	Argilla	2.8	3	17	19	0	0	1860	130.7	200
15	Argilla	3	3.2	17	19	0	0	2250	117.6	200
16	Argilla	3.2	3.4	17	19	0	0	1570	111.1	200
17	Argilla	3.4	3.6	17	19	0	0	1570	104.5	200
18	Argilla	3.6	3.8	17	19	0	0	1670	104.5	200
19	Argilla	3.8	4	17	19	0	0	1860	104.5	200
20	Argilla	4	4.2	17	19	0	0	1570	91.5	200
21	Argilla	4.2	4.4	17	19	0	0	1670	91.5	200
22	Argilla	4.4	4.6	17	19	0	0	1760	91.5	200

23	Argilla	4.6	4.8	17	19	0	0	1570	91.5	200
24	Argilla	4.8	5	17	19	0	0	1470	91.5	200
25	Argilla	5	5.2	17	19	0	0	1370	91.5	200
26	Argilla	5.2	5.4	17	19	0	0	1670	98	200
27	Argilla	5.4	5.6	17	19	0	0	1760	98	200
28	Argilla	5.6	5.8	17	19	0	0	1670	104.5	200
29	Argilla	5.8	6	17	19	0	0	1860	98	200
30	Argilla	6	6.2	17	19	0	0	1670	104.5	200
31	Argilla	6.2	6.4	17	19	0	0	1760	104.5	200
32	Argilla	6.4	6.6	17	19	0	0	1670	91.5	200
33	Argilla	6.6	6.8	17	19	0	0	1960	111.1	200
34	Argilla	6.8	7	17	19	0	0	1760	91.5	200
35	Argilla	7	7.2	17	19	0	0	1760	98	200
36	Argilla	7.2	7.4	17	19	0	0	1470	98	200
37	Argilla	7.4	7.6	17	19	0	0	1860	98	200
38	Argilla	7.6	7.8	17	19	0	0	1760	104.5	200
39	Argilla	7.8	8	17	19	0	0	1670	98	200
40	Argilla	8	8.2	17	19	0	0	1670	104.5	200
41	Argilla	8.2	8.4	17	19	0	0	1670	111.1	200
42	Argilla	8.4	8.6	17	19	0	0	1670	91.5	200
43	Argilla	8.6	8.8	17	19	0	0	1570	98	200
44	Argilla	8.8	9	17	19	0	0	1760	98	200
45	Argilla	9	9.2	17	19	0	0	1960	98	220
46	Argilla	9.2	9.4	17	19	0	0	1960	124.1	220
47	Argilla	9.4	9.6	17	19	0	0	2060	111.1	220
48	Argilla	9.6	9.8	17	19	0	0	2250	117.6	220
49	Argilla	9.8	10	17	19	0	0	2160	124.1	220
50	Argilla	10	10.2	17	19	0	0	2250	98	220
51	Argilla	10.2	10.4	17	19	0	0	2250	111.1	220
52	Argilla	10.4	10.6	17	19	0	0	1960	124.1	220
53	Argilla	10.6	10.8	17	19	0	0	1960	124.1	220
54	Argilla	10.8	11	17	19	0	0	2060	117.6	220
55	Argilla	11	11.2	17	19	0	0	2160	104.5	220
56	Argilla	11.2	11.4	17	19	0	0	2250	117.6	220
57	Argilla	11.4	11.6	17	19	0	0	2350	111.1	220
58	Argilla	11.6	11.8	17	19	0	0	2550	137.2	220
59	Argilla	11.8	12	17	19	0	0	3330	124.1	220
60	Argilla	12	12.2	17	19	0	0	2550	117.6	220
61	Argilla	12.2	12.4	17	19	0	0	1860	104.5	220
62	Argilla	12.4	12.6	17	19	0	0	2250	71.9	220
63	Argilla	12.6	12.8	17	19	0	0	2160	91.5	220
64	Argilla	12.8	13	17	19	0	0	2060	117.6	220
65	Argilla	13	13.2	17	19	0	0	1760	91.5	220
66	Argilla	13.2	13.4	17	19	0	0	2740	52.3	220
67	Argilla	13.4	13.6	17	19	0	0	2450	104.5	220
68	Argilla	13.6	13.8	17	19	0	0	2250	111.1	220
69	Argilla	13.8	14	17	19	0	0	2060	91.5	220
70	Argilla	14	14.2	17	19	0	0	1860	78.4	220
71	Argilla	14.2	14.4	17	19	0	0	1470	71.9	220
72	Argilla	14.4	14.6	17	19	0	0	2350	58.8	220
73	Argilla	14.6	14.8	17	19	0	0	1960	71.9	220
74	Argilla	14.8	15	17	19	0	0	1960	91.5	220
75	Argilla	15	15.2	17	19	0	0	2060	78.4	220

76	Argilla	15.2	15.4	17	19	0	0	1370	111.1	220
77	Argilla	15.4	15.6	17	19	0	0	1470	98	220
78	Argilla	15.6	15.8	17	19	0	0	1370	91.5	220
79	Argilla	15.8	16	17	19	0	0	1670	65.3	220
80	Argilla	16	16.2	17	19	0	0	2060	111.1	220
81	Argilla	16.2	16.4	17	19	0	0	1760	84.9	220
82	Argilla	16.4	16.6	17	19	0	0	1670	98	220
83	Argilla	16.6	16.8	17	19	0	0	1470	84.9	220
84	Argilla	16.8	17	17	19	0	0	980	78.4	220
85	Limi argillosi	17	17.2	17.5	19.5	0	0	1470	98	250
86	Limi argillosi	17.2	17.4	17.5	19.5	0	0	1670	98	250
87	Limi argillosi	17.4	17.6	17.5	19.5	0	0	1860	98	250
88	Limi argillosi	17.6	17.8	17.5	19.5	0	0	1860	111.1	250
89	Limi argillosi	17.8	18	17.5	19.5	0	0	2350	111.1	250
90	Limi argillosi	18	18.2	17.5	19.5	0	0	2650	137.2	250
91	Limi argillosi	18.2	18.4	17.5	19.5	0	0	1960	124.1	250
92	Limi argillosi	18.4	18.6	17.5	19.5	0	0	1860	117.6	250
93	Limi argillosi	18.6	18.8	17.5	19.5	0	0	2160	130.7	250
94	Limi argillosi	18.8	19	17.5	19.5	0	0	3630	124.1	250
95	Limi argillosi	19	19.2	17.5	19.5	0	0	3720	111.1	250
96	Limi argillosi	19.2	19.4	17.5	19.5	0	0	4900	111.1	250
97	Limi argillosi	19.4	19.6	17.5	19.5	0	0	4610	137.2	250
98	Limi argillosi	19.6	19.8	17.5	19.5	0	0	2650	176.4	250
99	Limi argillosi	19.8	20	17.5	19.5	0	0	2160	84.9	250

Robertson e Wride (1997)

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

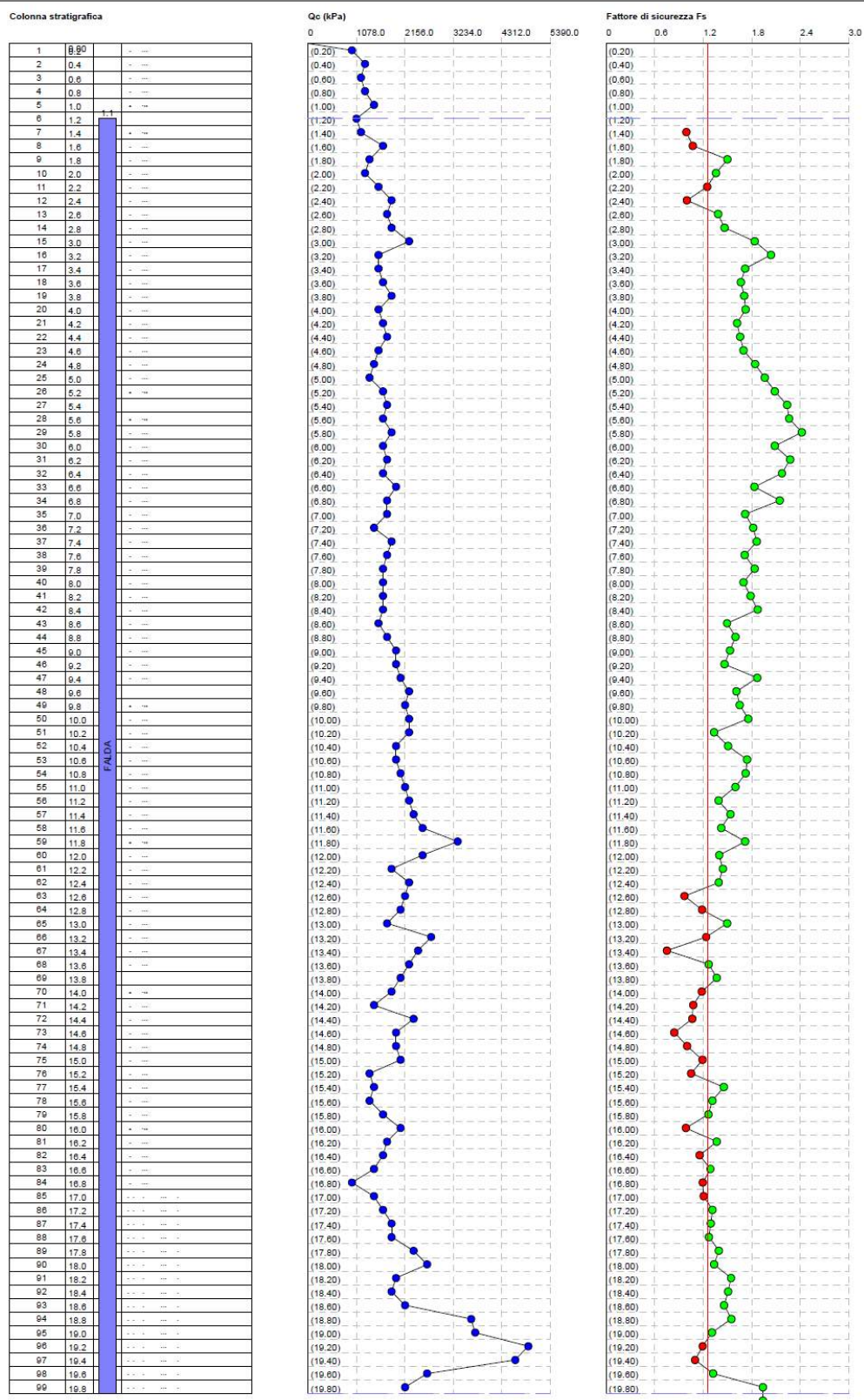
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzato o F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Rischio	
1.30	22.500	20.539	51.488	6.799	2.703		1.7	73.718	0.990	0.117	0.118	0.991	Basso
1.50	26.300	22.377	51.557	7.359	2.728		1.7	84.408	0.989	0.136	0.127	1.072	Molto basso
1.70	30.100	24.216	48.377	5.976	2.678		1.7	109.040	0.987	0.201	0.134	1.499	Molto basso
1.90	33.900	26.055	51.281	8.315	2.771		1.7	105.752	0.985	0.190	0.140	1.358	Molto basso
2.10	37.700	27.893	44.179	7.953	2.798		1.7	102.847	0.984	0.181	0.145	1.249	Molto basso
2.30	41.500	29.732	51.409	5.129	2.611		1.7	90.661	0.982	0.149	0.150	0.998	Basso
2.50	45.300	31.571	57.481	6.122	2.637		1.7	112.585	0.981	0.213	0.154	1.385	Molto basso
2.70	49.100	33.409	51.210	6.494	2.689		1.7	117.195	0.979	0.230	0.157	1.463	Molto basso
2.90	52.900	35.248	51.268	7.233	2.724		1.7	132.048	0.978	0.294	0.160	1.837	Molto basso
3.10	56.700	37.087	47.344	5.362	2.650		1.7	139.419	0.976	0.332	0.163	2.039	Molto basso
3.30	60.500	38.925	38.779	7.360	2.810		1.7	129.922	0.975	0.284	0.165	1.718	Molto basso
3.50	64.300	40.764	36.937	6.940	2.805		1.7	128.868	0.973	0.279	0.167	1.666	Molto basso
3.70	68.100	42.603	37.601	6.524	2.780		1.7	131.112	0.972	0.290	0.169	1.709	Molto basso
3.90	71.900	44.441	40.235	5.844	2.725		1.7	132.275	0.970	0.295	0.171	1.724	Molto basso
4.10	75.700	46.280	32.288	6.123	2.806		1.7	129.047	0.969	0.280	0.173	1.619	Molto basso
4.30	79.500	48.119	33.054	5.753	2.779		1.7	130.948	0.967	0.289	0.174	1.657	Molto basso
4.50	83.300	49.957	33.563	5.457	2.759		1.7	132.917	0.966	0.298	0.176	1.699	Molto basso
4.70	87.100	51.796	28.630	6.170	2.845		1.7	138.254	0.964	0.326	0.177	1.842	Molto basso
4.90	90.900	53.635	25.713	6.635	2.900		1.7	142.486	0.963	0.349	0.178	1.961	Molto basso
5.10	94.700	55.473	22.989	7.175	2.959		1.7	146.660	0.961	0.373	0.179	2.086	Molto basso
5.30	98.500	57.312	27.420	6.236	2.862		1.7	151.370	0.959	0.403	0.180	2.238	Molto basso
5.50	102.300	59.151	28.025	5.912	2.839	1.690596	152.380	0.958	0.409	0.181	2.263	Molto basso	

5.70	106.100	60.989	25.642	6.682	2.903	1.639629	156.935	0.956	0.439	0.182	2.421	basso
5.90	109.900	62.828	27.855	5.600	2.824	1.591645	147.769	0.955	0.380	0.182	2.086	Molto basso
6.10	113.700	64.667	24.066	6.715	2.924	1.54639	153.444	0.953	0.416	0.183	2.275	Molto basso
6.30	117.500	66.505	24.697	6.362	2.900	1.503637	150.817	0.952	0.399	0.183	2.175	Molto basso
6.50	121.300	68.344	22.660	5.908	2.905	1.463185	140.396	0.950	0.337	0.184	1.834	Molto basso
6.70	125.100	70.183	26.145	6.055	2.867	1.424852	150.404	0.949	0.396	0.184	2.149	Molto basso
6.90	128.900	72.021	22.647	5.610	2.890	1.388476	136.783	0.947	0.318	0.185	1.720	Molto basso
7.10	132.700	73.860	22.032	6.022	2.919	1.353911	140.369	0.946	0.337	0.185	1.819	Molto basso
7.30	136.500	75.699	17.616	7.349	3.049	1.321026	141.973	0.944	0.346	0.186	1.864	Molto basso
7.50	140.300	77.537	22.179	5.699	2.901	1.2897	136.908	0.943	0.319	0.186	1.713	Molto basso
7.70	144.100	79.376	20.358	6.467	2.966	1.259825	141.224	0.941	0.342	0.186	1.835	Molto basso
7.90	147.900	81.215	18.742	6.438	2.991	1.231303	136.533	0.940	0.317	0.187	1.697	Molto basso
8.10	151.700	83.053	18.281	6.883	3.018	1.204044	139.729	0.938	0.334	0.187	1.785	Molto basso
8.30	155.500	84.892	17.840	7.336	3.045	1.177965	142.768	0.937	0.351	0.187	1.874	Molto basso
8.50	159.300	86.731	17.418	6.057	2.996	1.152993	129.049	0.935	0.280	0.187	1.494	Molto basso
8.70	163.100	88.569	15.885	6.966	3.067	1.129057	133.238	0.933	0.300	0.188	1.600	Molto basso
8.90	166.900	90.408	17.621	6.152	2.997	1.106095	130.639	0.932	0.287	0.188	1.531	Molto basso
9.10	170.700	92.247	19.397	5.477	2.932	1.084048	127.931	0.930	0.275	0.188	1.463	Molto basso
9.30	174.500	94.086	18.977	6.950	3.009	1.062863	142.654	0.926	0.350	0.187	1.869	Molto basso
9.50	178.300	95.924	19.617	5.904	2.951	1.04249	133.362	0.920	0.301	0.187	1.611	Molto basso
9.70	182.100	97.763	21.152	5.687	2.915	1.022883	134.654	0.915	0.307	0.186	1.652	Molto basso
9.90	185.900	99.602	19.820	6.286	2.966	1.004001	138.148	0.910	0.325	0.185	1.756	Molto basso
10.10	189.700	101.440	20.310	4.757	2.877	0.9858023	121.403	0.904	0.246	0.184	1.336	Molto basso
10.30	193.500	103.279	19.912	5.402	2.920	0.9682521	128.424	0.899	0.277	0.184	1.507	Molto basso
10.50	197.300	105.118	16.769	7.040	3.052	0.9513158	136.979	0.894	0.319	0.183	1.743	Molto basso
10.70	201.100	106.956	16.445	7.056	3.059	0.9349617	136.122	0.888	0.315	0.182	1.726	Molto basso

10.90	204.900	108.795	17.051	6.339	3.016	0.9191605	131.177	0.883	0.290	0.181	1.598	Molto
11.10	208.700	110.634	17.638	5.355	2.957	0.9038845	122.505	0.878	0.251	0.181	1.390	basso
11.30	212.500	112.472	18.116	5.772	2.970	0.889108	128.261	0.872	0.276	0.180	1.536	Molto
11.50	216.300	114.311	18.666	5.207	2.930	0.8748068	123.335	0.867	0.254	0.179	1.422	basso
11.70	220.100	116.150	20.059	5.889	2.943	0.8609584	134.527	0.862	0.306	0.178	1.720	Molto
11.90	223.900	117.988	26.325	3.995	2.742	0.8475417	121.722	0.856	0.248	0.177	1.398	basso
12.10	227.700	119.827	19.380	5.064	2.910	0.8345366	123.341	0.851	0.255	0.176	1.443	Molto
12.30	231.500	121.666	13.385	6.417	3.099	0.8219246	120.914	0.846	0.244	0.176	1.392	basso
12.50	235.300	123.504	16.313	3.569	2.870	0.8096882	98.601	0.840	0.169	0.175	0.969	Basso
12.70	239.100	125.343	15.325	4.763	2.970	0.7978108	110.585	0.835	0.206	0.174	1.184	Molto
12.90	242.900	127.182	14.287	6.472	3.080	0.7862768	124.315	0.830	0.259	0.173	1.497	basso
13.10	246.700	129.020	11.729	6.046	3.126	0.7750715	112.565	0.824	0.213	0.172	1.237	Molto
13.30	250.500	130.859	19.024	2.101	2.679	0.7641811	80.556	0.819	0.129	0.171	0.752	basso
13.50	254.300	132.698	16.547	4.759	2.944	0.7535925	113.457	0.814	0.216	0.170	1.269	Molto
13.70	258.100	134.536	14.806	5.578	3.026	0.7432934	117.651	0.808	0.231	0.169	1.368	basso
13.90	261.900	136.375	13.185	5.089	3.039	0.7332721	108.541	0.803	0.199	0.168	1.183	Molto
14.10	265.700	138.214	11.535	4.918	3.075	0.7235172	102.449	0.798	0.180	0.167	1.076	basso
14.30	269.500	140.052	8.572	5.989	3.229	0.7140186	101.368	0.792	0.177	0.166	1.064	Molto
14.50	273.300	141.891	14.636	2.831	2.847	0.7047662	86.120	0.787	0.139	0.165	0.843	basso
14.70	277.100	143.730	11.709	4.272	3.032	0.6957505	96.897	0.782	0.165	0.164	1.001	Alto
14.90	280.900	145.568	11.535	5.449	3.103	0.6869625	107.152	0.776	0.194	0.163	1.190	Molto
15.10	284.700	147.407	12.044	4.416	3.031	0.6783937	99.160	0.771	0.171	0.162	1.051	basso
15.30	288.500	149.246	7.246	10.27	3.434	0.6700361	118.497	0.765	0.235	0.161	1.454	Molto
15.50	292.300	151.084	7.795	8.321	3.351	0.6618819	112.046	0.760	0.211	0.160	1.314	basso
15.70	296.100	152.923	7.022	8.520	3.392	0.6539239	109.279	0.755	0.201	0.159	1.263	Molto
15.90	299.900	154.762	8.853	4.766	3.157	0.6461548	93.514	0.749	0.156	0.158	0.985	basso
16.10	303.700	156.600	11.215	6.326	3.153	0.6385682	113.281	0.744	0.215	0.157	1.367	Basso
16.30	307.500	158.439	9.168	5.845	3.199	0.6311576	102.652	0.739	0.181	0.156	1.155	Molto
												basso

16.50	311.300	160.278	8.477	7.213	3.283	0.6239172	108.973	0.733	0.200	0.155	1.289	Molto basso
16.70	315.100	162.116	7.124	7.351	3.347	0.6168407	103.890	0.728	0.184	0.154	1.194	Molto basso
16.90	318.950	164.005	4.031	11.86	3.670	0.6097373	104.062	0.723	0.185	0.153	1.205	Molto basso
17.10	322.850	165.944	6.913	8.543	3.398	0.6026138	108.950	0.717	0.200	0.152	1.315	Molto basso
17.30	326.750	167.882	8.001	7.296	3.306	0.595655	107.478	0.712	0.195	0.151	1.293	Molto basso
17.50	330.650	169.821	9.006	6.408	3.230	0.588855	106.016	0.707	0.191	0.150	1.271	Molto basso
17.70	334.550	171.760	8.881	7.283	3.270	0.5822086	111.146	0.701	0.208	0.149	1.394	Molto basso
17.90	338.450	173.698	11.581	5.523	3.105	0.5757105	108.066	0.696	0.197	0.148	1.334	Molto basso
18.10	342.350	175.637	13.139	5.945	3.083	0.5693558	116.447	0.691	0.227	0.147	1.545	Molto basso
18.30	346.250	177.576	9.088	7.690	3.278	0.56314	114.518	0.685	0.220	0.146	1.507	Molto basso
18.50	350.150	179.514	8.411	7.789	3.307	0.5570583	112.151	0.680	0.211	0.145	1.459	Molto basso
18.70	354.050	181.453	9.953	7.237	3.230	0.5511066	115.235	0.675	0.222	0.144	1.548	Molto basso
18.90	357.950	183.392	17.842	3.793	2.856	0.5452808	104.563	0.669	0.186	0.143	1.307	Molto basso
19.10	361.850	185.331	18.120	3.308	2.814	0.5395767	98.442	0.664	0.169	0.141	1.193	Molto basso
19.30	365.750	187.269	24.212	2.450	2.635	0.5339909	92.755	0.659	0.154	0.140	1.099	Molto basso
19.50	369.650	189.208	22.411	3.236	2.736	0.5285195	103.916	0.653	0.184	0.139	1.324	Molto basso
19.70	373.550	191.146	11.909	7.749	3.191	0.5231591	126.444	0.648	0.268	0.138	1.940	Molto basso
19.90	0.000	0.000	11.909	7.749	3.191	0.5231591	126.444	0.648	0.268	0.138	1.940	Molto basso

IPL (Sonmez)=0.4 Zcrit=20 m Rischio=Basso



Si riporta di seguito una tabella riassuntiva

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2014)	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2008)	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (R&W 1997)	RISCHIO (Sonmez 2003)
CPTU1(2018)	0	0	/	MOLTO BASSO
CPT2(2015)	/	/	1.24	BASSO
CPT4(2015)	/	/	0.4	BASSO

Fig.47. Risultati analisi rischio liquefazione

Sulla base delle verifiche eseguite su più verticali di prova e con metodi diversi, e in condizioni cautelative ($a_g = 0.28g$), il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL risulta variabile da 0 a un massimo di 1.24 (molto basso/basso). Sulla base delle verifiche eseguite e dei risultati ottenuti, si ritiene che il rischio liquefazione per i terreni presenti nel sito sia da considerarsi molto basso.

18. SINTESI E CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto su incarico e per conto di AIMAG SPA e ha preso in considerazione aspetti paesaggistico ambientali, geomorfologici, idrogeologici, litostratigrafici e di pericolosità sismica dell'area oggetto di raccordo morfologico con aumento di volumetrie della parte est ed ovest della discarica di rifiuti non pericolosi di Medolla, sita in Via Campana.

Il progetto prevede un adeguamento della sola parte centrale della discarica esistente che va ad unirsi al settore EST e OVEST in continuità morfologica ai lotti adiacenti, esauriti.

Lo studio ha avuto lo scopo di:

- Fornire un'inquadramento, già in gran parte noto, paesaggistico ambientale, geomorfologico e geologico del sito di ubicazione;
- Caratterizzare la litologia superficiale e profonda della zona di intervento, utilizzando dati di bibliografia di studi precedenti e nuove indagini eseguite in sito e in laboratorio nell'agosto 2018;
- Parametrizzazione le proprietà geomeccaniche dei terreni nella zona di intervento;
- Condurre un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello sulla base di analisi sismiche dirette eseguite in sito nell'Agosto 2018, finalizzate all'elaborazione degli spettri di base e al calcolo della velocità di propagazione delle onde di taglio, in ottemperanza al DM 2008 Nuove NTC2018.

La discarica di rifiuti non pericolosi di Medolla si trova in Via Campana n. 16.

Il sito è censito al C.T.R. del Comune di Medolla nella SEZIONE (scala 1:10.000) n. 184130 MEDOLLA e TAVOLA 184SO MIRANDOLA.

L'area su cui verrà fatto l'intervento è mappata al Foglio n. 25 Mappale n. 41.

La discarica di Medolla è raggiungibile mediante Via Campana, una laterale di Via Roncaglio che si collega con la Strada Provinciale n. 5 Camposanto-Cavezzo.

I centri abitati più vicini sono :

Medolla a 3.5 Km a nord-nord-ovest

San Felice sul Panaro a 6 Km a nord-est

Camposanto a 5.50 Km a est – sud-est

La frazione di Solara di Bomporto a 5.2 Km a sud

San Prospero a 5.40 Km a sud-ovest

Cavezzo a 5.00 Km a ovest – nord-ovest

Nella carta di individuazione degli ambiti del PSC del comune di Medolla, Variante 2015, la zona di ubicazione dell'intervento è classificata in ambito ASSC "Ambiti specializzati per servizi esistenti consolidati" (Artt.55).

In adiacenza a Via Campana scorre un fosso ad uso promiscuo agricolo e irriguo che è la fossetta Campana, mentre all'estremità sud della discarica corre un altro fosso ad uso promiscuo irriguo e di scolo che è la fossetta Rovere.

L'intera area di discarica confina con terreni a destinazione agricola AVP, ad alto valore produttivo.

L'area di intervento non è soggetta ad alcun vincolo, come evidente nella Carta dei Vincoli e delle Tutele redatta per il PSC Comunale.

Dal punto di vista geomorfologico **la zona si trova ubicata su un area priva di morfostrutture** come evidenziato dall'analisi della carta 1.1 Tutele delle risorse paesaggistico e storico – culturali redatta per il PTCP 2009.

Dall'analisi della tavola Tav.1.2 del PTCP 2009 - Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio non risultano nell'area di interesse elementi di tutela. In corrispondenza del sito di discarica passa una direzione di collegamento ecologico.

Dal punto di vista geologico l'area è ubicata in un area dove affiorano depositi di **Area interfluviale e depositi di palude: Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti.**

In dettaglio **la litostratigrafia sintetica superficiale e profonda definita dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite in sito nel luglio 2018 dettagliate nel capitolo 10 e delle prove di bibliografia**, risulta omogenea sull'intera area tecnologica con alcune differenze negli spessori degli strati.

Da 0.00 a – 8.80/11.70 m : ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIAMENTE COMPATTE;

Da – 8.80/11.70 a – 17.00/20.20 m : ARGILLE LIMOSE COMPATTE;

Da – 17.00/20.20 a – 17.60/30.00m: LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI

Nella parte ovest si evidenzia un livello di sabbie che non continua nella parte est, dello spessore modesto variabile da 17.60 ÷ 20.20 m nella CPTU DEL 1997; 28.40 ÷ 30.40 m nel sondaggio S1 del 2006 –da 25.60 ÷ 26.30 m nel sondaggio S1 del 2018.

DA – 20.20/30.00 A – 38/51 m ARGILLA A TRATTI LIMOSA COMPATTA.

DA – 38/51 m SABBIA FINE.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale
0.00 – 9.00/11.70	ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIAMENTE COMPATTE
9.00/11.70 – 17.00/20.20	ARGILLE LIMOSE COMPATTE
17.00/20.20 – 25.60/30.00	LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI
25.60 – 26.30	LIVELLO DI SABBIE SCIOLTE
25.60/30.00 – 38.00/51.00	ARGILLE A TRATTI LIMOSE COMPATTE
38.00/51.00 – 56.00	SABBIE FINI

La quota minima di inizio delle sabbie nell'intera area, si posiziona a - 38.00 m dal pc. Sulla base delle considerazioni e delle analisi eseguite, considerando che variazioni di spessore modeste (inferiori al metro) fanno parte di un normale processo di sedimentazione laminare differenziato che ha generato i depositi alluvionali dove si trova la zona di completamento si ritiene che la stratigrafia superficiale e profonda dei terreni ampiamente studiata, sia sostanzialmente omogenea in tutta l'area di progetto.

L'analisi idrogeologica locale identifica il primo acquifero di natura sabbiosa a partire da una profondità minima di -38.00 m quando iniziano le prime sabbie limose passanti a sabbie medie e fini non continue.

In dettaglio il primo acquifero presente nel sito e facente parte del gruppo acquifero A1 è costituito da sabbie da fini a medie ubicato al di sotto dei 38/51 metri di profondità. I terreni più superficiali sono costituiti da argille e limi argillosi impermeabili. Si tratta quindi di un acquifero in pressione confinato al tetto da litologie coesive impermeabili. Nei sedimenti più superficiali di natura argillosa e limo-argillosa sono presenti livelli limosi nei quali si ha una circolazione idrica lenta e poco significativa causa della bassa permeabilità dei depositi ospitanti (complesso Acquifero denominato A0) .

Tale orizzonte freatico assume caratteristiche di acquitrando e non di acquifero ed è prevalentemente alimentato dalle infiltrazioni meteoriche dalla superficie che risultano massime nelle zone agricole e minime nelle aree urbanizzate dove sono presenti coperture impermeabili.

I terreni coesivi sovrastanti l'acquifero svolgono un'azione di protezione nei confronti di una eventuale migrazione verso la falda sotterranea ubicata a partire dalla quota minima di - 38.00 metri, infatti con riferimento alla cartografia redatta per il PTCP (2009), si evince come l'area oggetto di studio viene classificata a "Vulnerabilità Molto Bassa".

A seguito delle indicazioni del D. Lgs n. 36 che richiede la verifica della caratteristiche di permeabilità K dei terreni che costituiscono la barriera geologica naturale mediante diverse metodologie di analisi, la conducibilità idraulica degli strati argillosi e argillo-limosi dei terreni in sito è stata misurata, in questa campagna di indagini, con prove in sito e in laboratorio.

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU, sono state eseguite 2 prove di dissipazione delle pressioni interstiziali per la misurazione delle permeabilità orizzontali.

Nei tre campioni indisturbati prelevati durante l'esecuzione del sondaggio geognostico alla profondità di 3.00 ÷ 3.60 m; 13 ÷ 13.60 m; e 23.00 ÷ 23.60 m è stata eseguita una prova edometrica con calcolo delle permeabilità verticali.

Si riportano di seguito le permeabilità misurate con entrambi i metodi alle varie quote, prendendo per le permeabilità verticali i valori più cautelativi:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	PERMEABILITA' K verticale (cm/s)	PERMEABILITA' K orizzontale (cm/s)
0.00 - 9.00/11.70	ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIAMENTE COMPATTE	2.55×10^{-7}	1.74×10^{-8}
9.00/11.70 - 17.00/20.20	ARGILLE LIMOSE COMPATTE	7.49×10^{-8}	3.58×10^{-8}
17.00/20.20 - 25.60/30.00	LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI	/	4.81×10^{-8}

I risultati sui valori di permeabilità misurati evidenziano una **barriera naturale caratterizzata da uno spessore significativo di oltre 30.00 metri di orizzonti argillosi e argillo limosi impermeabili.**

La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo, la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato la determinazione del valore della frequenza fondamentale del sito si basano su analisi sismiche dirette eseguite in sito.

La campagna di prospezione geofisica che permette di definire la vulnerabilità naturale degli strati superficiali e profondi in caso di moto sismico è stata eseguita mediante sismica attiva multicanale (MASW), passiva multicanale (ESAC) e a stazione singola (HVSr) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle $V_{\text{Sequivalenti}}$.

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo riscontrato il picco stratigrafico caratteristico alla **frequenza fondamentale di 0.9 Hz e periodo caratteristico di 1.11 s che indica un contrasto di impedenza significativo ($H/V > 3$) alla quota di 130/150 m di profondità.**

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (22 Marzo 2018) § 3.2.2.:

"I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove..... La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$:"

Il profilo di V_s con la profondità e il valore di $V_{s,eq}$ è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT e CPTU .

$V_{s,eq} = V_{s(30)}$: 209 m/s

Sulla base delle seguenti considerazioni:

- **interpretazione litostratigrafica del sito caratterizzata da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità,**
- **profondità del substrato oltre i 30 metri,**
- **valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s definiti da prove sismiche in sito,**
- **manca nel profilo stratigrafico di inversioni delle velocità delle onde sismiche.**

Conformemente alla Normativa, secondo l'approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento il sito si classifica in categoria C ($V_{s,eq} = V_{s(30)}$: 209 m/s) .

Considerato, però, che la Legge Regionale n. 19 del 30/10/2009 nell'allegato B (B.2.3.2) inserisce le discariche come opera infrastrutturale che può assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso in caso di evento sismico per determinare gravi conseguenze in termini di danni ambientali, si è ritenuto corretto eseguire un'analisi di risposta sismica locale mediante modellazione numerica con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati al fine di fornire i parametri spettrali con analisi di terzo livello e non definire l'azione sismica tramite l'approccio semplificato con categoria di suolo C.

Il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello è eseguito in ottemperanza all'allegato A4 della DGR 2193/2015.

La ricostruzione accurata del modello geologico e geofisico è desumibile dai dati geologici riportati nella presente relazione e dai risultati delle indagini geognostiche e sismiche che ha permesso la ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio fino al substrato di terreno molto rigido caratterizzato dalla velocità delle onde di taglio > 800 m/s.

L'analisi di risposta sismica locale è stata effettuata con il programma EERA [Bardet et al., 2000], che fa riferimento ad un modello costitutivo del terreno di tipo viscoelastico lineare-equivalente.

Per poter effettuare tali analisi, è necessario definire l'azione sismica da applicare al substrato roccioso, rappresentata da un numero prefissato di registrazioni accelerometriche. Si sono utilizzati accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC 08 e NTC 2018) selezionato da banche accelerometriche digitali (ITACA 2008), imponendo i criteri di scelta e spettro-compatibilità imposti dalle NTC 08.

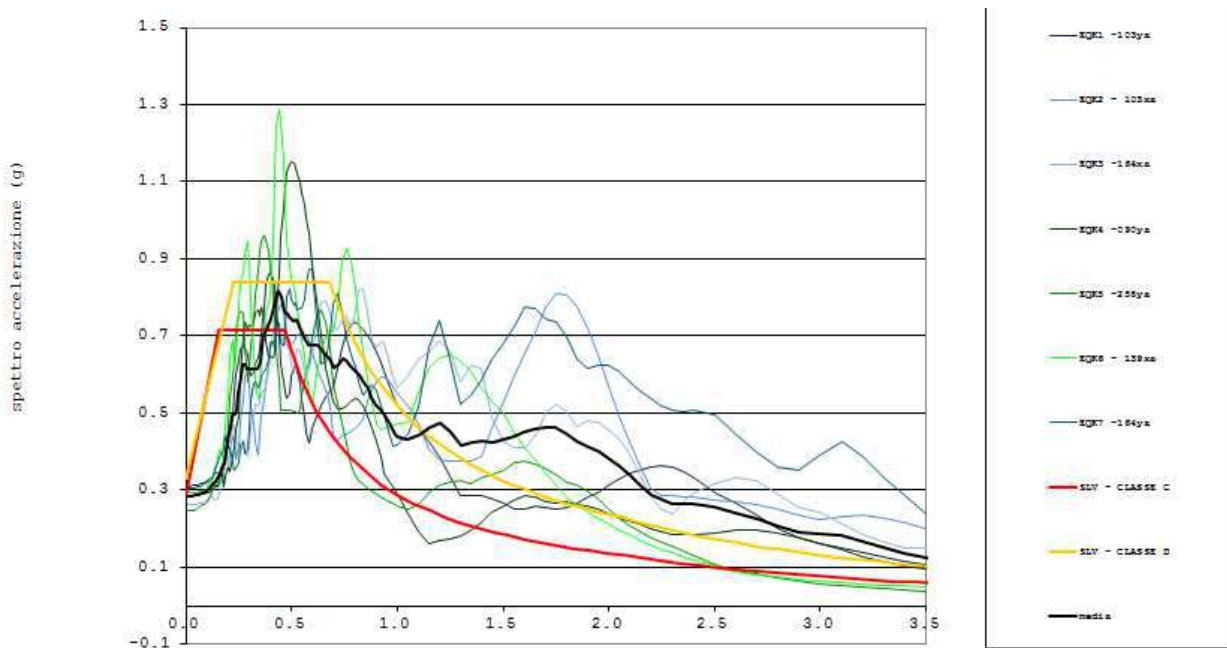
Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo $M=6.13$ e distanza epicentrale $d=19$ km.

La modellazione numerica ha il fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 949 anni (classe d'uso IV) e smorzamento $\xi = 5\%$.

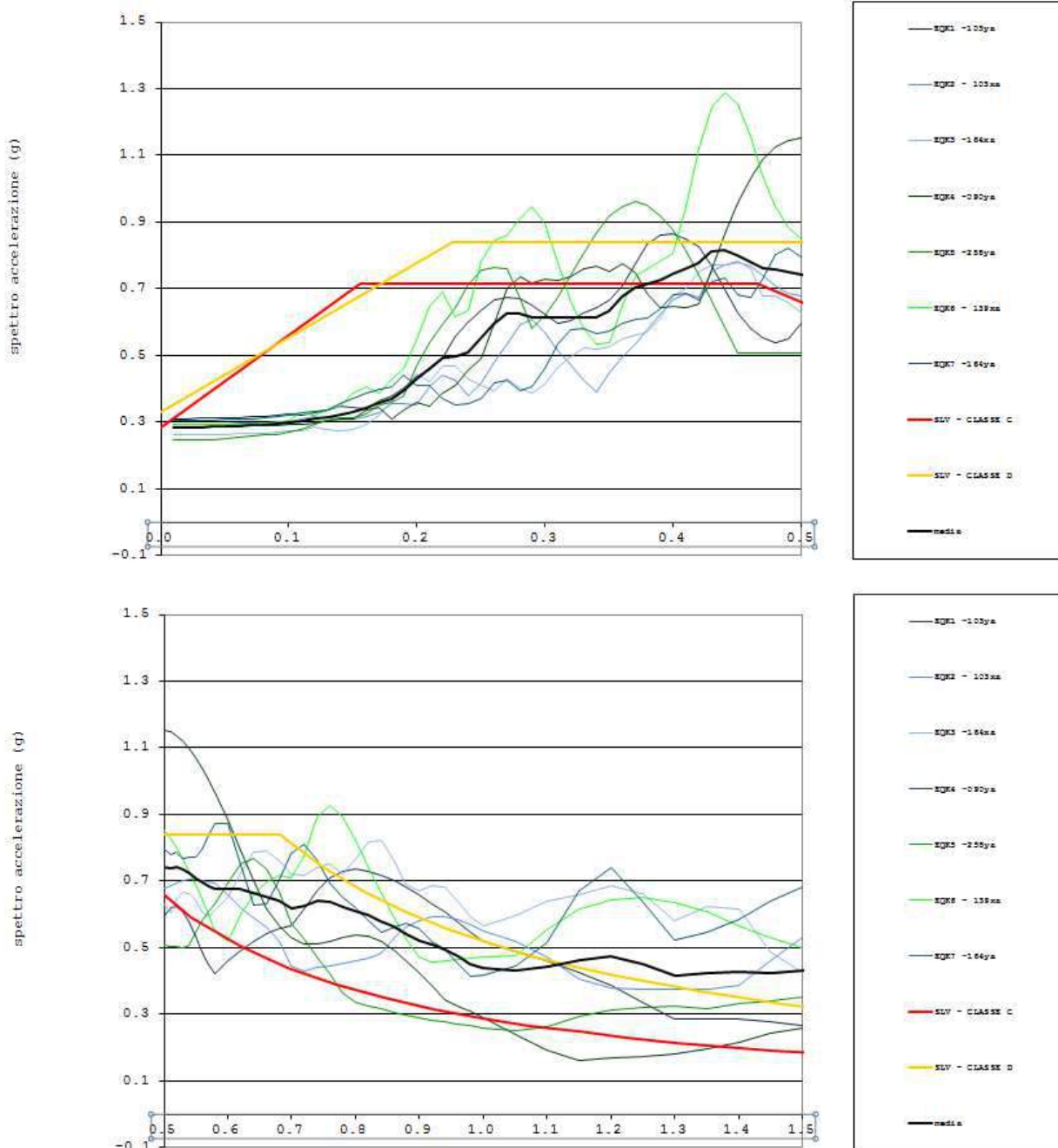
Si definiscono così i fattori amplificativi espressi come rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito (PGA/PGA_0).

I sette spettri attesi e lo spettro medio con periodo di ritorno di 949 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio, sono indicati nella figura di seguito riprodotta.

Gli spettri vengono confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C, per un suolo di tipo D (classe d'uso IV).



Nelle figure di seguito vengono riportate gli spettri medi ottenuti in superficie fino a $T=0.5$ s (primo grafico) e da $T=0.5$ s a $T=1.5$ s (secondo grafico) e confrontati con gli spettri di norma di tipo C e D.



Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media sono indicati nella tabella di seguito. Il valore dell'accelerazione media $a_g = 0.28$ è il valore che verrà utilizzato per le verifiche di stabilità in condizioni sismiche.

	EQK1 103xa	EQK2 103ya	EQK3 164xa	EQK4 164ya	EQK5 388xa	EQK6 606ya	EQK7 813xa	Media
ag max	0.31	0.29	0.26	0.28	0.25	0.29	0.30	0.28

Si riportano inoltre di seguito, secondo quanto indicato nella DGR n.2193 il fattore di amplificazione PGA/PGA_0 (rapporti di accelerazione massima orizzontale calcolati in riferimento al valore massimo di PGA desunto dall'accelerogramma calcolato per ognuno dei 7 sismogrammi normalizzati e il valore di PGA_0 pari a 0.203g) in relazione alla modellazione di suolo adottata e anche i fattori dell'Intensità spettrale di Housner IS per 0.1-0.5 s, 0.5-1 s.

	103YA	103XA	164XA	090YA	258YA	139XA	164YA	Media
Fattore di amplificazione PGA/PGA ₀	1.53	1.45	1.29	1.40	1.21	1.44	1.50	1.40
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,1 - 0,5 s	1.38	1.23	1.22	1.38	1.40	1.26	1.22	1.30
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,5 - 1 s	1.74	1.58	1.49	1.74	1.82	1.71	1.49	1.65

Dall'analisi di risposta sismica locale risulta che l'accelerazione media per i 7 sismi di riferimento è pari a **0.28g** e il fattore di amplificazione **PGA/PGA₀ = 1.40**.

Quindi considerando :

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla tabella 7.2.1 delle NTC = 0.24

$k_h=0.067$

$k_v = \pm 0.5 * k_h = 0.033$

Considerata l'importanza dell'opera, anche se i terreni del suolo e del sottosuolo riscontrati nel sito fino alla profondità di - 20.00 metri sono argillosi e limo argillosi, cautelativamente, si sono eseguite verifiche per definire la stabilità del progetto nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Sulle stratigrafie riscontrate sulle verticali delle prove penetrometriche statiche meccaniche ed elettriche è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

In ottemperanza a quanto indicato al punto A2.2 della **DGR 2193 del 21/12/2015** che detta *"Metodo basato sui risultati di prove CPTe/CPTu (Boulanger e Idriss, 2014) " "Tutti i metodi semplificati di stima del rischio liquefazione che utilizzano i risultati di prove penetrometriche statiche sono calibrati sull'apparecchiatura a punta elettrica..."*

In data 25/08/2018 è stata eseguita in sito, una prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU, spinta a 20.00 m dal p.c., su cui è stata eseguita la verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati" in condizioni di "free field".

L'accelerazione utilizzata nelle verifiche è l'accelerazione media definita dall'analisi della risposta sismica locale sotto l'azione sismica di riferimento $a_{max} = 0.28g$.

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione IPL .

Secondo la classificazione di Sonmez (2003) adottata dalla Regione Emilia-Romagna, risulta che:

IL = 0 il rischio di liquefazione è molto basso;

0 < IL < 2 il rischio di liquefazione è basso;

2 ≤ IL < 5 il rischio di liquefazione è moderato;

5 ≤ IL < 15 il rischio di liquefazione è elevato;

IL ≥ 15 il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

La magnetudo attesa considerata è quella della zona sismogenetica $M_w = 6.14$ (M_w max Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS).

La profondità della falda freatica considerata è quella più superficiale fra quelle misurate in sito durante l'esecuzione delle indagini realizzate in periodi stagionali e anni diversi, da come indicato nella punto A della DGR 2193.

Il livello di falda freatica considerato è pari a - 1.10 m dal p.c.

Le verifiche sulle prove CPTU sono state effettuate, con due metodi con il software Liquiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software

I metodi di analisi utilizzati sono:

Idriss e Boulanger (2008) indicato al punto 3.3 della determinazione regionale n. 1105 del 03/02/2014 come *“quello meglio compatibile con gli effetti osservati in sito dal confronto fra i vari metodi utilizzati dal gruppo di lavoro che ha effettuato la microzonazione sismica di cui all'Ordinanza del Commissario delegato n. 70/2012*

Idriss e Boulanger (2014) consigliato nell'allegato 3 della DGR

La resistenza alla liquefazione è stata valutata anche sulle 2 prove CPT eseguite nell'aprile 2015 con il **metodo di Robertson e Wride (1997)**.

Il software utilizzato è Liquiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software.

Per ogni verifica viene riportato il fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione e l'indice IPL alla profondità di - 20.00 m .

Si riportano nella tabella di seguito i risultati ottenuti:

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2014)	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2008)	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (R&W 1997)	RISCHIO (Sonmez 2003)
CPTU1(2018)	0	0	/	MOLTO BASSO
CPT2(2015)	/	/	1.24	BASSO
CPT4(2015)	/	/	0.4	BASSO

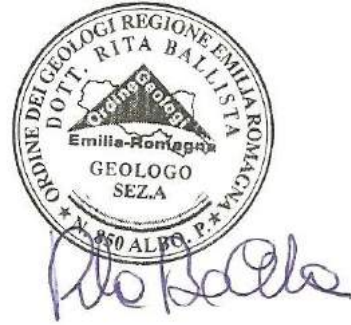
Sulla base delle verifiche eseguite su più verticali di prova e con metodi diversi, e in condizioni cautelative ($ag = 0.28g$), il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL risulta variabile da 0 a un massimo di 1.24 (molto basso/basso). Sulla base delle verifiche eseguite e dei risultati ottenuti, si ritiene che il rischio liquefazione per i terreni presenti nel sito sia da considerarsi molto basso.

Per quanto riguarda i cedimenti post sismici, i terreni presenti nel suolo e sottosuolo del sito di intervento sono terreni coesivi del tipo B3 rispetto a quanto indicato nell'allegato 3 della DGR 2193/2015.

Si tratta però di terreni coesivi compatti a bassa plasticità, come evidente dall'analisi di laboratorio (limiti di Atterberg, classificazione di Casagrande e prova triassiale C.I.U.) eseguiti sui 3 campioni indisturbati prelevati durante il sondaggio che evidenziano valori di $c_u \geq 70$ kPa.

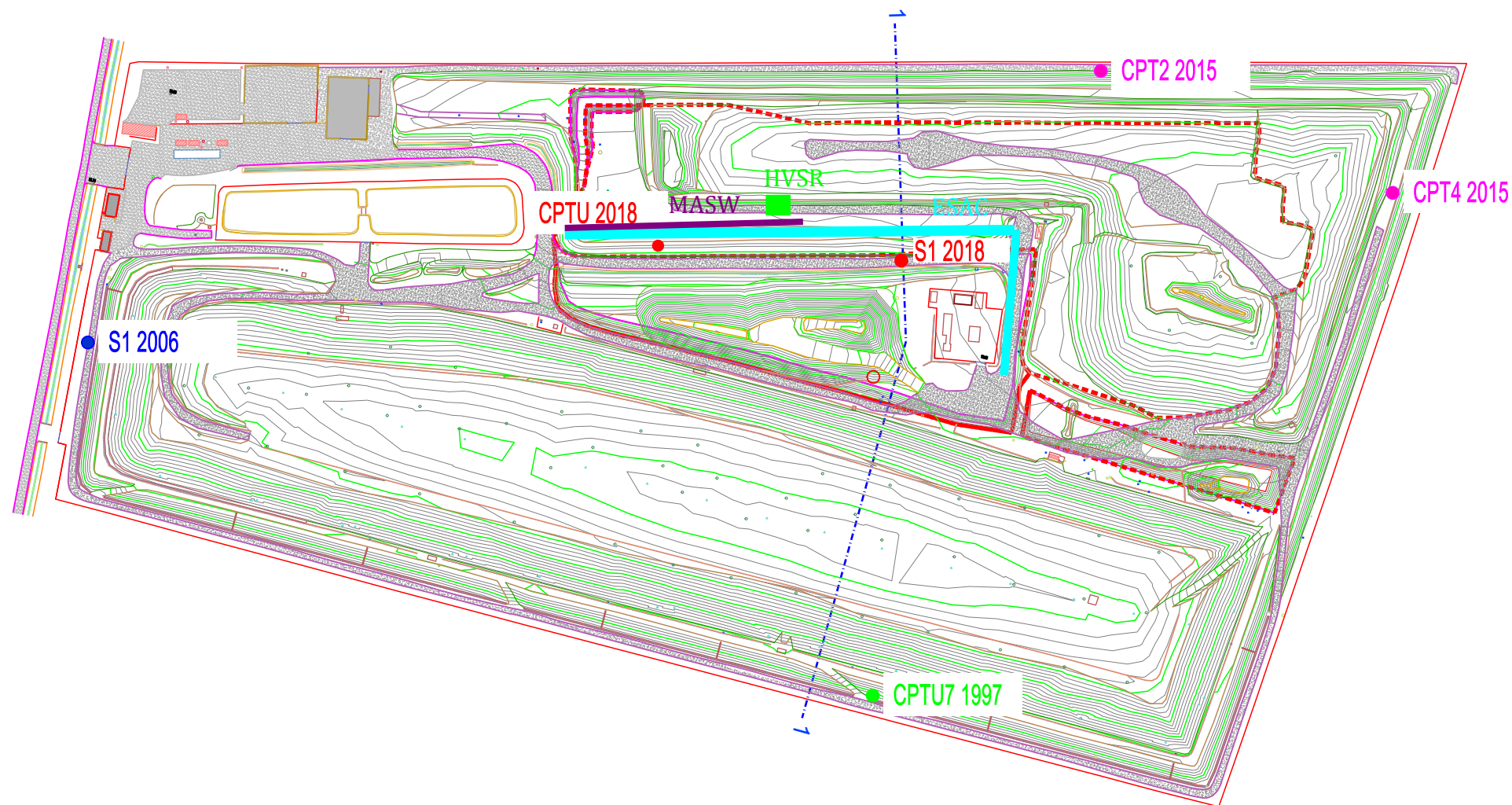
Non si stimano quindi cedimenti permanenti post sismici per i terreni presenti nel sito di intervento.

Dott. Geol. RITA BALLISTA



ALLEGATI

- ALL. n. 1 – UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE SISMICHE ESEGUITE IN SITO
- ALL. n. 2 – DIAGRAMMI E LETTURE DI CAMPAGNA PROVE PENETROMETRICHE STATICHE MECCANICHE CPT DI BIBLIOGRAFIA
- ALL. n. 3 – VALUTAZIONI LITOLOGICHE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
- ALL. n. 4 – PARAMETRI GEOTECNICI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
- ALL. n. 5 – DIAGRAMMI E LETTURE DI CAMPAGNA PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU
- ALL. n. 6 – DIAGRAMMI PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU DI BIBLIOGRAFIA
- ALL. N. 7 – SCHEDA STRATIGRAFICA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1 E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- ALL. n. 8 – SCHEDA STRATIGRAFICA SONDAGGIO DI BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- ALL. n. 9 – RISULTATI PROVE DI LABORATORIO
- ALL. n. 10 – PROVE DI DISSIPAZIONE PRESSIONI INTERSTIZIALI PER IL CALCOLO DELLE PERMEABILITA'
- ALL. n. 11 – RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA A FIRMA DEL GEOL. LORENZO DEL MASCHIO
- ALL. n. 12 – SEZIONI NORD-SUD E EST-OVEST CON DEFINIZIONE DELLE STRATIGRAFIE DELL'AMPLIAMENTO DI PROGETTO



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

ALL. N.2

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN



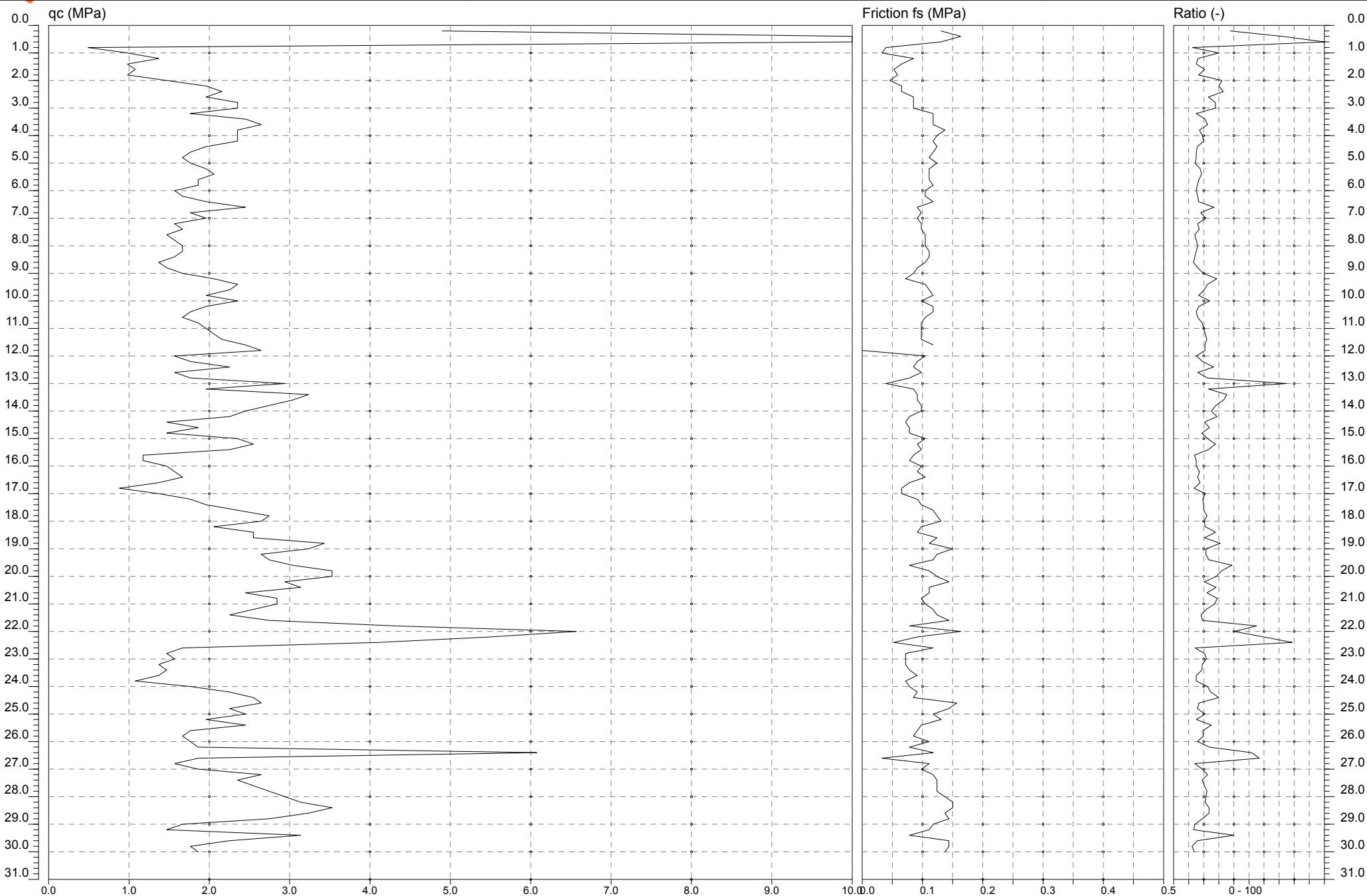
ROGETTI

GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: AIMAG S.P.A.
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana
Data: 09/04/2015

Quota:
Preforo:
Falda: non rilevata

Prova n° 2



30.000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

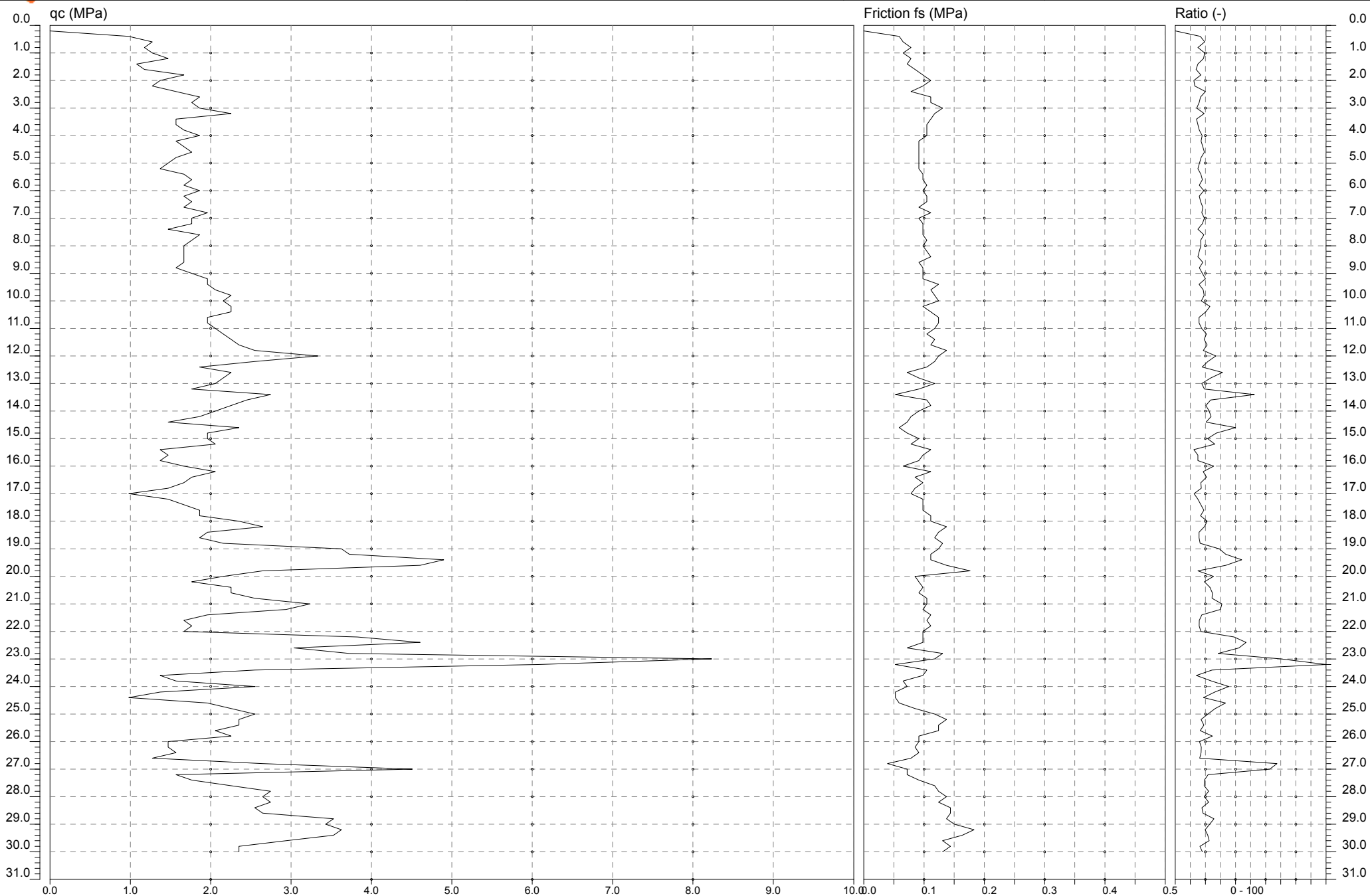


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: AIMAG S.P.A.
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana
Data: 09/04/2015

Quota:
Preforo:
Falda: non rilevata

Prova n° 4



30.000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	041-2015

Committente: AIMAG S.P.A.	U.M.: MPa	Data esec.: 10/04/2015
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana	Pagina: 1	
Località: MEDOLLA discarica Via Campana	Elaborato:	Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	50.0	70.0		4.9	167.00	30	3.3	15.20	26.0	40.0		2.5	100.00	26	3.8
0.40	120.0	145.0		11.8	133.00	90	1.1	15.40	23.0	38.0		2.3	87.00	26	3.8
0.60	140.0	160.0		13.7	40.00	350	0.3	15.60	12.0	25.0		1.2	80.00	15	6.7
0.80	5.0	11.0		0.5	33.00	15	6.6	15.80	12.0	24.0		1.2	100.00	12	8.3
1.00	10.0	15.0		1.0	87.00	11	8.7	16.00	15.0	30.0		1.5	93.00	16	6.2
1.20	14.0	27.0		1.4	67.00	21	4.8	16.20	16.0	30.0		1.6	107.00	15	6.7
1.40	10.0	20.0		1.0	53.00	19	5.3	16.40	17.0	33.0		1.7	80.00	21	4.7
1.60	11.0	19.0		1.1	60.00	18	5.5	16.60	14.0	26.0		1.4	67.00	21	4.8
1.80	10.0	19.0		1.0	47.00	21	4.7	16.80	9.0	19.0		0.9	67.00	13	7.4
2.00	15.0	22.0		1.5	67.00	22	4.5	17.00	14.0	24.0		1.4	93.00	15	6.6
2.20	20.0	30.0		2.0	67.00	30	3.4	17.20	18.0	32.0		1.8	100.00	18	5.6
2.40	22.0	32.0		2.2	87.00	25	4.0	17.40	20.0	35.0		2.0	120.00	17	6.0
2.60	20.0	33.0		2.0	87.00	23	4.4	17.60	24.0	42.0		2.4	127.00	19	5.3
2.80	24.0	37.0		2.4	87.00	28	3.6	17.80	28.0	47.0		2.7	133.00	21	4.8
3.00	24.0	37.0		2.4	120.00	20	5.0	18.00	27.0	47.0		2.6	100.00	27	3.7
3.20	18.0	36.0		1.8	120.00	15	6.7	18.20	21.0	36.0		2.1	93.00	23	4.4
3.40	25.0	43.0		2.5	120.00	21	4.8	18.40	26.0	40.0		2.5	127.00	20	4.9
3.60	27.0	45.0		2.6	140.00	19	5.2	18.60	26.0	45.0		2.5	113.00	23	4.3
3.80	24.0	45.0		2.4	127.00	19	5.3	18.80	35.0	52.0		3.4	153.00	23	4.4
4.00	24.0	43.0		2.4	120.00	20	5.0	19.00	33.0	56.0		3.2	127.00	26	3.8
4.20	24.0	42.0		2.4	127.00	19	5.3	19.20	27.0	46.0		2.6	120.00	23	4.4
4.40	20.0	39.0		2.0	120.00	17	6.0	19.40	28.0	46.0		2.7	80.00	35	2.9
4.60	18.0	36.0		1.8	113.00	16	6.3	19.60	31.0	43.0		3.0	113.00	27	3.6
4.80	17.0	34.0		1.7	127.00	13	7.5	19.80	36.0	53.0		3.5	127.00	28	3.5
5.00	18.0	37.0		1.8	113.00	16	6.3	20.00	36.0	55.0		3.5	147.00	24	4.1
5.20	20.0	37.0		2.0	113.00	18	5.7	20.20	30.0	52.0		2.9	113.00	27	3.8
5.40	21.0	38.0		2.1	113.00	19	5.4	20.40	32.0	49.0		3.1	113.00	28	3.5
5.60	19.0	36.0		1.9	120.00	16	6.3	20.60	25.0	42.0		2.5	100.00	25	4.0
5.80	19.0	37.0		1.9	107.00	18	5.6	20.80	29.0	44.0		2.8	107.00	27	3.7
6.00	16.0	32.0		1.6	107.00	15	6.7	21.00	29.0	45.0		2.8	120.00	24	4.1
6.20	17.0	33.0		1.7	120.00	14	7.1	21.20	26.0	44.0		2.5	127.00	20	4.9
6.40	20.0	38.0		2.0	93.00	22	4.7	21.40	23.0	42.0		2.3	147.00	16	6.4
6.60	25.0	39.0		2.5	100.00	25	4.0	21.60	28.0	50.0		2.7	80.00	35	2.9
6.80	18.0	33.0		1.8	93.00	19	5.2	21.80	44.0	56.0		4.3	167.00	26	3.8
7.00	20.0	34.0		2.0	100.00	20	5.0	22.00	67.0	92.0		6.6	93.00	72	1.4
7.20	16.0	31.0		1.6	100.00	16	6.3	22.20	56.0	70.0		5.5	53.00	106	0.9
7.40	17.0	32.0		1.7	107.00	16	6.3	22.40	42.0	50.0		4.1	120.00	35	2.9
7.60	15.0	31.0		1.5	107.00	14	7.1	22.60	17.0	35.0		1.7	73.00	23	4.3
7.80	16.0	32.0		1.6	107.00	15	6.7	22.80	15.0	26.0		1.5	73.00	21	4.9
8.00	17.0	33.0		1.7	113.00	15	6.6	23.00	16.0	27.0		1.6	73.00	22	4.6
8.20	17.0	34.0		1.7	113.00	15	6.6	23.20	14.0	25.0		1.4	80.00	18	5.7
8.40	16.0	33.0		1.6	107.00	15	6.7	23.40	15.0	27.0		1.5	93.00	16	6.2
8.60	14.0	30.0		1.4	93.00	15	6.6	23.60	14.0	28.0		1.4	73.00	19	5.2
8.80	15.0	29.0		1.5	87.00	17	5.8	23.80	11.0	22.0		1.1	80.00	14	7.3
9.00	17.0	30.0		1.7	73.00	23	4.3	24.00	18.0	30.0		1.8	93.00	19	5.2
9.20	21.0	32.0		2.1	107.00	20	5.1	24.20	23.0	37.0		2.3	87.00	26	3.8
9.40	24.0	40.0		2.4	113.00	21	4.7	24.40	26.0	39.0		2.5	160.00	16	6.2
9.60	23.0	40.0		2.3	120.00	19	5.2	24.60	27.0	51.0		2.6	147.00	18	5.4
9.80	20.0	38.0		2.0	100.00	20	5.0	24.80	23.0	45.0		2.3	120.00	19	5.2
10.00	24.0	39.0		2.4	120.00	20	5.0	25.00	25.0	43.0		2.5	133.00	19	5.3
10.20	20.0	38.0		2.0	120.00	17	6.0	25.20	20.0	40.0		2.0	100.00	20	5.0
10.40	18.0	36.0		1.8	107.00	17	5.9	25.40	25.0	40.0		2.5	93.00	27	3.7
10.60	17.0	33.0		1.7	100.00	17	5.9	25.60	18.0	32.0		1.8	87.00	21	4.8
10.80	19.0	34.0		1.9	100.00	19	5.3	25.80	17.0	30.0		1.7	113.00	15	6.6
11.00	20.0	35.0		2.0	100.00	20	5.0	26.00	18.0	35.0		1.8	80.00	23	4.4
11.20	21.0	36.0		2.1	100.00	21	4.8	26.20	19.0	31.0		1.9	120.00	16	6.3
11.40	22.0	37.0		2.2	120.00	18	5.5	26.40	62.0	80.0		6.1	33.00	188	0.5
11.60	25.0	43.0		2.5	0.00	18	0.0	26.60	19.0	24.0		1.9	113.00	17	5.9
11.80	27.0	27.0		2.6	107.00	25	4.0	26.80	16.0	33.0		1.6	100.00	16	6.3
12.00	16.0	32.0		1.6	93.00	17	5.8	27.00	19.0	34.0		1.9	120.00	16	6.3
12.20	18.0	32.0		1.8	87.00	21	4.8	27.20	27.0	45.0		2.6	127.00	21	4.7
12.40	23.0	36.0		2.3	100.00	23	4.3	27.40	24.0	43.0		2.4	127.00	19	5.3
12.60	16.0	31.0		1.6	80.00	20	5.0	27.60	26.0	45.0		2.5	127.00	20	4.9
12.80	18.0	30.0		1.8	40.00	45	2.2	27.80	28.0	47.0		2.7	140.00	20	5.0
13.00	30.0	36.0		2.9	87.00	34	2.9	28.00	30.0	51.0		2.9	153.00	20	5.1
13.20	20.0	33.0		2.0	93.00	22	4.7	28.20	32.0	55.0		3.1	153.00	21	4.8
13.40	33.0	47.0		3.2	93.00	35	2.8	28.40	36.0	59.0		3.5	140.00	26	3.9
13.60	31.0	45.0		3.0	100.00	31	3.2	28.60	33.0	54.0		3.2	147.00	22	4.5
13.80	28.0	43.0		2.7	100.00	28	3.6	28.80	28.0	50.0		2.7	120.00	23	4.3
14.00	25.0	40.0		2.5	80.00	31	3.2	29.00	17.0	35.0		1.7	113.00	15	6.6
14.20	23.0	35.0		2.3	73.00	32	3.2	29.20	15.0	32.0		1.5	80.00	19	5.3
14.40	15.0	26.0		1.5	80.00	19	5.3	29.40	32.0	44.0		3.1	147.00	22	4.6
14.60	19.0	31.0		1.9	80.00	24	4.2	29.60	23.0	45.0		2.3	147.00	16	6.4
14.80	15.0	27.0		1.5	107.00	14	7.1	29.80	18.0	40.0		1.8	140.00	13	7.8
15.00	24.0	40.0		2.4	93.00	26	3.9	30.00	19.0	40.0		1.9			

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata
 alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	4
	riferimento	041-2015

Committente: AIMAG S.P.A.	U.M.: MPa	Data esec.: 09/04/2015
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana	Pagina: 1	
Località: MEDOLLA discarica Via Campana	Elaborato:	Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.0	60.00	0		15.20	21.0	33.0		2.1	113.00	19	5.4
0.40	10.0	19.0		1.0	67.00	15	6.7	15.40	14.0	31.0		1.4	100.00	14	7.1
0.60	13.0	23.0		1.3	80.00	16	6.2	15.60	15.0	30.0		1.5	93.00	16	6.2
0.80	12.0	24.0		1.2	67.00	18	5.6	15.80	14.0	28.0		1.4	67.00	21	4.8
1.00	13.0	23.0		1.3	80.00	16	6.2	16.00	17.0	27.0		1.7	113.00	15	6.6
1.20	15.0	27.0		1.5	73.00	21	4.9	16.20	21.0	38.0		2.1	87.00	24	4.1
1.40	11.0	22.0		1.1	87.00	13	7.9	16.40	18.0	31.0		1.8	100.00	18	5.6
1.60	12.0	25.0		1.2	100.00	12	8.3	16.60	17.0	32.0		1.7	87.00	20	5.1
1.80	17.0	32.0		1.7	113.00	15	6.6	16.80	15.0	28.0		1.5	80.00	19	5.3
2.00	14.0	31.0		1.4	100.00	14	7.1	17.00	10.0	22.0		1.0	100.00	10	10.0
2.20	13.0	28.0		1.3	80.00	16	6.2	17.20	15.0	30.0		1.5	100.00	15	6.7
2.40	16.0	28.0		1.6	113.00	14	7.1	17.40	17.0	32.0		1.7	100.00	17	5.9
2.60	19.0	36.0		1.9	113.00	17	5.9	17.60	19.0	34.0		1.9	113.00	17	5.9
2.80	18.0	35.0		1.8	133.00	14	7.4	17.80	19.0	36.0		1.9	113.00	17	5.9
3.00	19.0	39.0		1.9	120.00	16	6.3	18.00	24.0	41.0		2.4	140.00	17	5.8
3.20	23.0	41.0		2.3	113.00	20	4.9	18.20	27.0	48.0		2.6	127.00	21	4.7
3.40	16.0	33.0		1.6	107.00	15	6.7	18.40	20.0	39.0		2.0	120.00	17	6.0
3.60	16.0	32.0		1.6	107.00	15	6.7	18.60	19.0	37.0		1.9	133.00	14	7.0
3.80	17.0	33.0		1.7	107.00	16	6.3	18.80	22.0	42.0		2.2	127.00	17	5.8
4.00	19.0	35.0		1.9	93.00	20	4.9	19.00	37.0	56.0		3.6	113.00	33	3.1
4.20	16.0	30.0		1.6	93.00	17	5.8	19.20	38.0	55.0		3.7	113.00	34	3.0
4.40	17.0	31.0		1.7	93.00	18	5.5	19.40	50.0	67.0		4.9	140.00	36	2.8
4.60	18.0	32.0		1.8	93.00	19	5.2	19.60	47.0	68.0		4.6	180.00	26	3.8
4.80	16.0	30.0		1.6	93.00	17	5.8	19.80	27.0	54.0		2.6	87.00	31	3.2
5.00	15.0	29.0		1.5	93.00	16	6.2	20.00	22.0	35.0		2.2	93.00	24	4.2
5.20	14.0	28.0		1.4	100.00	14	7.1	20.20	18.0	32.0		1.8	100.00	18	5.6
5.40	17.0	32.0		1.7	100.00	17	5.9	20.40	23.0	38.0		2.3	93.00	25	4.0
5.60	18.0	33.0		1.8	107.00	17	5.9	20.60	23.0	37.0		2.3	107.00	21	4.7
5.80	17.0	33.0		1.7	100.00	17	5.9	20.80	26.0	42.0		2.5	107.00	24	4.1
6.00	19.0	34.0		1.9	107.00	18	5.6	21.00	33.0	49.0		3.2	100.00	33	3.0
6.20	17.0	33.0		1.7	107.00	16	6.3	21.20	30.0	45.0		2.9	113.00	27	3.8
6.40	18.0	34.0		1.8	93.00	19	5.2	21.40	20.0	37.0		2.0	107.00	19	5.4
6.60	17.0	31.0		1.7	113.00	15	6.6	21.60	17.0	33.0		1.7	113.00	15	6.6
6.80	20.0	37.0		2.0	93.00	22	4.7	21.80	18.0	35.0		1.8	100.00	18	5.6
7.00	18.0	32.0		1.8	100.00	18	5.6	22.00	17.0	32.0		1.7	100.00	17	5.9
7.20	18.0	33.0		1.8	100.00	18	5.6	22.20	39.0	54.0		3.8	100.00	39	2.6
7.40	15.0	30.0		1.5	100.00	15	6.7	22.40	47.0	62.0		4.6	73.00	64	1.6
7.60	19.0	34.0		1.9	107.00	18	5.6	22.60	31.0	42.0		3.0	133.00	23	4.3
7.80	18.0	34.0		1.8	100.00	18	5.6	22.80	38.0	58.0		3.7	120.00	32	3.2
8.00	17.0	32.0		1.7	107.00	16	6.3	23.00	84.0	102.0		8.2	53.00	158	0.6
8.20	17.0	33.0		1.7	113.00	15	6.6	23.20	62.0	70.0		6.1	107.00	58	1.7
8.40	17.0	34.0		1.7	93.00	18	5.5	23.40	26.0	42.0		2.5	100.00	26	3.8
8.60	17.0	31.0		1.7	100.00	17	5.9	23.60	14.0	29.0		1.4	67.00	21	4.8
8.80	16.0	31.0		1.6	100.00	16	6.3	23.80	16.0	26.0		1.6	73.00	22	4.6
9.00	18.0	33.0		1.8	100.00	18	5.6	24.00	26.0	37.0		2.5	53.00	49	2.0
9.20	20.0	35.0		2.0	127.00	16	6.4	24.20	14.0	22.0		1.4	53.00	26	3.8
9.40	20.0	39.0		2.0	113.00	18	5.7	24.40	10.0	18.0		1.0	60.00	17	6.0
9.60	21.0	38.0		2.1	120.00	18	5.7	24.60	20.0	29.0		2.0	87.00	23	4.4
9.80	23.0	41.0		2.3	127.00	18	5.5	24.80	23.0	36.0		2.3	120.00	19	5.2
10.00	22.0	41.0		2.2	100.00	22	4.5	25.00	26.0	44.0		2.5	140.00	19	5.4
10.20	23.0	38.0		2.3	113.00	20	4.9	25.20	24.0	45.0		2.4	127.00	19	5.3
10.40	23.0	40.0		2.3	127.00	18	5.5	25.40	24.0	43.0		2.4	127.00	19	5.3
10.60	20.0	39.0		2.0	127.00	16	6.4	25.60	21.0	40.0		2.1	93.00	23	4.4
10.80	20.0	39.0		2.0	120.00	17	6.0	25.80	23.0	37.0		2.3	93.00	25	4.0
11.00	21.0	39.0		2.1	107.00	20	5.1	26.00	15.0	29.0		1.5	87.00	17	5.8
11.20	22.0	38.0		2.2	120.00	18	5.5	26.20	15.0	28.0		1.5	93.00	16	6.2
11.40	23.0	41.0		2.3	113.00	20	4.9	26.40	16.0	30.0		1.6	80.00	20	5.0
11.60	24.0	41.0		2.4	140.00	17	5.8	26.60	13.0	25.0		1.3	40.00	33	3.1
11.80	26.0	47.0		2.5	127.00	20	4.9	26.80	27.0	33.0		2.6	73.00	37	2.7
12.00	34.0	53.0		3.3	120.00	28	3.5	27.00	46.0	57.0		4.5	73.00	63	1.6
12.20	26.0	44.0		2.5	107.00	24	4.1	27.20	16.0	27.0		1.6	93.00	17	5.8
12.40	19.0	35.0		1.9	73.00	26	3.8	27.40	18.0	32.0		1.8	120.00	15	6.7
12.60	23.0	34.0		2.3	93.00	25	4.0	27.60	23.0	41.0		2.3	127.00	18	5.5
12.80	22.0	36.0		2.2	120.00	18	5.5	27.80	28.0	47.0		2.7	140.00	20	5.0
13.00	21.0	39.0		2.1	93.00	23	4.4	28.00	27.0	48.0		2.6	127.00	21	4.7
13.20	18.0	32.0		1.8	53.00	34	2.9	28.20	28.0	47.0		2.7	147.00	19	5.3
13.40	28.0	36.0		2.7	107.00	26	3.8	28.40	26.0	48.0		2.5	147.00	18	5.7
13.60	25.0	41.0		2.5	113.00	22	4.5	28.60	27.0	49.0		2.6	140.00	19	5.2
13.80	23.0	40.0		2.3	93.00	25	4.0	28.80	36.0	57.0		3.5	153.00	24	4.3
14.00	21.0	35.0		2.1	80.00	26	3.8	29.00	35.0	58.0		3.4	187.00	19	5.3
14.20	19.0	31.0		1.9	73.00	26	3.8	29.20	37.0	65.0		3.6	167.00	22	4.5
14.40	15.0	26.0		1.5	60.00	25	4.0	29.40	36.0	61.0		3.5	133.00	27	3.7
14.60	24.0	33.0		2.4	73.00	33	3.0	29.60	30.0	50.0		2.9	147.00	20	4.9
14.80	20.0	31.0		2.0	93.00	22	4.7	29.80	24.0	46.0		2.4	133.00	18	5.5
15.00	20.0	34.0		2.0	80.00	25	4.0	30.00	24.0	44.0		2.4			

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata
 0.20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota:

FON025

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

ALL. N.3

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),
ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \% :$**

- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

riferimento

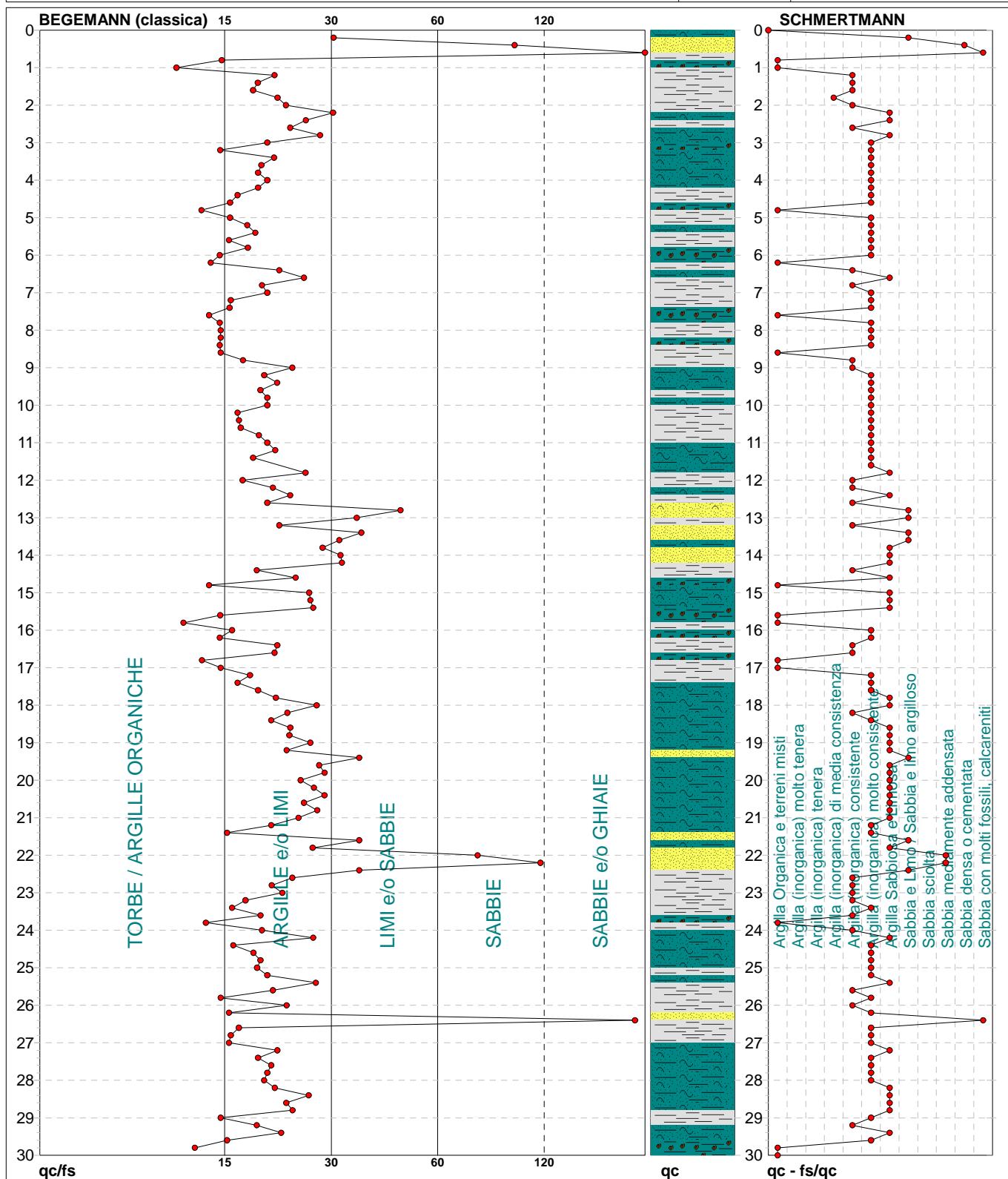
2

063-2018

Committente: **AIMAG S.P.A.**
 Cantiere: **MEDOLLA discarica Via Campana**
 Località: **MEDOLLA DISCARICA VIA CAMPANA**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:150**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda:**

Data esec.: **16/08/2018**



Torbe / Argille org. :	16 punti, 10.74%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 8.72%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	36 punti, 24.16%
Argille e/o Limi :	119 punti, 79.87%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 0.67%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	8 punti, 5.37%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 6.04%	Argilla (inorganica) consistente:	26 punti, 17.45%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1.34%
Sabbie:	3 punti, 2.01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	59 punti, 39.60%	Sabbia densa o cementata:	1 punti, 0.67%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 1.34%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 1.34%

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
4

riferimento

063-2018

 Committente: **AIMAG S.P.A.**

 Cantiere: **MEDOLLA discarica Via Campana**

 Località: **MEDOLLA DISCARICA VIA CAMPANA**

U.M.:

MPa

Data esec.:

09/04/2015

Scala:

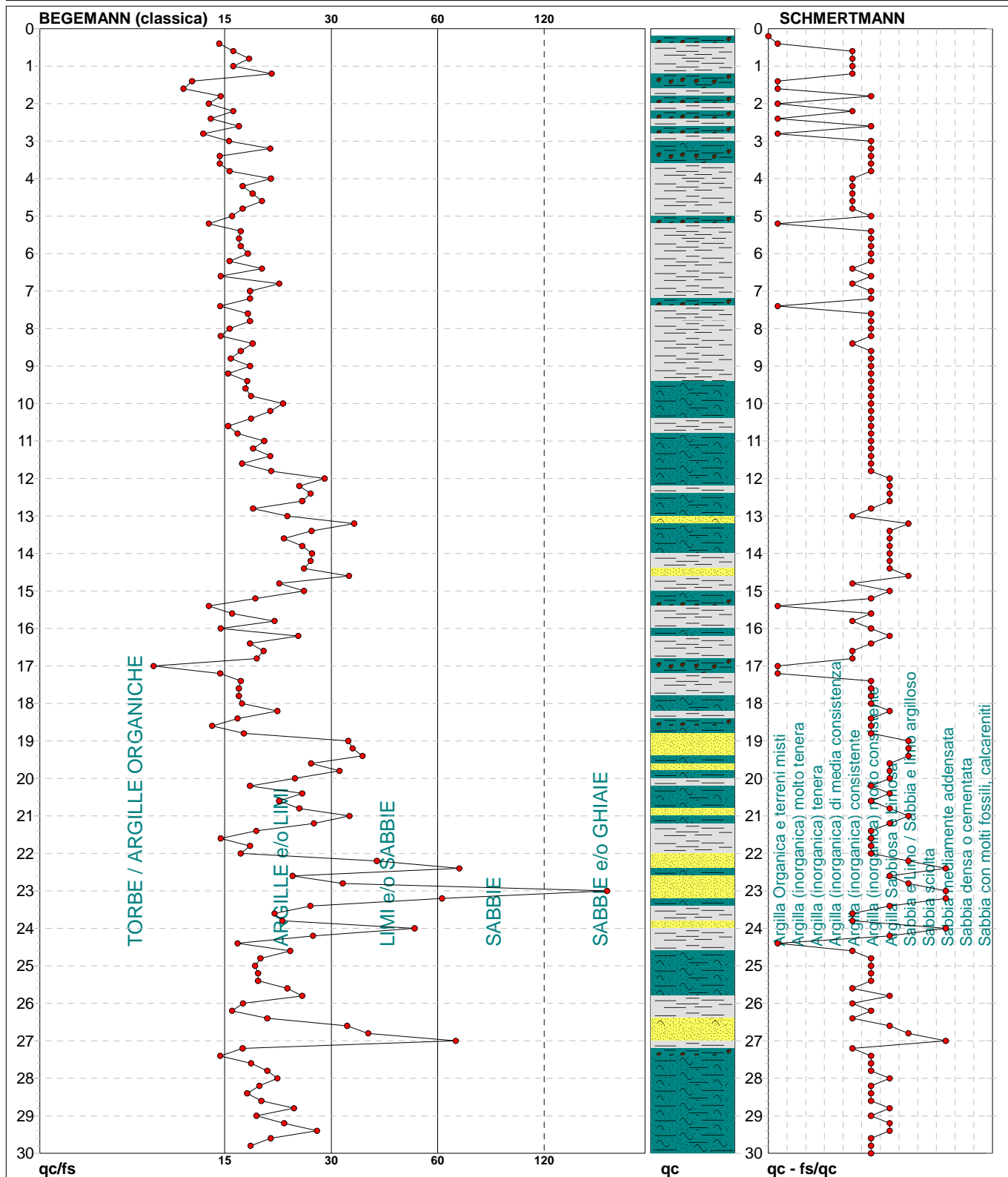
1:150

Pagina:

1

Elaborato:

Falda:



Torbe / Argille org. :	16 punti, 10.74%	Argilla Organica e terreni misti:	12 punti, 8.05%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	28 punti, 18.79%
Argille e/o Limi :	117 punti, 78.52%	Argilla (inorganica) consistente:	25 punti, 16.78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 6.04%
Limi e/o Sabbie :	13 punti, 8.72%	Argilla (inorganica) molto consist.:	69 punti, 46.31%	Sabbia mediamente addensata:	5 punti, 3.36%
Sabbie:	2 punti, 1.34%				
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0.67%				

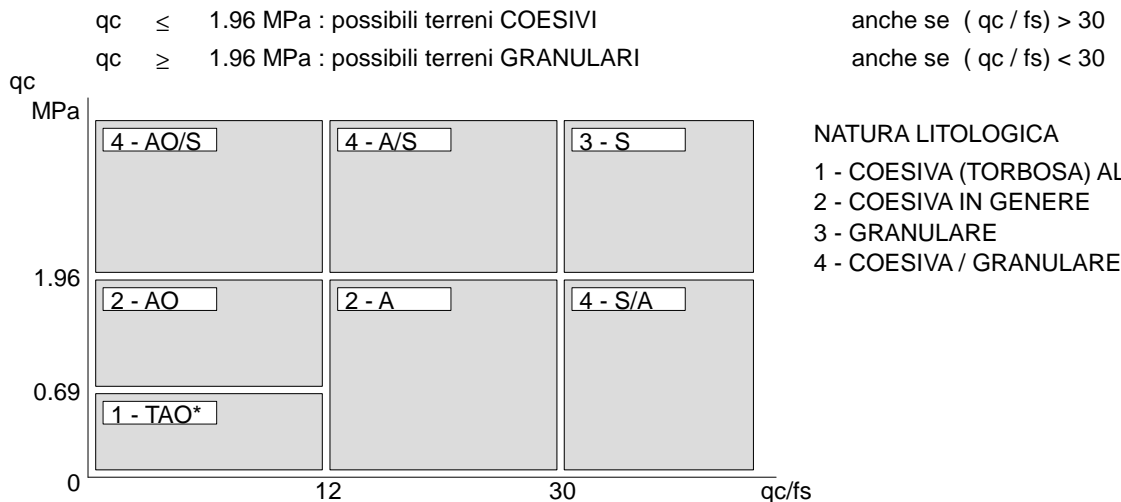
nota:

FON025

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

ALL. N.4

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
 (Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
 (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
 Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - q_c - natura]
 Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
 [correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
 (g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : A_{max}/g - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Burrow e Stokoe 1983)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	referimento	063-2018

Committente: AIMAG S.P.A.	U.M.: MPa	Data exec.: 16/08/2018
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana	Pagina: 1	
Località: MEDOLLA DISCARICA VIA CAMPANA	Elaborato:	Falda:

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	øSc (°)	øCa (°)	øKo (°)	øDB (°)	øDM (°)	øMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0.20	4.9	29.9		1.85	3.6	186	163.3	99.9	27.8	41.7	14.7	100	43	46	43	40	45	31	--	8.2	12.3	14.7
0.40	11.8	90.2		1.85	7.3	231	--	--	--	--	--	100	43	46	44	41	45	35	--	19.6	29.4	35.3
0.60	13.7	350.0		1.85	10.9	244	--	--	--	--	--	100	43	45	43	40	45	36	--	22.9	34.3	41.2
0.80	0.5	15.2		1.85	14.5	157	24.5	12.1	4.2	6.2	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	1.0	11.5		1.85	18.1	160	49.0	21.8	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	1.4	20.9		1.85	21.8	163	62.4	23.4	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	1.0	18.9		1.85	25.4	160	49.0	14.3	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	1.1	18.3		1.85	29.0	161	52.6	13.2	8.9	13.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	1.0	21.3		1.85	32.6	160	49.0	10.4	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	1.5	22.4		1.85	36.3	164	65.3	13.1	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	2.0	29.9		1.85	39.9	167	78.4	14.6	13.3	20.0	5.9	39	36	29	26	24	33	27	--	3.3	4.9	5.9
2.40	2.2	25.3		1.85	43.5	168	82.9	14.1	14.1	21.1	6.5	40	36	29	26	24	33	28	--	3.6	5.4	6.5
2.60	2.0	23.0		1.85	47.1	167	78.4	11.9	13.3	20.0	5.9	35	35	28	25	24	32	27	--	3.3	4.9	5.9
2.80	2.4	27.6		1.85	50.8	169	87.1	12.3	14.8	22.2	7.1	39	36	29	26	24	33	28	--	3.9	5.9	7.1
3.00	2.4	20.0		1.85	54.4	169	87.1	11.3	14.8	22.2	7.1	37	36	28	25	24	32	28	--	3.9	5.9	7.1
3.20	1.8	15.0		1.85	58.0	166	73.5	8.4	13.8	20.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	2.5	20.8		1.85	61.6	170	89.1	9.9	15.2	22.7	7.4	36	36	28	25	23	32	28	--	4.1	6.1	7.4
3.60	2.6	19.3		1.85	65.3	171	92.8	9.8	15.9	23.8	7.9	37	36	28	25	24	32	28	--	4.4	6.6	7.9
3.80	2.4	18.9		1.85	68.9	169	87.1	8.4	16.4	24.6	7.1	32	35	27	24	23	31	28	--	3.9	5.9	7.1
4.00	2.4	20.0		1.85	72.5	169	87.1	7.9	17.5	26.2	7.1	30	35	27	24	22	31	28	--	3.9	5.9	7.1
4.20	2.4	18.9		1.85	76.1	169	87.1	7.4	18.7	28.1	7.1	29	35	27	24	22	30	28	--	3.9	5.9	7.1
4.40	2.0	16.7		1.85	79.8	167	78.4	6.1	21.0	31.4	5.9	22	34	26	22	21	29	27	--	3.3	4.9	5.9
4.60	1.8	15.9		1.85	83.4	166	73.5	5.4	22.7	34.1	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	1.7	13.4		1.85	87.0	165	70.9	4.9	24.1	36.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	1.8	15.9		1.85	90.7	166	73.5	4.8	25.1	37.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	2.0	17.7		1.85	94.3	167	78.4	5.0	26.0	39.0	5.9	18	33	25	22	20	28	27	--	3.3	4.9	5.9
5.40	2.1	18.6		1.85	97.9	167	80.7	4.9	27.1	40.6	6.2	18	33	25	22	20	28	27	--	3.4	5.1	6.2
5.60	1.9	15.8		1.85	101.5	166	76.0	4.4	28.3	42.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	1.9	17.8		1.85	105.2	166	76.0	4.2	29.4	44.1	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	1.6	15.0		1.85	108.8	164	68.2	3.5	30.7	46.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	1.7	14.2		1.85	112.4	165	70.9	3.5	31.7	47.6	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	2.0	21.5		1.85	116.0	167	78.4	3.8	32.6	48.9	5.9	13	33	24	20	19	27	27	--	3.3	4.9	5.9
6.60	2.5	25.0		1.85	119.7	170	89.1	4.3	33.4	50.1	7.4	19	34	25	21	20	28	28	--	4.1	6.1	7.4
6.80	1.8	19.4		1.85	123.3	166	73.5	3.3	34.5	51.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	2.0	20.0		1.85	126.9	167	78.4	3.4	35.7	53.6	5.9	10	32	23	20	19	27	27	--	3.3	4.9	5.9
7.20	1.6	16.0		1.85	130.5	164	68.2	2.8	34.8	52.1	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	1.7	15.9		1.85	134.2	165	70.9	2.8	35.9	53.9	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	1.5	14.0		1.85	137.8	164	65.3	2.5	34.8	52.1	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	1.6	15.0		1.85	141.4	164	68.2	2.5	36.0	54.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	1.7	15.0		1.85	145.0	165	70.9	2.6	37.3	55.9	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	1.7	15.0		1.85	148.7	165	70.9	2.5	37.6	56.4	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	1.6	15.0		1.85	152.3	164	68.2	2.3	37.0	55.5	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	1.4	15.1		1.85	155.9	163	62.4	2.0	34.9	52.4	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	1.5	17.2		1.85	159.5	164	65.3	2.1	36.4	54.6	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	1.7	23.3		1.85	163.2	165	70.9	2.2	38.8	58.3	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	2.1	19.6		1.85	166.8	167	80.7	2.5	42.6	63.9	6.2	5	32	22	19	18	25	27	--	3.4	5.1	6.2
9.40	2.4	21.2		1.85	170.4	169	87.1	2.7	44.9	67.3	7.1	9	32	23	19	18	26	28	--	3.9	5.9	7.1
9.60	2.3	19.2		1.85	174.0	169	85.1	2.6	44.7	67.1	6.8	7	32	23	19	18	26	28	--	3.8	5.6	6.8
9.80	2.0	20.0		1.85	177.7	167	78.4	2.3	42.8	64.1	5.9	2	32	22	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
10.00	2.4	20.0		1.85	181.3	169	87.1	2.5	46.1	69.2	7.1	8	32	23	19	18	26	28	--	3.9	5.9	7.1
10.20	2.0	16.7		1.85	184.9	167	78.4	2.1	43.3	64.9	5.9	1	31	22	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
10.40	1.8	16.8		1.85	188.6	166	73.5	1.9	41.4	62.1	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	1.7	17.0		1.85	192.2	165	70.9	1.8	40.4	60.6	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	1.9	19.0		1.85	195.8	166	76.0	1.9	42.9	64.3	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	2.0	20.0		1.85	199.4	167	78.4	2.0	44.1	66.1	5.9	--	31	21	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
11.20	2.1	21.0		1.85	203.1	167	80.7	2.0	45.3	67.9	6.2	1	31	21	18	17	25	27	--	3.4	5.1	6.2
11.40	2.2	18.3		1.85	206.7	168	82.9	2.0	46.4	69.6	6.5	2	31	21	18	17	25	28	--	3.6	5.4	6.5
11.60	2.5	--		1.85	210.3	170	--	--	--	--	--	6	32	22	19	18	25	28	--	4.1	6.1	7.4
11.80	2.6	25.2		1.85	213.9	171	92.8	2.2	50.9	76.3	7.9	8	32	22	19	18	25	28	--	4.4	6.6	7.9
12.00	1.6	17.2		1.85	217.6																	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	referimento	063-2018

Committente: AIMAG S.P.A.	U.M.: MPa	Data eseg.: 16/08/2018
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana	Pagina: 1	
Località: MEDOLLA DISCARICA VIA CAMPANA	Elaborato:	Falda:

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	øSc (°)	øCa (°)	øKo (°)	øDB (°)	øDM (°)	øMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0.20	4.9	29.9		1.85	3.6	186	163.3	99.9	27.8	41.7	14.7	100	43	46	43	40	45	31	--	8.2	12.3	14.7
0.40	11.8	90.2		1.85	7.3	231	--	--	--	--	--	100	43	46	44	41	45	35	--	19.6	29.4	35.3
0.60	13.7	350.0		1.85	10.9	244	--	--	--	--	--	100	43	45	43	40	45	36	--	22.9	34.3	41.2
0.80	0.5	15.2		1.85	14.5	157	24.5	12.1	4.2	6.2	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	1.0	11.5		1.85	18.1	160	49.0	21.8	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	1.4	20.9		1.85	21.8	163	62.4	23.4	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	1.0	18.9		1.85	25.4	160	49.0	14.3	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	1.1	18.3		1.85	29.0	161	52.6	13.2	8.9	13.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	1.0	21.3		1.85	32.6	160	49.0	10.4	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	1.5	22.4		1.85	36.3	164	65.3	13.1	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	2.0	29.9		1.85	39.9	167	78.4	14.6	13.3	20.0	5.9	39	36	29	26	24	33	27	--	3.3	4.9	5.9
2.40	2.2	25.3		1.85	43.5	168	82.9	14.1	14.1	21.1	6.5	40	36	29	26	24	33	28	--	3.6	5.4	6.5
2.60	2.0	23.0		1.85	47.1	167	78.4	11.9	13.3	20.0	5.9	35	35	28	25	24	32	27	--	3.3	4.9	5.9
2.80	2.4	27.6		1.85	50.8	169	87.1	12.3	14.8	22.2	7.1	39	36	29	26	24	33	28	--	3.9	5.9	7.1
3.00	2.4	20.0		1.85	54.4	169	87.1	11.3	14.8	22.2	7.1	37	36	28	25	24	32	28	--	3.9	5.9	7.1
3.20	1.8	15.0		1.85	58.0	166	73.5	8.4	13.8	20.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	2.5	20.8		1.85	61.6	170	89.1	9.9	15.2	22.7	7.4	36	36	28	25	23	32	28	--	4.1	6.1	7.4
3.60	2.6	19.3		1.85	65.3	171	92.8	9.8	15.9	23.8	7.9	37	36	28	25	24	32	28	--	4.4	6.6	7.9
3.80	2.4	18.9		1.85	68.9	169	87.1	8.4	16.4	24.6	7.1	32	35	27	24	23	31	28	--	3.9	5.9	7.1
4.00	2.4	20.0		1.85	72.5	169	87.1	7.9	17.5	26.2	7.1	30	35	27	24	22	31	28	--	3.9	5.9	7.1
4.20	2.4	18.9		1.85	76.1	169	87.1	7.4	18.7	28.1	7.1	29	35	27	24	22	30	28	--	3.9	5.9	7.1
4.40	2.0	16.7		1.85	79.8	167	78.4	6.1	21.0	31.4	5.9	22	34	26	22	21	29	27	--	3.3	4.9	5.9
4.60	1.8	15.9		1.85	83.4	166	73.5	5.4	22.7	34.1	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	1.7	13.4		1.85	87.0	165	70.9	4.9	24.1	36.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	1.8	15.9		1.85	90.7	166	73.5	4.8	25.1	37.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	2.0	17.7		1.85	94.3	167	78.4	5.0	26.0	39.0	5.9	18	33	25	22	20	28	27	--	3.3	4.9	5.9
5.40	2.1	18.6		1.85	97.9	167	80.7	4.9	27.1	40.6	6.2	18	33	25	22	20	28	27	--	3.4	5.1	6.2
5.60	1.9	15.8		1.85	101.5	166	76.0	4.4	28.3	42.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	1.9	17.8		1.85	105.2	166	76.0	4.2	29.4	44.1	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	1.6	15.0		1.85	108.8	164	68.2	3.5	30.7	46.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	1.7	14.2		1.85	112.4	165	70.9	3.5	31.7	47.6	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	2.0	21.5		1.85	116.0	167	78.4	3.8	32.6	48.9	5.9	13	33	24	20	19	27	27	--	3.3	4.9	5.9
6.60	2.5	25.0		1.85	119.7	170	89.1	4.3	33.4	50.1	7.4	19	34	25	21	20	28	28	--	4.1	6.1	7.4
6.80	1.8	19.4		1.85	123.3	166	73.5	3.3	34.5	51.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	2.0	20.0		1.85	126.9	167	78.4	3.4	35.7	53.6	5.9	10	32	23	20	19	27	27	--	3.3	4.9	5.9
7.20	1.6	16.0		1.85	130.5	164	68.2	2.8	34.8	52.1	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	1.7	15.9		1.85	134.2	165	70.9	2.8	35.9	53.9	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	1.5	14.0		1.85	137.8	164	65.3	2.5	34.8	52.1	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	1.6	15.0		1.85	141.4	164	68.2	2.5	36.0	54.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	1.7	15.0		1.85	145.0	165	70.9	2.6	37.3	55.9	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	1.7	15.0		1.85	148.7	165	70.9	2.5	37.6	56.4	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	1.6	15.0		1.85	152.3	164	68.2	2.3	37.0	55.5	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	1.4	15.1		1.85	155.9	163	62.4	2.0	34.9	52.4	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	1.5	17.2		1.85	159.5	164	65.3	2.1	36.4	54.6	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	1.7	23.3		1.85	163.2	165	70.9	2.2	38.8	58.3	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	2.1	19.6		1.85	166.8	167	80.7	2.5	42.6	63.9	6.2	5	32	22	19	18	25	27	--	3.4	5.1	6.2
9.40	2.4	21.2		1.85	170.4	169	87.1	2.7	44.9	67.3	7.1	9	32	23	19	18	26	28	--	3.9	5.9	7.1
9.60	2.3	19.2		1.85	174.0	169	85.1	2.6	44.7	67.1	6.8	7	32	23	19	18	26	28	--	3.8	5.6	6.8
9.80	2.0	20.0		1.85	177.7	167	78.4	2.3	42.8	64.1	5.9	2	32	22	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
10.00	2.4	20.0		1.85	181.3	169	87.1	2.5	46.1	69.2	7.1	8	32	23	19	18	26	28	--	3.9	5.9	7.1
10.20	2.0	16.7		1.85	184.9	167	78.4	2.1	43.3	64.9	5.9	1	31	22	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
10.40	1.8	16.8		1.85	188.6	166	73.5	1.9	41.4	62.1	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	1.7	17.0		1.85	192.2	165	70.9	1.8	40.4	60.6	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	1.9	19.0		1.85	195.8	166	76.0	1.9	42.9	64.3	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	2.0	20.0		1.85	199.4	167	78.4	2.0	44.1	66.1	5.9	--	31	21	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
11.20	2.1	21.0		1.85	203.1	167	80.7	2.0	45.3	67.9	6.2	1	31	21	18	17	25	27	--	3.4	5.1	6.2
11.40	2.2	18.3		1.85	206.7	168	82.9	2.0	46.4	69.6	6.5	2	31	21	18	17	25	28	--	3.6	5.4	6.5
11.60	2.5	--		1.85	210.3	170	--	--	--	--	--	6	32	22	19	18	25	28	--	4.1	6.1	7.4
11.80	2.6	25.2		1.85	213.9	171	92.8	2.2	50.9	76.3	7.9	8	32	22	19	18	25	28	--	4.4	6.6	7.9
12.00	1.6	17.2		1.85	217.6																	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	riferimento	063-2018

Committente: AIMAG S.P.A.	U.M.: MPa	Data esec.: 16/08/2018
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana	Pagina: 2	
Località: MEDOLLA DISCARICA VIA CAMPANA	Elaborato:	Falda:

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ' vo kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
20.00	3.5	24.5		1.85	366.2	177	117.6	1.5	68.5	102.8	10.6	5	32	21	18	17	25	30	--	5.9	8.8	10.6	
20.20	2.9	26.5		1.85	369.9	173	98.0	1.2	58.2	87.4	8.8	--	31	20	17	16	25	29	--	4.9	7.4	8.8	
20.40	3.1	28.3		1.85	373.5	174	104.5	1.3	61.8	92.8	9.4	--	31	20	17	16	25	29	--	5.2	7.8	9.4	
20.60	2.5	25.0		1.85	377.1	170	89.1	1.0	53.4	80.1	7.4	--	31	19	16	15	25	28	--	4.1	6.1	7.4	
20.80	2.8	27.1		1.85	380.7	173	96.3	1.1	57.5	86.2	8.5	--	31	20	16	15	25	29	--	4.7	7.1	8.5	
21.00	2.8	24.2		1.85	384.4	173	96.3	1.1	57.5	86.2	8.5	--	31	20	16	15	25	29	--	4.7	7.1	8.5	
21.20	2.5	20.5		1.85	388.0	171	91.0	1.0	54.5	81.8	7.6	--	31	19	16	15	25	28	--	4.2	6.4	7.6	
21.40	2.3	15.6		1.85	391.6	169	85.1	0.9	51.0	76.6	6.8	--	31	18	15	14	25	28	--	3.8	5.6	6.8	
21.60	2.7	35.0		1.85	395.2	172	--	--	--	--	--	--	31	19	16	15	25	28	--	4.6	6.9	8.2	
21.80	4.3	26.3		1.85	398.9	182	143.7	1.8	82.3	123.4	12.9	10	32	22	18	17	25	31	--	7.2	10.8	12.9	
22.00	6.6	72.0		1.85	402.5	197	--	--	--	--	--	24	34	24	20	19	27	32	--	10.9	16.4	19.7	
22.20	5.5	105.7		1.85	406.1	190	--	--	--	--	--	17	33	23	19	18	26	31	--	9.1	13.7	16.5	
22.40	4.1	35.0		1.85	409.7	181	--	--	--	--	--	7	32	21	18	17	25	30	--	6.9	10.3	12.3	
22.60	1.7	23.3		1.85	413.4	165	70.9	0.7	42.5	63.8	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
22.80	1.5	20.5		1.85	417.0	164	65.3	0.6	39.2	58.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.00	1.6	21.9		1.85	420.6	164	68.2	0.6	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.20	1.4	17.5		1.85	424.2	163	62.4	0.6	37.4	56.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.40	1.5	16.1		1.85	427.9	164	65.3	0.6	39.2	58.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.60	1.4	19.2		1.85	431.5	163	62.4	0.6	37.4	56.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.80	1.1	13.8		1.85	435.1	161	52.6	0.4	31.6	47.3	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.00	1.8	19.4		1.85	438.7	166	73.5	0.7	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.20	2.3	26.4		1.85	442.4	169	85.1	0.8	51.0	76.6	6.8	--	31	18	14	14	25	28	--	3.8	5.6	6.8	
24.40	2.5	16.3		1.85	446.0	171	91.0	0.9	54.6	81.9	7.6	--	31	18	15	14	25	28	--	4.2	6.4	7.6	
24.60	2.6	18.4		1.85	449.6	171	92.8	0.9	55.7	83.6	7.9	--	31	19	15	14	25	28	--	4.4	6.6	7.9	
24.80	2.3	19.2		1.85	453.3	169	85.1	0.8	51.0	76.6	6.8	--	31	18	14	14	25	28	--	3.8	5.6	6.8	
25.00	2.5	18.8		1.85	456.9	170	89.1	0.8	53.5	80.2	7.4	--	31	18	15	14	25	28	--	4.1	6.1	7.4	
25.20	2.0	20.0		1.85	460.5	167	78.4	0.7	47.0	70.6	5.9	--	31	17	13	13	25	27	--	3.3	4.9	5.9	
25.40	2.5	26.9		1.85	464.1	170	89.1	0.8	53.5	80.2	7.4	--	31	18	14	14	25	28	--	4.1	6.1	7.4	
25.60	1.8	20.7		1.85	467.8	166	73.5	0.6	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.80	1.7	15.0		1.85	471.4	165	70.9	0.6	42.5	63.8	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.00	1.8	22.5		1.85	475.0	166	73.5	0.6	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.20	1.9	15.8		1.85	478.6	166	76.0	0.6	45.6	68.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.40	6.1	187.9		1.85	482.3	194	--	--	--	--	--	17	33	22	19	18	25	32	--	10.1	15.2	18.2	
26.60	1.9	16.8		1.85	485.9	166	76.0	0.6	45.6	68.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.80	1.6	16.0		1.85	489.5	164	68.2	0.5	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27.00	1.9	15.8		1.85	493.1	166	76.0	0.6	45.6	68.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27.20	2.6	21.3		1.85	496.8	171	92.8	0.8	55.7	83.6	7.9	--	31	18	14	14	25	28	--	4.4	6.6	7.9	
27.40	2.4	18.9		1.85	500.4	169	87.1	0.7	52.3	78.4	7.1	--	31	17	14	13	25	28	--	3.9	5.9	7.1	
27.60	2.5	20.5		1.85	504.0	171	91.0	0.7	54.6	81.9	7.6	--	31	18	14	14	25	28	--	4.2	6.4	7.6	
27.80	2.7	20.0		1.85	507.6	172	94.6	0.8	56.8	85.2	8.2	--	31	18	15	14	25	28	--	4.6	6.9	8.2	
28.00	2.9	19.6		1.85	511.3	173	98.0	0.8	58.8	88.2	8.8	--	31	18	15	14	25	29	--	4.9	7.4	8.8	
28.20	3.1	20.9		1.85	514.9	174	104.5	0.9	62.7	94.1	9.4	--	31	19	15	15	25	29	--	5.2	7.8	9.4	
28.40	3.5	25.7		1.85	518.5	177	117.6	1.0	70.6	105.8	10.6	--	31	19	16	15	25	30	--	5.9	8.8	10.6	
28.60	3.2	22.4		1.85	522.1	175	107.8	0.9	64.7	97.0	9.7	--	31	19	15	15	25	29	--	5.4	8.1	9.7	
28.80	2.7	23.3		1.85	525.8	172	94.6	0.7	56.8	85.2	8.2	--	31	18	14	14	25	28	--	4.6	6.9	8.2	
29.00	1.7	15.0		1.85	529.4	165	70.9	0.5	42.5	63.8	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
29.20	1.5	18.8		1.85	533.0	164	65.3	0.5	39.2	58.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
29.40	3.1	21.8		1.85	536.6	174	104.5	0.8	62.7	94.1	9.4	--	31	19	15	14	25	29	--	5.2	7.8	9.4	
29.60	2.3	15.6		1.85	540.3	169	85.1	0.6	51.0	76.6	6.8	--	31	17	13	13	25	28	--	3.8	5.6	6.8	
29.80	1.8	12.9		1.85	543.9	166	73.5	0.5	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
30.00	1.9	--		1.85	547.5	166	--	--	--	--	--	--	31	16	12	12	25	27	--	3.1	4.7	5.6	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	4
	riferimento	063-2018

Committente: AIMAG S.P.A.	U.M.: MPa	Data exec.: 09/04/2015
Cantiere: MEDOLLA discarica Via Campana	Pagina: 1	
Località: MEDOLLA DISCARICA VIA CAMPANA	Elaborato:	Falda:

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	øSc (°)	øCa (°)	øKo (°)	øDB (°)	øDM (°)	øMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0.20	--	--		1.85	3.6	154	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	1.0	14.9		1.85	7.3	160	49.0	68.4	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	1.3	16.3		1.85	10.9	162	59.3	52.2	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	1.2	17.9		1.85	14.5	162	56.0	34.0	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	1.3	16.3		1.85	18.1	162	59.3	27.6	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	1.5	20.5		1.85	21.8	164	65.3	24.8	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	1.1	12.6		1.85	25.4	161	52.6	15.6	8.9	13.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	1.2	12.0		1.85	29.0	162	56.0	14.3	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	1.7	15.0		1.85	32.6	165	70.9	16.6	12.1	18.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	1.4	14.0		1.85	36.3	163	62.4	12.4	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	1.3	16.3		1.85	39.9	162	59.3	10.3	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	1.6	14.2		1.85	43.5	164	68.2	11.0	11.6	17.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	1.9	16.8		1.85	47.1	166	76.0	11.4	12.9	19.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	1.8	13.5		1.85	50.8	166	73.5	10.0	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	1.9	15.8		1.85	54.4	166	76.0	9.5	13.1	19.6	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	2.3	20.4		1.85	58.0	169	85.1	10.1	14.5	21.7	6.8	34	35	28	25	23	32	28	--	3.8	5.6	6.8
3.40	1.6	15.0		1.85	61.6	164	68.2	7.1	15.4	23.1	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	1.6	15.0		1.85	65.3	164	68.2	6.6	16.7	25.1	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	1.7	15.9		1.85	68.9	165	70.9	6.5	17.8	26.6	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	1.9	20.4		1.85	72.5	166	76.0	6.7	18.5	27.8	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	1.6	17.2		1.85	76.1	164	68.2	5.5	20.7	31.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	1.7	18.3		1.85	79.8	165	70.9	5.4	21.7	32.5	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	1.8	19.4		1.85	83.4	166	73.5	5.4	22.7	34.1	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	1.6	17.2		1.85	87.0	164	68.2	4.6	24.2	36.3	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	1.5	16.1		1.85	90.7	164	65.3	4.2	25.3	38.0	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	1.4	14.0		1.85	94.3	163	62.4	3.7	26.6	39.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	1.7	17.0		1.85	97.9	165	70.9	4.2	27.3	41.0	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	1.8	16.8		1.85	101.5	166	73.5	4.2	28.4	42.5	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	1.7	17.0		1.85	105.2	165	70.9	3.8	29.6	44.4	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	1.9	17.8		1.85	108.8	166	76.0	4.0	30.3	45.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	1.7	15.9		1.85	112.4	165	70.9	3.5	31.7	47.6	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	1.8	19.4		1.85	116.0	166	73.5	3.5	32.7	49.1	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	1.7	15.0		1.85	119.7	165	70.9	3.3	33.4	50.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	2.0	21.5		1.85	123.3	167	78.4	3.6	34.8	52.2	5.9	11	33	24	20	19	27	27	--	3.3	4.9	5.9
7.00	1.8	18.0		1.85	126.9	166	73.5	3.2	35.2	52.8	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	1.8	18.0		1.85	130.5	166	73.5	3.1	35.9	53.8	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	1.5	15.0		1.85	134.2	164	65.3	2.6	34.4	51.6	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	1.9	17.8		1.85	137.8	166	76.0	3.0	37.6	56.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	1.8	18.0		1.85	141.4	166	73.5	2.8	37.6	56.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	1.7	15.9		1.85	145.0	165	70.9	2.6	37.3	55.9	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	1.7	15.0		1.85	148.7	165	70.9	2.5	37.6	56.4	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	1.7	18.3		1.85	152.3	165	70.9	2.4	38.0	57.0	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	1.7	17.0		1.85	155.9	165	70.9	2.3	38.3	57.4	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	1.6	16.0		1.85	159.5	164	68.2	2.2	37.5	56.3	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	1.8	18.0		1.85	163.2	166	73.5	2.3	39.8	59.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	2.0	15.7		1.85	166.8	167	78.4	2.4	41.8	62.8	5.9	4	32	22	19	18	25	27	--	3.3	4.9	5.9
9.40	2.0	17.7		1.85	170.4	167	78.4	2.4	42.2	63.3	5.9	3	32	22	19	18	25	27	--	3.3	4.9	5.9
9.60	2.1	17.5		1.85	174.0	167	80.7	2.4	43.3	64.9	6.2	4	32	22	19	18	25	27	--	3.4	5.1	6.2
9.80	2.3	18.1		1.85	177.7	169	85.1	2.5	45.1	67.6	6.8	7	32	22	19	18	25	28	--	3.8	5.6	6.8
10.00	2.2	22.0		1.85	181.3	168	82.9	2.4	44.7	67.0	6.5	5	32	22	19	18	25	28	--	3.6	5.4	6.5
10.20	2.3	20.4		1.85	184.9	169	85.1	2.4	45.8	68.6	6.8	6	32	22	19	18	25	28	--	3.8	5.6	6.8
10.40	2.3	18.1		1.85	188.6	169	85.1	2.3	46.1	69.1	6.8	6	32	22	19	18	25	28	--	3.8	5.6	6.8
10.60	2.0	15.7		1.85	192.2	167	78.4	2.0	43.7	65.6	5.9	0	31	21	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
10.80	2.0	16.7		1.85	195.8	167	78.4	2.0	43.9	65.9	5.9	--	31	21	18	17	25	27	--	3.3	4.9	5.9
11.00	2.1	19.6		1.85	199.4	167	80.7	2.0	45.1	67.6	6.2	1	31	21	18	17	25	27	--	3.4	5.1	6.2
11.20	2.2	18.3		1.85	203.1	168	82.9	2.0	46.2	69.3	6.5	2	32	22	18	17	25	28	--	3.6	5.4	6.5
11.40	2.3	20.4		1.85	206.7	169	85.1	2.1	47.3	71.0	6.8	3	32	22	18	17	25	28	--	3.8	5.6	6.8
11.60	2.4	17.1		1.85	210.3	169	87.1	2.1	48.4	72.6	7.1	4	32	22	18	17	25	28	--	3.9	5.9	7.1
11.80	2.5	20.5		1.85	213.9	171	91.0	2.2	50.2	75.3	7.6	7	32	22	19	18	25	28	--	4.2	6.4	7.6
12.00	3.3	28.3		1.85	217.6	176	111.1	2.7	57.3	85.9	10.0	15	33	23	20	19	26	29	--	5.6	8.3	10.0
12.20	2.5	24.3		1.85	221.2	171	91.0	2.1	50.6	75.9	7.6	6	32	22	19	18	25	28	--	4.2	6.4	7.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	4
	riferimento	063-2018

Committente:	AIMAG S.P.A.	U.M.:	MPa	Data eseg.:	09/04/2015
Cantiere:	MEDOLLA discarica Via Campana	Pagina:	2	Falda:	
Località:	MEDOLLA DISCARICA VIA CAMPANA	Elaborato:			

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ' vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20.00	2.2	23.7		1.85	366.2	168	82.9	1.0	49.8	74.6	6.5	--	31	19	15	14	25	28	--	3.6	5.4	6.5
20.20	1.8	18.0		1.85	369.9	166	73.5	0.8	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.40	2.3	24.7		1.85	373.5	169	85.1	1.0	51.0	76.6	6.8	--	31	19	15	14	25	28	--	3.8	5.6	6.8
20.60	2.3	21.5		1.85	377.1	169	85.1	1.0	51.0	76.6	6.8	--	31	19	15	14	25	28	--	3.8	5.6	6.8
20.80	2.5	24.3		1.85	380.7	171	91.0	1.0	54.5	81.7	7.6	--	31	19	16	15	25	28	--	4.2	6.4	7.6
21.00	3.2	33.0		1.85	384.4	175	--	--	--	--	--	1	31	20	17	16	25	29	--	5.4	8.1	9.7
21.20	2.9	26.5		1.85	388.0	173	98.0	1.1	58.5	87.7	8.8	--	31	20	16	16	25	29	--	4.9	7.4	8.8
21.40	2.0	18.7		1.85	391.6	167	78.4	0.8	47.0	70.6	5.9	--	31	18	14	14	25	27	--	3.3	4.9	5.9
21.60	1.7	15.0		1.85	395.2	165	70.9	0.7	42.5	63.8	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.80	1.8	18.0		1.85	398.9	166	73.5	0.8	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.00	1.7	17.0		1.85	402.5	165	70.9	0.7	42.5	63.8	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.20	3.8	39.0		1.85	406.1	179	--	--	--	--	--	5	32	21	17	17	25	30	--	6.4	9.6	11.5
22.40	4.6	64.4		1.85	409.7	184	--	--	--	--	--	11	33	22	18	17	25	31	--	7.7	11.5	13.8
22.60	3.0	23.3		1.85	413.4	174	101.3	1.1	60.5	90.8	9.1	--	31	20	16	15	25	29	--	5.1	7.6	9.1
22.80	3.7	31.7		1.85	417.0	178	--	--	--	--	--	3	32	21	17	16	25	30	--	6.2	9.3	11.2
23.00	8.2	158.5		1.85	420.6	208	--	--	--	--	--	30	35	25	21	20	28	33	--	13.7	20.6	24.7
23.20	6.1	57.9		1.85	424.2	194	--	--	--	--	--	20	34	23	20	19	26	32	--	10.1	15.2	18.2
23.40	2.5	26.0		1.85	427.9	171	91.0	0.9	54.6	81.9	7.6	--	31	19	15	14	25	28	--	4.2	6.4	7.6
23.60	1.4	20.9		1.85	431.5	163	62.4	0.6	37.4	56.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.80	1.6	21.9		1.85	435.1	164	68.2	0.6	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.00	2.5	49.1		1.85	438.7	171	--	--	--	--	--	31	19	15	14	25	28	--	4.2	6.4	7.6	
24.20	1.4	26.4		1.85	442.4	163	62.4	0.5	37.4	56.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.40	1.0	16.7		1.85	446.0	160	49.0	0.4	29.4	44.1	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.60	2.0	23.0		1.85	449.6	167	78.4	0.7	47.0	70.6	5.9	--	31	17	13	13	25	27	--	3.3	4.9	5.9
24.80	2.3	19.2		1.85	453.3	169	85.1	0.8	51.0	76.6	6.8	--	31	18	14	14	25	28	--	3.8	5.6	6.8
25.00	2.5	18.6		1.85	456.9	171	91.0	0.8	54.6	81.9	7.6	--	31	18	15	14	25	28	--	4.2	6.4	7.6
25.20	2.4	18.9		1.85	460.5	169	87.1	0.8	52.3	78.4	7.1	--	31	18	14	14	25	28	--	3.9	5.9	7.1
25.40	2.4	18.9		1.85	464.1	169	87.1	0.8	52.3	78.4	7.1	--	31	18	14	14	25	28	--	3.9	5.9	7.1
25.60	2.1	22.6		1.85	467.8	167	80.7	0.7	48.4	72.6	6.2	--	31	17	14	13	25	27	--	3.4	5.1	6.2
25.80	2.3	24.7		1.85	471.4	169	85.1	0.7	51.0	76.6	6.8	--	31	18	14	13	25	28	--	3.8	5.6	6.8
26.00	1.5	17.2		1.85	475.0	164	65.3	0.5	39.2	58.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26.20	1.5	16.1		1.85	478.6	164	65.3	0.5	39.2	58.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26.40	1.6	20.0		1.85	482.3	164	68.2	0.5	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26.60	1.3	32.5		1.85	485.9	162	59.3	0.5	35.6	53.3	4.6	--	31	15	11	10	25	26	--	2.1	3.2	3.8
26.80	2.6	37.0		1.85	489.5	171	--	--	--	--	--	--	31	18	15	14	25	28	--	4.4	6.6	7.9
27.00	4.5	63.0		1.85	493.1	183	--	--	--	--	--	6	32	21	17	16	25	31	--	7.5	11.3	13.5
27.20	1.6	17.2		1.85	496.8	164	68.2	0.5	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.40	1.8	15.0		1.85	500.4	166	73.5	0.6	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.60	2.3	18.1		1.85	504.0	169	85.1	0.7	51.0	76.6	6.8	--	31	17	14	13	25	28	--	3.8	5.6	6.8
27.80	2.7	20.0		1.85	507.6	172	94.6	0.8	56.8	85.2	8.2	--	31	18	15	14	25	28	--	4.6	6.9	8.2
28.00	2.6	21.3		1.85	511.3	171	92.8	0.7	55.7	83.6	7.9	--	31	18	14	14	25	28	--	4.4	6.6	7.9
28.20	2.7	19.0		1.85	514.9	172	94.6	0.8	56.8	85.2	8.2	--	31	18	15	14	25	28	--	4.6	6.9	8.2
28.40	2.5	17.7		1.85	518.5	171	91.0	0.7	54.6	81.9	7.6	--	31	18	14	13	25	28	--	4.2	6.4	7.6
28.60	2.6	19.3		1.85	522.1	171	92.8	0.7	55.7	83.6	7.9	--	31	18	14	14	25	28	--	4.4	6.6	7.9
28.80	3.5	23.5		1.85	525.8	177	117.6	1.0	70.6	105.8	10.6	--	31	19	16	15	25	30	--	5.9	8.8	10.6
29.00	3.4	18.7		1.85	529.4	176	114.3	0.9	68.6	102.9	10.3	--	31	19	16	15	25	29	--	5.7	8.6	10.3
29.20	3.6	22.2		1.85	533.0	178	120.9	1.0	72.5	108.8	10.9	--	31	19	16	15	25	30	--	6.0	9.1	10.9
29.40	3.5	27.1		1.85	536.6	177	117.6	0.9	70.6	105.8	10.6	--	31	19	16	15	25	30	--	5.9	8.8	10.6
29.60	2.9	20.4		1.85	540.3	173	98.0	0.7	58.8	88.2	8.8	--	31	18	15	14	25	29	--	4.9	7.4	8.8
29.80	2.4	18.0		1.85	543.9	169	87.1	0.6	52.3	78.4	7.1	--	31	17	13	13	25	28	--	3.9	5.9	7.1
30.00	2.4	--		1.85	547.5	169	--	--	--	--	--	--	31	17	13	13	25	28	--	3.9	5.9	7.1

DIAGRAMMA PROVA CPTU

ALL. N.5

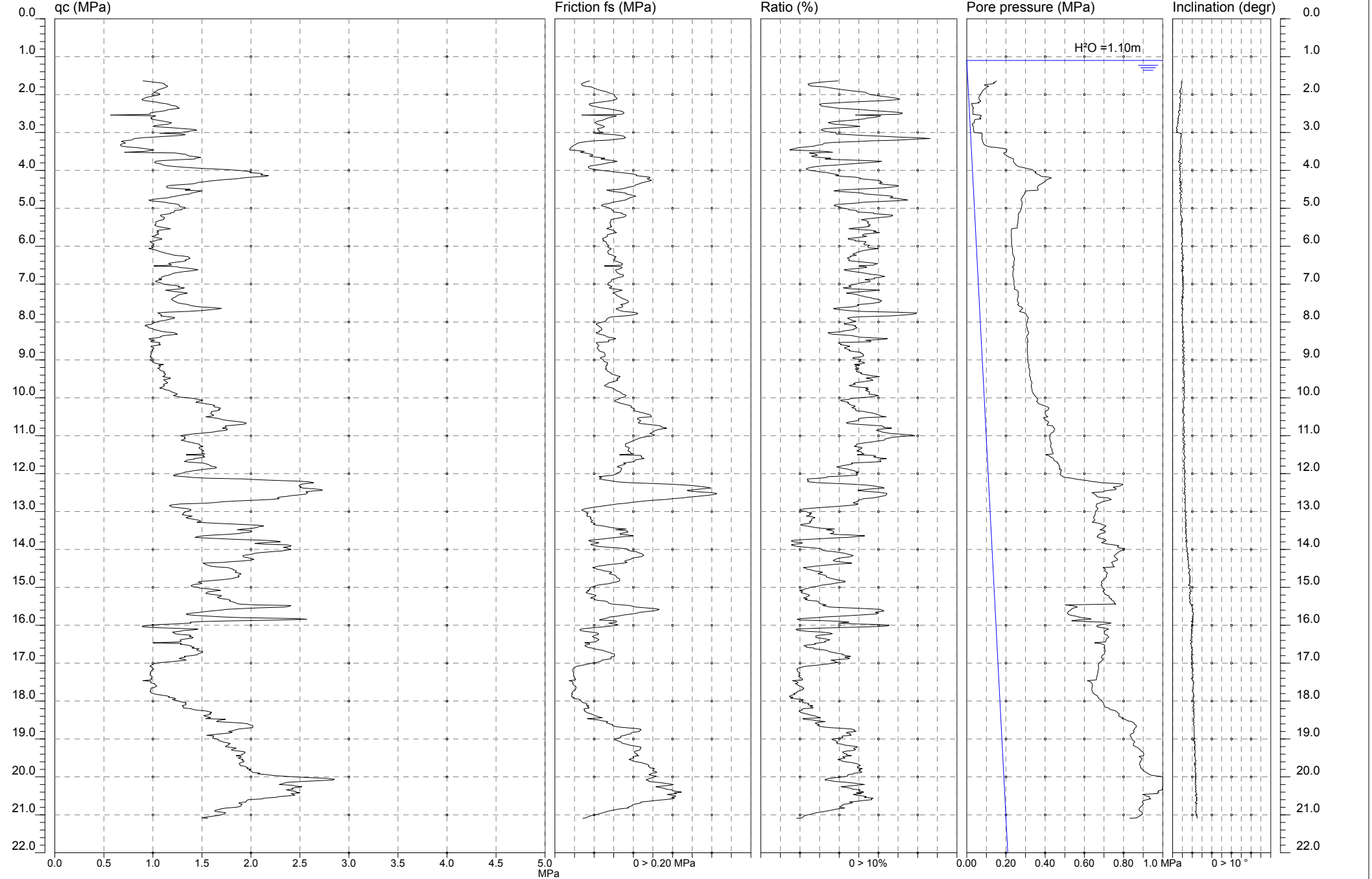


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: AIMAG SPA
Cantiere: MEDOLLA - DISCARICA
Data: 21/08/2018 09:40:12

Quota: 1.60
Metodo: CPT
Preforo:
Falda: -1.10

Prova n° 1
Pagina: 1 di 1



VALORI PROVA PENETROMETRICA CPTU

ALL. 5.1

CPTU1

Soundi ng No 1601
 Printer No 139
 Start level 1.60
 Date 21-Aug-2018
 Time 08:10
 Method CPT
 Project di scari ca
 Cone no 40107

DEPTH(m)	QC(MPa)	PP(KPa)	FS(KPa)	IN(°)
1.62	0.9	151	35.5	0.9
1.64	0.97	149.5	32.5	0.9
1.66	1.04	136.5	30.5	0.9
1.68	1.1	141	28.5	0.9
1.7	1.12	129	27	0.9
1.72	1.12	91	27.5	0.9
1.74	1.14	94.5	28	0.9
1.76	1.15	111.5	31	0.9
1.78	1.14	104	37	0.9
1.8	1.12	98.5	39	0.9
1.82	1.1	95	41	0.8
1.84	1.07	89	43	0.8
1.86	1.05	85.5	45	0.8
1.88	1.04	82	48	0.7
1.9	1.03	79	51.5	0.8
1.92	1.01	77	54	0.7
1.94	1.04	74	56	0.8
1.96	1.07	72	58.5	0.9
1.98	1.07	70	60	0.8
2	1.04	67	61	0.8
2.02	1	64.5	60.5	0.8
2.04	0.96	63	61.5	0.8
2.06	0.93	62.5	62.5	0.7
2.08	0.91	62.5	63.5	0.8
2.1	0.89	63.5	63	0.8
2.12	0.89	65	61	0.8
2.14	0.92	70	58	0.8
2.16	0.98	71.5	52.5	0.8
2.18	1.04	58.5	46	0.8
2.2	1.07	63.5	40.5	0.8
2.22	1.13	25	35.5	0.7
2.24	1.17	26.5	35	0.7
2.26	1.18	28	36	0.8
2.28	1.23	28	38	0.7
2.3	1.25	28.5	41.5	0.8
2.32	1.25	35	46	0.7
2.34	1.27	34.5	50	0.7
2.36	1.22	30.5	55.5	0.7
2.38	1.15	31.5	59.5	0.7
2.4	1.14	32	64	0.8
2.42	1.09	32	68	0.6
2.44	1.03	32.5	69.5	0.6
2.46	0.98	32.5	70.5	0.6
2.48	0.97	32.5	70	0.7
2.5	0.97	32.5	68	0.7
2.52	0.57	65	27.5	0.7
2.54	1.03	75	63	0.6
2.56	1.01	72	60.5	0.6
2.58	0.98	66.5	57	0.6
2.6	0.99	67	53.5	0.6
2.62	0.98	73	52	0.5
2.64	1.01	42.5	50.5	0.6
2.66	1.06	39	48	0.6
2.68	1.1	39	44.5	0.5
2.7	1.14	39.5	42	0.5
2.72	1.19	40	41	0.6
2.74	1.18	31	42	0.5
2.76	1.15	27.5	43.5	0.5

1agi na p

CPTU1

2.78	1.09	31	46	0.5
2.8	1.02	31	48.5	0.5
2.82	1	33	50.5	0.5
2.84	1.11	34	50	0.4
2.86	1.21	34.5	47.5	0.4
2.88	1.31	34.5	43.5	0.4
2.9	1.42	34	44	0.5
2.92	1.45	35	45	0.4
2.94	1.39	36	45	0.4
2.96	1.34	37	45	0.5
2.98	1.29	37	49.5	0.4
3	1.07	78	41	0.9
3.02	1.31	78.5	50.5	0.8
3.04	1.33	78.5	60.5	0.9
3.06	1.27	78	67	0.9
3.08	1.14	78	70.5	0.8
3.1	1.01	78	71	0.9
3.12	0.9	77.5	72	0.8
3.14	0.81	78	70	0.8
3.16	0.8	79	62	0.8
3.18	0.78	79.5	55	0.8
3.2	0.7	80	39.5	0.8
3.22	0.68	81	33	0.8
3.24	0.71	83.5	26.5	0.8
3.26	0.72	85	23.5	0.8
3.28	0.69	86	22	0.8
3.3	0.67	89.5	21	0.8
3.32	0.67	94.5	19	0.9
3.34	0.68	104	18.5	0.9
3.36	0.74	119	17	0.8
3.38	0.83	153.5	16	0.9
3.4	0.9	185.5	16	0.8
3.42	0.95	203	15	0.8
3.44	1.01	205	15	0.8
3.46	0.96	204	24.5	0.7
3.48	0.91	203	30	0.8
3.5	0.71	201	26	0.8
3.52	1.23	189	30.5	0.7
3.54	1.28	190	34.5	0.8
3.56	1.34	193	37.5	0.7
3.58	1.35	203	39	0.7
3.6	1.37	203.5	35.5	0.8
3.62	1.44	212	38	0.7
3.64	1.49	219.5	45.5	0.7
3.66	1.43	231.5	51	0.7
3.68	1.43	238.5	47	0.8
3.7	1.27	239	51.5	0.7
3.72	1.1	238.5	59.5	0.7
3.74	1.03	238.5	63.5	0.6
3.76	1.02	239	60	0.6
3.78	1.02	242	55	0.8
3.8	1.06	245	51	0.9
3.82	1.09	249	47	0.8
3.84	1.11	253	42	0.7
3.86	1.15	258	36.5	0.7
3.88	1.23	264	34.5	0.8
3.9	1.32	283.5	34	0.7
3.92	1.45	300.5	35	0.7
3.94	1.6	316	37	0.8
3.96	1.76	332.5	41.5	0.7
3.98	1.88	339.5	47.5	0.7
4	1.95	343.5	55	0.8
4.02	2	354	61.5	0.8
4.04	1.99	348.5	67.5	0.8
4.06	2.1	353.5	75	0.8
4.08	2.12	359.5	80.5	0.7
4.1	2.1	370.5	83.5	0.8
4.12	2.18	375	83	0.8

2agi na p

CPTU1

4.14	2.14	382.5	90	0.8
4.16	2	418.5	96.5	0.8
4.18	1.91	431.5	97	0.7
4.2	1.86	420.5	94	0.7
4.22	1.75	411.5	95.5	0.8
4.24	1.66	405	98.5	0.7
4.26	1.58	400.5	96.5	0.7
4.28	1.52	396	92.5	0.9
4.3	1.46	391.5	90.5	0.7
4.32	1.44	386	87	0.9
4.34	1.39	379.5	85.5	0.8
4.36	1.26	370.5	82.5	0.9
4.38	1.17	366	82	0.7
4.4	1.14	364	80	0.8
4.42	1.14	361	76	0.8
4.44	1.15	360.5	72.5	0.9
4.46	1.26	362.5	70	0.7
4.48	1.38	365	65.5	0.8
4.5	1.33	363	53	0.8
4.52	1.5	301	56	0.9
4.54	1.47	298.5	60	0.9
4.56	1.43	296.5	67	0.8
4.58	1.39	296.5	72.5	0.7
4.6	1.38	295	72.5	0.8
4.62	1.32	292.5	76	0.9
4.64	1.28	290	79.5	0.8
4.66	1.23	286.5	82.5	0.8
4.68	1.19	284.5	80	0.8
4.7	1.16	282.5	76.5	0.9
4.72	1.08	280	75.5	0.8
4.74	1.02	277.5	73.5	0.8
4.76	0.96	277	72	0.8
4.78	0.97	278	68	0.7
4.8	1.05	282	64	0.7
4.82	1.12	282	59	0.8
4.84	1.16	282	57	0.8
4.86	1.22	283	53.5	0.8
4.88	1.26	282.5	49	0.8
4.9	1.27	281	47.5	0.9
4.92	1.27	280.5	48	0.8
4.94	1.28	280	51.5	0.8
4.96	1.33	279.5	54	0.9
4.98	1.33	278	56	0.8
5	1.29	276.5	58	0.8
5.02	1.29	276.5	58	0.8
5.04	1.22	274.5	59.5	0.8
5.06	1.22	272.5	59.5	0.9
5.08	1.22	271.5	60.5	0.8
5.1	1.18	265.5	68	0.8
5.12	1.18	265.5	68	0.8
5.14	1.13	262.5	70.5	0.8
5.16	1.08	262	72.5	0.8
5.18	1.08	263	72.5	0.9
5.2	1.09	263	71.5	0.9
5.22	1.12	263.5	69	0.9
5.24	1.12	263	64.5	0.9
5.26	1.11	263	60	1
5.28	1.11	262	57	1
5.3	1.07	261	57	0.9
5.32	1.05	260.5	57	1
5.34	1.03	261.5	56.5	0.8
5.36	1.03	261.5	56	0.9
5.38	1.03	260.5	56.5	0.9
5.4	1.03	259.5	56.5	0.8
5.42	1.02	257.5	57	0.9
5.44	1.03	257.5	56.5	0.9
5.46	1.05	258.5	58	0.9
5.48	1.09	259	57	0.9

3agi na p

CPTU1

5.5	1.14	257.5	54	0.9
5.52	1.18	228.5	53	1
5.54	1.12	227.5	57	0.9
5.56	1.06	227	59.5	1
5.58	1.04	227.5	61	0.9
5.6	1.06	228	61	0.9
5.62	1.04	227.5	63	1
5.64	1.05	227.5	60	0.9
5.66	1.06	227	56	1
5.68	1.03	227	53.5	0.9
5.7	1.03	227	53.5	0.9
5.72	0.99	228	53.5	0.9
5.74	1.01	228	52	1
5.76	1.05	228.5	50	1
5.78	1.09	229	48.5	1
5.8	1.09	228.5	49	1
5.82	1.04	230	50	1
5.84	1.02	229	49	1
5.86	0.97	228	52	1
5.88	0.98	229	52.5	1
5.9	0.99	228	52.5	0.9
5.92	1.01	229.5	53	0.9
5.94	1.01	229	53.5	0.9
5.96	0.99	230	55	1
5.98	0.99	231.5	54	1
6	0.99	231.5	54	1
6.02	1	232	55	0.9
6.04	0.96	233	57.5	0.9
6.06	0.99	233.5	57	0.9
6.08	1.03	234	55.5	1
6.1	1.05	234	54.5	1
6.12	1.07	234	54	1
6.14	1.1	234	54	1
6.16	1.12	234	54.5	0.9
6.18	1.16	234.5	54.5	1
6.2	1.19	235.5	56	1
6.22	1.22	237	59.5	1.1
6.24	1.31	238.5	60	1
6.26	1.36	240	62.5	1
6.28	1.37	244	61	1.1
6.3	1.38	244	61	1
6.32	1.36	243	61.5	1.1
6.34	1.33	242.5	60	1.1
6.36	1.34	242	60	0.9
6.38	1.31	241	63.5	0.9
6.4	1.24	240	65	1
6.42	1.19	239.5	67	1
6.44	1.16	240.5	69	1
6.46	1.18	241.5	68.5	1
6.48	1.19	241.5	68.5	1
6.5	1.01	240	50.5	0.9
6.52	1.25	233.5	67	1.1
6.54	1.27	235.5	68.5	1
6.56	1.35	237.5	68	1.1
6.58	1.41	240.5	66	1
6.6	1.46	239.5	62	0.9
6.62	1.42	238.5	62	1.1
6.64	1.36	236.5	62.5	0.9
6.66	1.29	235.5	63	1
6.68	1.24	235.5	64	1
6.7	1.2	235.5	65	1
6.72	1.19	235	66.5	1
6.74	1.17	235	70	1
6.76	1.13	234.5	70	1
6.78	1.1	236	69.5	1.1
6.8	1.09	238	66	1
6.82	1.09	238.5	63	1.1
6.84	1.06	239	61.5	1

4agi na p

CPTU1

6.86	1.09	240.5	58	1.1
6.88	1.05	240.5	58	1
6.9	1.03	241	57.5	1.1
6.92	1.03	242	57	1.1
6.94	1.07	241.5	55	1
6.96	1.09	241	54.5	1.1
6.98	1.11	241	54	1.1
7	1.16	241	54	1
7.02	1.25	242.5	56	1.1
7.04	1.27	244	58	1
7.06	1.26	245.5	58	1.1
7.08	1.32	244	55.5	1.1
7.1	1.29	242	58	1.1
7.12	1.22	246	64.5	1.1
7.14	1.13	255	68.5	1.1
7.16	1.17	260.5	66	1
7.18	1.23	262.5	63	1
7.2	1.31	263.5	60.5	1.1
7.22	1.35	262	59	1.1
7.24	1.3	261.5	62	1
7.26	1.27	262.5	62.5	1
7.28	1.25	263	63	1
7.3	1.24	263	65	1.1
7.32	1.23	262	66	0.9
7.34	1.21	261	68	1.1
7.36	1.2	259.5	68.5	1
7.38	1.19	258	71.5	1
7.4	1.2	258	72.5	0.9
7.42	1.21	259	74.5	0.9
7.44	1.23	260.5	75	1
7.46	1.24	262	75	0.9
7.48	1.26	264	73	0.9
7.5	1.31	265	71	0.9
7.52	1.36	259.5	67	1
7.54	1.38	263.5	69	1
7.56	1.41	267.5	69	1
7.58	1.48	277	69	1
7.6	1.61	283	66.5	1
7.62	1.7	285.5	63	0.9
7.64	1.66	281	62.5	1.1
7.66	1.57	277	65	1
7.68	1.49	273.5	66.5	1
7.7	1.35	269.5	70	1
7.72	1.15	281.5	78.5	1
7.74	1.05	295	83.5	1
7.76	1.07	300.5	84.5	1
7.78	1.08	305	82.5	1
7.8	1.09	305	77.5	0.9
7.82	1.08	306	71.5	1
7.84	1.15	311	59	1
7.86	1.22	313.5	55.5	1
7.88	1.22	313	54	1
7.9	1.18	312	53	1
7.92	1.15	310.5	53	1
7.94	1.12	310	52	1
7.96	1.06	309	51.5	1
7.98	1.04	308	49	0.9
8	1.01	307.5	46	1
8.02	1	306	42.5	1
8.04	0.98	305	42	1
8.06	0.93	303.5	43.5	1
8.08	0.92	303.5	44.5	1
8.1	0.95	304.5	45.5	1.1
8.12	0.95	306	46.5	1
8.14	0.97	309.5	47.5	1.1
8.16	1	309	47.5	1
8.18	1.01	309	48	1
8.2	1.05	310.5	47	1

5agi na p

CPTU1

8.22	1.08	312	45	1.1
8.24	1.12	315.5	45.5	1.1
8.26	1.22	316.5	42	1
8.28	1.23	314.5	43	1.1
8.3	1.25	313	45.5	1.1
8.32	1.18	310.5	49	1.1
8.34	1.11	308	51.5	1.1
8.36	1.08	306	52.5	1
8.38	1.08	306.5	54.5	1.1
8.4	1.03	306.5	59.5	1.1
8.42	0.96	309.5	62	1.1
8.44	0.97	311.5	60	1.1
8.46	1.02	310	54.5	1.1
8.48	0.98	310.5	55	1
8.5	0.98	313.5	55	1.2
8.52	1.07	308	42.5	1.1
8.54	1.07	308.5	42.5	1.1
8.56	1.06	308.5	43.5	1.1
8.58	1.08	309	44	1
8.6	1.03	309	45	1
8.62	0.98	310	44.5	1
8.64	0.99	310	43.5	1.1
8.66	1.01	309	43	1.2
8.68	1.01	309	43.5	1.1
8.7	1	309	44.5	1.1
8.72	0.99	309	45	1
8.74	1	309	45	1.1
8.76	0.98	309	47	1.2
8.78	0.98	309.5	50	1.1
8.8	0.99	310	50.5	1.1
8.82	0.98	310	51	1.1
8.84	0.98	310	51	1.1
8.86	0.98	310	51.5	1.2
8.88	0.98	311	51	1.1
8.9	0.97	311.5	49.5	1
8.92	0.99	311.5	46.5	1.2
8.94	0.99	310.5	46.5	1.2
8.96	0.98	310.5	48.5	1.1
8.98	0.97	311	49.5	1.1
9	0.98	311.5	49.5	1.1
9.02	1	312	50	1.2
9.04	1	312.5	52.5	1.1
9.06	1.02	313.5	54	1
9.08	1.04	314.5	53.5	1.1
9.1	1.11	316.5	53	1.2
9.12	1.06	317.5	53.5	1.1
9.14	1.08	317	52	1.1
9.16	1.07	316.5	52	1.1
9.18	1.07	316.5	52	1.1
9.2	1.05	317.5	52.5	1.1
9.22	1.07	319	51.5	1.1
9.24	1.07	321	53	1.1
9.26	1.08	321.5	53	1.1
9.28	1.11	321	54	1.2
9.3	1.12	321	55.5	1.1
9.32	1.11	321.5	57	1.2
9.34	1.12	321	57	1.1
9.36	1.13	320.5	59	1.2
9.38	1.12	320	61.5	1.1
9.4	1.12	320.5	64	1.2
9.42	1.1	323	66.5	1.2
9.44	1.14	324.5	65.5	1.1
9.46	1.18	325	63.5	1.1
9.48	1.16	325	64.5	1.1
9.5	1.11	324.5	63	1.1
9.52	1.12	327.5	64	1.1
9.54	1.13	329.5	61	1.2
9.56	1.14	331.5	58.5	1.2

6agi na p

CPTU1

9.58	1.15	333	55.5	1.1
9.6	1.14	332	54	1.2
9.62	1.11	330	53.5	1.2
9.64	1.11	330	51.5	1.2
9.66	1.12	329.5	50.5	1.2
9.68	1.11	329	52	1.2
9.7	1.09	329.5	55	1.2
9.72	1.07	331	58.5	1
9.74	1.11	332	59.5	1.2
9.76	1.12	332.5	61.5	1.2
9.78	1.16	333.5	62	1.1
9.8	1.18	334	64	1.2
9.82	1.19	335	66	1.2
9.84	1.21	337	67	1.2
9.86	1.23	338.5	68	1.2
9.88	1.25	341	69	1.1
9.9	1.23	344	71.5	1.1
9.92	1.21	347.5	72.5	1.2
9.94	1.24	350	72	1.2
9.96	1.28	354	70.5	1.2
9.98	1.36	357	67.5	1.2
10	1.42	360	65.5	1.2
10.02	1.46	362.5	65	1.2
10.04	1.51	362	61.5	1.2
10.06	1.49	358.5	61	1.1
10.08	1.45	356.5	62	1.1
10.1	1.44	361.5	64.5	1.1
10.12	1.5	364	66.5	1.1
10.14	1.55	369	70	1.1
10.16	1.6	380	72.5	1.1
10.18	1.63	391	76	1.1
10.2	1.62	402.5	78	1.1
10.22	1.63	411.5	77.5	1.1
10.24	1.68	418	78	1.2
10.26	1.69	419	81	1.1
10.28	1.67	417	81	1.1
10.3	1.68	414.5	81	1
10.32	1.65	405	80.5	1.1
10.34	1.6	401.5	84	1.1
10.36	1.6	400	87	1
10.38	1.59	399.5	90.5	1.1
10.4	1.59	400.5	93	1.1
10.42	1.61	401.5	96	1.2
10.44	1.62	404.5	98	1.2
10.46	1.6	408	98	1.1
10.48	1.54	414	98.5	1.1
10.5	1.6	391.5	86.5	1.1
10.52	1.66	395	84.5	1.1
10.54	1.69	396.5	84	1.1
10.56	1.72	400.5	86	1.1
10.58	1.77	407	87.5	1.1
10.6	1.84	413	87	1.1
10.62	1.91	418	85.5	1.2
10.64	1.95	417.5	85	1.2
10.66	1.95	413	87.5	1.1
10.68	1.92	410	94.5	1.1
10.7	1.83	410	102	1.1
10.72	1.74	437.5	107.5	1.1
10.74	1.74	441	109	1.1
10.76	1.75	440.5	109.5	1.2
10.78	1.71	447	114	1.1
10.8	1.76	449	108.5	1.1
10.82	1.76	446.5	105	1.2
10.84	1.74	445.5	102.5	1.1
10.86	1.66	444.5	101	1.2
10.88	1.62	442	100	1.2
10.9	1.55	434.5	99	1.2
10.92	1.47	430.5	97	1.1

7agi na p

CPTU1

10.94	1.39	426	99	1
10.96	1.32	424.5	101.5	1.1
10.98	1.28	424.5	100.5	1.1
11	1.32	423.5	94	1.2
11.02	1.33	423	90	1.2
11.04	1.32	423.5	86.5	1.1
11.06	1.33	424	84.5	1.1
11.08	1.31	424.5	83	1.1
11.1	1.29	426.5	81	1.1
11.12	1.33	427	79	1.2
11.14	1.36	429	77.5	1.2
11.16	1.4	429.5	75.5	1.1
11.18	1.43	430.5	73.5	1.1
11.2	1.47	430	72	1.3
11.22	1.48	429	72	1.2
11.24	1.48	428	72	1.1
11.26	1.51	427.5	72	1.2
11.28	1.48	429	74.5	1.1
11.3	1.47	431.5	76	1.2
11.32	1.48	434.5	75.5	1.1
11.34	1.49	435.5	75	1.1
11.36	1.5	435.5	75	1.2
11.38	1.52	435	74.5	1.2
11.4	1.5	438	76.5	1.2
11.42	1.5	439.5	77	1.2
11.44	1.5	440.5	77.5	1.1
11.46	1.53	440	80.5	1.1
11.48	1.34	402	66	1.2
11.5	1.52	417	87.5	1.2
11.52	1.51	424	88.5	1.2
11.54	1.53	428	88	1.3
11.56	1.49	435	89	1.3
11.58	1.42	443.5	91	1.2
11.6	1.42	443.5	86.5	1.2
11.62	1.35	444	82	1.2
11.64	1.34	448	81.5	1.1
11.66	1.32	457.5	81	1.1
11.68	1.38	462.5	76.5	1.2
11.7	1.51	462	70	1.2
11.72	1.54	468	72	1.2
11.74	1.57	469	70.5	1.2
11.76	1.58	472	67.5	1.1
11.78	1.59	471.5	65	1.2
11.8	1.64	472	63.5	1.2
11.82	1.65	475.5	66.5	1.2
11.84	1.63	475.5	68	1.1
11.86	1.54	471.5	68	1.2
11.88	1.48	483.5	67.5	1.2
11.9	1.42	482	67.5	1.3
11.92	1.38	479.5	66.5	1.2
11.94	1.33	480.5	66.5	1.3
11.96	1.31	478.5	63.5	1.2
11.98	1.28	477.5	63.5	1.2
12	1.25	476	61	1.2
12.02	1.21	479.5	59.5	1.2
12.04	1.22	486	52	1.2
12.06	1.33	491.5	45	1.2
12.08	1.41	503	47.5	1.2
12.1	1.56	535.5	46.5	1.3
12.12	1.92	553.5	45.5	1.3
12.14	2.08	579	49.5	1.2
12.16	2.28	612.5	55.5	1.2
12.18	2.5	628.5	59.5	1.2
12.2	2.6	661	64.5	1.2
12.22	2.64	689	77.5	1.2
12.24	2.57	763.5	99.5	1.3
12.26	2.51	796.5	118.5	1.2
12.28	2.5	793.5	133.5	1.2

8agi na p

CPTU1

12. 3	2. 49	785	142. 5	1. 3
12. 32	2. 51	766	149. 5	1. 3
12. 34	2. 5	747	155	1. 3
12. 36	2. 53	755. 5	159	1. 2
12. 38	2. 64	762	150. 5	1. 2
12. 4	2. 72	758	142. 5	1. 3
12. 42	2. 73	722	135	1. 2
12. 44	2. 62	701. 5	137	1. 2
12. 46	2. 56	697. 5	146	1. 2
12. 48	2. 58	638	159	1. 3
12. 5	2. 57	648. 5	165	1. 1
12. 52	2. 56	652	164. 5	1. 2
12. 54	2. 49	656. 5	159. 5	1. 3
12. 56	2. 41	662. 5	152. 5	1. 3
12. 58	2. 36	664	144. 5	1. 3
12. 6	2. 29	673	136. 5	1. 3
12. 62	2. 27	721	130	1. 3
12. 64	2. 29	729. 5	120	1. 3
12. 66	2. 2	737	113	1. 2
12. 68	2. 06	726. 5	102. 5	1. 3
12. 7	1. 86	708. 5	92	1. 3
12. 72	1. 72	693. 5	85	1. 3
12. 74	1. 64	684	77. 5	1. 2
12. 76	1. 53	676. 5	72. 5	1. 3
12. 78	1. 28	662. 5	63. 5	1. 3
12. 8	1. 2	662. 5	58	1. 3
12. 82	1. 17	661	52. 5	1. 3
12. 84	1. 18	659. 5	46. 5	1. 3
12. 86	1. 2	662	41. 5	1. 3
12. 88	1. 27	667	36. 5	1. 3
12. 9	1. 34	669. 5	32	1. 3
12. 92	1. 38	667. 5	28. 5	1. 3
12. 94	1. 39	665. 5	27. 5	1. 3
12. 96	1. 38	659. 5	28. 5	1. 2
12. 98	1. 34	656. 5	31	1. 3
13	1. 32	655. 5	32	1. 4
13. 02	1. 31	655. 5	34	1. 3
13. 04	1. 31	655. 5	32. 5	1. 3
13. 06	1. 3	653. 5	33	1. 3
13. 08	1. 34	653. 5	33	1. 4
13. 1	1. 4	652	32. 5	1. 3
13. 12	1. 37	647	36	1. 3
13. 14	1. 34	648	37	1. 3
13. 16	1. 36	647. 5	36	1. 3
13. 18	1. 41	650	36. 5	1. 3
13. 2	1. 45	654	37. 5	1. 4
13. 22	1. 48	651. 5	38. 5	1. 4
13. 24	1. 49	645. 5	37	1. 3
13. 26	1. 45	640	37	1. 3
13. 28	1. 58	666	39. 5	1. 4
13. 3	1. 74	680	41	1. 3
13. 32	1. 92	690. 5	39	1. 4
13. 34	2. 08	701. 5	42. 5	1. 3
13. 36	2. 13	709. 5	49. 5	1. 4
13. 38	2. 08	705. 5	53	1. 3
13. 4	2. 06	699. 5	57	1. 3
13. 42	2. 02	695. 5	62. 5	1. 3
13. 44	1. 93	692	72. 5	1. 4
13. 46	1. 86	679	62	1. 4
13. 48	1. 99	698	72	1. 3
13. 5	2. 01	706. 5	74	1. 4
13. 52	2	707	74. 5	1. 3
13. 54	1. 91	701	71	1. 4
13. 56	1. 88	685. 5	66. 5	1. 3
13. 58	1. 76	677	66. 5	1. 4
13. 6	1. 63	670	75	1. 4
13. 62	1. 51	670	80	1. 4
13. 64	1. 46	664. 5	71. 5	1. 4

9agi na p

CPTU1

13. 66	1. 43	669	63	1. 4
13. 68	1. 54	679. 5	56. 5	1. 3
13. 7	1. 72	693	50. 5	1. 4
13. 72	1. 91	705. 5	42	1. 4
13. 74	2. 16	710. 5	34. 5	1. 5
13. 76	2. 27	705. 5	35. 5	1. 3
13. 78	2. 3	696	39	1. 5
13. 8	2. 13	687	45	1. 4
13. 82	2. 04	701. 5	42. 5	1. 4
13. 84	2. 15	724	37	1. 4
13. 86	2. 37	748. 5	37	1. 4
13. 88	2. 41	775. 5	41	1. 4
13. 9	2. 4	768. 5	44. 5	1. 4
13. 92	2. 33	770. 5	54	1. 4
13. 94	2. 37	778	63. 5	1. 5
13. 96	2. 38	807	73	1. 5
13. 98	2. 41	803. 5	74. 5	1. 5
14	2. 36	793	74. 5	1. 5
14. 02	2. 31	784. 5	77. 5	1. 4
14. 04	2. 21	778	83	1. 5
14. 06	2. 1	771	85	1. 5
14. 08	2. 04	766. 5	87	1. 5
14. 1	2. 02	763	89	1. 6
14. 12	1. 97	758	90	1. 5
14. 14	1. 92	753. 5	90. 5	1. 5
14. 16	1. 92	752. 5	89	1. 6
14. 18	1. 93	756. 5	85. 5	1. 5
14. 2	1. 97	761	81	1. 6
14. 22	2	765	78	1. 6
14. 24	2. 03	769. 5	77. 5	1. 5
14. 26	2	768. 5	74	1. 6
14. 28	1. 93	758. 5	71. 5	1. 6
14. 3	1. 81	747	71. 5	1. 6
14. 32	1. 71	738. 5	73. 5	1. 6
14. 34	1. 51	741	70	1. 6
14. 36	1. 53	744	62. 5	1. 6
14. 38	1. 54	745. 5	56	1. 6
14. 4	1. 57	746	49. 5	1. 7
14. 42	1. 59	749	44. 5	1. 6
14. 44	1. 65	752. 5	41. 5	1. 6
14. 46	1. 77	695	38. 5	1. 6
14. 48	1. 79	704. 5	41. 5	1. 6
14. 5	1. 82	707	43	1. 8
14. 52	1. 82	706	47	1. 8
14. 54	1. 85	705	49. 5	1. 7
14. 56	1. 85	707	54. 5	1. 7
14. 58	1. 84	714	58	1. 7
14. 6	1. 87	717	56. 5	1. 6
14. 62	1. 9	716	55. 5	1. 7
14. 64	1. 89	713. 5	58. 5	1. 7
14. 66	1. 87	712. 5	61. 5	1. 7
14. 68	1. 87	712. 5	62. 5	1. 8
14. 7	1. 88	713	62. 5	1. 8
14. 72	1. 85	709. 5	63	1. 7
14. 74	1. 82	706. 5	65	1. 8
14. 76	1. 77	703	66	1. 7
14. 78	1. 7	696. 5	66	1. 8
14. 8	1. 6	693	66	1. 7
14. 82	1. 51	689	65	1. 8
14. 84	1. 46	686	62	1. 7
14. 86	1. 49	688	58. 5	1. 8
14. 88	1. 5	690. 5	55. 5	1. 7
14. 9	1. 43	687. 5	49. 5	1. 7
14. 92	1. 4	684. 5	43. 5	1. 6
14. 94	1. 39	687	41. 5	1. 8
14. 96	1. 4	692	39. 5	1. 8
14. 98	1. 46	692	36. 5	1. 8
15	1. 48	692	36	1. 7

10agi na p

CPTU1

15.02	1.57	697.5	35.5	1.8
15.04	1.64	703	36	1.8
15.06	1.69	699	33.5	1.8
15.08	1.61	694.5	34.5	1.9
15.1	1.56	698	32	1.8
15.12	1.55	701	32	1.7
15.14	1.54	702	34	1.8
15.16	1.59	705.5	37.5	1.8
15.18	1.65	713	41	1.7
15.2	1.7	724.5	42	1.7
15.22	1.69	726.5	40.5	1.7
15.24	1.66	726	38	1.8
15.26	1.67	729.5	36.5	1.7
15.28	1.71	738.5	40.5	1.7
15.3	1.77	736.5	40	1.8
15.32	1.79	741	43.5	1.8
15.34	1.78	748.5	51	1.8
15.36	1.81	751	53.5	1.7
15.38	1.84	753	54.5	1.8
15.4	1.85	753	55	1.8
15.42	1.88	760.5	58.5	1.8
15.44	2.04	502	68	2.1
15.46	2.41	530.5	76	1.9
15.48	2.39	555	80	2
15.5	2.34	564	82.5	2
15.52	2.07	547	93	2
15.54	1.9	537	102	2
15.56	1.75	533.5	106.5	2.1
15.58	1.69	530	104.5	2
15.6	1.6	522.5	100.5	2
15.62	1.53	519.5	93	2
15.64	1.48	515	86.5	2.1
15.66	1.39	513	83.5	2.1
15.68	1.34	517.5	79	2.1
15.7	1.35	520	72.5	2.1
15.72	1.43	534.5	68	2.1
15.74	1.58	557	63.5	2
15.76	1.71	571	56	2.1
15.78	1.91	585	54.5	2.1
15.8	2.42	626.5	51.5	2
15.82	2.57	634.5	47.5	2.1
15.84	2.29	561	45.5	2
15.86	1.84	535.5	62	2.1
15.88	1.51	596.5	63	1.9
15.9	1.38	706.5	62	2.1
15.92	1.39	737	55	2
15.94	1.26	715	58	2
15.96	1.07	688.5	64	2
15.98	0.97	670.5	63.5	2
16	0.89	663.5	57	2
16.02	0.9	667	50	1.9
16.04	1	683	41	2
16.06	1.25	710	33	2
16.08	1.46	722.5	26.5	1.9
16.1	1.41	714	25.5	1.9
16.12	1.31	707	26.5	2
16.14	1.27	702	30.5	1.9
16.16	1.2	703	37.5	2
16.18	1.22	701	42.5	1.9
16.2	1.22	700.5	44.5	2
16.22	1.27	705	44.5	1.9
16.24	1.38	716	41.5	1.9
16.26	1.39	720	39	1.9
16.28	1.37	721.5	38.5	2
16.3	1.41	724	39.5	1.9
16.32	1.4	717.5	42.5	1.9
16.34	1.33	712.5	44	1.9
16.36	1.28	711	45	1.9

11agi na p

CPTU1

16.38	1.28	710	44	1.8
16.4	1.29	709	42	1.9
16.42	1.26	706.5	41.5	2
16.44	1	652	30.5	1.9
16.46	1.29	680.5	35.5	1.8
16.48	1.28	693	35.5	1.9
16.5	1.34	701.5	31.5	1.9
16.52	1.39	704	30.5	1.9
16.54	1.39	703	32.5	1.9
16.56	1.42	700	33	2
16.58	1.4	705	38	1.9
16.6	1.47	704.5	40	2
16.62	1.45	704	44	2
16.64	1.45	704	48.5	2
16.66	1.48	706.5	51	2
16.68	1.51	704.5	53	1.9
16.7	1.5	704	56.5	2
16.72	1.48	703	57.5	2
16.74	1.46	701.5	61	1.9
16.76	1.45	696.5	60.5	2.1
16.78	1.39	690.5	61	1.9
16.8	1.32	689	60.5	1.9
16.82	1.33	688	57	2
16.84	1.28	687	57.5	1.9
16.86	1.27	694	57.5	2
16.88	1.32	695.5	53	1.9
16.9	1.34	691.5	48	2
16.92	1.26	689	47.5	2
16.94	1.19	683.5	45	2
16.96	1.1	677.5	43	1.9
16.98	1.04	674	38	1.9
17	1	672	34	2
17.02	1	672	31	1.9
17.04	0.98	671.5	27	2
17.06	0.97	671.5	22.5	2
17.08	0.99	672	21	2
17.1	0.99	672.5	19.5	1.9
17.12	1	672	19	2.1
17.14	1.01	671.5	18.5	2.1
17.16	0.99	671	18.5	2
17.18	0.99	670	18.5	2.1
17.2	0.98	668	18.5	2
17.22	0.98	669.5	19	2
17.24	0.97	668	19.5	2
17.26	0.98	667.5	19	2
17.28	0.97	666	19	2.1
17.3	0.97	665	19.5	2.1
17.32	0.99	664	19	2
17.34	0.99	664	19.5	2
17.36	0.99	662.5	20	2.1
17.38	0.98	662	20.5	1.9
17.4	0.99	662	21	2
17.42	0.98	661	21	2
17.44	0.9	615	14.5	2.1
17.46	0.98	627.5	17.5	2.1
17.48	0.98	632	18.5	2.1
17.5	0.98	635	18.5	2.2
17.52	1.02	639.5	18	2.1
17.54	1.02	640	19	2.1
17.56	1.03	640	19.5	2.1
17.58	1.04	640	20.5	2.1
17.6	1.03	640	21.5	2.1
17.62	1.01	638.5	21.5	2.1
17.64	0.98	638	21.5	2.1
17.66	0.98	638	21	2.1
17.68	0.98	638	21	2.1
17.7	0.98	639	19.5	2
17.72	0.97	640.5	18.5	2

12agi na p

CPTU1

17.74	0.98	642.5	18	2.1
17.76	0.98	644	18	2.1
17.78	1.01	648	17	2.1
17.8	1.03	652	18	2.1
17.82	1.08	659	17.5	2.2
17.84	1.14	666	17	2.1
17.86	1.17	668	17	2.2
17.88	1.16	670	19	2.1
17.9	1.22	673	18.5	2.1
17.92	1.23	675	22	2.1
17.94	1.2	680.5	26	2.1
17.96	1.23	687	25.5	2.1
17.98	1.26	689	27	2.1
18	1.29	693	27.5	2.2
18.02	1.34	695	28.5	2.2
18.04	1.33	698	32.5	2.2
18.06	1.34	700	32.5	2.1
18.08	1.33	699	32	2.1
18.1	1.3	701.5	34.5	2.2
18.12	1.31	703	33	2.1
18.14	1.31	707	34	2.1
18.16	1.31	722	35	2.1
18.18	1.39	728	30	2.2
18.2	1.41	731	29.5	2.2
18.22	1.45	748	30.5	2.1
18.24	1.54	760	30	2.2
18.26	1.58	764	31.5	2.1
18.28	1.6	769	32.5	2.2
18.3	1.58	774	34.5	2.2
18.32	1.59	778	37.5	2.1
18.34	1.57	777	39	2.2
18.36	1.52	774	40.5	2.2
18.38	1.53	775.5	43	2.2
18.4	1.57	785	45.5	2.2
18.42	1.59	797.5	48.5	2.2
18.44	1.54	791.5	33	2.1
18.46	1.74	809	38.5	2.1
18.48	1.69	813.5	45	2.2
18.5	1.66	820.5	48	2.1
18.52	1.65	840.5	54	2.1
18.54	1.78	847.5	52.5	2.2
18.56	1.91	854	53	2.2
18.58	1.97	855	56	2.1
18.6	1.98	859	59	2.1
18.62	2.02	864.5	58.5	2.2
18.64	2.02	865	60.5	2.2
18.66	2.02	865	64	2.2
18.68	2.02	860	71.5	2.2
18.7	1.93	857	82	2.2
18.72	1.87	854.5	87	2.2
18.74	1.84	854	88	2.2
18.76	1.82	850.5	86.5	2.2
18.78	1.77	853.5	86	2.2
18.8	1.81	852.5	80.5	2.2
18.82	1.79	850.5	78	2.2
18.84	1.7	842	77.5	2.2
18.86	1.63	834.5	74	2.2
18.88	1.55	833.5	71.5	2.2
18.9	1.62	833	67.5	2.2
18.92	1.62	837.5	67	2.2
18.94	1.61	840	67.5	2.2
18.96	1.61	842	64	2.3
18.98	1.65	843	60.5	2.1
19	1.67	844	61	2.2
19.02	1.67	850.5	63.5	2.1
19.04	1.7	855	65.5	2.3
19.06	1.72	857	67.5	2.2
19.08	1.76	853	68	2.3

13agi na p

CPTU1

19.1	1.79	851	70	2.2
19.12	1.77	850.5	74	2.3
19.14	1.77	849.5	75.5	2.3
19.16	1.75	853.5	80	2.3
19.18	1.74	861.5	85.5	2.2
19.2	1.79	870	88	2.3
19.22	1.85	874.5	87.5	2.2
19.24	1.83	880	87	2.3
19.26	1.8	885	87	2.2
19.28	1.81	886	85.5	2.3
19.3	1.89	891	82	2.3
19.32	1.94	897	81	2.3
19.34	1.94	901	81.5	2.3
19.36	1.93	902.5	82.5	2.3
19.38	1.91	903	84	2.2
19.4	1.91	902	83.5	2.3
19.42	1.85	902.5	85.5	2.2
19.44	1.9	879	79.5	2.3
19.46	1.9	885	80	2.3
19.48	1.87	890	80.5	2.3
19.5	1.89	894	77.5	2.3
19.52	1.92	891.5	75.5	2.3
19.54	1.91	890	78.5	2.4
19.56	1.93	888.5	79.5	2.4
19.58	1.93	884	83	2.3
19.6	1.9	884	88	2.3
19.62	1.88	882	90.5	2.2
19.64	1.88	881.5	93	2.4
19.66	1.89	882	95	2.2
19.68	1.89	885	96	2.3
19.7	1.94	887.5	95.5	2.3
19.72	1.95	888	96.5	2.3
19.74	1.97	886	97	2.3
19.76	1.96	892	101.5	2.4
19.78	2	895	100.5	2.3
19.8	1.98	902.5	100.5	2.3
19.82	2	901.5	100	2.3
19.84	2.01	908	103	2.3
19.86	2.02	917	104	2.3
19.88	2.09	920.5	99.5	2.4
19.9	2.07	927	98	2.4
19.92	2.16	935.5	96	2.3
19.94	2.22	941.5	98.5	2.4
19.96	2.34	982.5	103.5	2.3
19.98	2.44	999.5	101.5	2.4
20	2.62	1008.5	99	2.3
20.02	2.78	1010	96.5	2.4
20.04	2.85	1027.5	94.5	2.3
20.06	2.84	1039	93	2.4
20.08	2.69	1047	96	2.3
20.1	2.52	1036	96	2.3
20.12	2.38	1032	103.5	2.4
20.14	2.34	1066.5	111	2.3
20.16	2.32	1088	115.5	2.3
20.18	2.29	1127	121	2.3
20.2	2.42	1117.5	117.5	2.4
20.22	2.46	1052	109.5	2.4
20.24	2.52	998.5	103	2.3
20.26	2.45	997.5	107.5	2.4
20.28	2.42	1000	111.5	2.4
20.3	2.43	996.5	113	2.3
20.32	2.36	1004	119.5	2.4
20.34	2.4	980	120	2.4
20.36	2.46	974.5	123.5	2.3
20.38	2.46	980.5	129	2.4
20.4	2.5	972.5	122	2.4
20.42	2.41	974.5	124	2.4
20.44	2.43	896	114.5	2.5

14agi na p

CPTU1

20.46	2.45	907.5	119	2.3
20.48	2.38	914.5	123	2.4
20.5	2.29	931	123	2.4
20.52	2.25	931	119	2.5
20.54	2.13	932.5	122	2.4
20.56	2.12	939	119.5	2.5
20.58	1.97	918	111.5	2.4
20.6	1.96	905	103	2.5
20.62	1.95	897	96	2.4
20.64	1.95	895.5	88	2.4
20.66	1.88	897.5	88	2.3
20.68	1.88	901.5	85.5	2.5
20.7	1.91	900	81	2.4
20.72	1.9	895.5	79	2.4
20.74	1.9	895.5	79	2.4
20.76	1.89	889	76.5	2.4
20.78	1.85	884	74.5	2.4
20.8	1.75	882	75	2.4
20.82	1.7	879.5	67.5	2.4
20.84	1.67	878.5	62.5	2.4
20.86	1.64	880	58.5	2.4
20.88	1.63	884	54.5	2.4
20.9	1.66	890.5	52.5	2.3
20.92	1.74	896.5	50	2.4
20.94	1.74	895.5	47	2.4
20.96	1.72	896	44.5	2.4
20.98	1.7	891.5	41	2.5
21	1.66	887.5	37.5	2.4
21.02	1.6	880	35	2.5
21.04	1.54	871.5	33	2.5
21.06	1.5	867.5	31.5	2.5
21.07	1.56	832	28.5	2.5

PROVA PENETROMETRICA CPTU DI BIBLIOGRAFIA

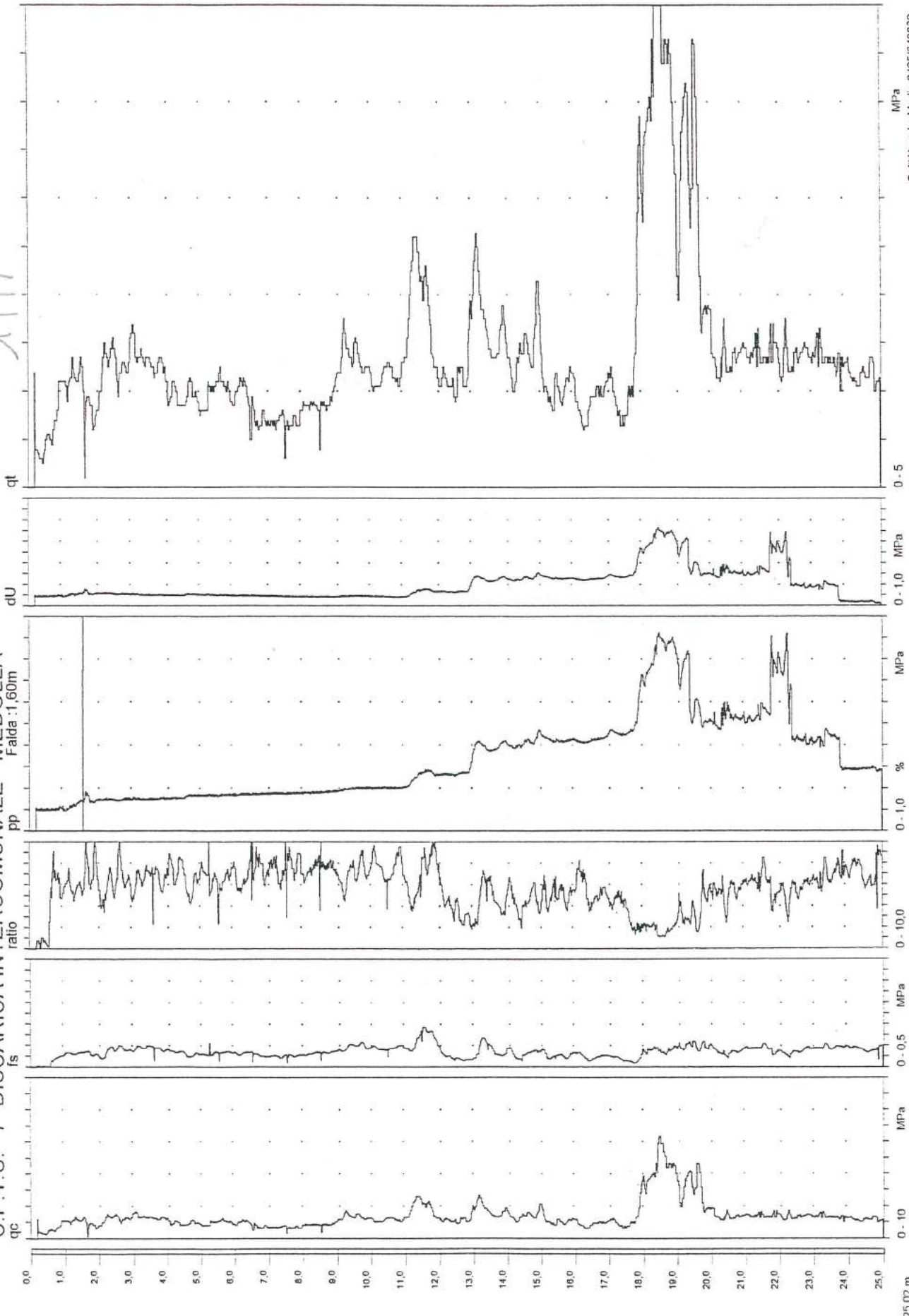
ALL. N. 6



1997

C.P.T.U. 7 DISCARICA INTERCOMUNALE - MEDOLLA -

Falda : 1,60m



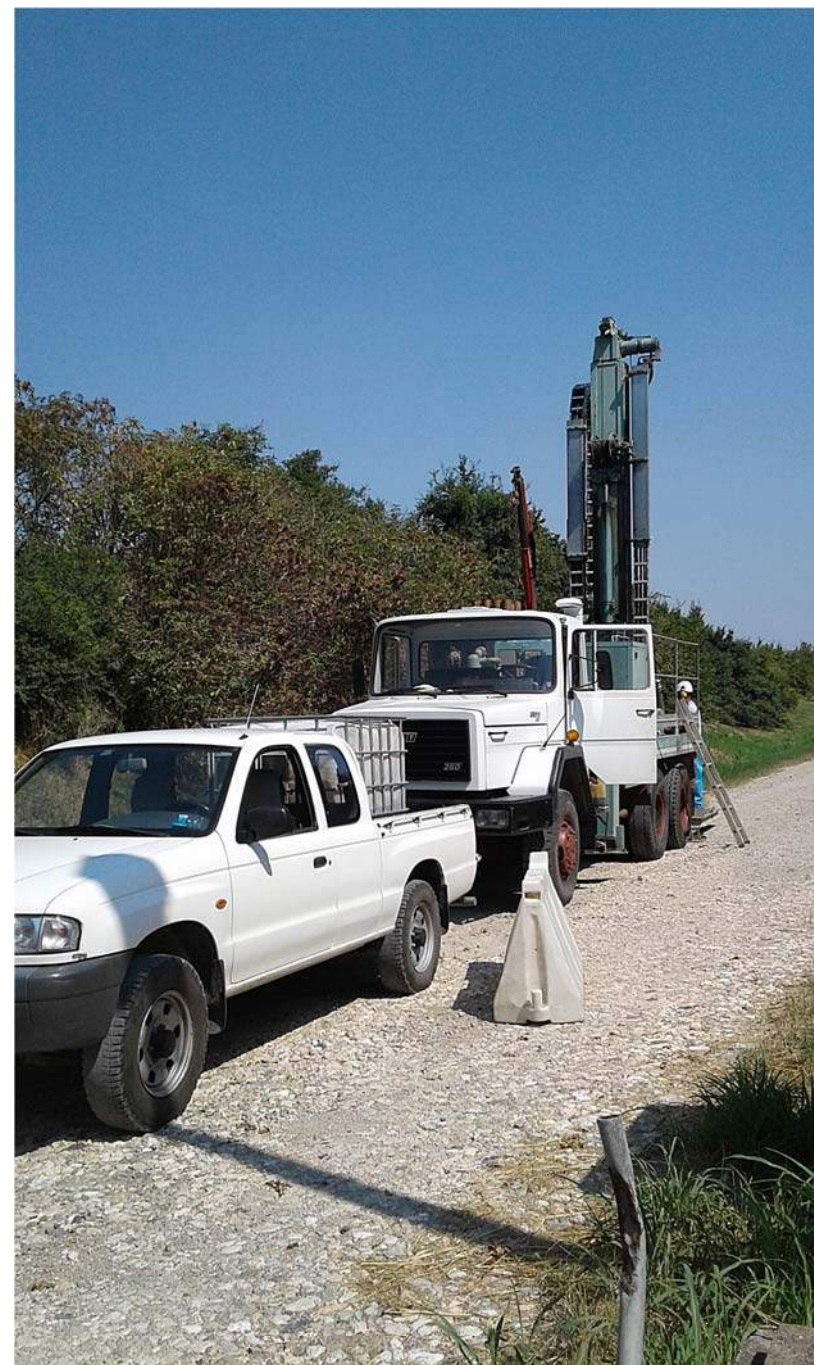
SoftWare by Merlin 0425/640820

GEO PROGETTI s.p.a. di Paolo Cestari & C.
 Sede legale: Via degli Artigiani n. 4 - Tel. 0535/52637 - Tel. auto 0337/562805 - 41036 MEDOLLA (MO) - Partita I.V.A. 01754860367
 Iscrizione Tribunale di Modena N. 26640 - C.C.I.A.A. N. 240021

ALL. N. 7

<div><div><div></div><div>EO</div><div>ROGETTI</div><div>S.r.l.</div></div><div><div>Di Paolo Cestari & C. Laboratorio di prove geotecniche in sito Decreto di concessione 55442 del 27/01/2006 ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n. 380</div><div>Sede legale: Via Duca D'Este n.6 41036 Medolla (MO) P.I.: 01754860367 Tel : 0535/47170 Fax: 0535/49364</div></div></div>						Committente: AIMAG S.P.A.		Cantiere : VIA CAMPANA DISCARICA DI MEDOLLA			Periodo di esecuzione: Dal 30/07/2018 Al 31/07/2018			Sondaggio n. 1										
						Quota: PIANO CAMPAGNA		Attrezzo di perforazione: SONDA MUSTANG ATLAS COOPCO			Metodo di perforazione: A ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO			Attrezzatura in foro										
												Piezometri		Inclinometri		Altro								
Sperimentatore: EMILIO MONTANARI Responsabile di sito: Dott. Geol. PAOLO CESTARI Direttore del Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA						Livello Acqua			Prof. Foro	Diametro Tipo di carotiere	Prof. Rivest.	Diametro Tipo di Rivest.	Campioni											
						Data 31/07/2018	Ora	m. Dal p.c. 1.10	- 30.00 m	SEMPLICE D=101mm	- 30.00 m	D=127mm	Carotiere semplice Pareti sottili tipo Shelby S.P.T.					<div><div>○ Campione rimaneggiato</div><div>● Idraulico tipo Osterberg</div><div>● Carotiere doppio tipo Denison</div></div> <div><div>□</div><div>■</div><div>■</div></div>						
Mt.	Quota dal p.c.	Simbologia	Foto	Campioni		Descrizione Stratigrafica				INDICE RGID AVANZ. CON RIVEST. AVANZ. SENZA RIVEST.	Carotaggio % 25 50 75		Pocket kPa.	Torvane kPa	S.P.T.		Vane Test kPa	Note	Falda					
				N°	Quota	Tipo										Quota	Colpi							
1.00	0.80			C1	3.00	●	RIPORTO IN GHIAIA E SABBIA SCIOLTA BIANCA																	
	1.10		RIPORTO IN RESTI DI LATERIZIO, CEMENTO E MATERIALI VARI.						1.00															
2.00			ARGILLA GRIGIA CON SPALMATURE NOCCIOLA. A TRATTI DEBOLMENTE LIMOSA, COMPATTA, ASCIUTTA.						230	100														
	2.50		LIVELLO DI ARGILLA LIMOSA PLASTICA, UMIDA.						230	100														
3.00	2.80			C1	3.60	●							250 100 280	120 40 90										
									3.00															
4.00									180 130	90														
									4.00															
5.00									250	100														
									220	95														
6.00									5.00															
									310 220 170	110 80 70														
7.00									6.00															
									170 150	90 60														
8.00	8.00			C2	13.00	●							170 160	60 80										
									8.00															
9.00									140 150	60 70														
									9.00															
10.00									140	60														
									120	40														
11.00									10.00															
									170 240 230	80 100 140														
12.00									11.00															
									210	80														
13.00	12.80						C2	13.60	●							260	100							
												12.00												
14.00												440	170											
												140	80											
15.00												13.00												
												130												
16.00	16.20											200	80											
												14.00												
17.00												210 70 170	100 20 60											


<div><div><div>EO</div><div>ROGETTI</div><div>S.r.l.</div></div><div><div>Di Paolo Cestari & C.</div><div>Laboratorio di prove geotecniche in sito</div><div>Decreto di concessione 55442 del 27/01/2006</div><div>ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n. 380</div></div><div><div>Sede legale: Via Duca D'Este n.6</div><div>41036 Medolla (MO)</div><div>P.I.: 01754860367</div><div>Tel : 0535/47170 Fax: 0535/49364</div></div></div>				Committente: AIMAG S.P.A.		Cantiere : VIA CAMPANA DISCARICA DI MEDOLLA				Periodo di esecuzione: Dal 30/07/2018 Al 31/07/2018				Sondaggio n. 1					
				Quota: PIANO CAMPAGNA		Attrezzo di perforazione: SONDA MUSTANG ATLAS COOPCO				Metodo di perforazione: A ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO				Attrezzatura in foro					
														Piezometri		Inclinometri		Altro	
<div>Sperimentatore: EMILIO MONTANARI</div> <div>Responsabile di sito: Dott. Geol. PAOLO CESTARI</div> <div>Direttore del Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA</div>						Livello Acqua			Prof. Foro	Diametro Tipo di carotiere	Prof. Rivest.	Diametro Tipo di Rivest.	Campioni						
						Data 31/07/2018	Ora	m. Dal p.c. 1.10	- 30.00 m	SEMPLICE D=101mm	- 30.00 m	D=127mm	Carotiere semplice Pareti sottili tipo Shelby S.P.T.		<div><div>○</div>Campione rimaneggiato</div> <div><div>●</div>Iidraulico tipo Osterberg</div> <div><div>●</div>Carotiere doppio tipo Denison</div>				
Mt.	Quota dal p.c.	Simbologia	Foto	Campioni			Descrizione Stratigrafica	INDICE RQD ▼ AVANTI CON RIVEST. AVANTI SENZA RIVEST.	Carotaggio % 25 50 75	Pocket kPa.	Torvane kPa	S.P.T.		Vane Test kPa	Note	Falda			
				N°	Quota	Tipo						Quota	Colpi						
21.00	21.30			C3	23.00	●	ARGILLA GRIGIA CON INCLUSE CONCREZIONI CARBONATICHE. MOLTO COMPATTA E ASCIUTTA.			350	>200								
							430			160									
							380			21.00									
22.00							150			40									
							250			22.00	100								
23.00							140			20									
							180			23.00	40								
24.00							140			100									
							170			24.00	40								
							100												
25.00	26.70			C3	23.60	●	ARGILLA LIMOSA GRIGIA VARIEGATA NOCCIOLA A TRATTI SENSIBILMENTE LIMOSA COMPATTA E ASCIUTTA. MENO CONSISTENTI LE PARTI PIÙ LIMOSE. LIVELLO DI TORBA TRA 25.90 m E 26.10 m.			240	100								
							90			25.00	40								
							180			100									
							170			60									
							170			26.00	60								
26.00							140			60									
										27.00									
27.00							150			60									
							380			28.00	160								
28.00							350			140									
	370	29.00	180																
29.00	30.00			C3			ARGILLA GRIGIA VARIEGATA NOCCIOLA A TRATTI DEBOLMENTE LIMOSA CON INCLUSE CONCREZIONI CARBONATICHE. MOLTO COMPATTA			270	160								
							360			30.00	160								
30.00										31.00									
										32.00									
31.00										33.00									
										34.00									
32.00										35.00									
										36.00									
33.00										37.00									
										38.00									
34.00	39.00			C3			FINE SONDAGGIO			39.00									
										40.00									
35.00																			
36.00																			
37.00																			
38.00																			
39.00																			
40.00																			

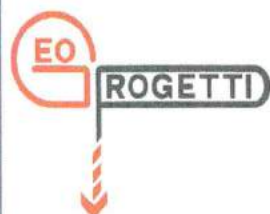








 <p>Di Paolo Cestari & C. Indagini Geognostiche in Sito Sede legale: Via Duca D'Este n.6 41036 Medolla (MO) P.I.: 01754860367 Tel.: 0535/471170 Fax: 0535/49364</p>		Committente: AIMAG S.P.A.		Cantiere : DISCARICA DI MEDOLLA		Periodo di esecuzione: Dal 06/02/2006 Al 13/02/2006		Sondaggio n. 1						
		Quota: PIANO STRADALE		Attrezzatura di perforazione: SONDA MUSTANG ATLAS COPCO A65		Metodo di perforazione: ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO		Attrezzatura in foro Piezometri SI d= 3" Inclinatori Altro						
Sperimentatore: EMILIO MONTANARI <i>Emilio Montanari</i> Direttore del Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA <i>Rita Ballista</i>				Livello Acqua Data 13/02/2006 Ora 10.00 m. Dal p.c. - 5.00m		Prof. Foro 56.00 m	Diametro Tipo di carotiere 101 mm SEMPLICE	Prof. Rivest. 128 mm 25.50 m 113 mm 36.00 m	Diametro Tipo di Rivest. 128 mm 113 mm	Campioni Carotiere semplice Pareti sottili tipo Shelby S.P.T. <input type="checkbox"/> Campione disturbato <input checked="" type="checkbox"/> Idraulico tipo Osterberg <input type="checkbox"/> Carotiere doppio tipo Denison				
Mt.	Quota dal p.c.	Simbologia	Campioni		Descrizione Stratigrafica	Carotaggio %	Pocket kPa.	Torvane kPa.	S.P.T.		Vane Test Kg/cmq.	Note	Falda	Attrezzatura in foro
			Tipo	N°					Quota	Data Prel.				
0.40	0.80													
1.00	1.80						180	1	80					
2.00	3.10						50	2	25					
3.00							120	3	70					
4.00							180	4	100					
5.00							80	5	25					
6.00							150	6	70					
7.00	7.50						200	7	100					
8.00	7.70						80	8	25					
9.00							150	9	60					
10.00							200	10	110					
11.00							70	11	40					
12.00	11.50						160	12	80					
13.00							200	13	130					
14.00							370	14	170					
15.00							300	15	150					
16.00	16.40						310	16	200					
17.00							400	17	120					
18.00							350	18	120					
19.00	18.50						120	19	20					
20.00	18.90						120	20	30					
	19.00						100	21	60					
								22						
								23						
								24						
								25						
								26						
								27						
								28						
								29						
								30						



Di Paolo Cestari & C.
Indagini Geognostiche in Sito
Sede legale: Via Duca D'Este n.6
41036 Medola (MO)
P.I.: 01754860367
Tel.: 0535/47170
Fax: 0535/49364

Committente:
AIMAG S.P.A.

Cantiere :
DISCARICA di MEDOLLA

Periodo di esecuzione:

Dal 06/02/2006 Al 13/02/2006

Sondaggio n. 1

Quota:
PIANO STRADALE

Attrezzo di perforazione:
SONDA ATLAS COPCO A65

Metodo di perforazione:

ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

Attrezzatura in foro

Piezometri
Sì 3"

Inclinometri

Altro

Sperimentatore: EMILIO MONTANARI

Direttore del Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

Livello Acqua

Data

Ora

m. Dal p.c.

13/02/2006

10.00

- 5.00 m

Prof.
Foro

56.00 m

Diametro
Tipo di carotiere

101 mm

Prof.
Rivest.

128 mm

25.50 m

Diametro
Tipo di Rivest.

128 mm

113 mm

Carotiere semplice
Pareti sottili tipo Shelby
S.P.T.

Campioni

○ Campione disturbato

● Idraulico tipo Osterberg

○ Carotiere doppio tipo Denison

Mt.	Quota dal p.c.	Simbologia	Campioni				Descrizione Stratigrafica	Carotaggio %	Pocket kPa.	Torvane kPa	S.P.T.		Vane Test Kg/cmq.	Note	Falda	Attrezzatura in foro
			Tipo	N°	Quota	Data Prel.					Quota	Colpi				
22.00	22.50						ALTERNANZE DECIMETRICHE DI LIMI ARGILLOSI CONSISTENTI E LIMI SABBIOSI SCIOLTI NOCCIOLA GRIGI VARIEGATI, SATURI		80	21	30					
23.00							ARGILLE LIMOSE DEBOLMENTE GRIGIE, MEDIAMENTE CONSISTENTI, SATURE		60		20					
24.00	24.50						TORBE BRUNE, SECCHIE E FESSURATE, POCO CONSISTENTI		100	22	40					
25.00	25.20						ALTERNANZE DECIMETRICHE (20-30 cm) DI ARGILLE LIMOSE GRIGIE CON ARGILLE ORGANICHE NERASTRE E LIVELLI LIMOSI MEDIAMENTE CONSISTENTI, SATURI PRESENZA DI LIVELLI DI ARGILLE ORGANICHE NERASTRE TRA m.25,00 E 25,20; 25,70 e 25,80; 26,60 e 27,10		160	24	80					
26.00	26.60								120	25	60					
27.00	27.10								100		40					
28.00	28.60						SABBIE LIMOSE GRIGIE MEDIAMENTE ADDENSATI, SATURI		26							
29.00	30.40						ARGILLE GRIGIO-NERASTRE CONSISTENTI, UMIDE, CON CONCREZIONI CARBONATICHE		100		400					
30.00	31.80						LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI GRIGI DA POCO ADDENSATI A MEDIAMENTE ADDENSATI, SATURI		27							
31.00	34.30								28							
32.00	34.80								29							
33.00	35.40								30							
34.00	36.60								200	31	100					
35.00	36.80								32							
36.00									33							
37.00									34							
38.00									35							
39.00									160	36	60					
40.00									180		80					



Cantiere :
DISCARICA di MEDOLLA

Dal 06/02/2006 Al 13/02/2006

Sondaggio n. 1

Attrezzo di perforazione:
SONDA ATLAS COPCO A65

Metodo di perforazione:
 ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

Attrezzatura in foro

Piezometri Sì $d = 3''$	
----------------------------	--

Inclinometri

Alto

Sperimentatore: EMILIO MONTANARI 

Direttore del Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

Livello Acqua

Prof.	Foro
-------	------

Diametro	
Tipo di carotiere	

re	Prof. Rivest.
----	------------------

Diametro	Tipo di Rivest.
----------	-----------------

Campioni

Data

Org

m. Dal n.c.

--	--

--	--

128 mm

h	128 mm
---	--------

Carotiere semplice
Pareti sottili tipo Shelby
S.P.T.

○ Campione disturbato

- Idraulico tipo Osterberg

● Carotiere doppio tipo Denison

[illegible]

Studio Tecnico
Dott. Paolo Cestari
Geologo











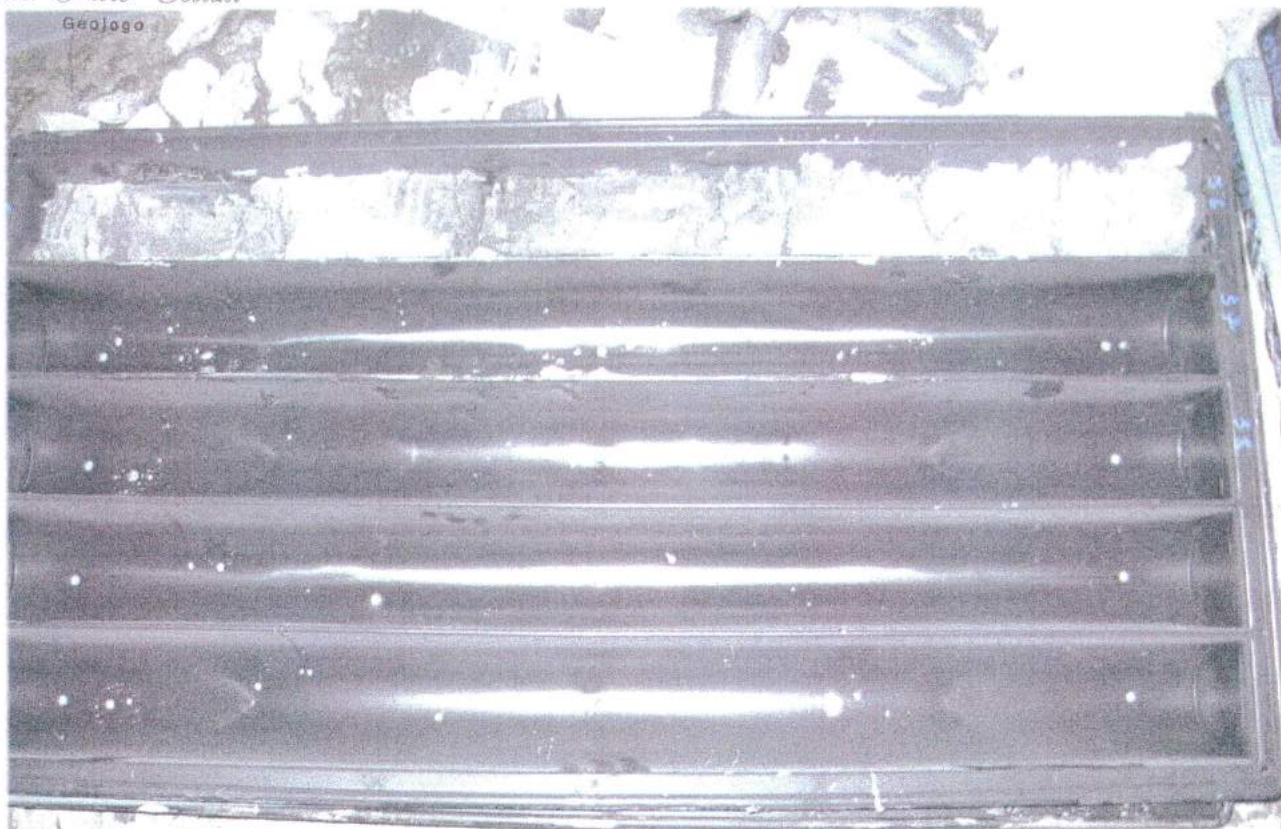


Fig. 2: terreni carotati da 0.00 a 56.00 m in cassette catalogatrici di 5.00 m cadauna



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
 Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
 Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
 Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
 terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1163/18 07/09/2018
pag. 1 di 2



COMMITTENTE: AIMAG SPA
LOCALITÀ:
CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA
ACCETTAZIONE: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 3.00-3.60
DATA DI PRELIEVO:

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 08/08/2018

tipologia: indisturbato
 contenitore: fustella metallica tipo Shelby
 colore secondo Munsell: 2,5 Y 5/2 "Grayish Brown"

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 58
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale U.U.	<input type="checkbox"/>	Edometria	<input checked="" type="checkbox"/>
massa volumica naturale	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale C.I.U.	<input checked="" type="checkbox"/>	cont. sost. organiche	<input type="checkbox"/>
massa volumica dei grani	<input type="checkbox"/>	Triassiale C.D.	<input type="checkbox"/>	colonna risonante	<input type="checkbox"/>
limiti Atterberg	<input checked="" type="checkbox"/>	Compressione E.L.L.	<input type="checkbox"/>	tg. Tors. ciclico	<input type="checkbox"/>
Granulometria	<input type="checkbox"/>	Taglio Diretto	<input type="checkbox"/>	Tagl. Anulare	<input type="checkbox"/>
Sedimentazione	<input type="checkbox"/>	Taglio Residuo	<input type="checkbox"/>	Altro	<input type="checkbox"/>

Descrizione del campione: **Campione coesivo omogeneo di argilla con limo, si presenta molto consistente, umido al tatto e plastico**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

<i>profondità relativa</i> <i>(cm)</i>	<i>lettura al penetrometro tascabile</i> <i>(kPa)</i>	<i>lettura allo scissometro tascabile</i> <i>(kPa)</i>	<i>note</i>
10	140	350	Edometro
20	90	200	TX CIU
30	130	300	TX CIU
40	260	500	TX CIU
50	290	550	

commissa:	sette:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
032/18	04	S1 C1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



ALTO

BASSO

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C1

Sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1164/18 del 07/09/2018
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: AIMAG SPA
LOCALITA':
CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C1
PROFONDITA' (m): 3.00-3.60
DATA DI PRELIEVO:

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 07/08/2018
Data di esecuzione prove: 08-09/08/2018

volume (cm ³)	peso umido (g)	test eseguito	posizione
86,18	166,11	provino 1	superiore
86,18	162,99	provino 2	centrale
86,18	161,92	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 1,90 Mg/m³
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C1
PROFONDITA' (m): 3.00-3.60
DATA DI PRELIEVO: -

DATI DI PROVA

<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>	<i>test eseguito</i>	<i>posizione</i>
44,66	35,79	provino 1	superiore
111,79	90,69	provino 2	centrale
73,13	58,82	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale:	W	24,13	%
------------------------------	---	-------	---

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ:

CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

Data di accettazione: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITÀ (m): 3.00-3.60

DATA PRELIEVO: -

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

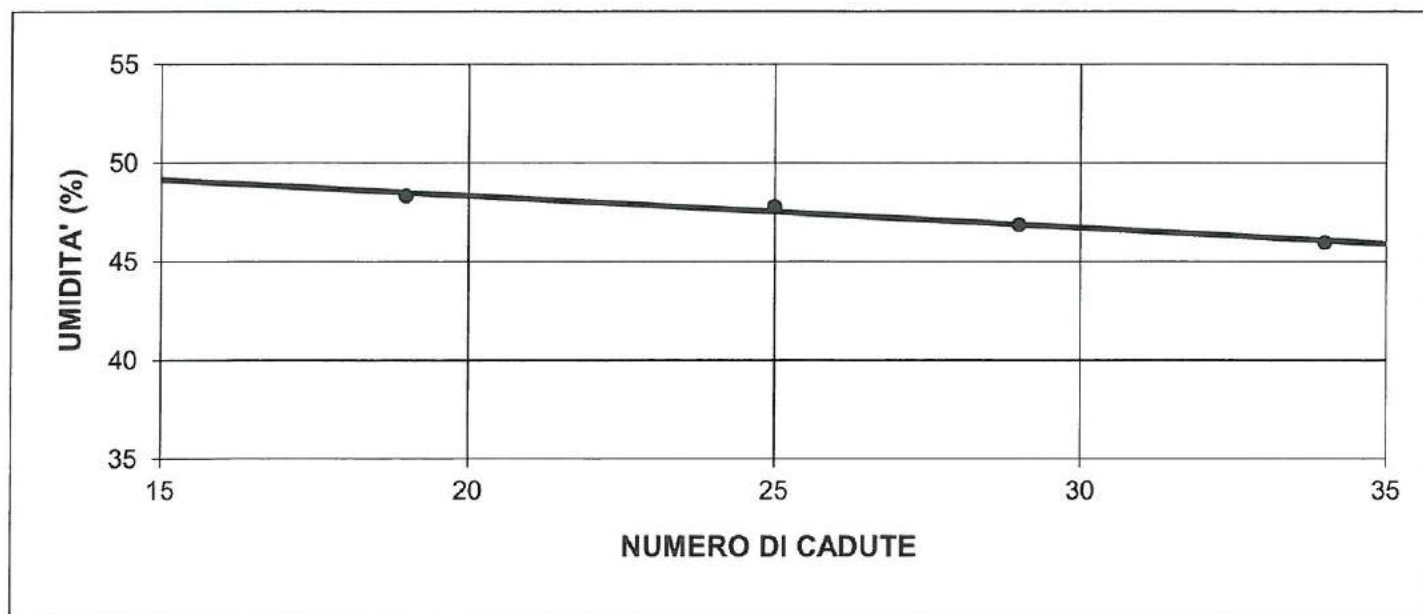
DATI DI PROVA

data di esecuzione: 04-05/09/2018

limite di liquidità				limite di plasticità		
n° di cadute	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
19	16,45	11,09	48,33	1,00	0,83	20,48
25	16,36	11,07	47,79	1,13	0,93	21,51
29	14,54	9,90	46,87			
34	14,61	10,01	45,95			

limite di ritiro			
volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	48 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	21 %
LIMITE DI RITIRO	Wr	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	27



Note: N.D.= non determinabile - N.P.= non plastico

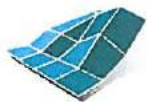
commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G.

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015

Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.

Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti

Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,

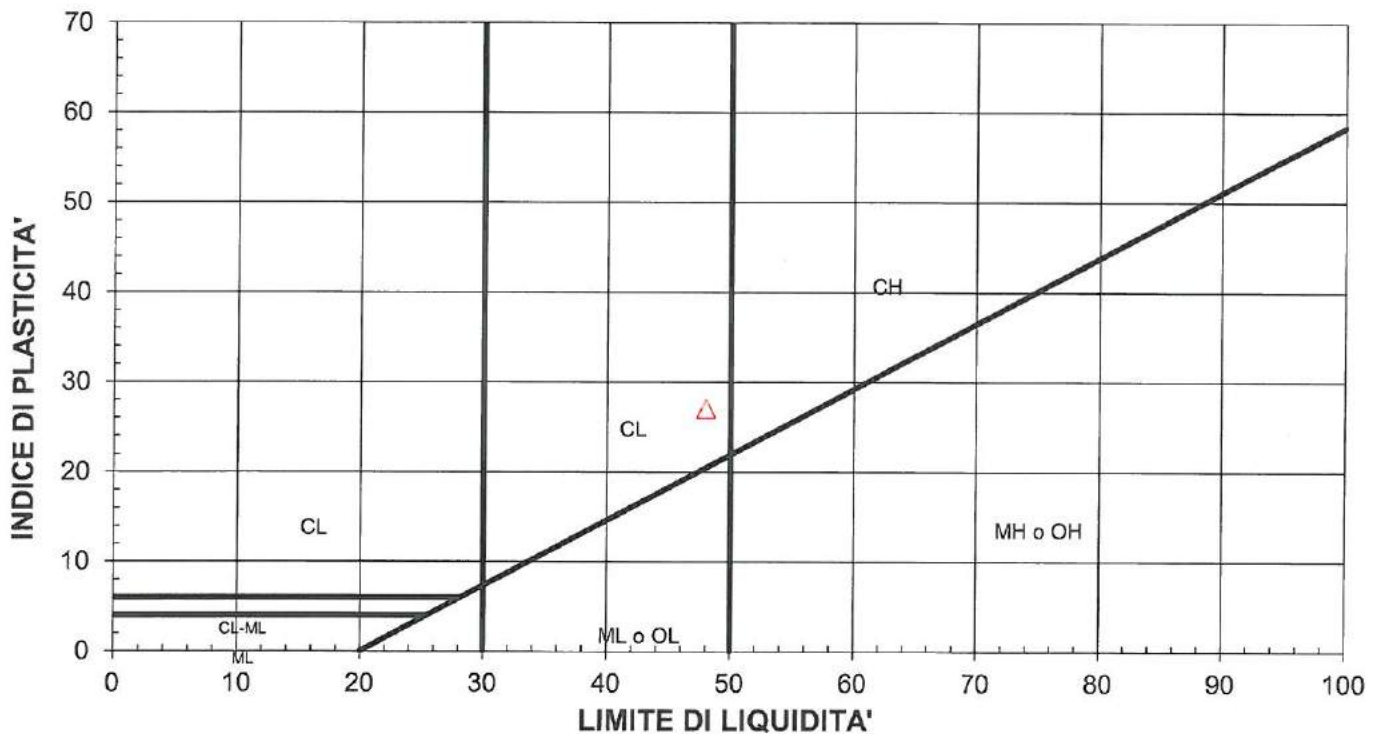
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1166/18 07/09/2018

pag. 2 di 2



CARTA DI PLASTICITA'



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: AIMAG SPA
 CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA
 LOCALITÀ:

SONDAGGIO: S1
 CAMPIONE: C1
 PROFONDITÀ: 3.00-3.60

Data ricevimento campione: 07/08/2018

Data esecuzione prove: 20/08-06/09/18

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	19,87	cm ²	indice dei vuoti iniziale	0,856	
altezza iniziale	20,00	mm	altezza ridotta	10,777	mm
massa iniziale	79,27	g	altezza finale	17,43	mm
umidità iniziale	25,42	%	umidità finale	23,68	%
peso specifico dei granuli*	2,68	Mg/m ³	massa secca finale	57,39	g

* valore utilizzato sulla base delle indicazioni bibliografiche in assenza della specifica prova

DATI DI PROVA

data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	m _v (kPa ⁻¹)	E _{ed} (kPa)
20/08/2018	5	20,000	0,000	0,856	0,000		
21/08/2018	12	19,876	0,124	0,844	0,620	8,732E-04	1,145E+03
22/08/2018	25	19,751	0,249	0,833	1,245	5,123E-04	1,952E+03
23/08/2018	49	19,590	0,410	0,818	2,050	3,286E-04	3,043E+03
24/08/2018	98	19,375	0,625	0,798	3,125	2,194E-04	4,558E+03
25/08/2018	196	19,035	0,965	0,766	4,825	1,735E-04	5,765E+03
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	c _s (kPa ⁻¹)	SR (kPa ⁻¹)
26/08/2018	98	19,236	0,764	0,785	3,820	6,196E-02	3,339
27/08/2018	49	19,435	0,565	0,803	2,825	6,134E-02	3,305
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	m _v (kPa ⁻¹)	E _{ed} (kPa)
28/08/2018	98	19,225	0,775	0,784	3,875	2,143E-04	4,667E+03
29/08/2018	196	18,979	1,021	0,761	5,105	1,255E-04	7,967E+03
30/08/2018	392	18,296	1,704	0,698	8,520	1,742E-04	5,739E+03
31/08/2018	784	17,552	2,448	0,629	12,240	9,490E-05	1,054E+04
01/09/2018	1569	16,690	3,310	0,549	16,550	5,490E-05	1,821E+04
02/09/2018	3138	15,875	4,125	0,473	20,625	2,597E-05	3,850E+04
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	c _s (kPa ⁻¹)	SR (kPa ⁻¹)
03/09/2018	784	16,368	3,632	0,519	18,160	7,595E-02	4,092
04/09/2018	196	16,872	3,128	0,566	15,640	7,768E-02	4,186
05/09/2018	49	17,428	2,572	0,617	12,860	8,569E-02	4,617

Commessa: Verbo di accettazione:
 - 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino IX (98-196 kPa)		gradino X (196-392 kPa)	
tempo (s)	dH (mm)	tempo (s)	dH (mm)
0	0,775	0	1,021
6	0,831	6	1,126
15	0,838	15	1,153
30	0,846	30	1,182
60	0,857	60	1,226
120	0,873	120	1,294
240	0,885	240	1,361
480	0,903	480	1,416
900	0,924	900	1,474
1800	0,945	1800	1,523
3600	0,964	3600	1,581
7200	0,983	7200	1,633
14400	1,002	14400	1,661
28800	1,011	28800	1,683
86400	1,021	86400	1,704

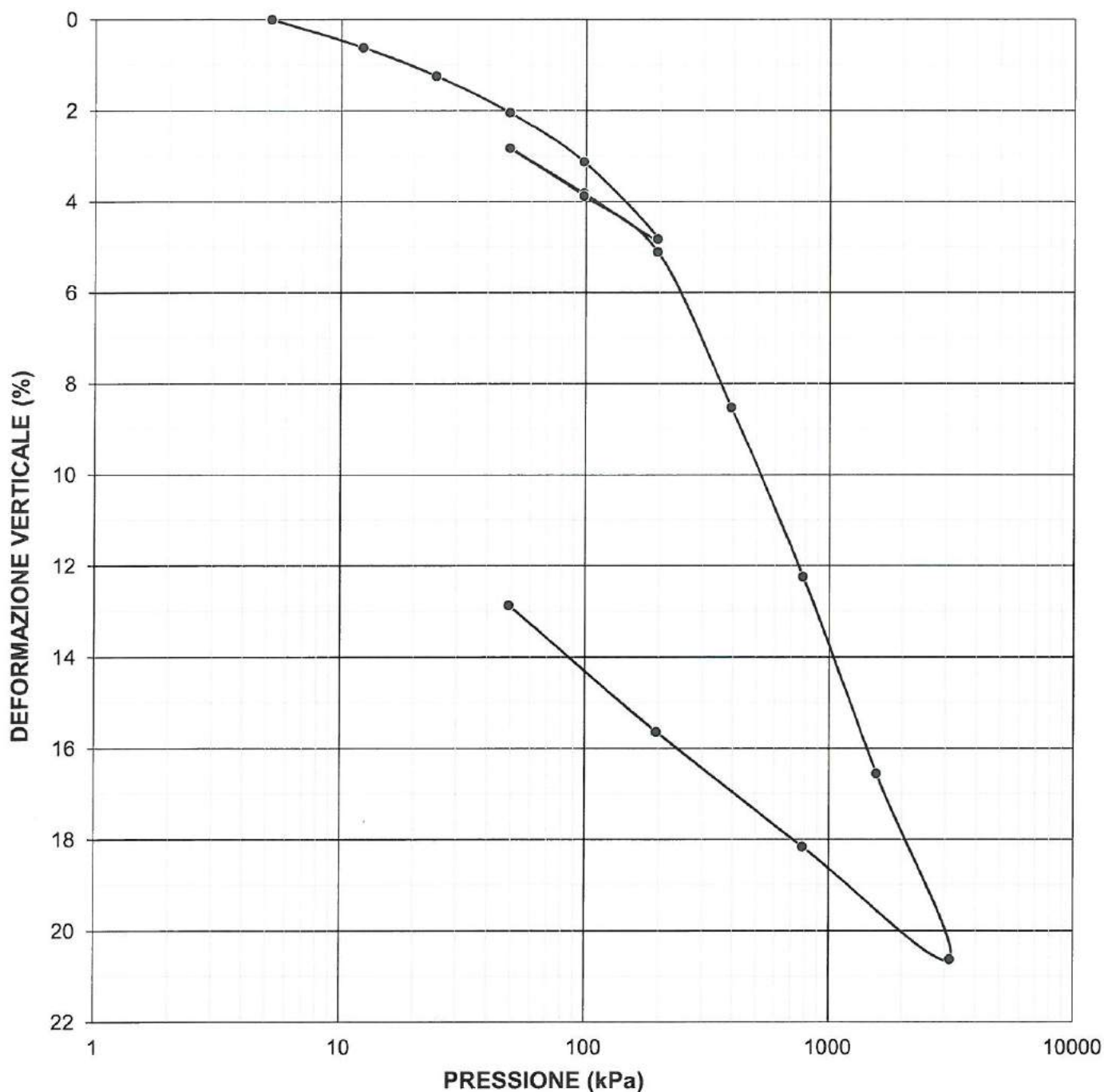
gradino XI (392-785 kPa)	
tempo (s)	dH (mm)
0	1,704
6	1,988
15	1,999
30	2,005
60	2,033
120	2,084
240	2,131
480	2,196
900	2,257
1800	2,312
3600	2,348
7200	2,382
14400	2,407
28800	2,426
86400	2,448

Commessa: -
 Verbale di accettazione:
 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

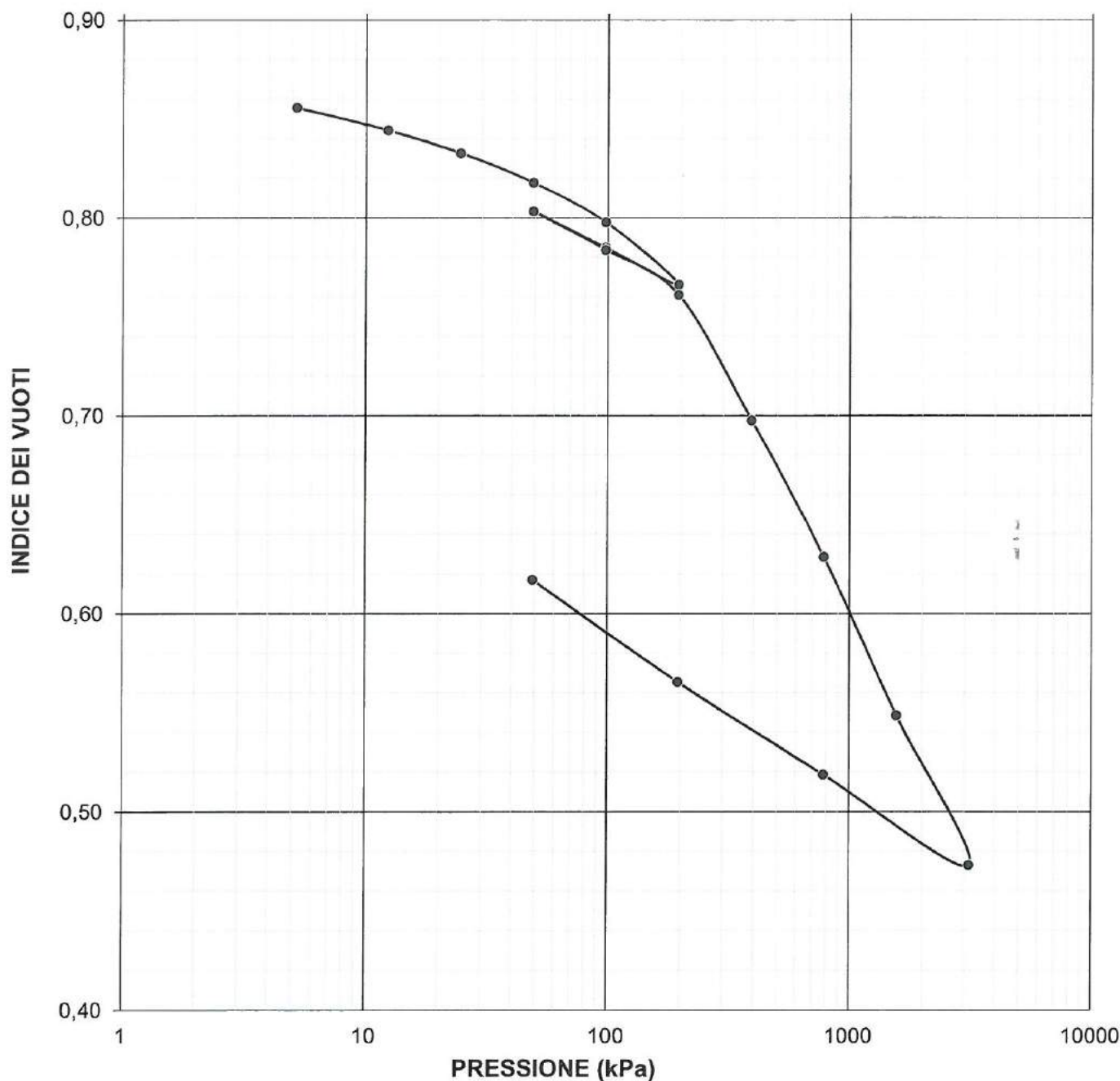
032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



VARIAZIONE DELL'INDICE DEI VUOTI - II



Commessa:

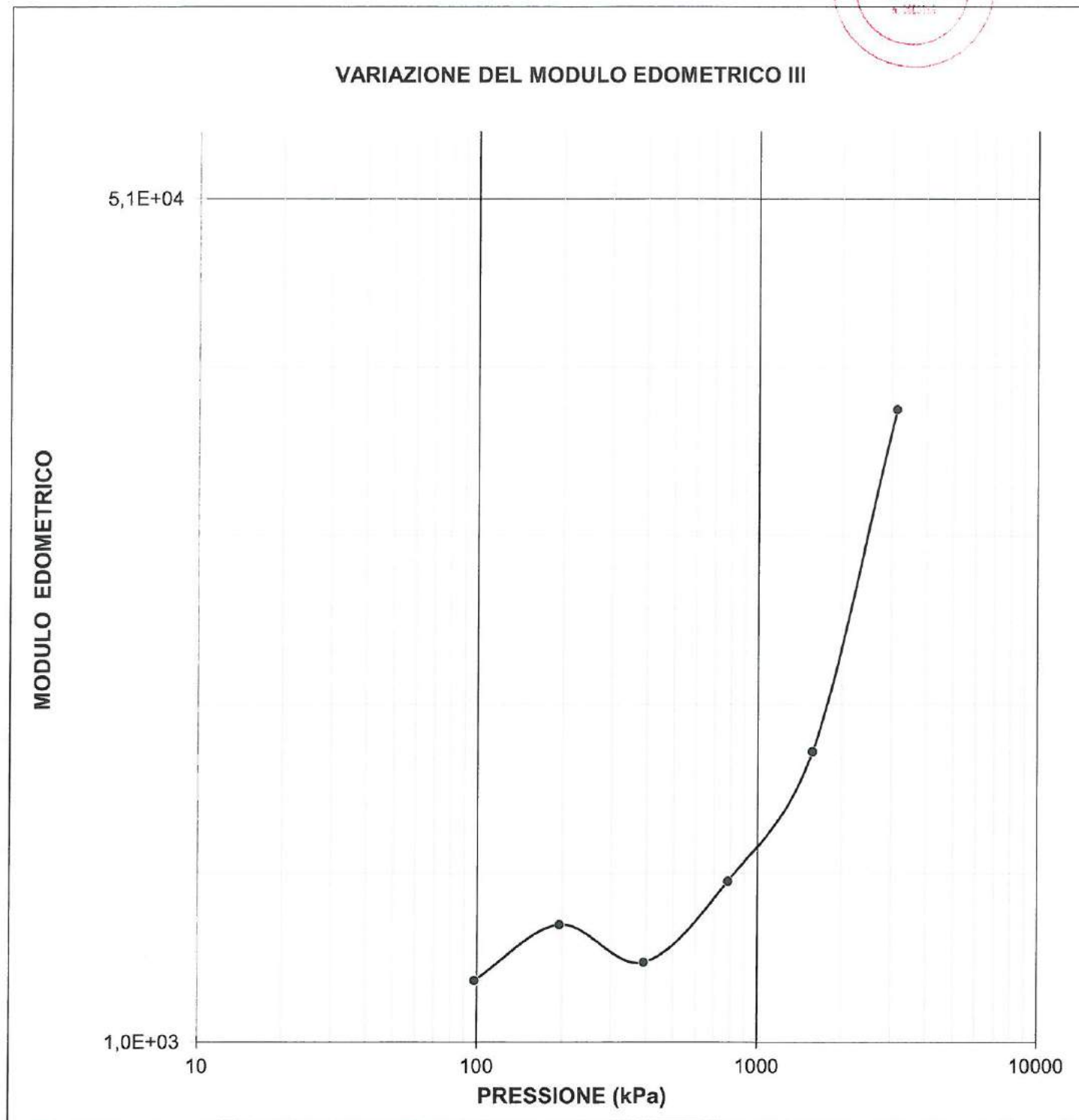
Verbale di accettazione:
 032/18

Io sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



VARIAZIONE DEL MODULO EDOMETRICO III



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

032/18

lo sperimentatore:

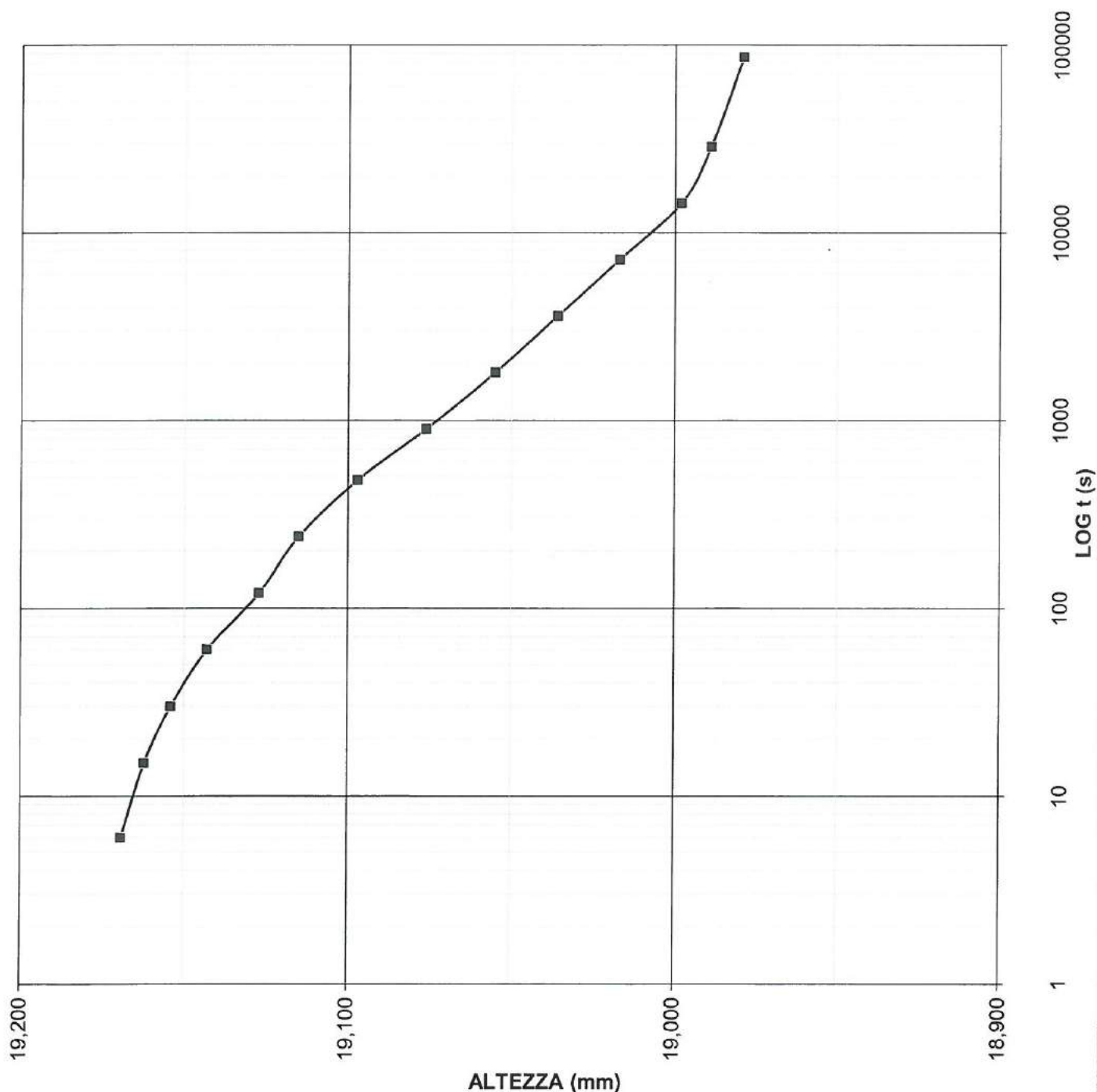
Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:

Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino V (98-196 kPa)



Commessa:

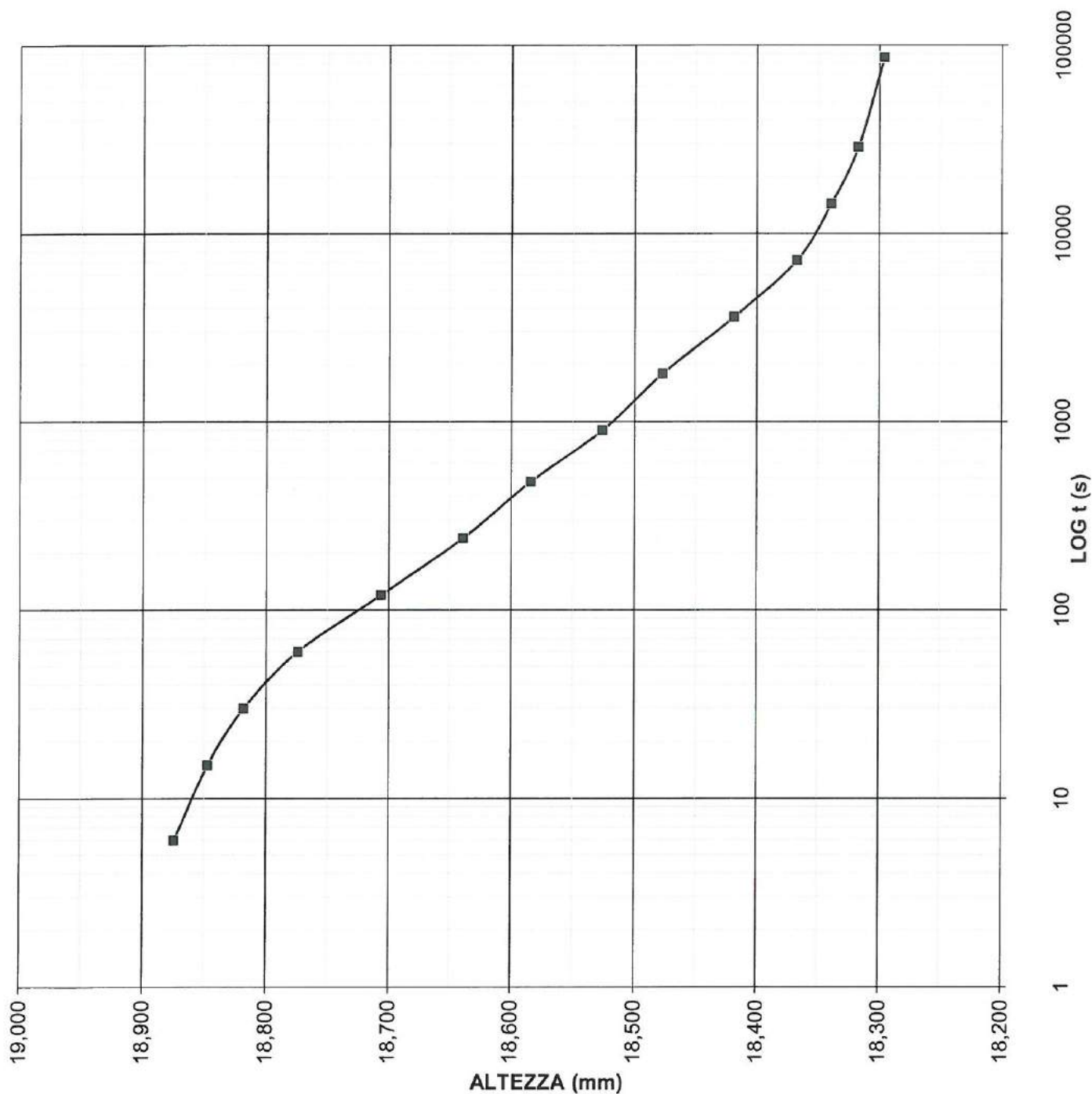
Verbale di accettazione:
 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VI (196-392) kPa



Commessa:

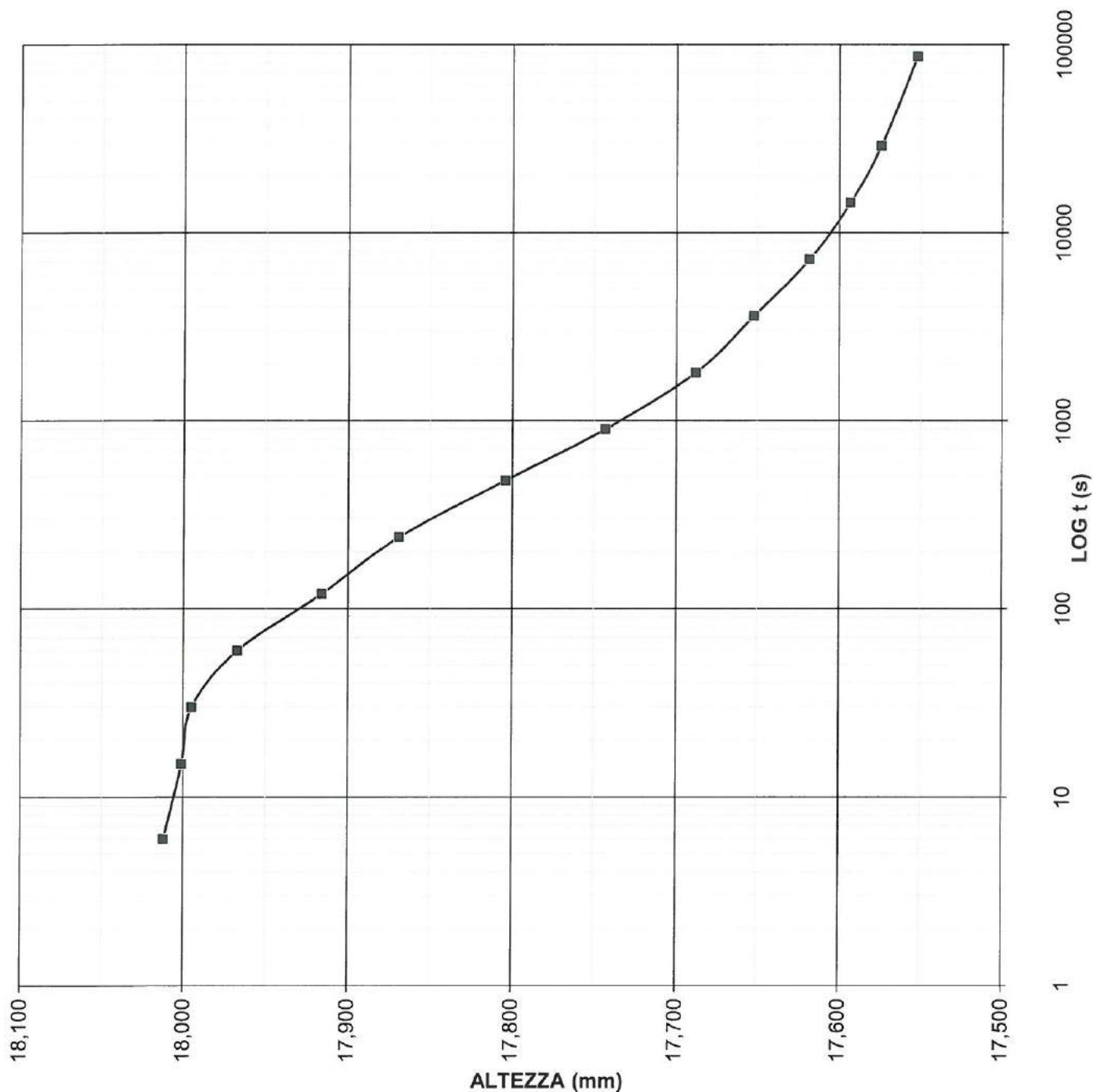
Verbale di accettazione:
 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (392-784) kPa



Commessa:

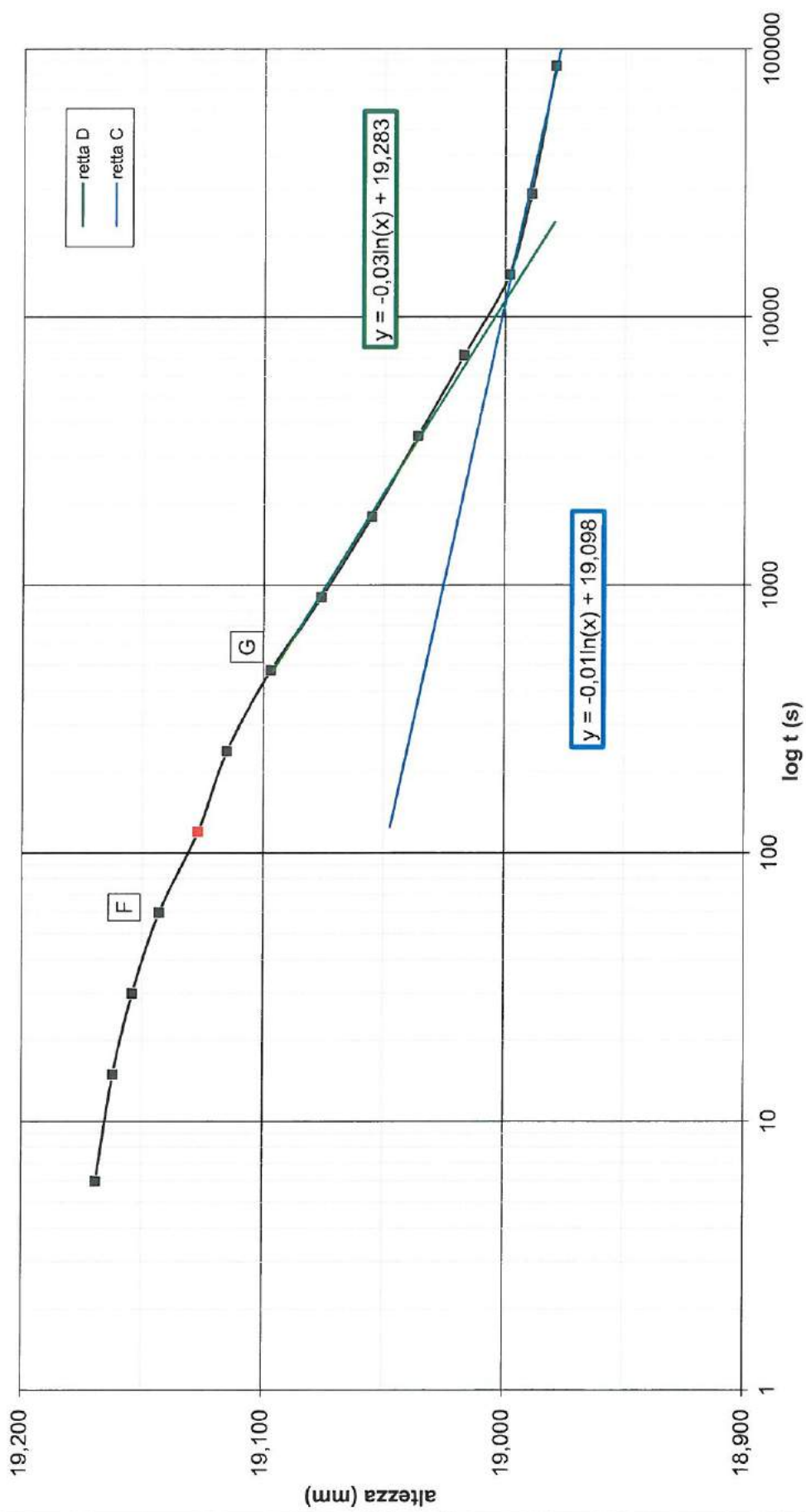
Verbale di accettazione:
 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

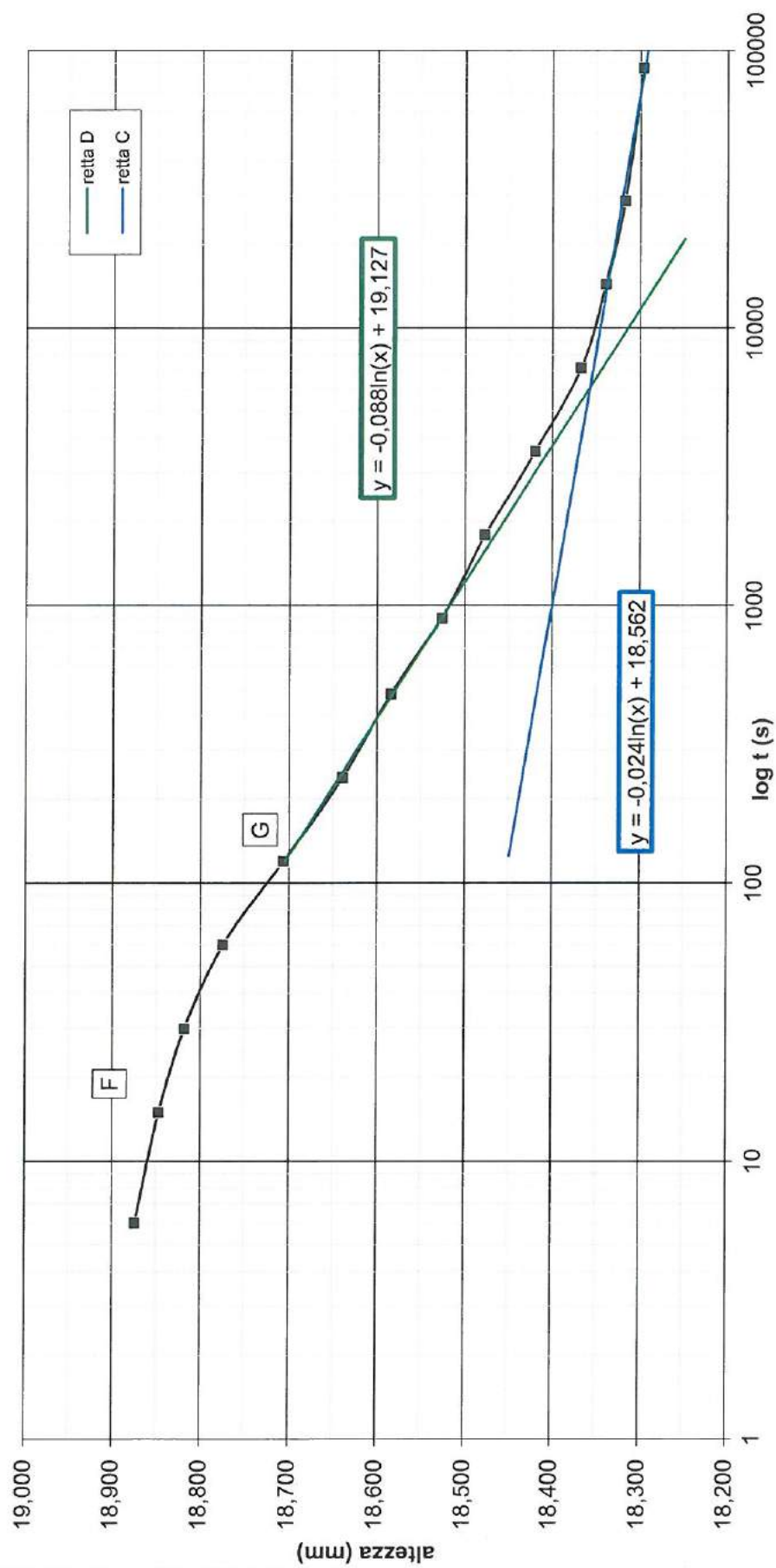
certificato di prova n° 1176/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino IX (98-196 kpa)



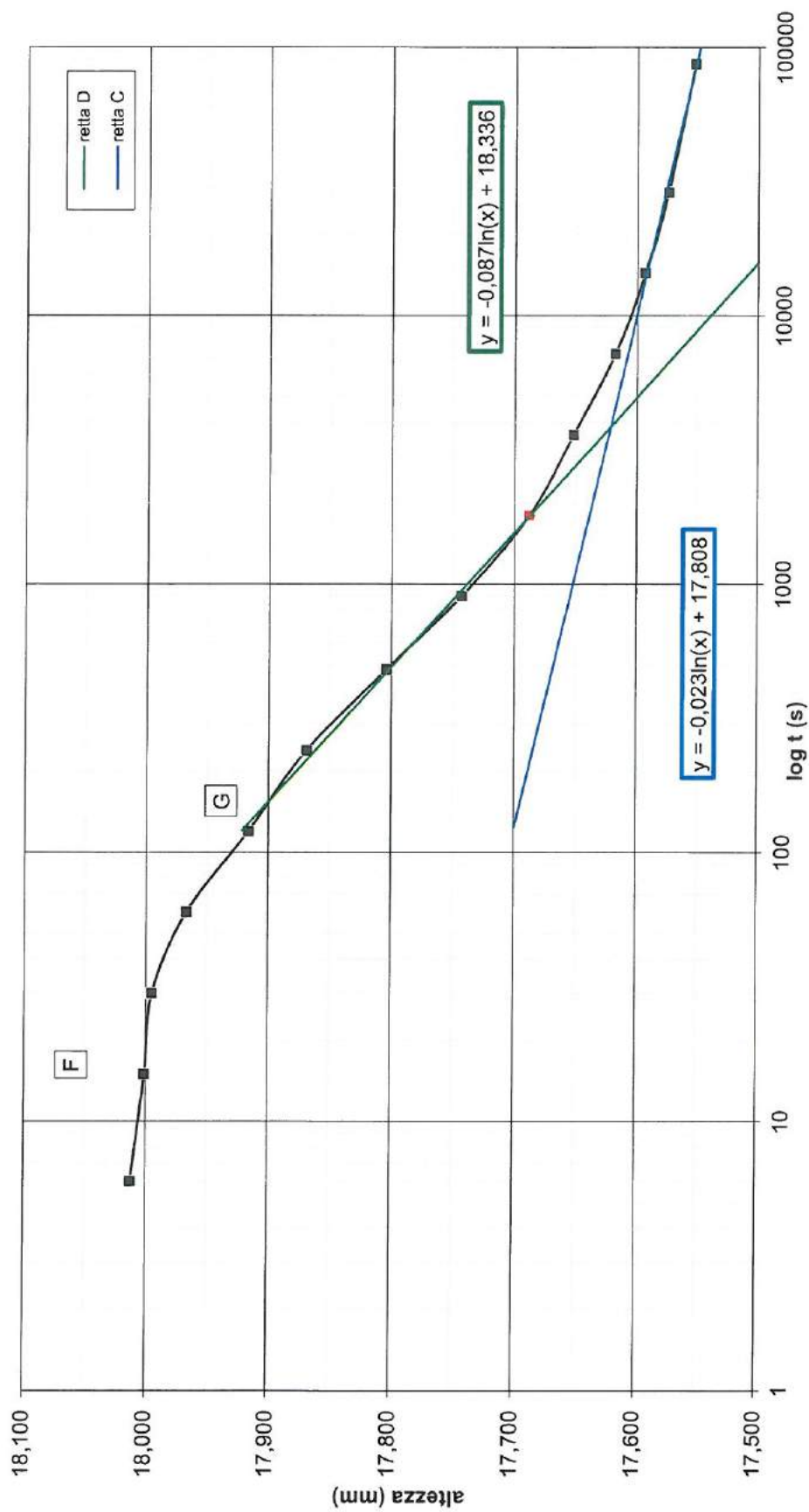
certificato di prova n° 1176/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino X (196-392 kpa)



certificato di prova n° 1176/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino XI (392-784 kpa)



COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ: -

CANTIERE:

MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

cedimento a inizio di prova		0,775	mm	gradino IX (98-196 kPa)
altezza iniziale	$h_0 =$	1,919	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} =$	1,900	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} =$	1,909	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} =$	508	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} =$	11626	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v =$	3,54E-04	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v =$	1,26E-04	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v =$	4,44E-09	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,021	mm	gradino X (196-392 kPa)
altezza iniziale	$h_0 =$	1,899	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} =$	1,836	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} =$	1,867	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} =$	172	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} =$	6115	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v =$	1,00E-03	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v =$	1,74E-04	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v =$	1,74E-08	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,704	mm	gradino XI (392-785 kPa)
altezza iniziale	$h_0 =$	1,809	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} =$	1,762	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} =$	1,785	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} =$	263	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} =$	3838	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v =$	5,98E-04	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v =$	9,49E-05	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v =$	5,67E-09	cm/s	



COMMITTENTE: AIMAG SPA
 LOCALITÀ:
 CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA
 Data di accettazione: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1
 CAMPIONE: C1
 PROFONDITÀ (m): 3.00-3.60
 DATA DI PRELIEVO:

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892/9)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm ²)	altezza iniziale (cm)	massa iniziale (g)	umidità iniziale (%)
provino 1	11,34	7,60	176,47	18,92
provino 2	11,34	7,60	177,06	19,50
provino 3	11,34	7,60	179,58	19,82

	altezza finale (cm)	massa finale (g)	volume finale (cm ³)	umidità finale (%)
provino 1	6,28	175,94	85,98	15,89
provino 2	6,24	178,24	84,03	19,00
provino 3	6,17	176,76	82,31	17,19

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale
 σ'_1 = pressione assiale efficace
 BP = contropressione
 B = parametro di Skempton
 dH = deformazione assiale
 A_c = area corretta

σ_3 = pressione di confinamento
 σ'_3 = pressione di confinamento efficace
 dU = variazione di pressione interstiziale
 dF = variazione di forza assiale
 ΔV = variazione di volume

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

provino 1

data di esecuzione: 07/09/2018

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	23,1	0,462
50	50	45	23,1	30,2	0,976
50	95	45	30,2	74,1	

commessa: 032/18
 settore: 032/18
 id. campione: S1C2

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

provino 2

data di esecuzione: 07/09/2018

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	28,2	0,564
50	50	45	28,2	34,2	0,678
50	100	45	34,2	68,1	
100	100	90	68,1	77,2	0,978
100	150	90	77,2	126,1	
150	190	90	126,1	164,5	0,960

provino 3

data di esecuzione: 07/09/2018

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	27,3	0,546
50	50	45	27,3	33,1	0,980
50	100	45	33,1	82,1	
100	195	45	82,1	175,1	0,979

DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

provino 1
 data di esecuzione: 12/09/2018

pressione di confinamento: 95 kPa
 contropressione: 45 kPa

tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)
0	0,00	60	1,88	900	3,35	14400	6,25
6	0,89	120	2,23	1800	4,16	28800	6,43
15	1,22	240	2,43	3600	4,92	86400	6,47
30	1,69	480	2,84	7200	5,64	172800	6,64

provino 2
 data di esecuzione: 12/09/2018

pressione di confinamento: 190 kPa
 contropressione: 90 kPa

tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)
0	0,00	60	1,88	900	3,35	14400	6,25
6	1,26	120	2,23	1800	4,16	28800	6,43
15	1,66	240	2,43	3600	4,92	86400	6,47
30	1,69	480	2,84	7200	5,64	172800	6,64

commessa: 032/18
 settore: 032/18
 id. campione: S1C2

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

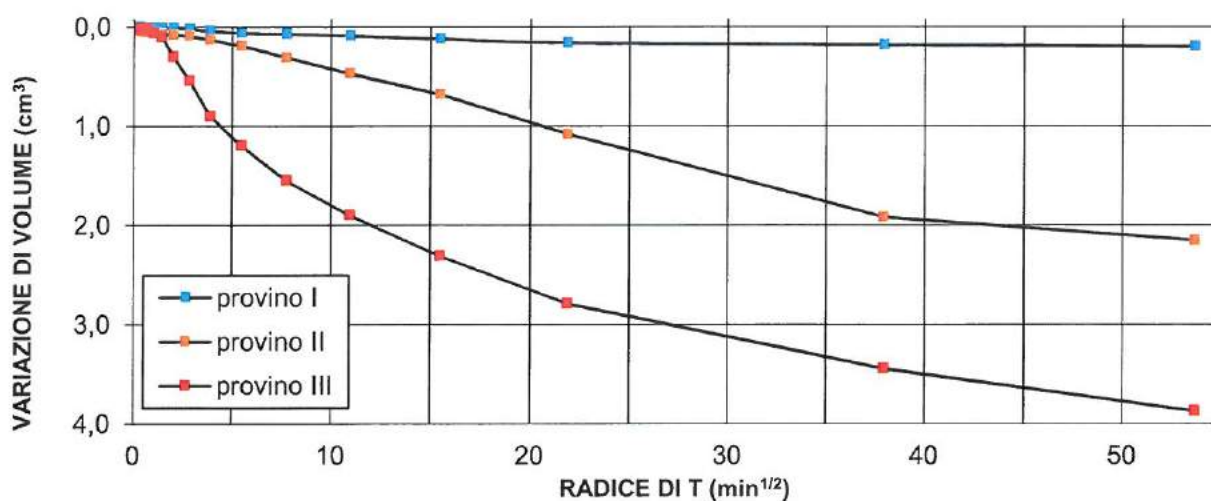
il direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

provino 3
 data di esecuzione: 12/09/2018

pressione di confinamento: 195 kPa
 contropressione: 45 kPa

tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$	tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$	tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$	tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$
0	0,00	60	3,42	900	5,87	14400	8,76
6	1,88	120	3,92	1800	6,58	28800	9,46
15	2,55	240	4,30	3600	7,26	86400	10,03
30	2,94	480	5,13	7200	8,13	172800	10,36

CURVE DI CONSOLIDAZIONE



commessa: 032/18
 settore: 032/18
 id. campione: S1C2

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1
 data di esecuzione: 13/09/2018
 altezza iniziale: 74,05 mm

velocità di deformazione: 8,3 $\mu\text{m/s}$
 pressione di confinamento: 95 kPa
 contropressione: 45 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,000	0,00	11,61	0	0,0	0
0,199	0,27	11,64	6	5,2	0
0,316	0,43	11,66	16	13,7	2
0,444	0,60	11,68	24	20,5	4
0,598	0,81	11,71	42	35,9	7
0,656	0,89	11,72	57	48,7	8
0,808	1,09	11,74	71	60,5	10
0,924	1,25	11,76	83	70,6	11
1,143	1,54	11,79	89	75,5	11
1,301	1,76	11,82	93	78,7	11
1,451	1,96	11,84	96	81,1	11
1,671	2,26	11,88	98	82,5	11
1,856	2,51	11,91	100	84,0	11
2,093	2,83	11,95	102	85,4	11
2,321	3,13	11,99	104	86,8	11
2,642	3,57	12,04	106	88,0	11
2,802	3,78	12,07	108	89,5	11
2,967	4,01	12,10	110	90,9	11
3,230	4,36	12,14	112	92,2	11
3,489	4,71	12,19	114	93,6	11
3,755	5,07	12,23	116	94,8	10
3,987	5,38	12,27	118	96,2	11
4,188	5,66	12,31	119	96,7	11
4,403	5,95	12,35	119	96,4	11
4,581	6,19	12,38	119	96,1	11
4,786	6,46	12,41	118	95,1	11
4,988	6,74	12,45	118	94,8	11
5,164	6,97	12,48	118	94,5	12
5,293	7,15	12,51	118	94,4	11
5,520	7,46	12,55	118	94,0	11
5,727	7,73	12,58	118	93,8	11
5,842	7,89	12,61	118	93,6	11
6,004	8,11	12,64	118	93,4	11
6,279	8,48	12,69	118	93,0	11
6,484	8,76	12,73	117	91,9	10
6,683	9,03	12,76	117	91,7	10
6,966	9,41	12,82	117	91,3	10
7,233	9,77	12,87	117	90,9	11
7,458	10,07	12,91	117	90,6	10
7,680	10,37	12,96	117	90,3	10
7,977	10,77	13,01	117	89,9	10
8,206	11,08	13,06	117	89,6	10
8,396	11,34	13,10	117	89,3	10
8,659	11,69	13,15	117	89,0	10

commessa:
032/18

settore:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

dH (mm)	dH (%)	A _c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
8,871	11,98	13,19	117	88,7	9
9,121	12,32	13,24	116	87,6	10
9,309	12,57	13,28	116	87,3	10
9,656	13,04	13,35	116	86,9	10
9,967	13,46	13,42	116	86,5	10
10,084	13,62	13,44	116	86,3	10
10,200	13,77	13,47	116	86,1	10
10,494	14,17	13,53	116	85,7	10
10,751	14,52	13,58	116	85,4	10
10,889	14,71	13,61	116	85,2	10
11,255	15,20	13,69	116	84,7	10
11,255	15,20	13,69	116	84,7	10

provino 2
 data di esecuzione: 13/09/2018
 altezza iniziale: 73,61 mm

velocità di deformazione: 8,3 $\mu\text{m/s}$
 pressione di confinamento: 190 kPa
 contropressione: 90 kPa

dH (mm)	dH (%)	A _c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,000	0,00	11,61	0	0,0	0
0,173	0,23	11,64	16	13,6	0
0,338	0,46	11,66	36	30,1	1
0,377	0,51	11,67	54	44,7	2
0,567	0,77	11,70	72	60,1	1
0,719	0,97	11,73	88	73,5	2
0,799	1,08	11,74	95	78,6	2
0,923	1,25	11,76	105	86,2	3
1,188	1,60	11,80	117	95,5	4
1,305	1,76	11,82	130	105,6	4
1,501	2,03	11,85	145	117,2	5
1,650	2,23	11,88	158	126,7	6
1,872	2,53	11,91	165	131,2	7
2,053	2,77	11,94	168	132,0	9
2,318	3,13	11,99	170	132,4	9
2,616	3,53	12,04	172	132,3	11
2,815	3,80	12,07	172	130,7	12
3,000	4,05	12,10	172	129,6	13
3,232	4,36	12,14	173	128,5	14
3,551	4,80	12,20	173	127,6	14
3,789	5,12	12,24	173	126,4	15
3,987	5,38	12,27	174	127,0	15
4,201	5,67	12,31	174	126,0	15
4,457	6,02	12,36	174	125,5	15
4,584	6,19	12,38	174	124,8	16
4,760	6,43	12,41	174	124,7	16
4,963	6,70	12,45	174	124,0	16
5,150	6,95	12,48	174	123,3	16
5,322	7,19	12,51	174	123,2	16
5,486	7,41	12,54	174	123,1	16
5,669	7,66	12,57	175	123,9	15
5,903	7,97	12,62	175	123,4	15

commessa: 032/18
 settore: 032/18
 id. campione: S1C2

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

dH (mm)	dH (%)	A _c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
6,049	8,17	12,64	175	123,4	15
6,293	8,50	12,69	175	122,3	16
6,485	8,76	12,73	175	122,5	15
6,730	9,09	12,77	175	122,0	15
6,915	9,34	12,81	175	121,6	15
7,212	9,74	12,86	175	120,7	15
7,473	10,09	12,92	175	119,8	16
7,747	10,46	12,97	176	120,2	16
8,017	10,83	13,02	176	119,4	16
8,204	11,08	13,06	176	119,4	15
8,426	11,38	13,10	176	119,2	15
8,708	11,76	13,16	176	118,7	15
8,846	11,95	13,19	176	118,5	15
9,136	12,34	13,25	176	117,2	16
9,348	12,62	13,29	176	116,8	16
9,673	13,06	13,36	177	117,3	15
9,973	13,47	13,42	177	117,1	15
10,049	13,57	13,43	177	116,6	15
10,196	13,77	13,47	177	116,7	15
10,476	14,15	13,53	177	116,2	15
10,722	14,48	13,58	177	115,5	15
10,931	14,76	13,62	177	114,7	15
11,238	15,18	13,69	178	115,1	15
11,254	15,20	13,69	178	115,3	15

provino 3
 data di esecuzione: 13/09/2018
 altezza iniziale: 72,95 mm

velocità di deformazione: 8,3 $\mu\text{m/s}$
 pressione di confinamento: 195 kPa
 contropressione: 45 kPa

dH (mm)	dH (%)	A _c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,000	0,00	11,61	0	0,0	0
0,179	0,24	11,64	23	19,6	0
0,284	0,38	11,66	43	36,6	0
0,418	0,56	11,68	68	57,6	1
0,546	0,74	11,70	96	80,3	2
0,703	0,95	11,72	121	101,1	2
0,864	1,17	11,75	143	119,1	3
0,953	1,29	11,76	155	128,9	3
1,164	1,57	11,80	167	137,9	4
1,304	1,76	11,82	179	146,1	5
1,492	2,01	11,85	189	153,5	6
1,643	2,22	11,88	196	158,9	6
1,821	2,46	11,90	201	161,5	7
2,077	2,80	11,95	206	164,3	8
2,325	3,14	11,99	210	166,3	9
2,625	3,54	12,04	214	167,4	10
2,800	3,78	12,07	218	169,6	11
2,985	4,03	12,10	222	171,6	12
3,200	4,32	12,14	226	172,7	13
3,469	4,69	12,18	230	174,9	14

commessa: 032/18
 settore: 032/18
 id. campione: S1C2

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
3,781	5,11	12,24	232	175,3	14
3,986	5,38	12,27	233	174,7	15
4,210	5,69	12,31	234	174,8	15
4,456	6,02	12,36	235	174,9	15
4,561	6,16	12,37	235	174,1	16
4,834	6,53	12,42	235	173,1	16
4,948	6,68	12,44	236	172,7	17
5,158	6,97	12,48	236	171,8	17
5,325	7,19	12,51	236	171,8	17
5,465	7,38	12,54	237	171,2	18
5,727	7,73	12,58	237	170,1	18
5,848	7,90	12,61	237	169,6	18
6,058	8,18	12,65	238	170,4	18
6,261	8,46	12,68	238	169,8	18
6,508	8,79	12,73	238	168,5	18
6,698	9,05	12,77	238	168,4	18
6,976	9,42	12,82	239	168,3	18
7,204	9,73	12,86	239	167,2	19
7,510	10,14	12,92	239	166,9	18
7,762	10,48	12,97	239	166,3	18
7,988	10,79	13,02	240	165,9	19
8,215	11,09	13,06	240	165,8	18
8,388	11,33	13,10	240	165,3	18
8,690	11,73	13,16	240	164,7	18
8,921	12,05	13,20	240	163,9	18
9,120	12,32	13,24	241	164,3	18
9,331	12,60	13,29	241	163,9	17
9,633	13,01	13,35	241	163,1	17
9,964	13,46	13,42	241	161,9	18
10,120	13,67	13,45	241	161,5	18
10,161	13,72	13,46	242	161,5	18
10,441	14,10	13,52	242	161,0	18
10,702	14,45	13,57	242	160,1	18
10,871	14,68	13,61	242	159,6	18
11,215	15,14	13,68	242	158,2	19
11,295	15,25	13,70	242	158,4	18

commessa:
032/18

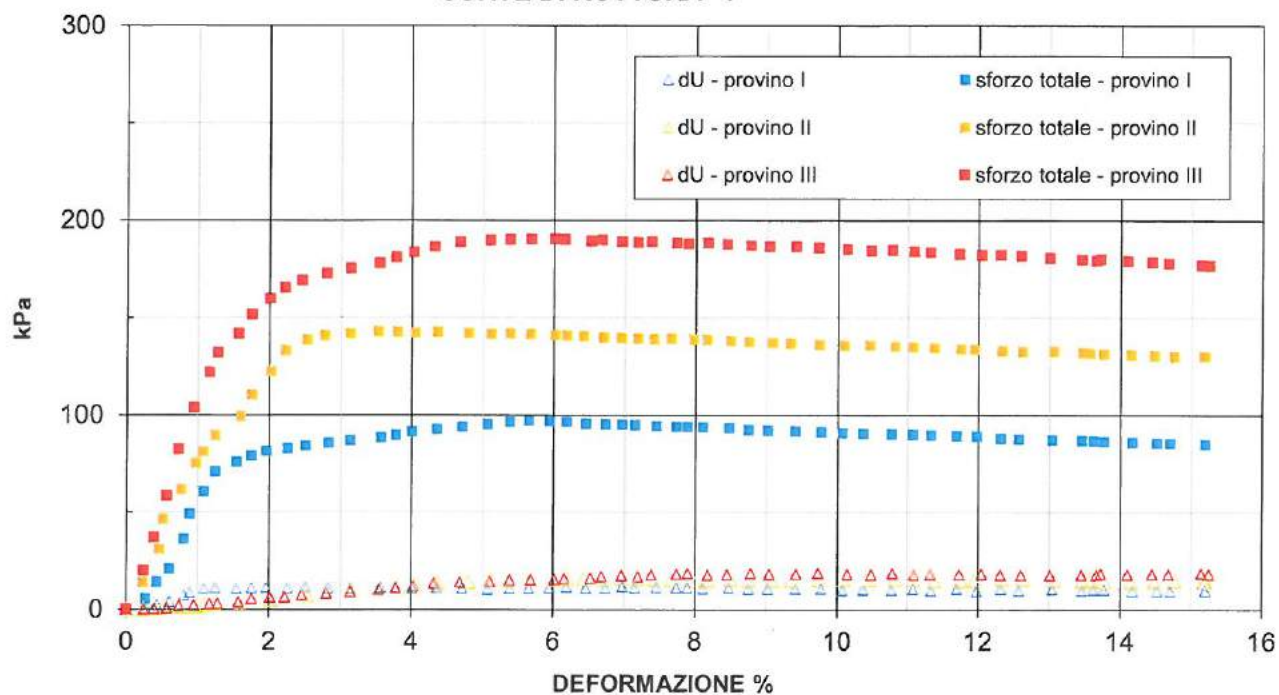
settore:
032/18

id. campione:
S1C2

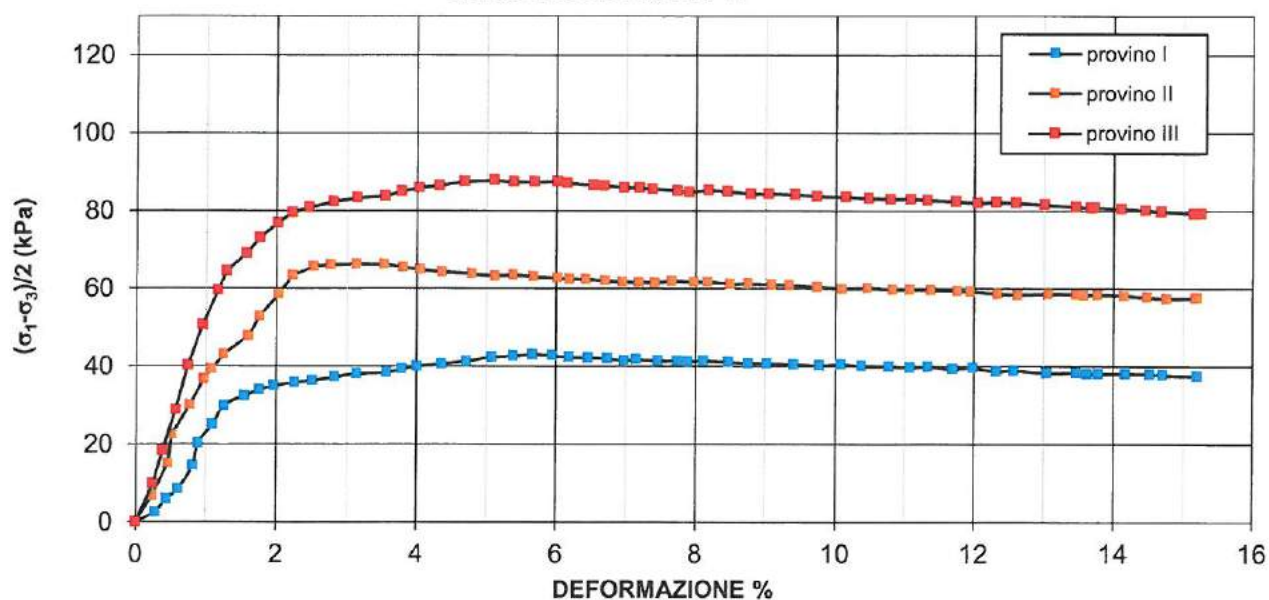
lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

CURVE DI ROTTURA - I



CURVE DI ROTTURA - II



commessa:
032/18

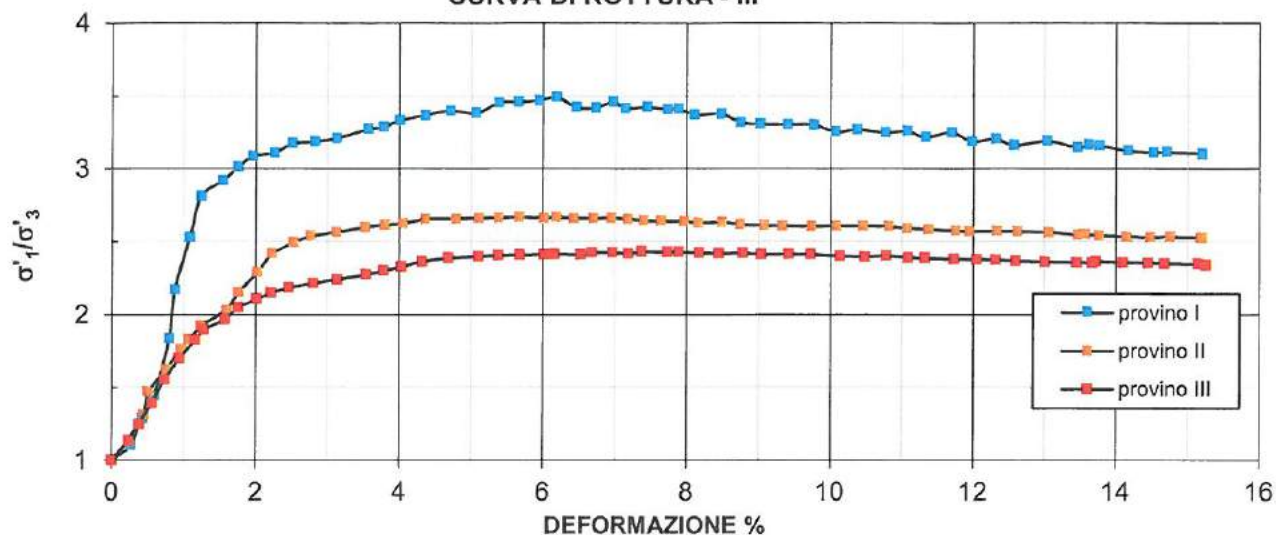
settore:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

CURVA DI ROTTURA - III



commessa:
032/18

settore:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

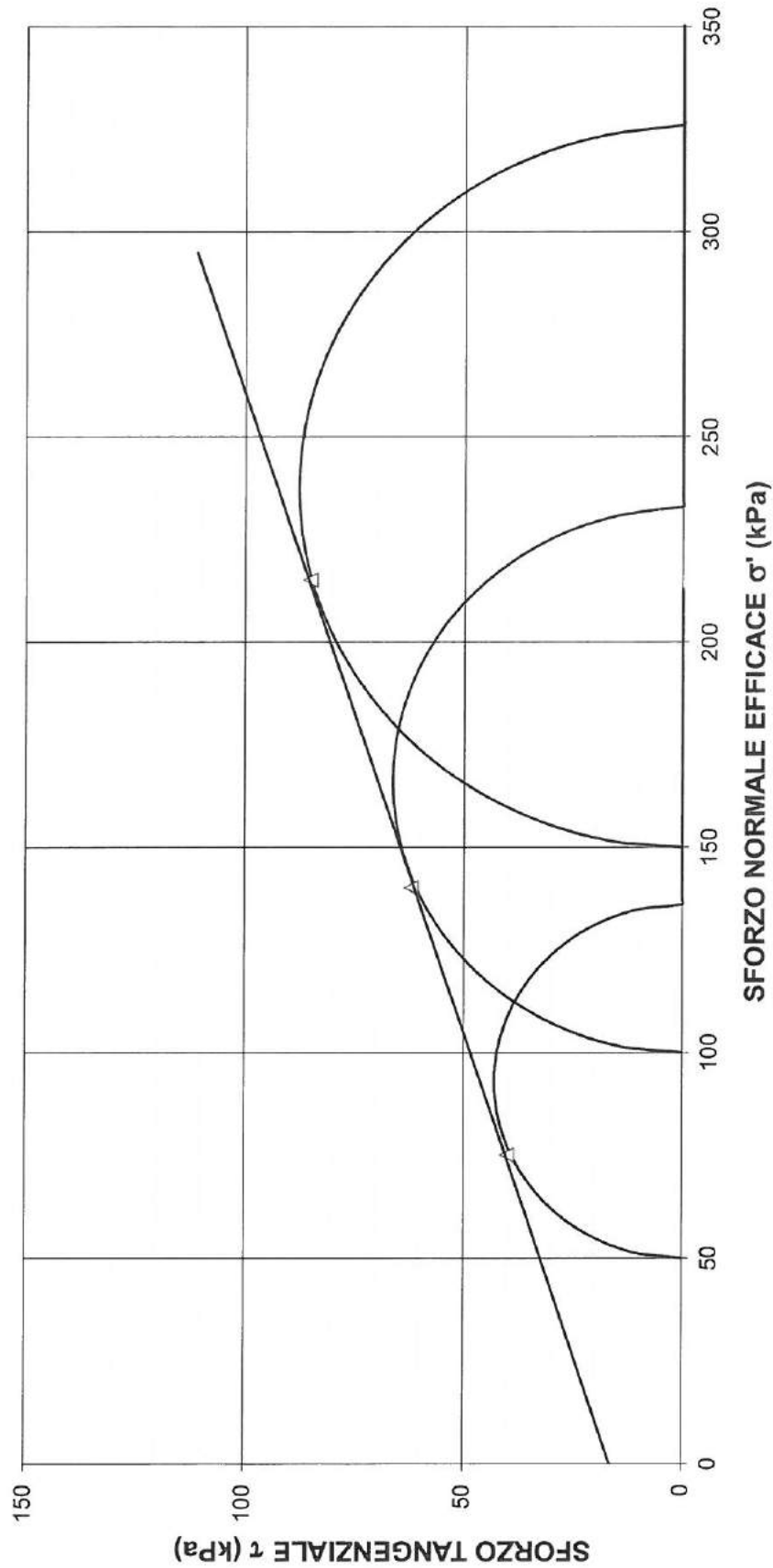
il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

commessa: 032/18

sondaggio: S1

campione: C1

INVILUPPO DI ROTTURA SECONDO MOHR-COULOMB



commessa: 032/18

sondaggio: S1

campione: C1

provino	1	2	3
X	75	140	215
Y	40,0	62,0	85,0

$c' \text{ (kPa)} = 16,3$

$\phi' \text{ (}^\circ \text{ sessadecimali)} = 17,8$



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1167/18 07/09/2018

pag. 1 di 2



COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ:

CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

ACCETTAZIONE: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE:

PROFONDITÀ (m):

DATA DI PRELIEVO:

C2

13.00-13.60

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 08/08/2018

tipologia: indisturbato

contenitore: fustella metallica tipo Shelby

colore secondo Munsell: 2,5 Y 5/2 "Grayish Brown"

diametro nominale (mm): 85

lunghezza effettiva (cm): 57

classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale U.U.	<input type="checkbox"/>	Edometria	<input checked="" type="checkbox"/>
massa volumica naturale	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale C.I.U.	<input checked="" type="checkbox"/>	cont. sost. organiche	<input type="checkbox"/>
massa volumica dei grani	<input type="checkbox"/>	Triassiale C.D.	<input type="checkbox"/>	colonna risonante	<input type="checkbox"/>
limiti Atterberg	<input checked="" type="checkbox"/>	Compressione E.L.L.	<input type="checkbox"/>	tg. Tors. ciclico	<input type="checkbox"/>
Granulometria	<input type="checkbox"/>	Taglio Diretto	<input type="checkbox"/>	Tagl. Anulare	<input type="checkbox"/>
Sedimentazione	<input type="checkbox"/>	Taglio Residuo	<input type="checkbox"/>	Altro	<input type="checkbox"/>

Descrizione del campione:

Campione coesivo omogeneo di argilla con limo debolmente sabbioso, si presenta molto consistente, umido al tatto e mediamente plastico

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	lettura al penetrometro tascabile (kPa)	lettura allo scissometro tascabile (kPa)	note
10	230	450	Edometro
20	100	250	
30	250	550	TX CIU
40	250	550	TX CIU
50	200	450	TX CIU

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C2

Sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



ALTO

BASSO

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C2

Sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1168/18 del 07/09/2018
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: AIMAG SPA
LOCALITA':
CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C2
PROFONDITA' (m): 13.00-13.60
DATA DI PRELIEVO:

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 07/08/2018
Data di esecuzione prove: 08-09/08/2018

volume (cm ³)	peso umido (g)	test eseguito	posizione
86,18	171,74	provino 1	superiore
86,18	177,46	provino 2	centrale
86,18	174,62	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 2,03 Mg/m³
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1169/18 del 07/09/2018
pag. 1 di 1

COMMITTENTE: AIMAG SPA
LOCALITA':
CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C2
PROFONDITA' (m): 13.00-13.60
DATA DI PRELIEVO: -

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 07/08/2018
Data di esecuzione prove: 08-09/08/2018



<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>	<i>test eseguito</i>	<i>posizione</i>
43,12	35,75	provino 1	superiore
72,01	59,40	provino 2	centrale
75,77	62,77	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: W 20,85 %

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ:

CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

Data di accettazione: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 13.00-13.60

DATA PRELIEVO: -

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

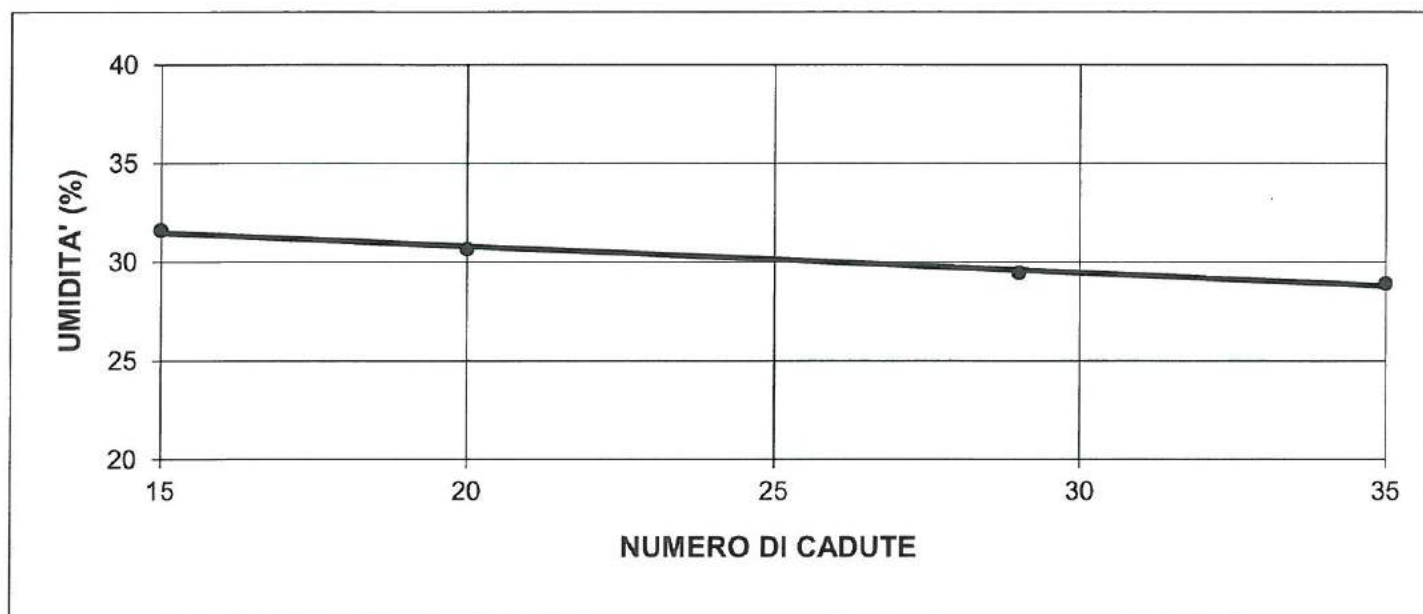
data di esecuzione: 04-05/09/2018



limite di liquidità				limite di plasticità		
n° di cadute	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
15	12,03	9,14	31,62	1,40	1,18	18,64
20	15,81	12,10	30,66	1,15	0,97	18,56
29	14,24	11,00	29,45			
35	15,60	12,10	28,93			

limite di ritiro			
volume umido (cm³)	peso umido (g)	volume secco (cm³)	peso secco (g)

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	30 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	19 %
LIMITE DI RITIRO	Wr	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	11



Note: N.D.= non determinabile - N.P.= non plastico

commessa:
032/18

settore:
04

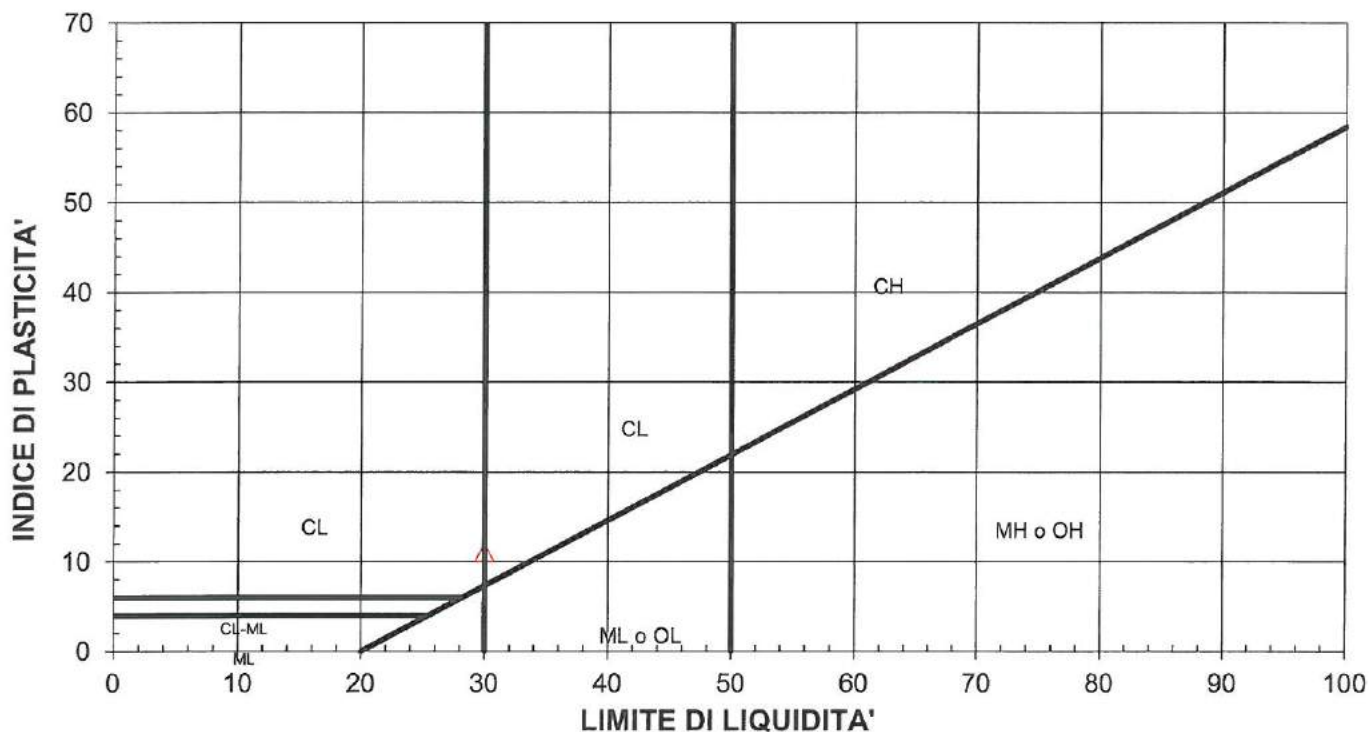
id. campione:
S1 C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



CARTA DI PLASTICITA'



M = limi inorganici
 C = argille inorganiche
 O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
 H = alto limite di liquidità

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: AIMAG SPA
 CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA
 LOCALITÀ:

Data ricevimento campione: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1
 CAMPIONE: C2
 PROFONDITÀ: 13.00-13.60

Data esecuzione prove: 20/08-06/09/18

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	19,87	cm ²	indice dei vuoti iniziale	0,668	
altezza iniziale	20,00	mm	altezza ridotta	11,990	mm
massa iniziale	82,45	g	altezza finale	17,20	mm
umidità iniziale	22,75	%	umidità finale	21,53	%
peso specifico dei granuli*	2,68	Mg/m ³	massa secca finale	63,85	g

* valore utilizzato sulla base delle indicazioni bibliografiche in assenza della specifica prova

DATI DI PROVA

data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	m _v (kPa ⁻¹)	E _{ed} (kPa)
20/08/2018	5	20,000	0,000	0,668	0,000		
21/08/2018	12	19,880	0,120	0,658	0,600	8,451E-04	1,183E+03
22/08/2018	25	19,720	0,280	0,645	1,400	6,557E-04	1,525E+03
23/08/2018	49	19,515	0,485	0,628	2,425	4,184E-04	2,390E+03
24/08/2018	98	19,245	0,755	0,605	3,775	2,755E-04	3,630E+03
25/08/2018	196	18,897	1,103	0,576	5,515	1,776E-04	5,632E+03
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	c _s (kPa ⁻¹)	SR (kPa ⁻¹)
26/08/2018	98	18,930	1,070	0,579	5,350	9,143E-03	0,548
27/08/2018	49	18,987	1,013	0,584	5,065	1,579E-02	0,947
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	m _v (kPa ⁻¹)	E _{ed} (kPa)
28/08/2018	98	18,912	1,088	0,577	5,440	7,653E-05	1,307E+04
29/08/2018	196	18,803	1,197	0,568	5,985	5,561E-05	1,798E+04
30/08/2018	392	18,283	1,717	0,525	8,585	1,327E-04	7,538E+03
31/08/2018	784	17,748	2,252	0,480	11,260	6,824E-05	1,465E+04
01/09/2018	1569	17,130	2,870	0,429	14,350	3,936E-05	2,540E+04
02/09/2018	3138	16,479	3,521	0,374	17,605	2,075E-05	4,820E+04
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	c _s (kPa ⁻¹)	SR (kPa ⁻¹)
03/09/2018	784	16,729	3,271	0,395	16,355	3,462E-02	2,075
04/09/2018	196	16,998	3,002	0,418	15,010	3,726E-02	2,234
05/09/2018	49	17,204	2,796	0,435	13,980	2,854E-02	1,711

Commessa: Verba di accettazione:
 - 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino IX (98-196 kPa)		gradino X (196-392 kPa)	
tempo (s)	dH (mm)	tempo (s)	dH (mm)
0	1,088	0	1,197
6	1,136	6	1,366
15	1,149	15	1,390
30	1,157	30	1,427
60	1,167	60	1,473
120	1,173	120	1,522
240	1,178	240	1,562
480	1,182	480	1,598
900	1,185	900	1,621
1800	1,187	1800	1,645
3600	1,190	3600	1,668
7200	1,192	7200	1,683
14400	1,194	14400	1,697
28800	1,196	28800	1,707
86400	1,197	86400	1,717

gradino XI (392-785 kPa)	
tempo (s)	dH (mm)
0	1,717
6	1,864
15	1,901
30	1,941
60	1,995
120	2,056
240	2,106
480	2,144
900	2,173
1800	2,198
3600	2,214
7200	2,226
14400	2,235
28800	2,244
86400	2,252

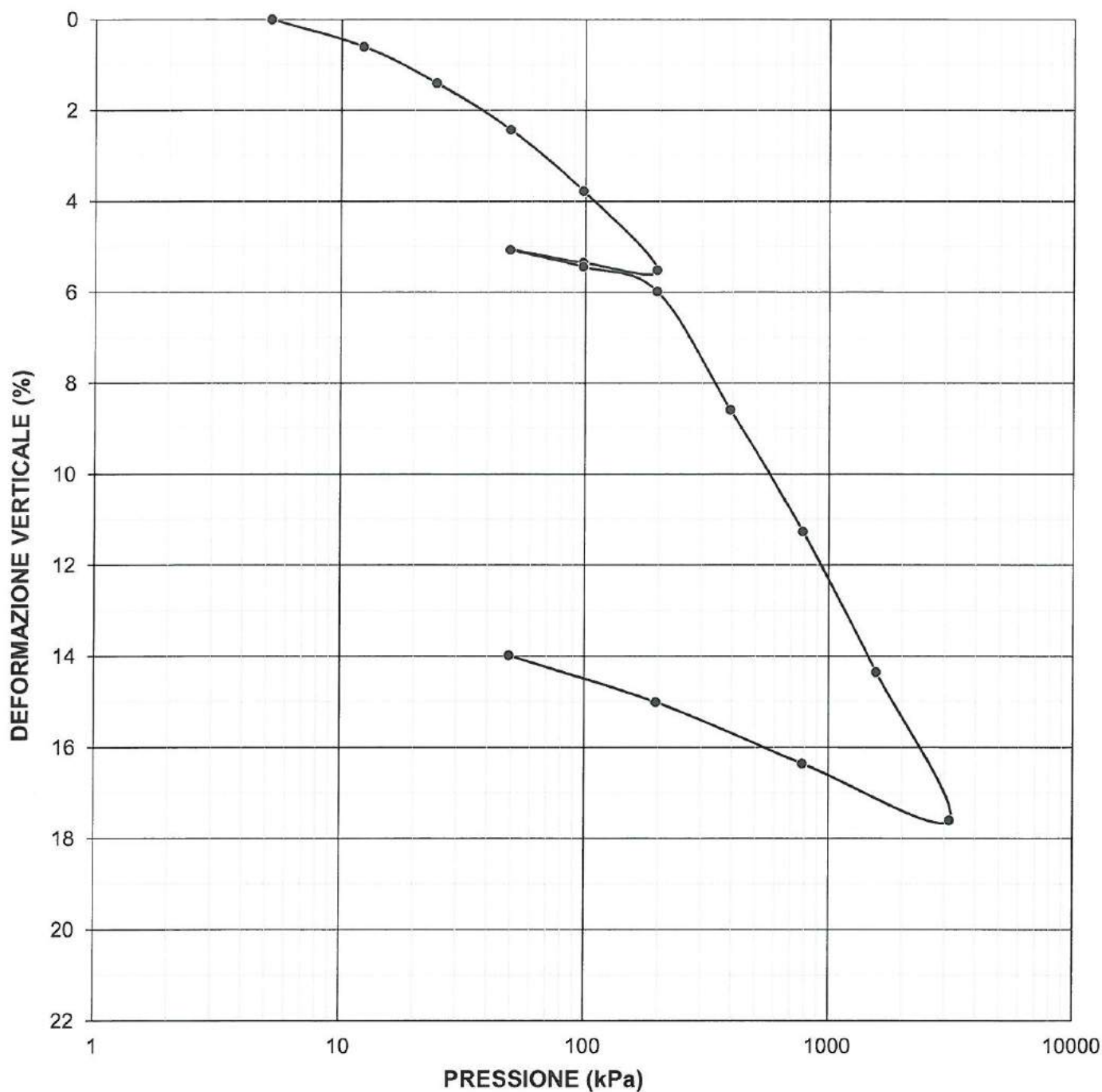
Commessa: -
 Verbale di accettazione: 032/18

Io sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

032/18

lo sperimentatore:

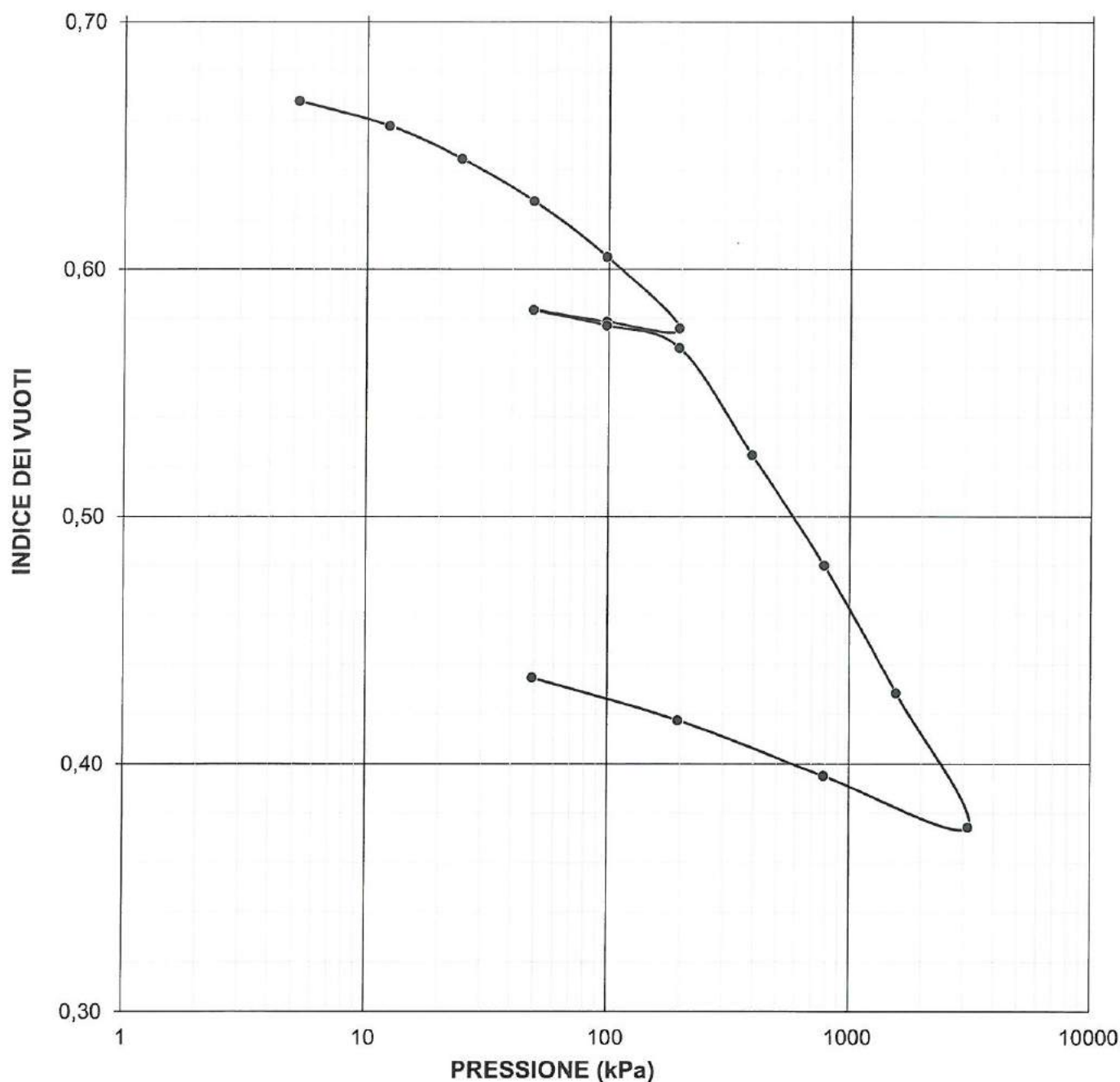
Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:

Dott. Massimiliano Galli



VARIAZIONE DELL'INDICE DEI VUOTI - II



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

032/18

Lo sperimentatore:

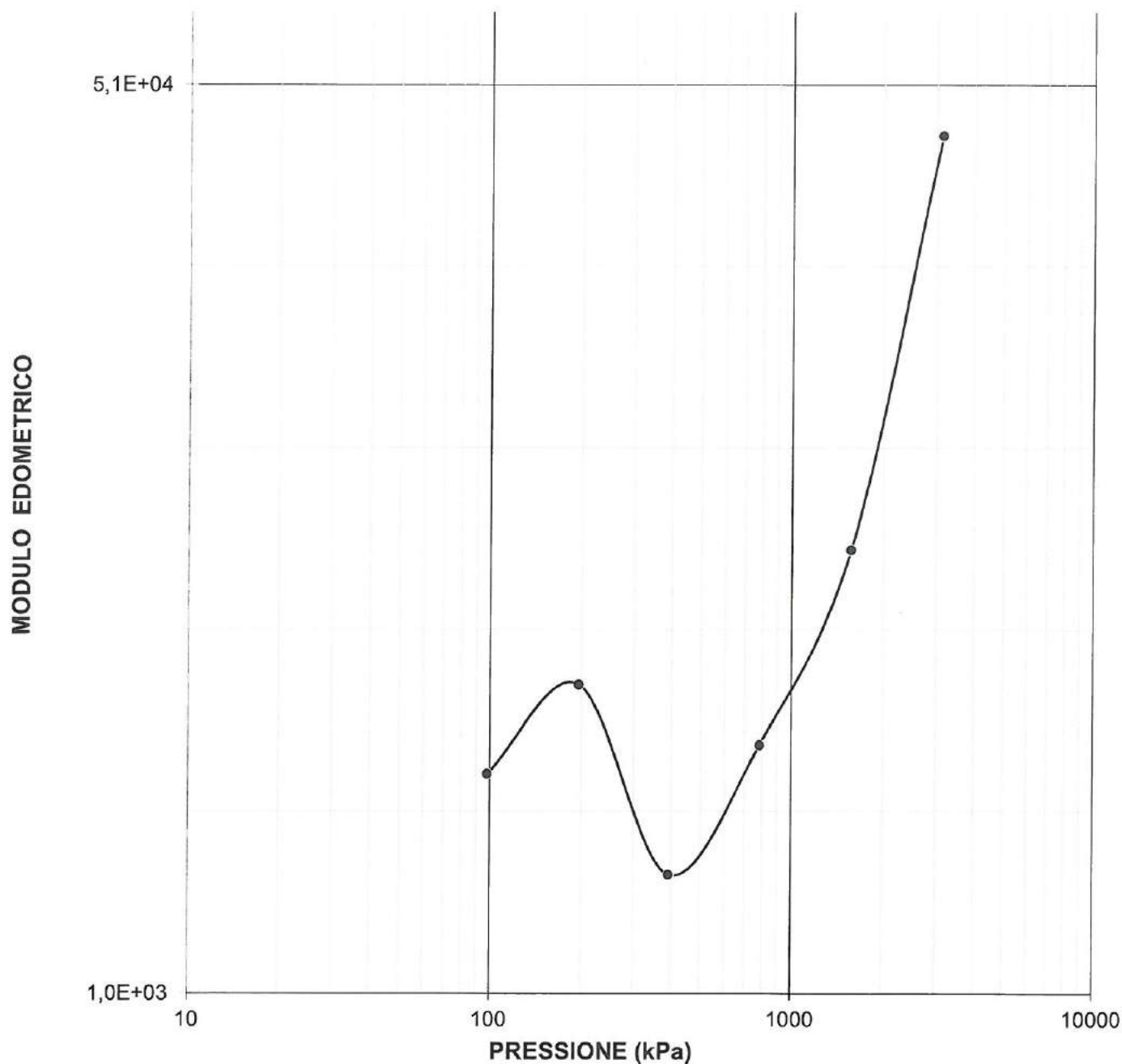
Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:

Dott. Massimiliano Galli



VARIAZIONE DEL MODULO EDOMETRICO III



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

032/18

lo sperimentatore:

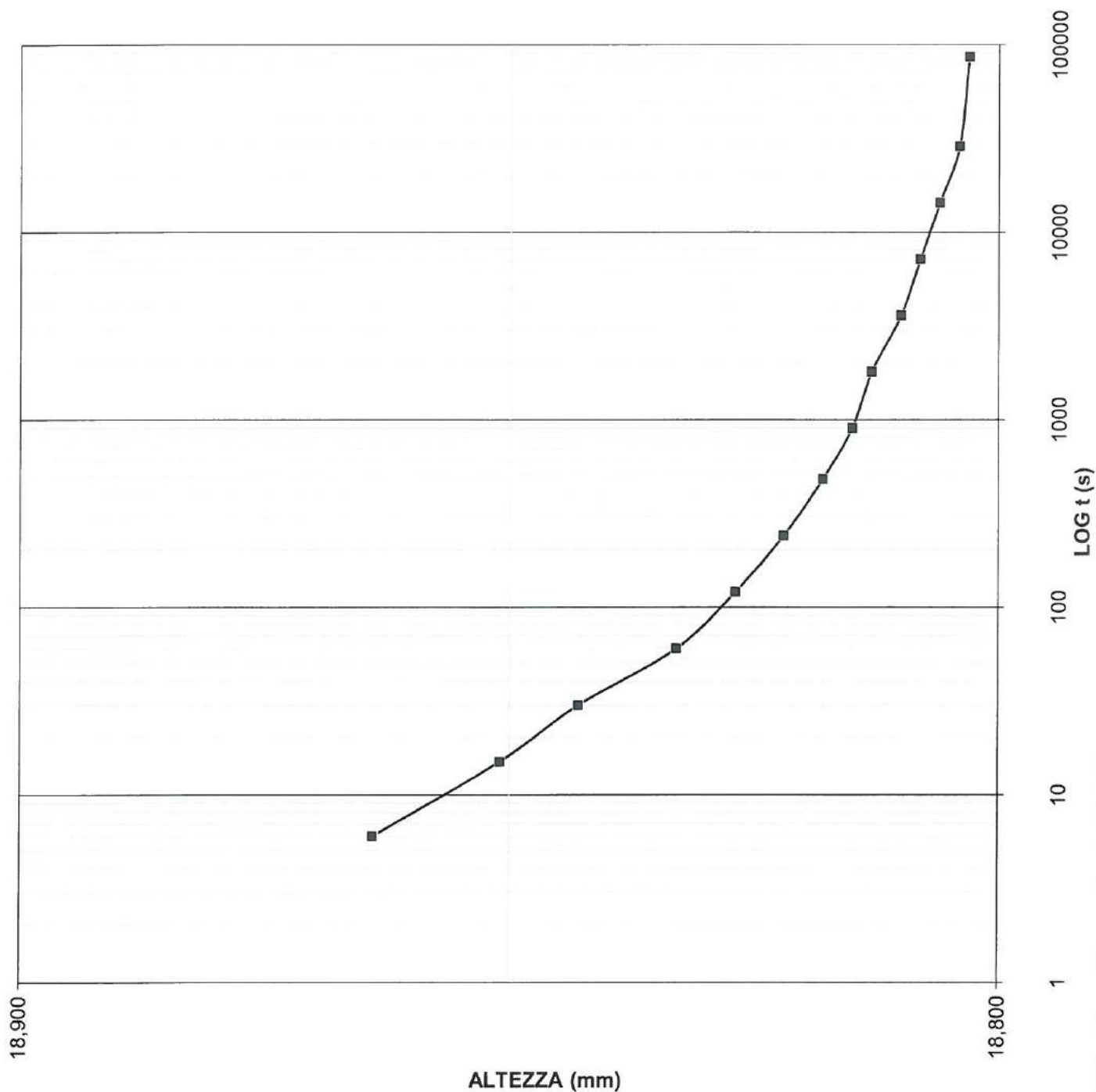
Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:

Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino V (98-196 kPa)



Commessa:

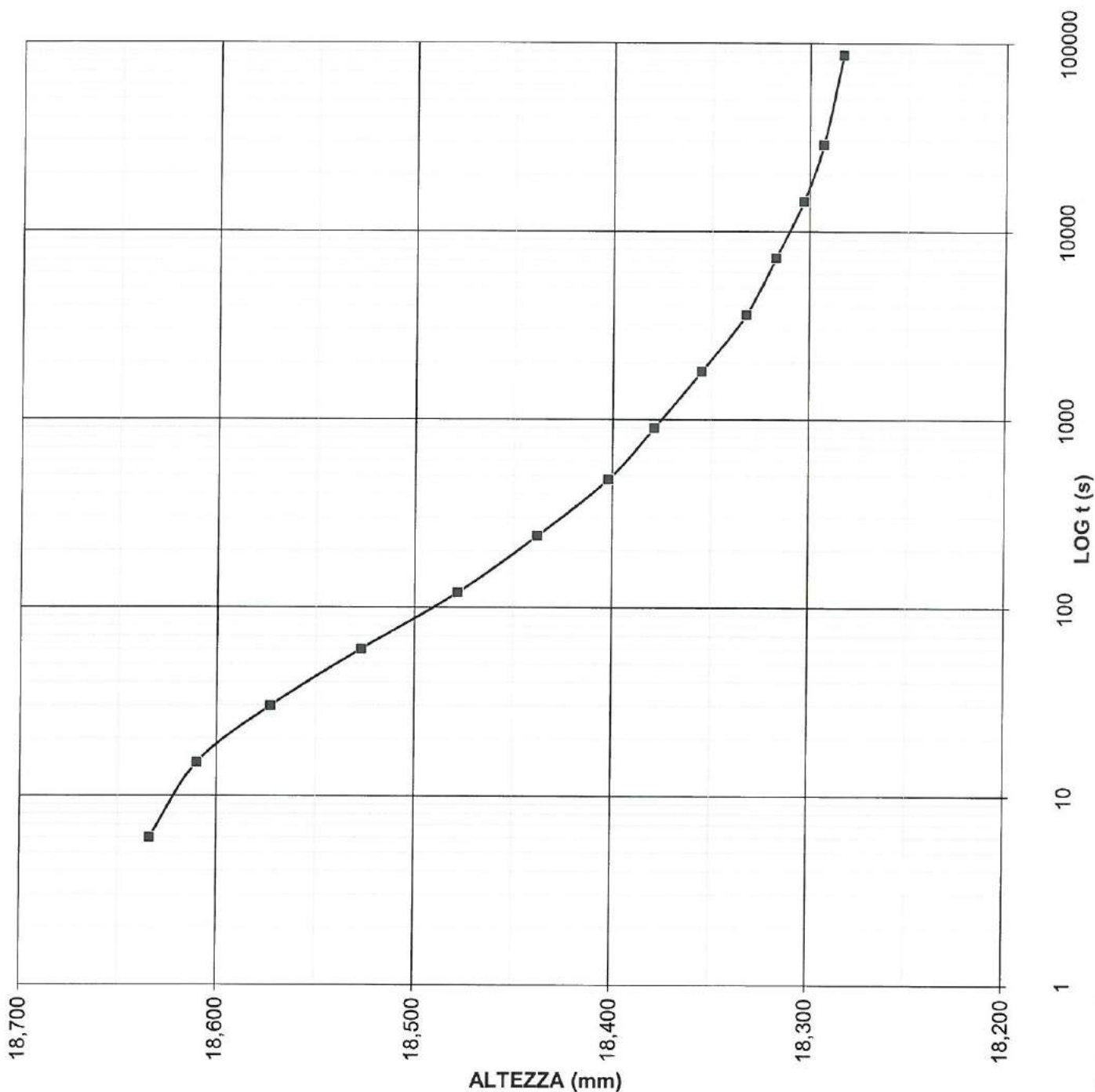
Verbale di accettazione:
 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VI (196-392) kPa



Commessa:

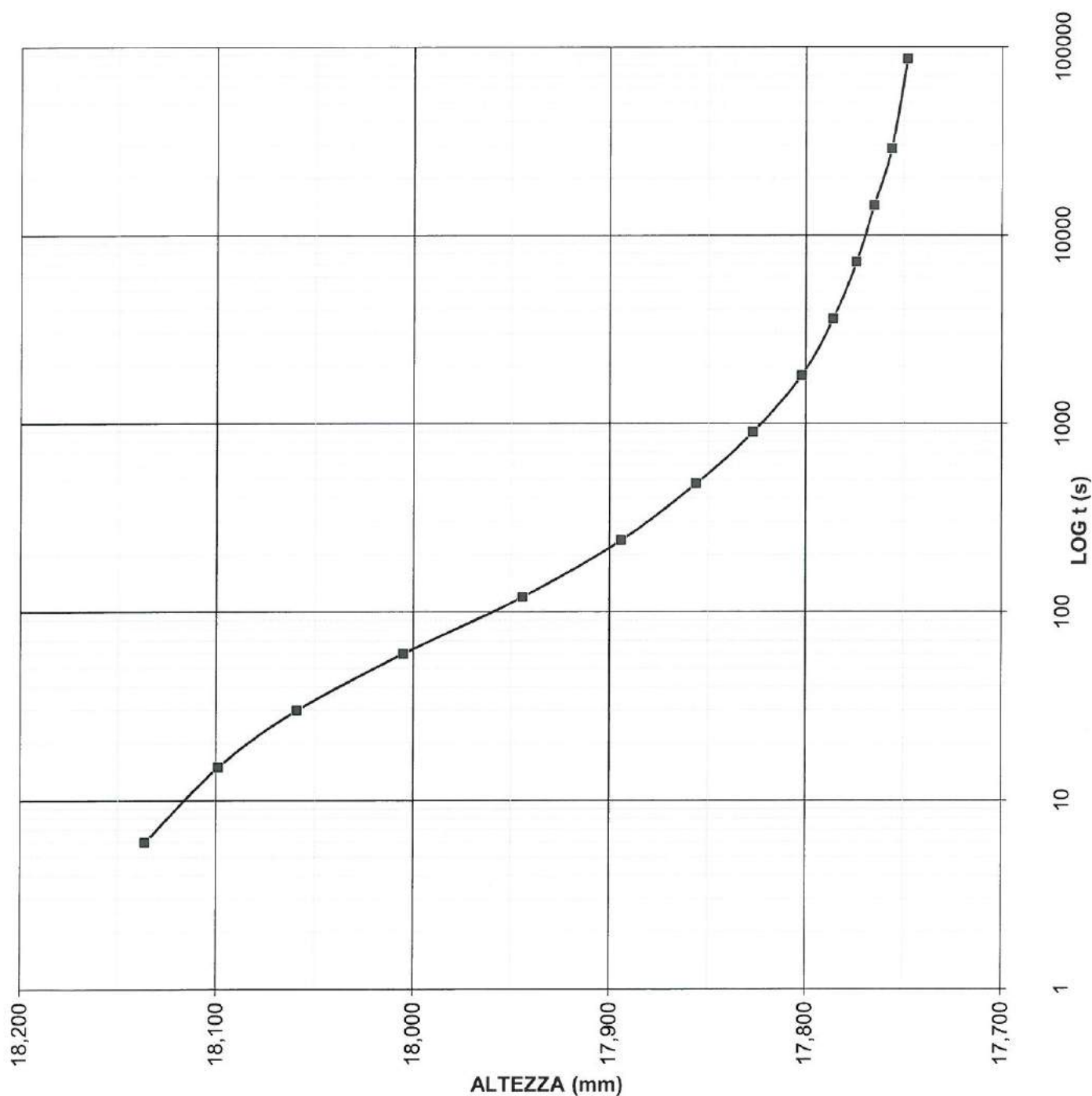
Verbale di accettazione:
 032/18

Io sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (392-784) kPa



Commessa:

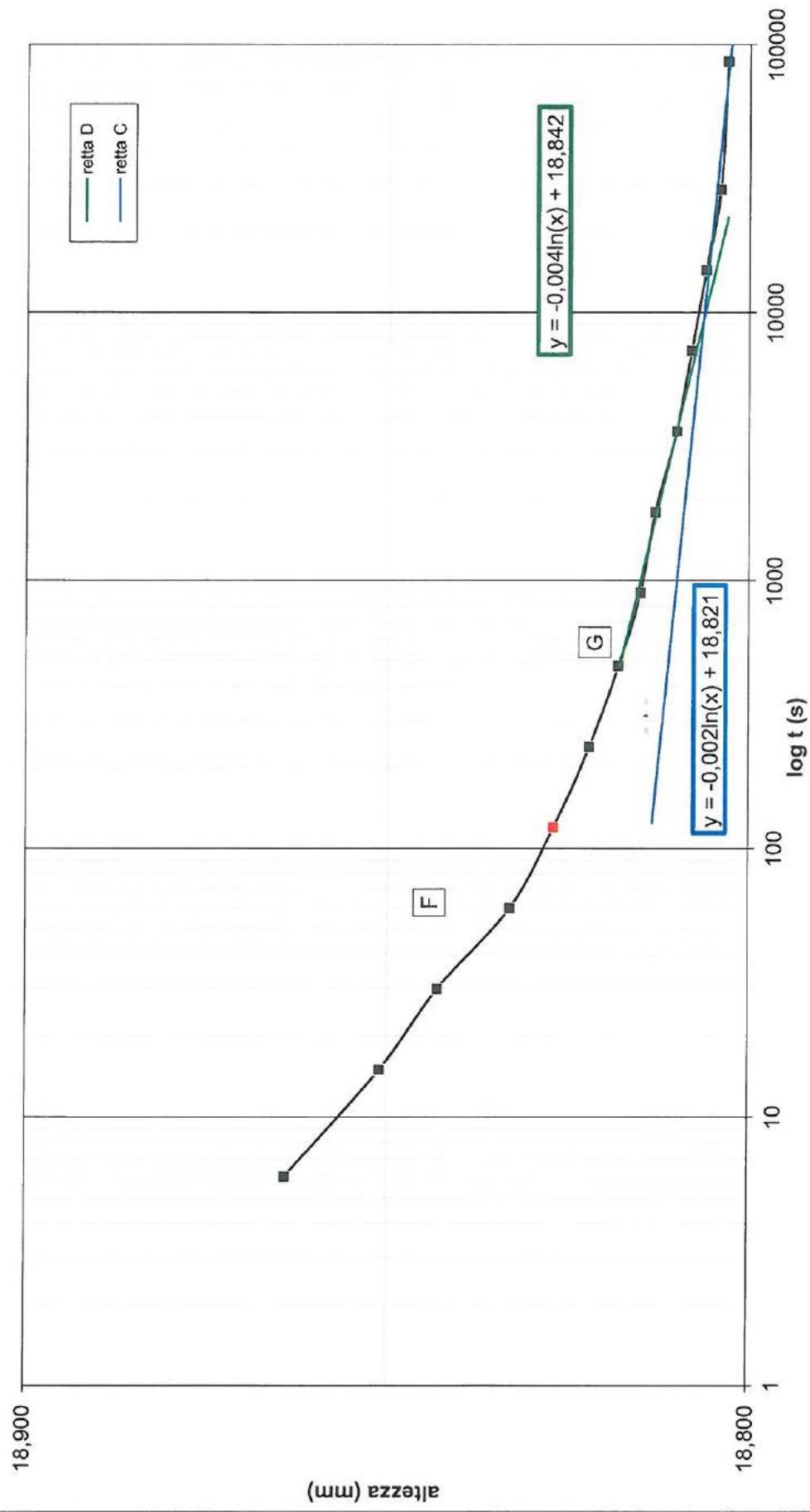
Verbale di accettazione:
 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

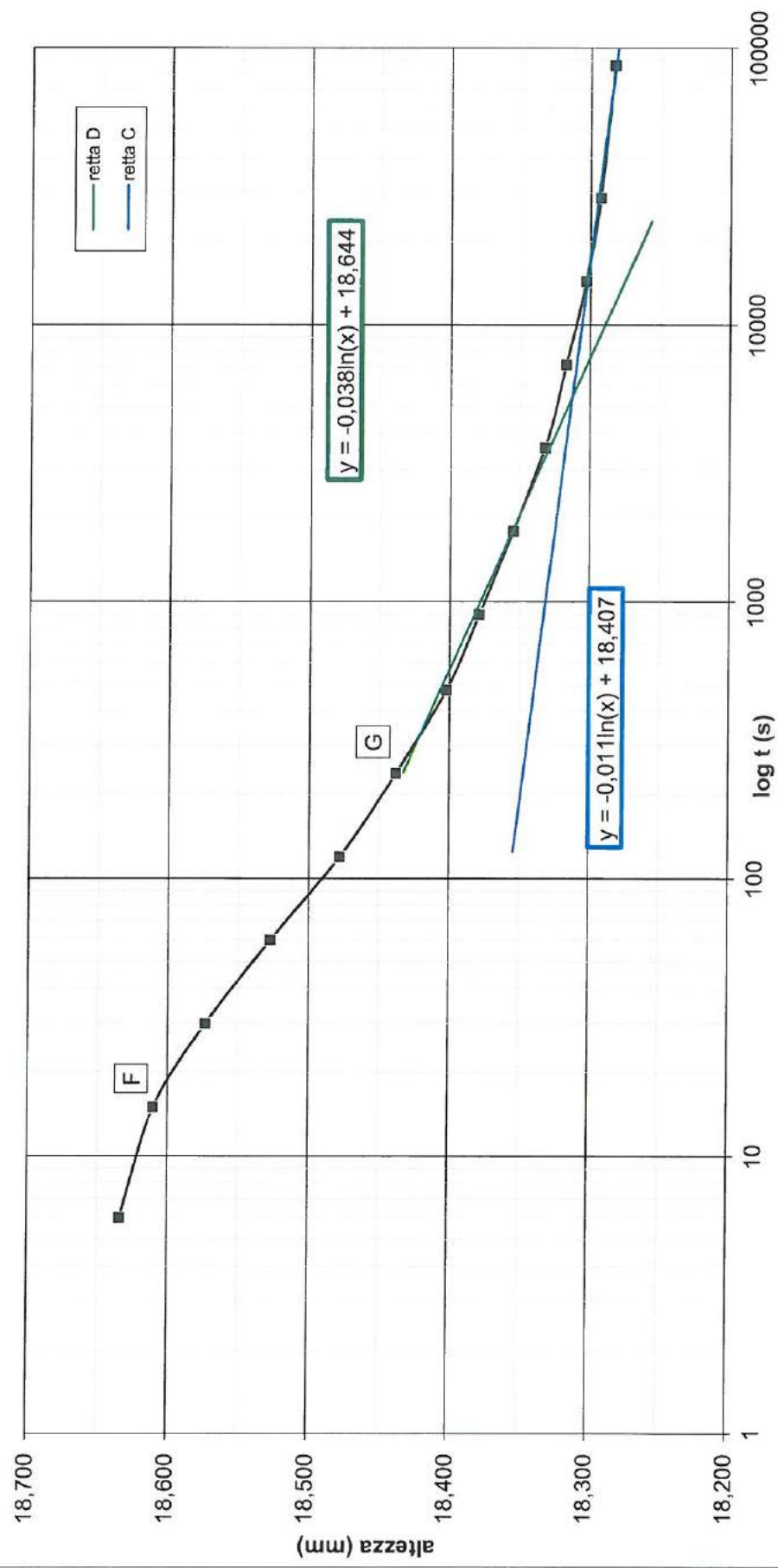
certificato di prova n° 1177/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino IX (98-196 kpa)



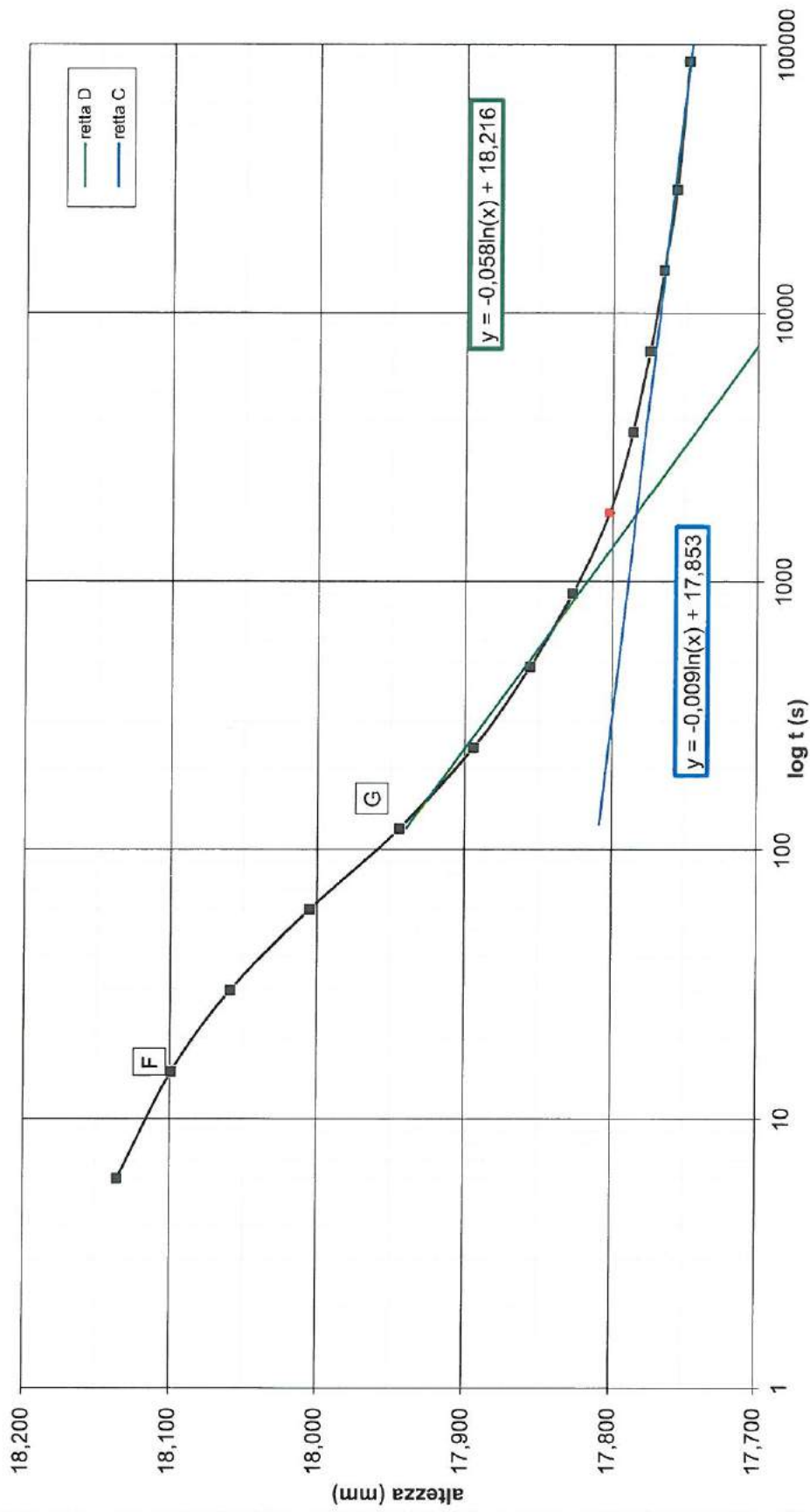
certificato di prova n° 1177/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino X (196-392 kpa)



certificato di prova n° 1177/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino XI (392-784 kpa)



COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ: -

CANTIERE:

MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

cedimento a inizio di prova		1,088	mm	gradino IX (98-196 kPa)
altezza iniziale	$h_0 =$	1,885	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} =$	1,881	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} =$	1,883	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} =$	42	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} =$	9439	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v =$	4,12E-03	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v =$	5,56E-05	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v =$	2,29E-08	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,197	mm	gradino X (196-392 kPa)
altezza iniziale	$h_0 =$	1,865	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} =$	1,831	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} =$	1,848	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} =$	105	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} =$	9320	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v =$	1,61E-03	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v =$	1,33E-04	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v =$	2,13E-08	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,717	mm	gradino XI (392-785 kPa)
altezza iniziale	$h_0 =$	1,825	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} =$	1,778	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} =$	1,802	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} =$	30	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} =$	1781	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v =$	5,24E-03	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v =$	6,82E-05	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v =$	3,58E-08	cm/s	



COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ:

CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

Data di accettazione: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ: 13.00-13.60

DATA DI PRELIEVO:

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892/9)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm ²)	altezza iniziale (cm)	massa iniziale (g)	umidità iniziale (%)
provino 1	11,33	7,60	171,74	20,62
provino 2	11,33	7,60	177,46	20,13
provino 3	11,33	7,60	177,93	19,67

	altezza finale (cm)	massa finale (g)	volume finale (cm ³)	umidità finale (%)
provino 1	6,45	91,00	85,69	21,95
provino 2	1,39	92,28	84,13	22,60
provino 3	6,34	87,99	82,91	20,50

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale
 σ'_1 = pressione assiale efficace
 BP = contropressione
 B = parametro di Skempton
 dH = deformazione assiale
 A_c = area corretta

σ_3 = pressione di confinamento
 σ'_3 = pressione di confinamento efficace
 dU = variazione di pressione interstiziale
 dF = variazione di forza assiale
 ΔV = variazione di volume

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

provino 1

data di esecuzione: 10/09/2018

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	24,3	0,486
50	50	45	24,4	36,4	0,538
50	100	45	36,4	63,3	
100	100	90	63,3	82,3	0,770
100	150	90	83,6	122,1	
150	150	140	122,1	140,0	0,870
150	200	140	132,1	175,6	
200	200	190	175,6	203,0	0,983
200	240	190	181,0	220,3	

commessa:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

provino 2

data di esecuzione: 10/09/2018

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	19,9	0,398
50	50	45	19,9	32,5	0,490
50	100	45	32,5	57,0	
100	100	90	56,7	80,2	0,536
100	150	90	80,2	107,0	
150	150	140	107,0	131,0	0,680
150	200	140	131,0	165,0	
200	240	140	165,0	203,0	0,950

provino 3

data di esecuzione: 10/09/2018

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	45,0	0,900
50	50	45	45,0	45,0	0,964
50	245	45	40,0	228,0	

DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

provino 1
 data di esecuzione: 11-12/09/2018

pressione di confinamento: 240 kPa
 contropressione: 190 kPa

tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)
0	0,00	60	0,00	900	0,01	14400	0,21
6	0,00	120	0,00	1800	0,03	28800	0,40
15	0,00	240	0,00	3600	0,05	57600	0,42
30	0,00	480	0,01	7200	0,07		

provino 2
 data di esecuzione: 11-12/09/2018

pressione di confinamento: 240 kPa
 contropressione: 140 kPa

tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)	tempo (s)	ΔV (cm ³)
0	0,00	60	0,39	900	1,54	14400	1,98
6	0,02	120	0,61	1800	1,80	28800	1,95
15	0,11	240	0,91	3600	1,93	57600	1,85
30	0,22	480	1,26	7200	1,97		

commessa:
 032/18

id. campione:
 S1C2

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

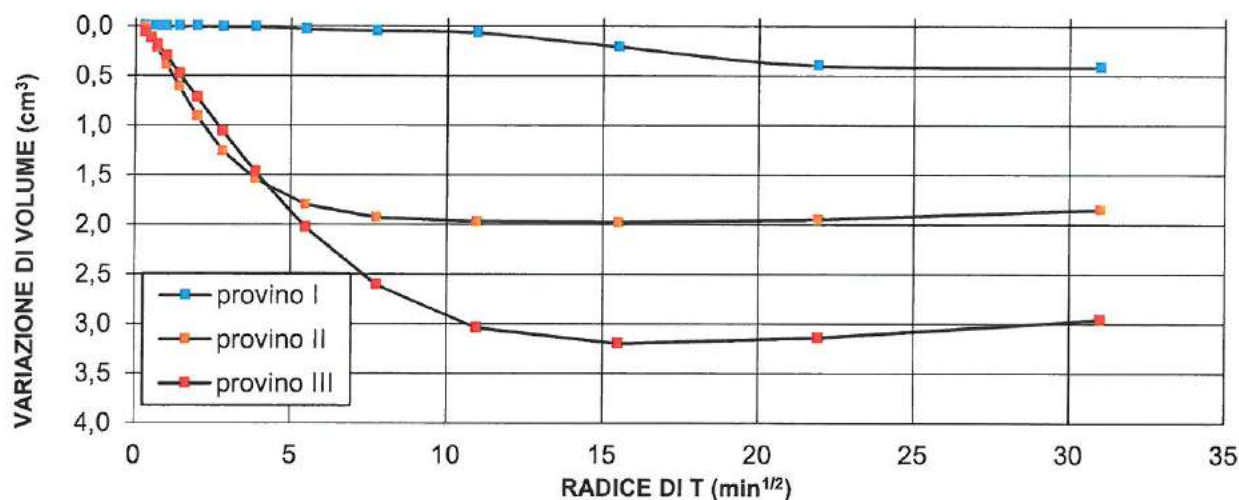
il direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

provino 3
 data di esecuzione: 11-12/09/2018

pressione di confinamento: 245 kPa
 contropressione: 45 kPa

tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$	tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$	tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$	tempo (s)	$\Delta V (cm^3)$
0	0,00	60	0,30	900	1,47	14400	3,20
6	0,06	120	0,48	1800	2,03	28800	3,14
15	0,12	240	0,72	3600	2,61	57600	2,96
30	0,19	480	1,06	7200	3,04		

CURVE DI CONSOLIDAZIONE



commessa:
 032/18

id. campione:
 S1C2

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1
 data di esecuzione: 13/09/2018
 altezza iniziale: 75,88 mm

velocità di deformazione: 8,3 $\mu\text{m/s}$
 pressione di confinamento: 240 kPa
 contropressione: 190 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,000	0,00	11,29	0,00	0,00	0,00
0,204	0,27	11,32	45,00	31,12	0,85
0,535	0,71	11,37	59,00	39,47	2,54
0,848	1,12	11,42	67,00	43,89	3,80
1,155	1,52	11,47	75,00	48,27	5,07
1,459	1,92	11,51	82,00	52,24	5,92
1,738	2,29	11,56	88,00	55,50	6,76
2,019	2,66	11,60	95,00	59,09	8,03
2,323	3,06	11,65	102,00	63,62	8,03
2,630	3,47	11,70	109,00	67,44	8,87
2,937	3,87	11,75	115,00	70,54	9,72
3,236	4,26	11,80	121,00	73,95	10,14
3,521	4,64	11,84	126,00	76,67	10,56
3,814	5,03	11,89	131,00	79,35	10,99
4,120	5,43	11,94	137,00	82,99	10,99
4,430	5,84	11,99	142,00	85,59	11,41
4,740	6,25	12,05	148,00	88,83	11,83
5,047	6,65	12,10	152,00	90,71	12,25
5,351	7,05	12,15	157,00	93,57	12,25
5,660	7,46	12,20	161,00	95,74	12,25
5,967	7,86	12,26	165,00	97,89	12,25
6,260	8,25	12,31	168,00	99,39	12,25
6,544	8,62	12,36	173,00	102,18	12,25
6,841	9,02	12,41	176,00	103,30	12,68
7,148	9,42	12,47	180,00	105,36	12,68
7,457	9,83	12,52	184,00	107,40	12,68
7,767	10,24	12,58	187,00	108,77	12,68
8,075	10,64	12,64	188,00	108,87	12,68
8,380	11,04	12,70	189,00	108,96	12,68
8,686	11,45	12,75	190,00	109,05	12,68
8,995	11,85	12,81	191,00	109,46	12,25
9,286	12,24	12,87	192,00	109,56	12,25
9,571	12,61	12,92	193,00	109,67	12,25
9,868	13,01	12,98	194,00	109,75	12,25
10,171	13,40	13,04	195,00	109,82	12,25
10,478	13,81	13,10	196,00	109,87	12,25
10,782	14,21	13,16	196,00	109,31	12,25
11,085	14,61	13,23	196,00	109,10	11,83
11,415	15,04	13,29	195,00	107,55	12,25

commessa:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

provino 2
data di esecuzione: 13/09/2018
altezza iniziale: 75,42 mm

velocità di deformazione: 8,3 $\mu\text{m/s}$
pressione di confinamento: 240 kPa
contropressione: 140 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,000	0,00	11,29	0,00	0,00	0,00
0,095	0,13	11,31	27,90	19,74	0,30
0,400	0,53	11,35	87,30	61,52	4,10
0,701	0,92	11,40	122,40	85,91	11,60
0,998	1,32	11,44	143,10	100,04	17,50
1,296	1,71	11,49	158,40	110,29	22,10
1,577	2,08	11,53	170,10	117,99	25,10
1,836	2,42	11,57	181,80	125,67	27,10
2,123	2,80	11,62	192,60	132,62	28,60
2,421	3,19	11,67	202,50	138,87	29,50
2,720	3,58	11,71	210,60	143,84	29,60
3,017	3,98	11,76	217,80	148,15	29,10
3,302	4,35	11,81	224,10	151,84	28,60
3,587	4,73	11,85	230,40	155,50	27,90
3,882	5,12	11,90	236,70	159,10	27,20
4,193	5,53	11,95	242,10	162,03	26,60
4,501	5,93	12,01	247,50	164,93	25,80
4,809	6,34	12,06	252,90	167,80	25,10
5,114	6,74	12,11	257,40	170,05	24,20
5,419	7,14	12,16	261,90	172,28	23,70
5,726	7,55	12,21	265,50	173,89	23,20
6,025	7,94	12,27	269,10	175,49	22,70
6,312	8,32	12,32	272,70	177,11	21,90
6,598	8,70	12,37	276,30	178,71	21,20
6,900	9,09	12,42	279,90	180,25	20,30
7,208	9,50	12,48	283,50	181,75	19,40
7,517	9,91	12,53	286,20	182,66	18,60
7,824	10,31	12,59	289,80	184,12	17,80
8,129	10,71	12,65	292,50	185,01	16,90
8,429	11,11	12,70	295,20	185,89	16,00
8,734	11,51	12,76	297,90	186,74	15,10
9,030	11,90	12,82	299,70	187,04	14,20
9,317	12,28	12,87	302,40	187,91	13,50
9,608	12,66	12,93	305,10	188,76	12,60
9,914	13,07	12,99	306,90	189,00	11,80
10,227	13,48	13,05	309,60	189,76	10,90
10,540	13,89	13,11	311,40	189,95	10,10
10,848	14,30	13,18	313,20	190,15	9,30
11,148	14,69	13,24	315,90	190,90	8,60
11,390	15,01	13,29	316,80	190,73	7,50

commessa:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

provino 3
 data di esecuzione: 13/09/2018
 altezza iniziale: 75,06 mm

velocità di deformazione: 8,3 $\mu\text{m/s}$
 pressione di confinamento: 245 kPa
 contropressione: 45 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm ²)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,000	0,00	11,29	0,00	0,00	0,00
0,260	0,34	11,33	31,00	21,81	0,10
0,513	0,68	11,37	145,00	100,66	1,70
0,789	1,04	11,41	193,00	132,34	3,70
1,066	1,40	11,45	223,00	151,19	5,70
1,347	1,78	11,50	246,00	165,25	7,40
1,600	2,11	11,54	261,00	173,79	9,00
1,865	2,46	11,58	278,00	183,85	10,30
2,151	2,83	11,62	293,00	192,32	11,70
2,440	3,22	11,67	306,00	199,40	13,00
2,730	3,60	11,71	317,00	205,20	14,10
3,013	3,97	11,76	327,00	210,29	15,20
3,284	4,33	11,80	335,00	214,08	16,20
3,561	4,69	11,85	344,00	218,57	17,10
3,856	5,08	11,90	352,00	222,28	18,00
4,156	5,48	11,95	359,00	225,34	18,80
4,456	5,87	12,00	366,00	228,53	19,40
4,754	6,27	12,05	372,00	230,93	20,10
5,047	6,65	12,10	378,00	233,40	20,70
5,347	7,05	12,15	384,00	235,82	21,30
5,647	7,44	12,20	389,00	237,62	21,80
5,929	7,81	12,25	394,00	239,46	22,30
6,207	8,18	12,30	399,00	241,37	22,70
6,498	8,56	12,35	404,00	243,12	23,20
6,799	8,96	12,40	410,00	245,62	23,50
7,109	9,37	12,46	414,00	246,68	23,90
7,415	9,77	12,52	418,00	247,73	24,30
7,721	10,18	12,57	422,00	248,92	24,50
8,017	10,57	12,63	426,00	250,05	24,80
8,316	10,96	12,68	430,00	251,15	25,10
8,612	11,35	12,74	434,00	252,31	25,30
8,894	11,72	12,79	436,00	252,26	25,50
9,171	12,09	12,85	440,00	253,46	25,70
9,465	12,47	12,90	444,00	254,65	25,80
9,767	12,87	12,96	447,00	255,09	26,00
10,075	13,28	13,02	451,00	256,19	26,10
10,383	13,68	13,08	453,00	255,95	26,30
10,691	14,09	13,15	457,00	257,00	26,40
10,999	14,50	13,21	459,00	256,82	26,50
11,307	14,90	13,27	460,00	256,10	26,50
11,615	15,31	13,33	459,00	254,10	26,60

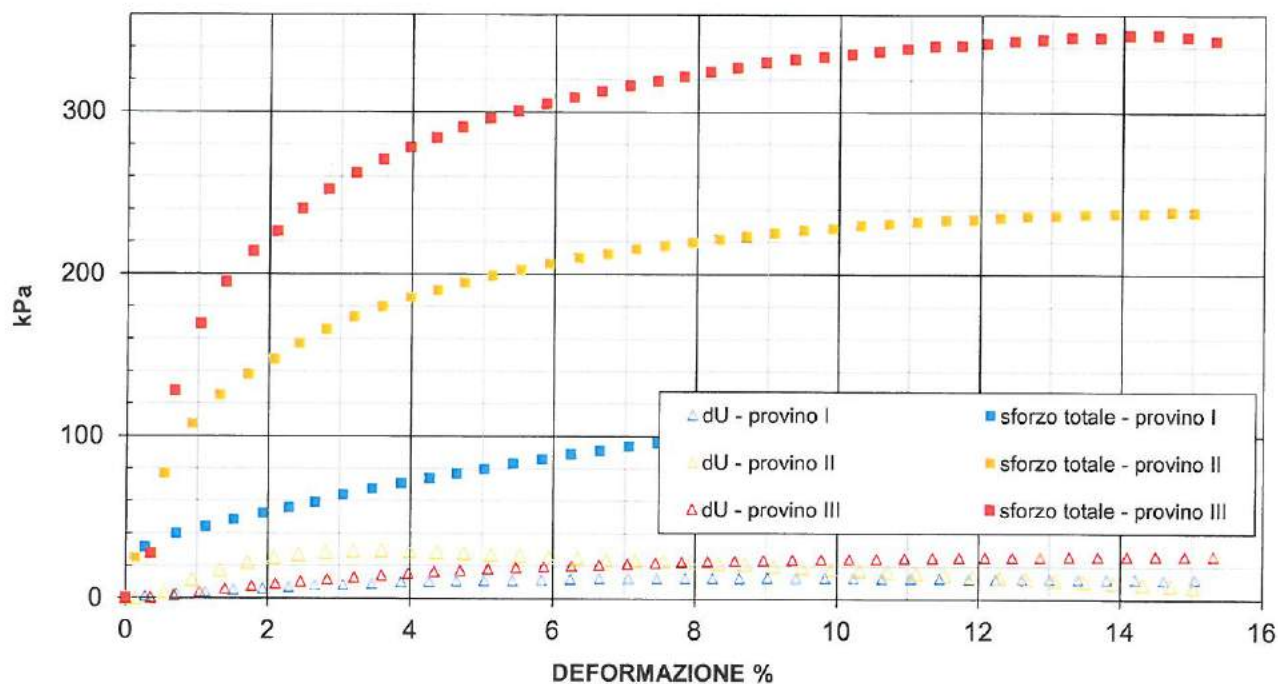
commessa:
032/18

id. campione:
S1C2

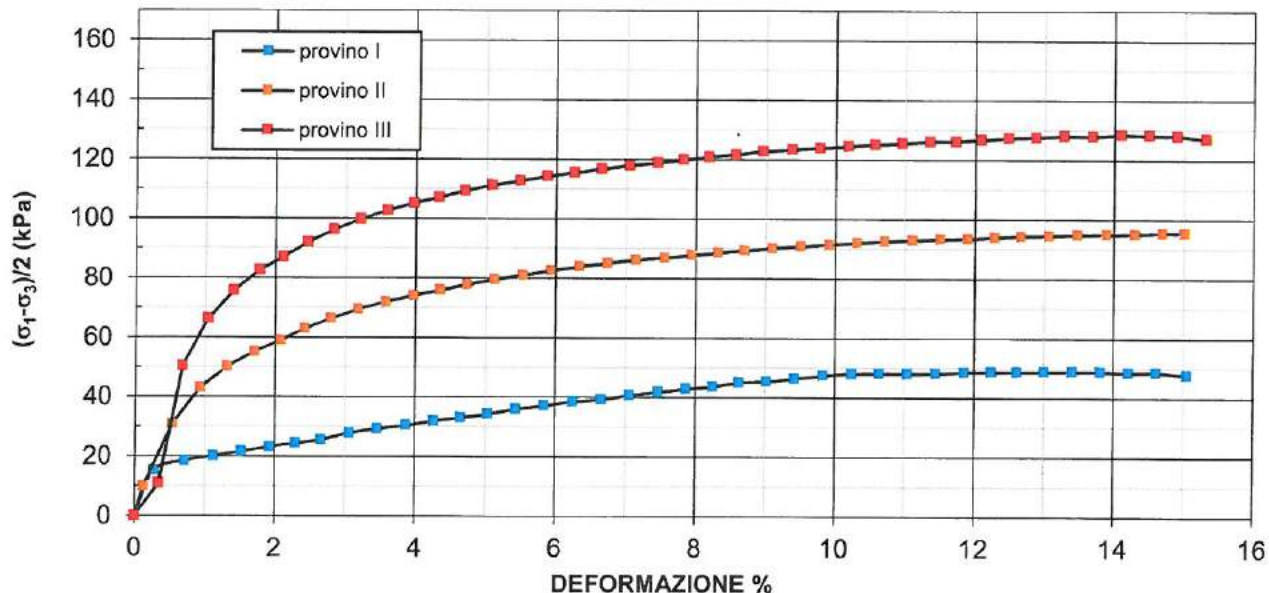
lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

CURVE DI ROTTURA - I



CURVE DI ROTTURA - II



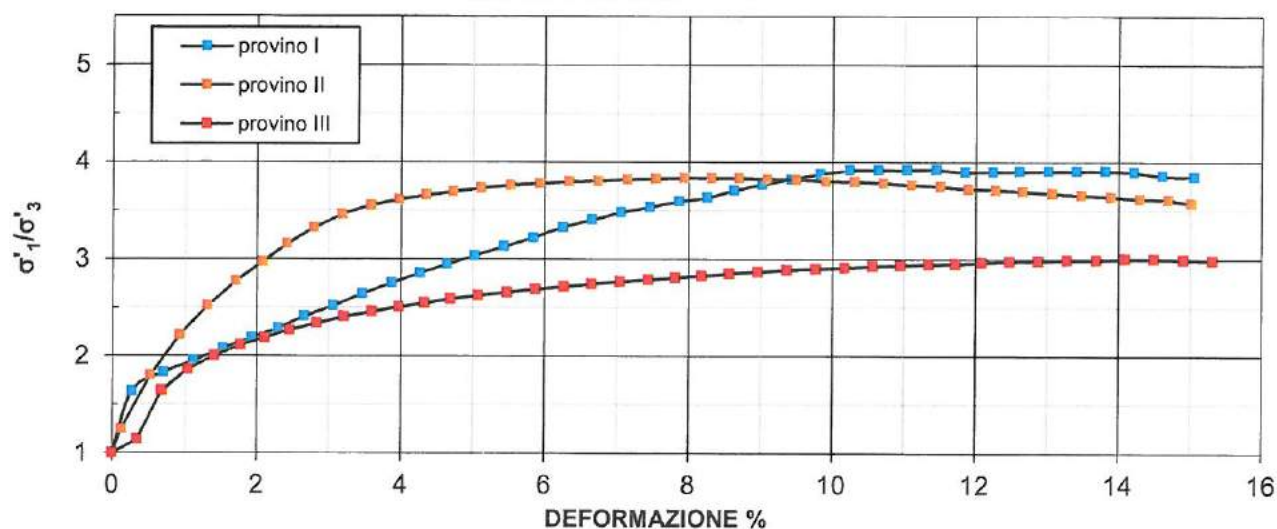
commessa:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

CURVA DI ROTTURA - III



commessa:
032/18

id. campione:
S1C2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

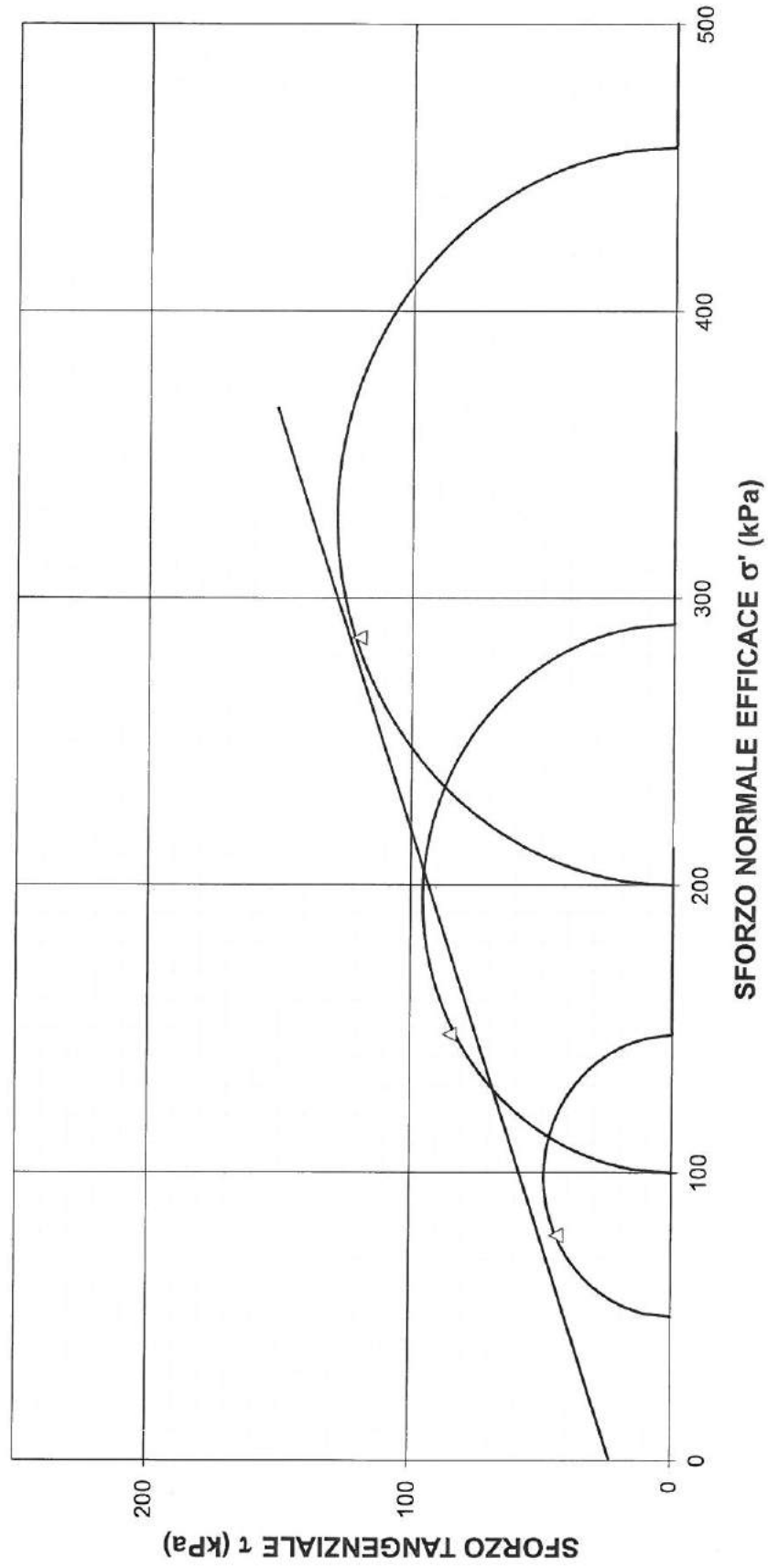
il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

commessa: 032/18

sondaggio: S1

campione: C2

INVILUPPO DI ROTTURA SECONDO MOHR-COULOMB



provino	1	2	3
X	78	148	286
Y	44,0	85,0	120,0

$c' \text{ (kPa)} = 23,3$
 $\phi' \text{ (radianti)} = 0,336$
 $\phi' \text{ (° sessadecimali)} = 19,28$

k 0,350



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1167/18 07/09/2018

pag. 1 di 2



COMMITTENTE: AIMAG SPA
LOCALITÀ:
CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA
ACCETTAZIONE: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C3
PROFONDITÀ (m): 23.00-23.60
DATA DI PRELIEVO:

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 08/08/2018

tipologia: indisturbato
contenitore: fustella metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: 2,5 Y 4/1 "Dark gray"

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 60
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale U.U.	<input type="checkbox"/>	Edometria	<input checked="" type="checkbox"/>
massa volumica naturale	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale C.I.U.	<input type="checkbox"/>	cont. sost. organiche	<input type="checkbox"/>
massa volumica dei grani	<input type="checkbox"/>	Triassiale C.D.	<input type="checkbox"/>	colonna risonante	<input type="checkbox"/>
limiti Atterberg	<input checked="" type="checkbox"/>	Compressione E.L.L.	<input type="checkbox"/>	tg. Tors. ciclico	<input type="checkbox"/>
Granulometria	<input checked="" type="checkbox"/>	Taglio Diretto	<input type="checkbox"/>	Tagl. Anulare	<input type="checkbox"/>
Sedimentazione	<input checked="" type="checkbox"/>	Taglio Residuo	<input type="checkbox"/>	Altro	<input type="checkbox"/>

Descrizione del campione: Campione coesivo omogeneo di argilla e limo, si presenta molto consistente, umido al tatto e plastico

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	lettura al penetrometro tascabile (kPa)	lettura allo scissometro tascabile (kPa)	note
10	150	550	Edometro
20	180	600	
30	210	600	
40	190	600	
50	160	50	

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

Sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



ALTO

BASSO

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

Sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1172/18 del 07/09/2018
pag. 1 di 1

COMMITTENTE: AIMAG SPA
LOCALITA':
CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C3
PROFONDITA' (m): 23.00-23.60
DATA DI PRELIEVO:

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 07/08/2018
Data di esecuzione prove: 08-09/08/2018



volume (cm ³)	peso umido (g)	test eseguito	posizione
39,25	75,01	provino 1	superiore
39,25	75,43	provino 2	centrale
39,25	75,65	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 1,92 Mg/m³
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1173/18 del 07/09/2018
pag. 1 di 1

COMMITTENTE: AIMAG SPA
LOCALITA':
CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C3
PROFONDITA' (m): 23.00-23.60
DATA DI PRELIEVO: -

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 07/08/2018
Data di esecuzione prove: 08-09/08/2018



<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>	<i>test eseguito</i>	<i>posizione</i>
284,75	215,57	provino 1	superiore
123,11	93,06	provino 2	centrale
107,04	80,69	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: W 32,35 %

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ:

CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

Data di accettazione: 07/08/2018

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C3

PROFONDITÀ (m): 23.00-23.60

DATA PRELIEVO: -

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 04-05/09/2018



limite di liquidità

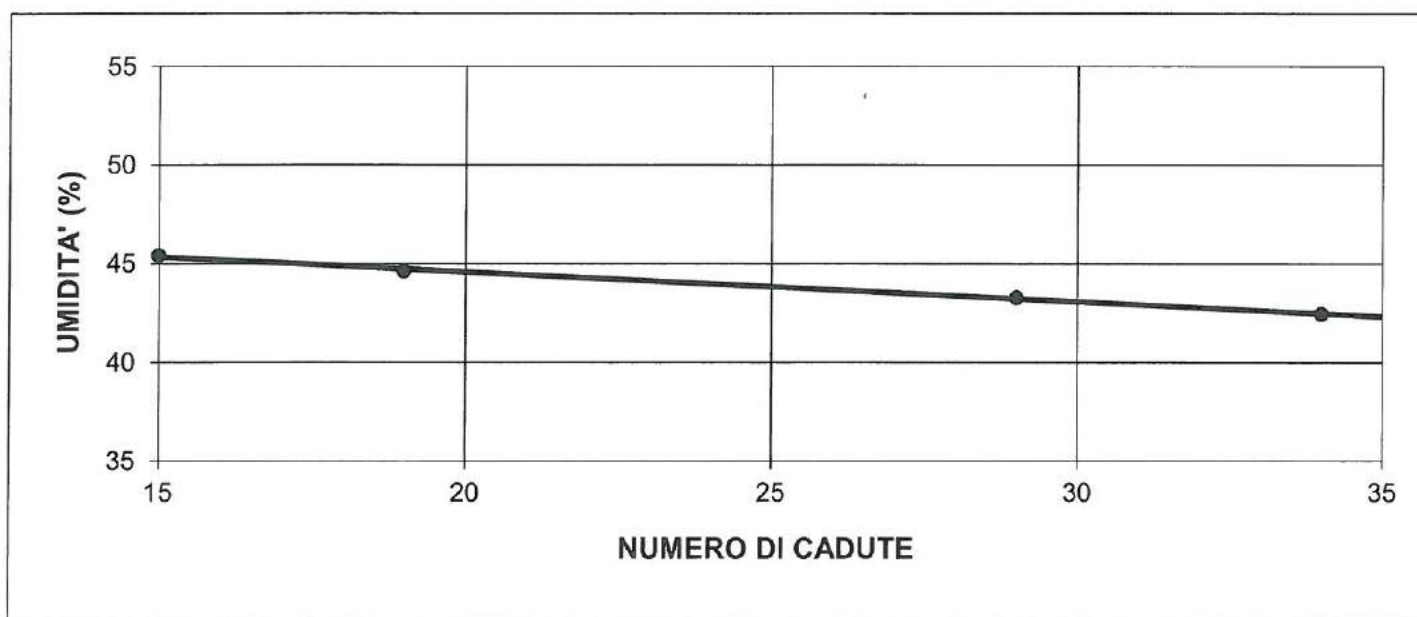
n° di cadute	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
15	15,88	10,92	45,42	1,04	0,84	23,81
19	14,49	10,02	44,61	1,09	0,88	23,86
29	15,26	10,65	43,29			
34	12,92	9,07	42,45			

limite di plasticità

limite di ritiro

volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	44 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	24 %
LIMITE DI RITIRO	Wr	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	20



Note: N.D.= non determinabile - N.P.= non plastico

commessa:
032/18

settore:
04

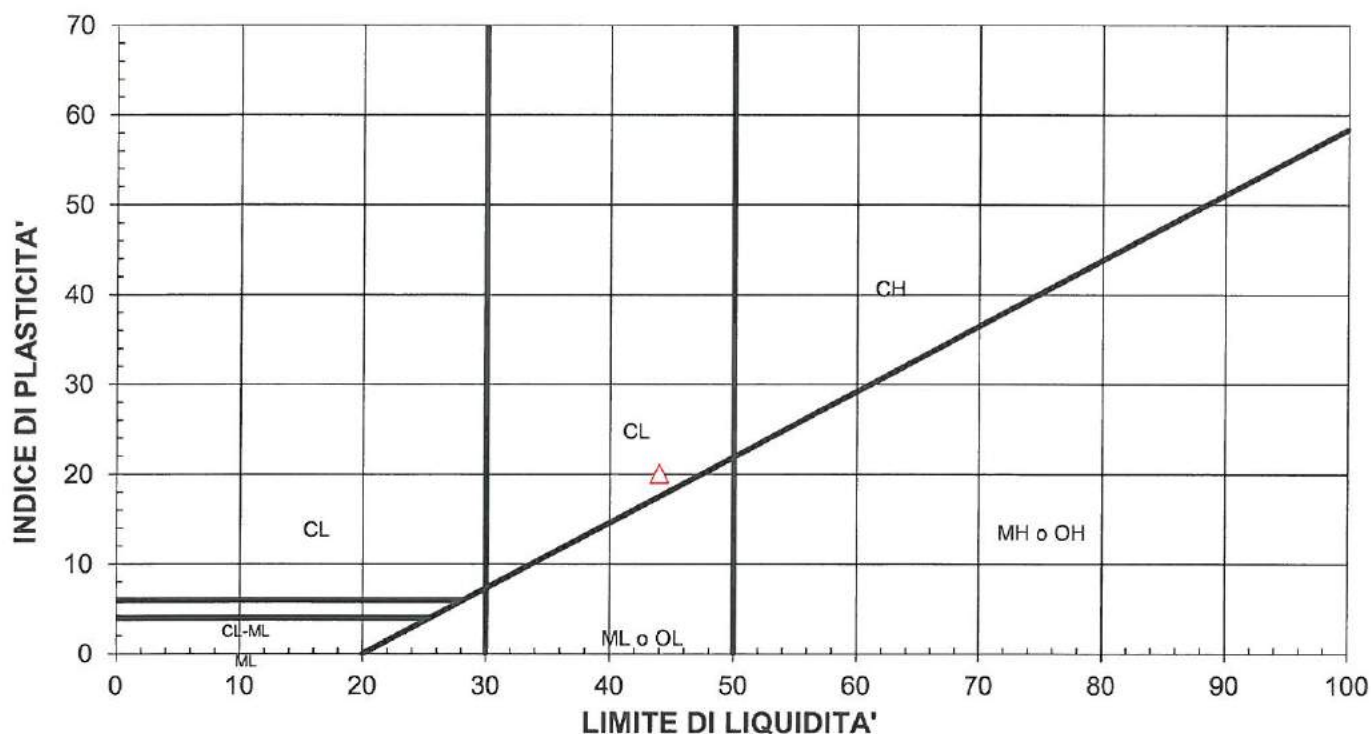
id. campione:
S1 C3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



CARTA DI PLASTICITA'



M = limi inorganici
 C = argille inorganiche
 O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
 H = alto limite di liquidità

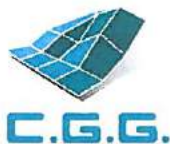
commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 1175/18 07/09/2018
pag. 1 di 3

COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ:

CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA

Data di accettazione: 07/08/2018



SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C3

PROFONDITÀ (m): 23.00-23.60

DATA PRELIEVO: -

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 04-05/09/2018

massa terreno setacciato (g): 306,70

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
38,1	0,00	306,70	100,00
25,4	0,00	306,70	100,00
19,05	0,00	306,70	100,00
12,7	0,00	306,70	100,00
9,5	0,00	306,70	100,00
4,75	0,00	306,70	100,00
2	1,39	305,31	99,55
1	2,08	304,62	99,32
0,425	2,83	303,87	99,08
0,25	3,27	303,43	98,93
0,125	3,95	302,75	98,71
0,075	4,32	302,38	98,59

commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 04-05/09/2018
 temperatura di prova (°C): 22,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
 massa terreno alla sedimentazione (g): 42,07

tempo (s)	Ø equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,066	23,5	98,56
60	0,047	23	96,00
120	0,033	23	96,00
300	0,021	22	90,87
600	0,015	21,5	88,30
1200	0,011	20	80,61
2400	0,008	17	65,22
4800	0,005	15	54,96
14400	0,003	12	39,57
86400	0,001	10	29,31



*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_t = 1,2$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,0
% sabbia	1,4
% limo	46,4
% argilla	52,2

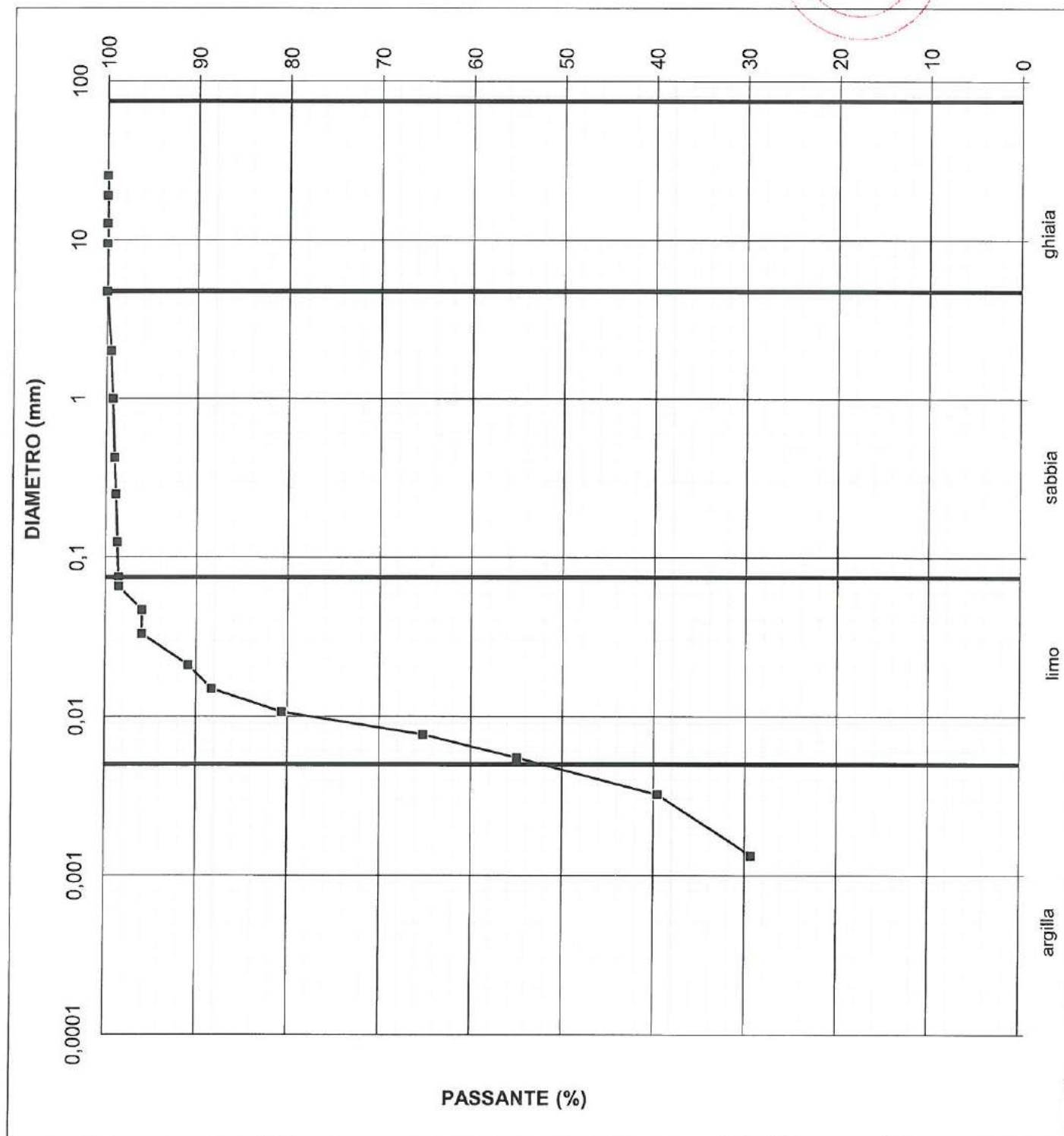
commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



commessa:
032/18

settore:
04

id. campione:
S1 C3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: AIMAG SPA
 CANTIERE: MEDOLLA VIA CAMPANIA
 LOCALITÀ:

SONDAGGIO: S1
 CAMPIONE: C3
 PROFONDITÀ: 23.00-23.60

Data ricevimento campione: 07/08/2018

Data esecuzione prove: 20/08-06/09/18

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	19,87	cm ²	indice dei vuoti iniziale	1,232	
altezza iniziale	20,00	mm	altezza ridotta	8,961	mm
massa iniziale	75,01	g	altezza finale	17,62	mm
umidità iniziale	32,09	%	umidità finale	31,22	%
peso specifico dei granuli*	2,68	Mg/m ³	massa secca finale	47,72	g

* valore utilizzato sulla base delle indicazioni bibliografiche in assenza della specifica prova

DATI DI PROVA

data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	m _v (kPa ⁻¹)	E _{ed} (kPa)
20/08/2018	5	20,000	0,000	1,232	0,000		
21/08/2018	12	19,980	0,020	1,230	0,100	1,408E-04	7,100E+03
22/08/2018	25	19,940	0,060	1,225	0,300	1,639E-04	6,100E+03
23/08/2018	49	19,875	0,125	1,218	0,625	1,327E-04	7,538E+03
24/08/2018	98	19,720	0,280	1,201	1,400	1,582E-04	6,323E+03
25/08/2018	196	19,400	0,600	1,165	3,000	1,633E-04	6,125E+03
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	c _s (kPa ⁻¹)	SR (kPa ⁻¹)
26/08/2018	98	19,489	0,511	1,175	2,555	3,299E-02	1,478
27/08/2018	49	19,611	0,389	1,188	1,945	4,523E-02	2,026
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	m _v (kPa ⁻¹)	E _{ed} (kPa)
28/08/2018	98	19,510	0,490	1,177	2,450	1,031E-04	9,703E+03
29/08/2018	196	19,293	0,707	1,153	3,535	1,107E-04	9,032E+03
30/08/2018	392	18,727	1,273	1,090	6,365	1,444E-04	6,926E+03
31/08/2018	784	17,799	2,201	0,986	11,005	1,184E-04	8,448E+03
01/09/2018	1569	16,620	3,380	0,855	16,900	7,510E-05	1,332E+04
02/09/2018	3138	15,579	4,421	0,738	22,105	3,317E-05	3,014E+04
data inizio	carico (kPa)	altezza (mm)	dH (mm)	indice vuoti	dH/H ₀ (%)	c _s (kPa ⁻¹)	SR (kPa ⁻¹)
03/09/2018	784	16,305	3,695	0,820	18,475	1,345E-01	6,027
04/09/2018	196	16,960	3,040	0,893	15,200	1,214E-01	5,440
05/09/2018	49	17,623	2,377	0,967	11,885	1,229E-01	5,506

Commessa: -
 Verbale di accettazione: 032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino IX (98-196 kPa)		gradino X (196-392 kPa)	
tempo (s)	dH (mm)	tempo (s)	dH (mm)
0	0,490	0	0,707
6	0,526	6	0,756
15	0,536	15	0,781
30	0,548	30	0,807
60	0,563	60	0,849
120	0,585	120	0,897
240	0,611	240	0,960
480	0,632	480	1,030
900	0,648	900	1,079
1800	0,660	1800	1,137
3600	0,671	3600	1,178
7200	0,681	7200	1,213
14400	0,689	14400	1,239
28800	0,699	28800	1,256
86400	0,707	86400	1,273

gradino XI (392-785 kPa)	
tempo (s)	dH (mm)
0	1,273
6	1,363
15	1,393
30	1,426
60	1,471
120	1,545
240	1,650
480	1,776
900	1,888
1800	1,976
3600	2,033
7200	2,095
14400	2,138
28800	2,178
86400	2,201

Commessa:

-

Verbale di accettazione:

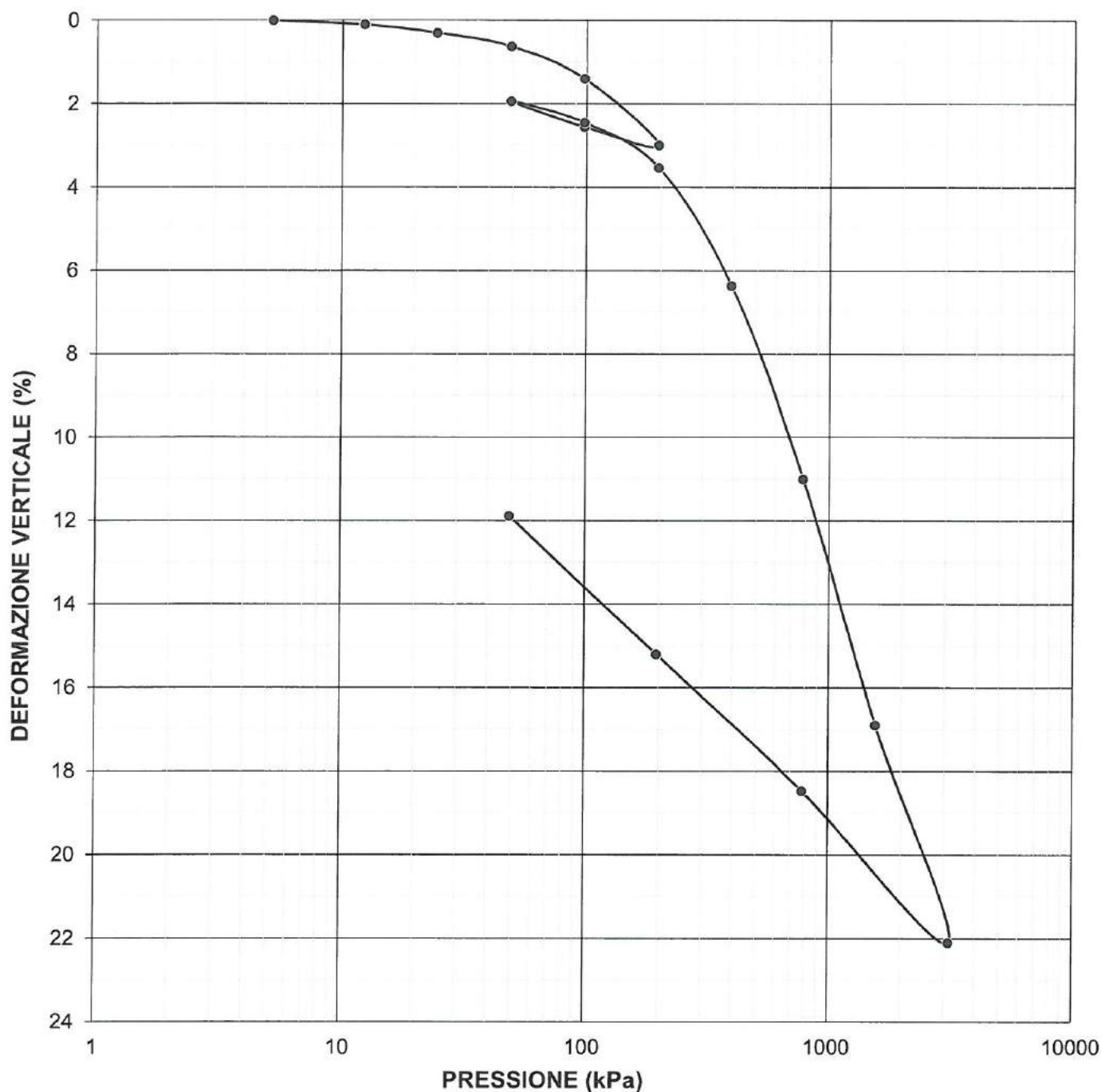
032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

032/18

Lo sperimentatore:

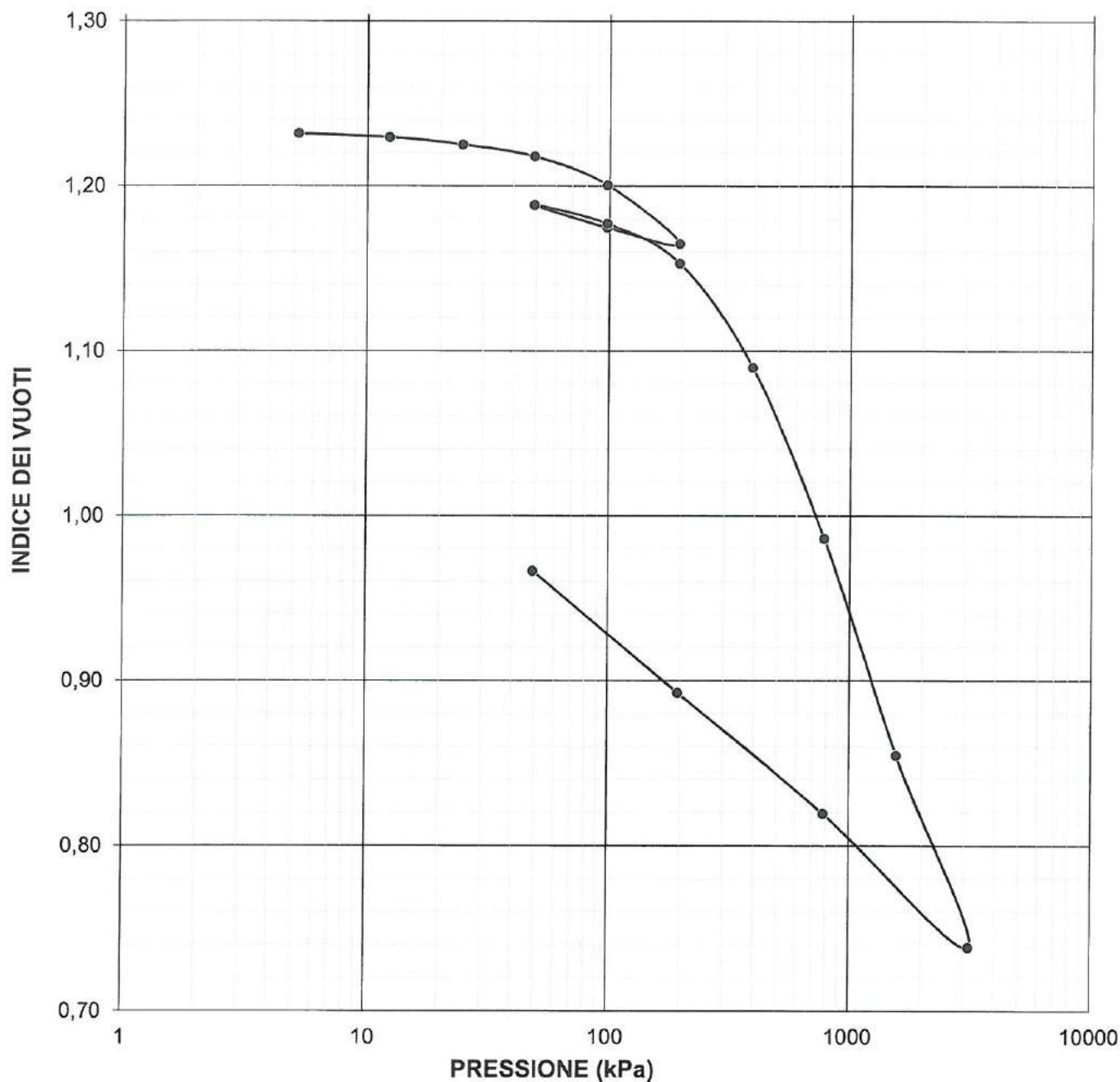
Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Massimiliano Galli



VARIAZIONE DELL'INDICE DEI VUOTI - II



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

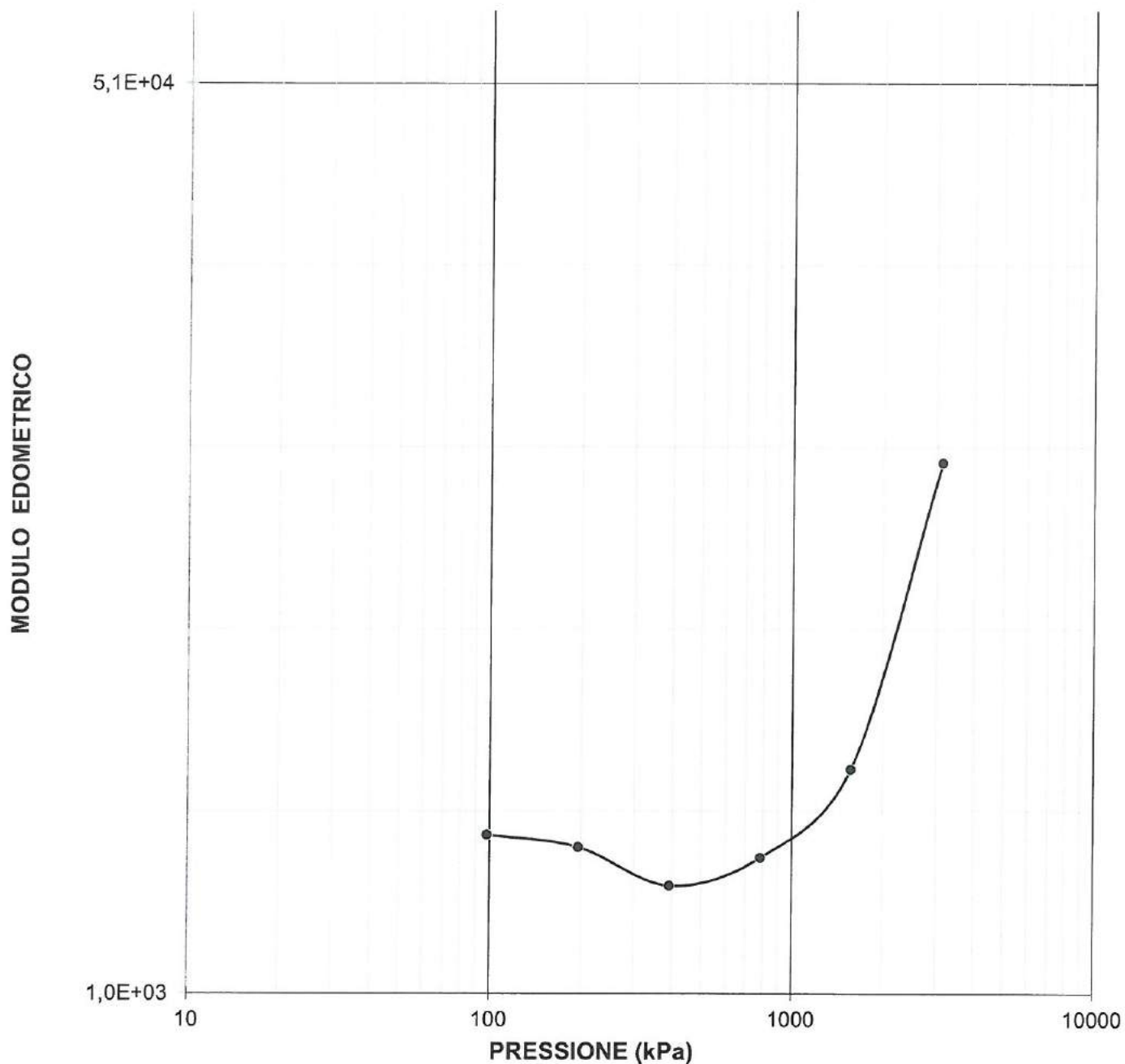
032/18

Lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



VARIAZIONE DEL MODULO EDOMETRICO III



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

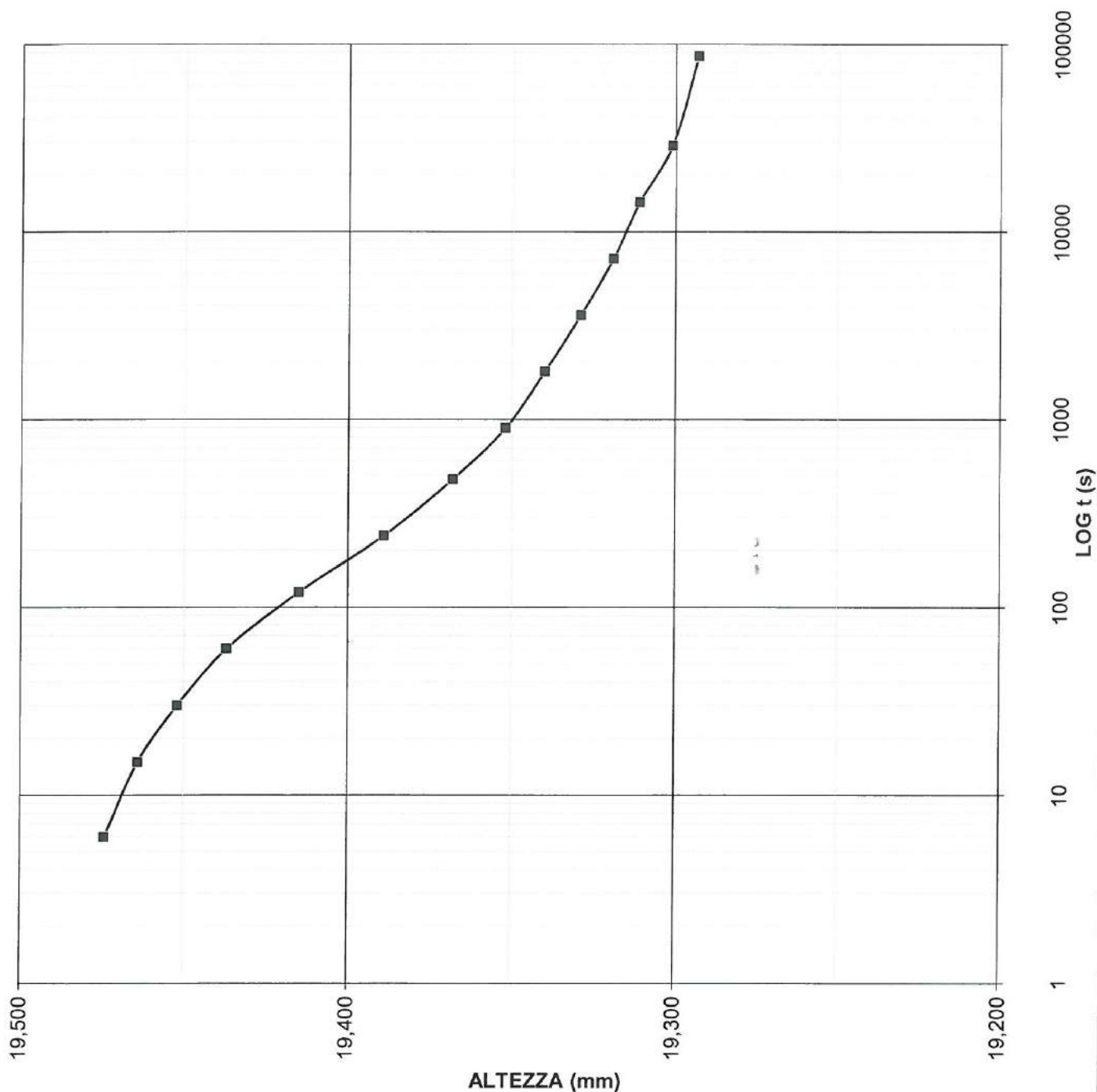
032/18

lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino V (98-196 kPa)



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

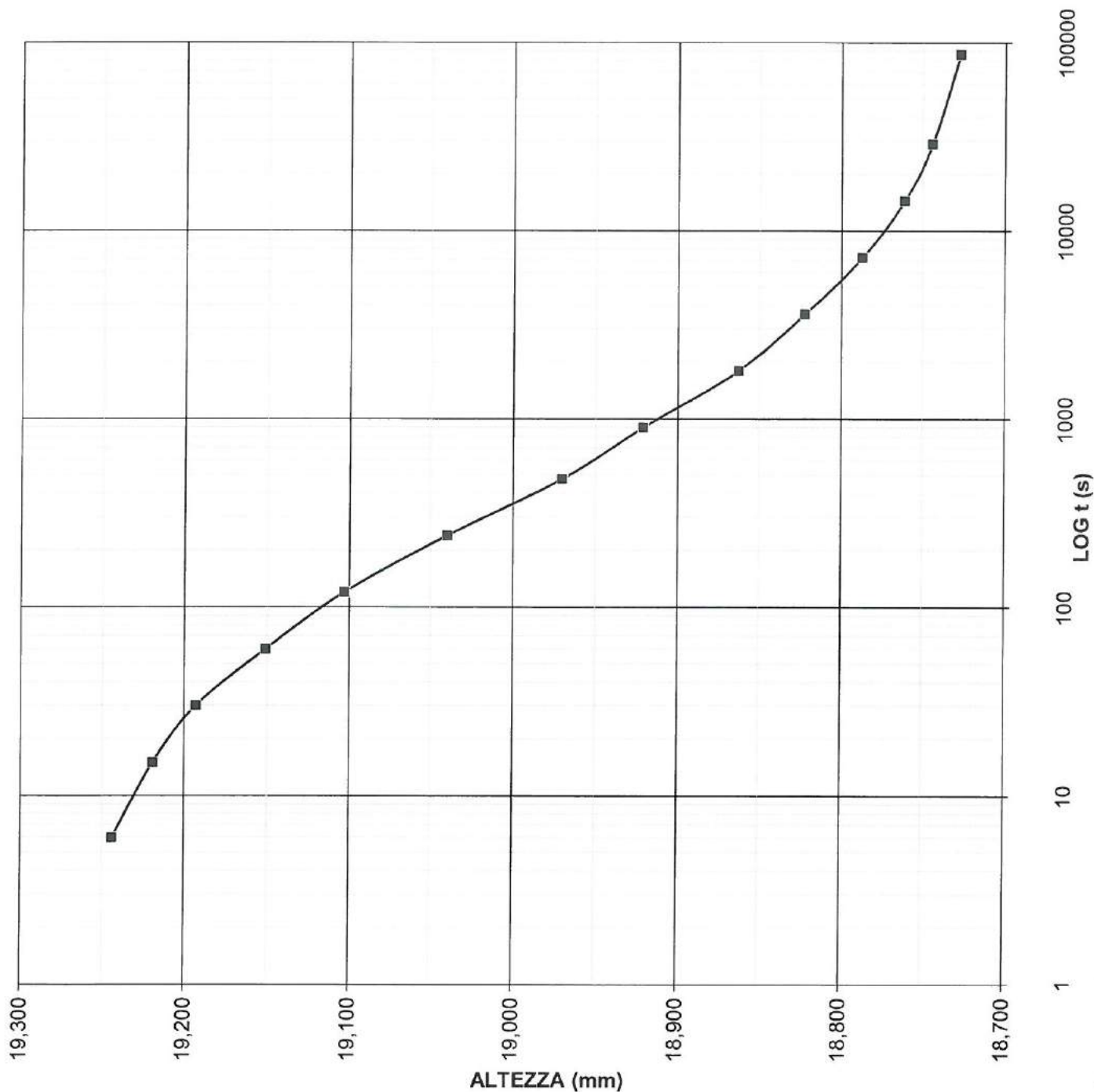
032/18

Lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VI (196-392) kPa



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

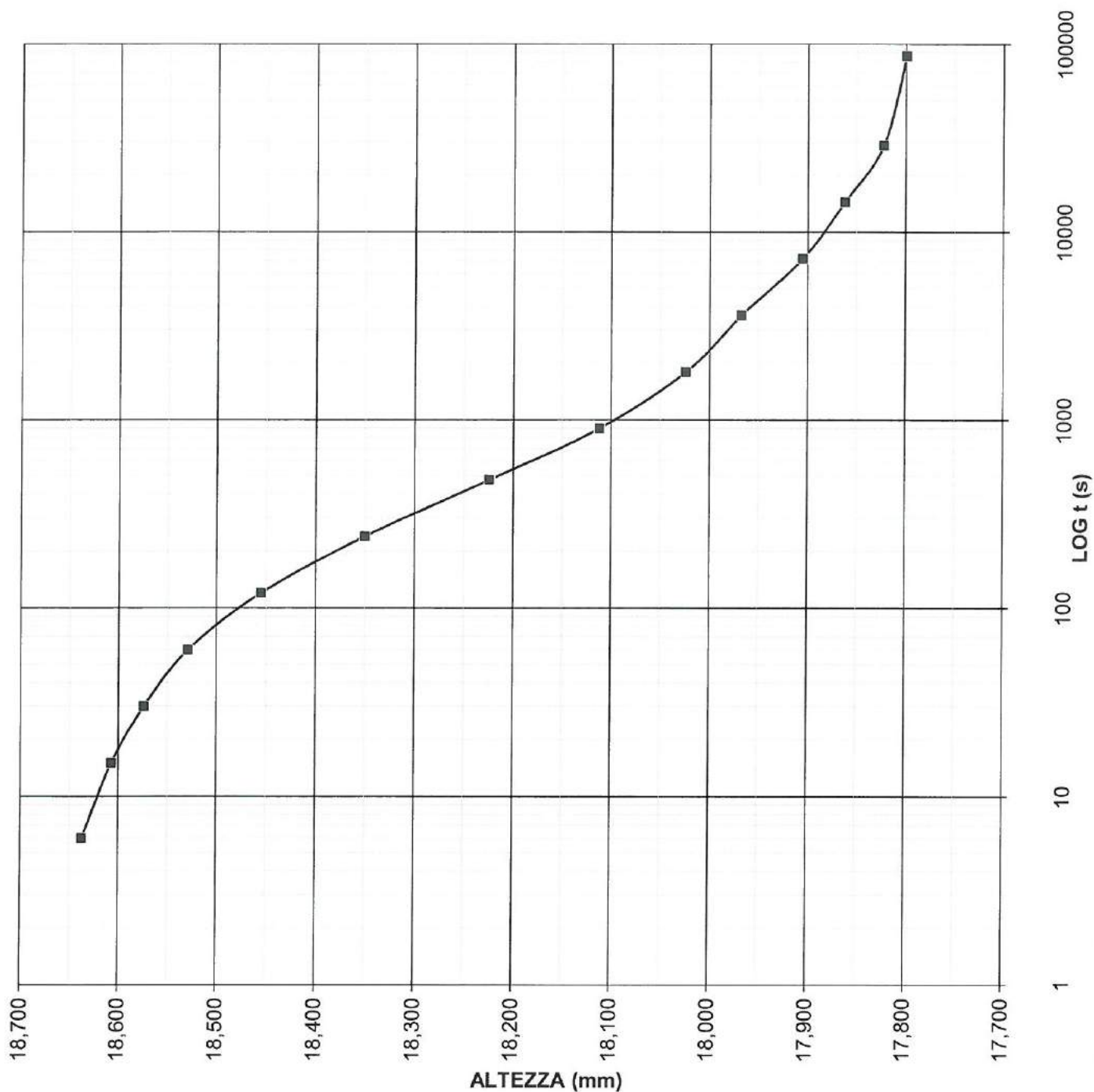
032/18

Lo sperimentatore:
 Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:
 Dott. Massimiliano Galli



ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (392-784) kPa



Commessa:

-

Verbale di accettazione:

032/18

Io sperimentatore:

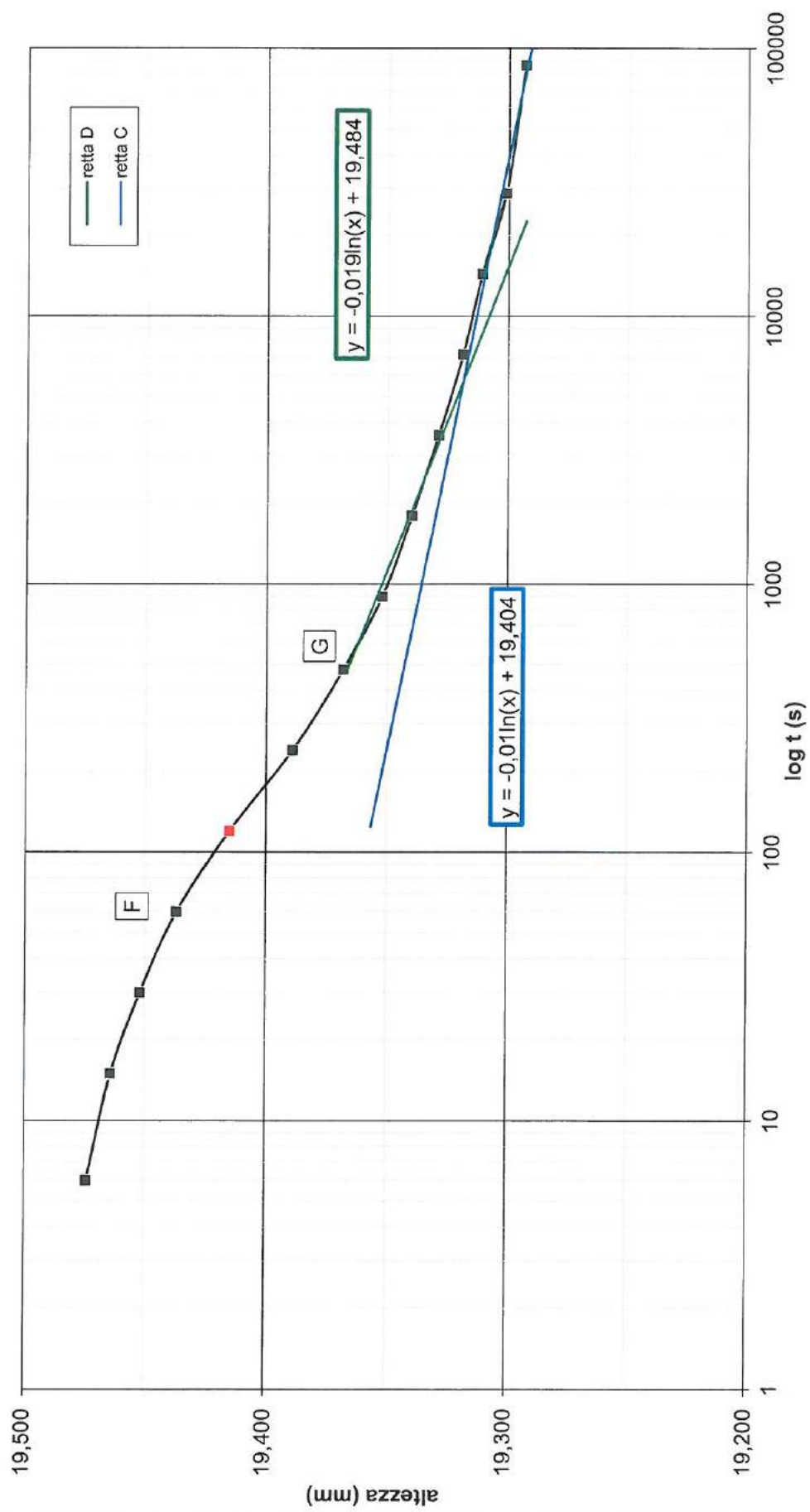
Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:

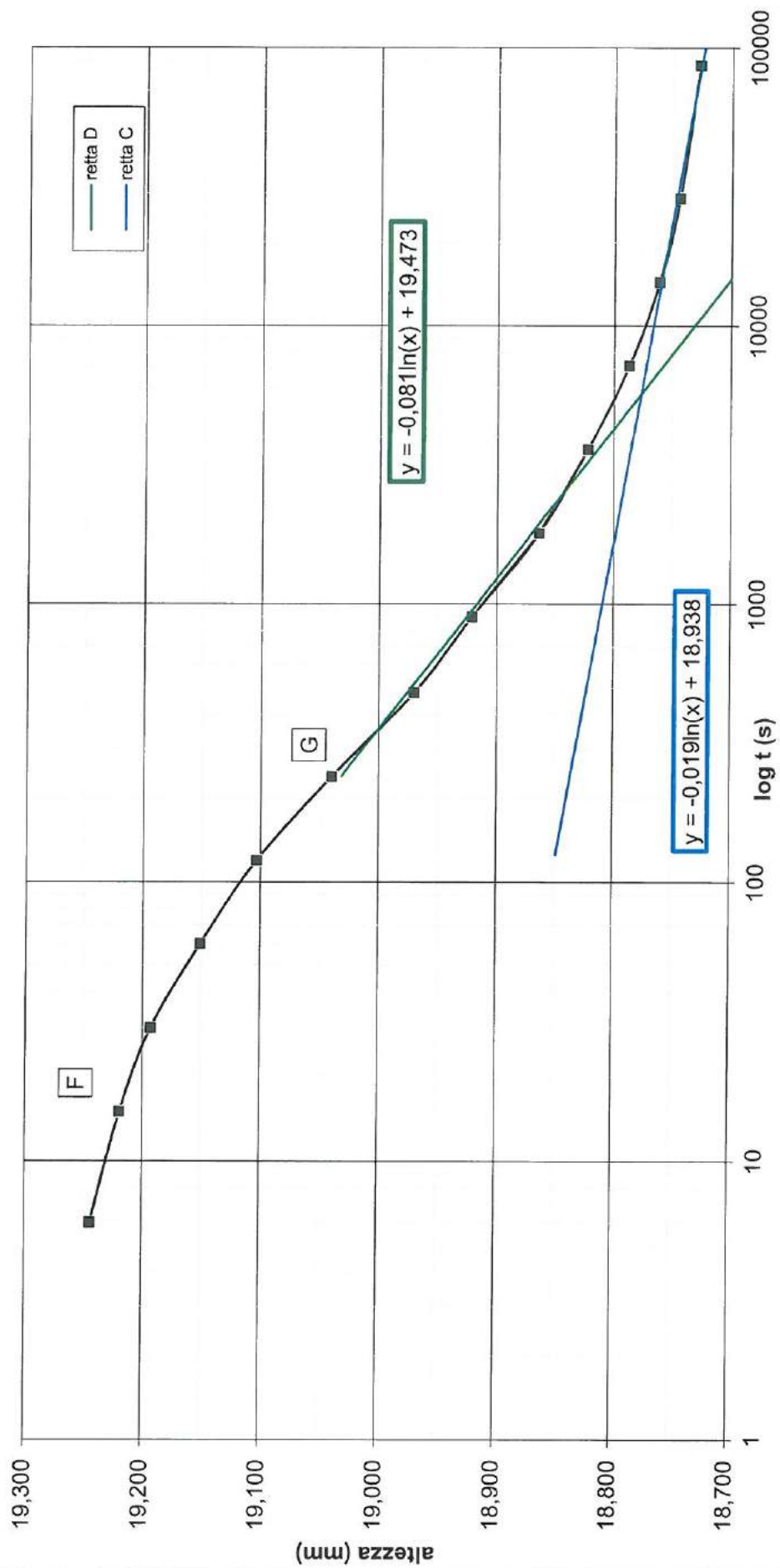
Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 1178/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino IX (98-196 kpa)

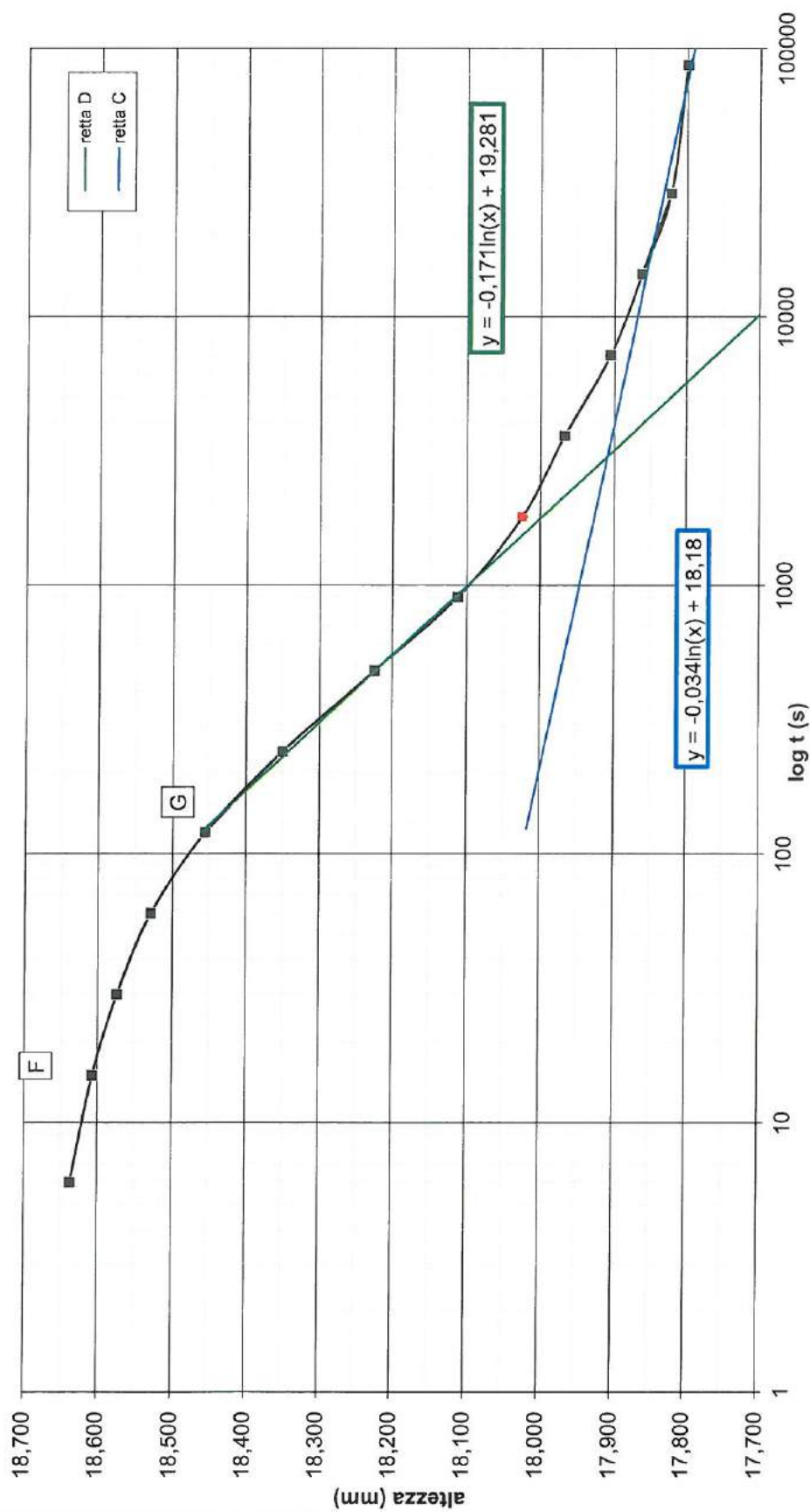


ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino X (196-392 kpa)



certificato di prova n° 1178/18

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino XI (392-784 kpa)



COMMITTENTE: AIMAG SPA

LOCALITÀ: -

CANTIERE:

MEDOLLA VIA CAMPANIA

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C3

cedimento a inizio di prova	0,490	mm	gradino IX (98-196 kPa)
altezza iniziale	$h_0 = 1,951$	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} = 1,932$	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} = 1,941$	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} = 43$	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} = 5745$	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v = 4,35E-03$	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v = 1,11E-04$	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v = 4,81E-08$	cm/s	

cedimento a inizio di prova	0,707	mm	gradino X (196-392 kPa)
altezza iniziale	$h_0 = 1,933$	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} = 1,876$	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} = 1,905$	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} = 319$	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} = 10760$	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v = 5,61E-04$	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v = 1,44E-04$	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v = 8,10E-09$	cm/s	

cedimento a inizio di prova	1,273	mm	gradino XI (392-785 kPa)
altezza iniziale	$h_0 = 1,876$	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	$h_{100} = 1,791$	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	$h_{50} = 1,833$	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	$t_{50} = 251$	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	$t_{100} = 3007$	s	
coefficiente di consolidazione	$C_v = 6,58E-04$	cm ² /s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	$m_v = 1,18E-04$	kPa ⁻¹	
coefficiente di permeabilità verticale	$K_v = 7,79E-09$	cm/s	

PROVA DISSIPAZIONE PRESSIONI INTERSTIZIALE

ALL. N.10



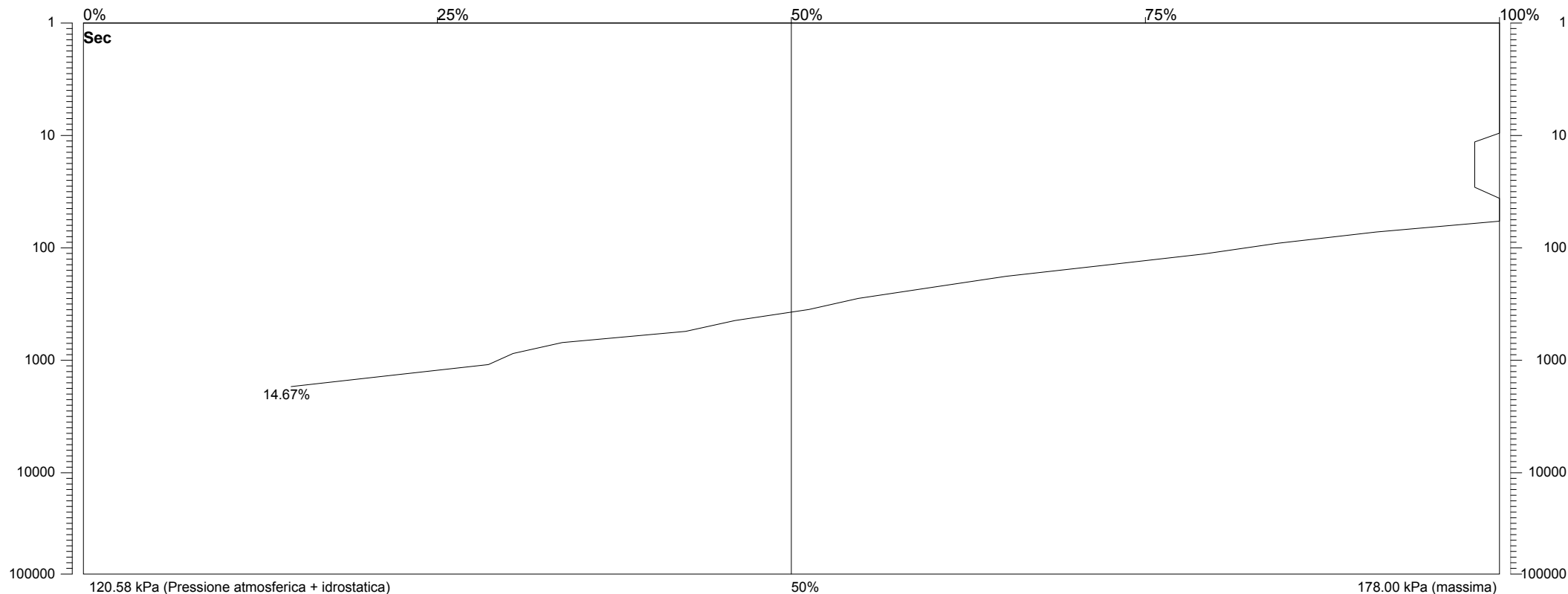
GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: AIMAG SPA
Cantiere: DISCARICA DI MEDOLLA
Data: 25/08/2018

C.P.T.U. n°: 1
Quota: 3.00
Metodo:

Falda: -1.10

Dissipazione n° 1



Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p
00:00:01 178.00	00:01:03 178.00			
00:00:01 178.00	00:01:19 173.00			
00:00:02 178.00	00:01:40 169.00			
00:00:03 178.00	00:02:05 166.00			
00:00:03 178.00	00:02:38 162.00			
00:00:05 178.00	00:03:19 158.00			
00:00:06 178.00	00:04:11 155.00			
00:00:07 178.00	00:05:16 152.00			
00:00:10 178.00	00:06:38 150.00			
00:00:12 177.00	00:08:21 147.00			
00:00:15 177.00	00:10:30 145.00			
00:00:19 177.00	00:13:14 140.00			
00:00:25 177.00	00:16:39 138.00			
00:00:31 177.00	00:20:58 137.00			
00:00:39 178.00	00:26:24 133.00			
00:00:50 178.00	00:33:15 129.00			

DATI SULLA DISSIPAZIONE	
Quota dissipazione:	-3.00 m
Quota falda:	-1.10 m
Colonna d'acqua:	1.90 m
Pressione atmosferica:	101.33 kPa
Pressione colonna acqua:	19.25 kPa (10.13 kPa x 1.00m)
Pressione massima dissipazione:	178.00 kPa
Pressione finale dissipazione:	129.00 kPa
Residuo sovrappressione:	14.67 %
CALCOLI PERMEABILITA'	
Resistenza di punta alla quota:	1.30 MPa
Permeabilità orizzontale:	$k_w = mv \cdot yw \cdot ch = 2.55E-07$ [cm/sec]
mv = Coefficiente compressibilità volume	[kg/cm²]
yw = Peso specifico acqua 0,001	[kg/cm³]
ch = Coefficiente consolidazione orizzontale volume:	[cm²/sec]



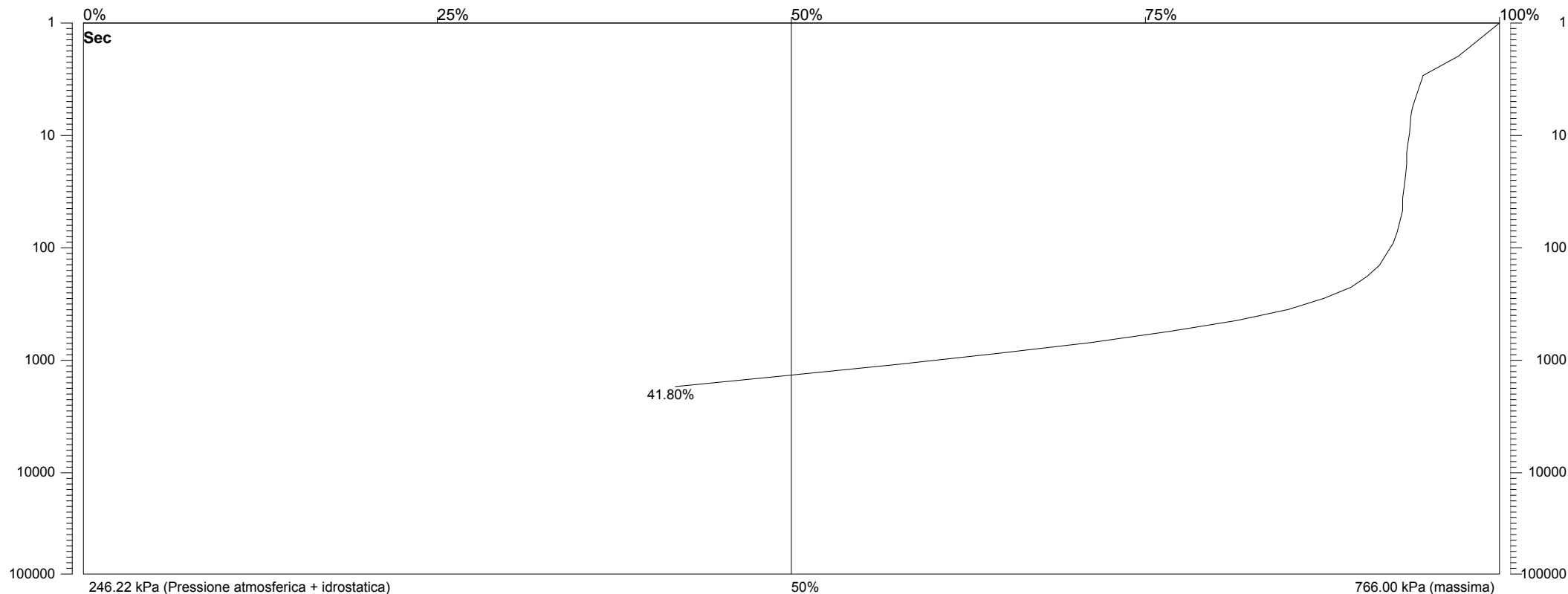
GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: AIMAG SPA
Cantiere: DISCARICA DI MEDOLLA
Data: 25/08/2018 16:02:56

C.P.T.U. n°: 1
Quota: 15.40
Metodo:

Falda: -1.10

Dissipazione n° 2



Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p
00:00:01 766.00	00:00:50 730.50	00:33:15 463.50		
00:00:01 766.00	00:01:03 729.50			
00:00:01 766.00	00:01:19 728.50			
00:00:02 751.00	00:01:40 727.00			
00:00:03 738.00	00:02:05 724.50			
00:00:03 738.00	00:02:38 722.00			
00:00:05 735.00	00:03:19 717.50			
00:00:06 734.00	00:04:11 711.50			
00:00:07 733.50	00:05:16 701.50			
00:00:10 733.00	00:06:38 688.50			
00:00:12 732.50	00:08:21 669.50			
00:00:15 732.00	00:10:30 645.00			
00:00:19 732.00	00:13:14 616.00			
00:00:25 731.50	00:16:40 581.50			
00:00:31 731.00	00:20:58 544.50			
00:00:39 730.50	00:26:24 504.50			

DATI SULLA DISSIPAZIONE	
Quota dissipazione:	-15.40 m
Quota falda:	-1.10 m
Colonna d'acqua:	14.30 m
Pressione atmosferica:	101.33 kPa
Pressione colonna acqua:	144.89 kPa (10.13 kPa x 1.00m)
Pressione massima dissipazione:	766.00 kPa
Pressione finale dissipazione:	463.50 kPa
Residuo sovrappressione:	41.80 %
CALCOLI PERMEABILITA'	
Resistenza di punta alla quota: 1.40 MPa	
Permeabilità orizzontale:	$k_w = mv \cdot yw \cdot ch = 7.49E-08$ [cm/sec]
mv = Coefficiente compressibilità volume	[kg/cm ²]
yw = Peso specifico acqua 0,001	[kg/cm ³]
ch = Coefficiente consolidazione orizzontale volume:	[cm ² /sec]

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO

Via Camogli 59 - 41125 Modena

Tel 347/4128277 - Fax 059/394816

e-mail delmaschio.l@alice.it

PEC delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it

ALL. N.11

COMUNE DI MEDOLLA
PROVINCIA DI MODENA

OGGETTO:

**RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA
PER IL RIPRISTINO MORFOLOGICO CON AUMENTO DI VOLUMETRIE
PARTE CENTRALE DISCARICA DI MEDOLLA DI VIA CAMPANA**

LOCALITÀ:

Medolla - via Campana

COMMITTENTE

AIMAG Spa

SETTEMBRE 2018



ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
Dott.
LORENZO
DEL MASCHIO
Geologo
A.P. n.1725

INDICE GENERALE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	1
a. Riferimenti cartografici	1
b. Copertura aerofotogrammetrica	1
c. Riferimenti catastali	1
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	3
a. Sismicità delle aree di interesse	3
b. Sismicità storica delle aree di intervento	4
c. Individuazione della pericolosità sismica del sito	8
4. INDAGINI REALIZZATE	13
5. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	14
a. Indagini geofisiche	14
a1. I dati ottenuti	14
a2. Interpretazione delle indagini	14

1. PREMESSA

Su incarico della Geoprogetti. Srl, con sede in Via Genova 1/8 - 41036 Medolla (MO), è stato redatto lo studio sismico per il ripristino morfologico con aumento di volumetrie della parte centrale della discarica di via campana in comune di Medolla. L'indagine è stata effettuata mediante indagini sismiche.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di intervento è ubicata in Medolla, via Campana

I principali riferimenti sono:

a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)

C.T.R.: Tavola 184 SO (1:25.000);

Sezione 184130 (1:10.000);

Elemento 184132 (1:5000).

b. Copertura aereofotogrammetrica

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

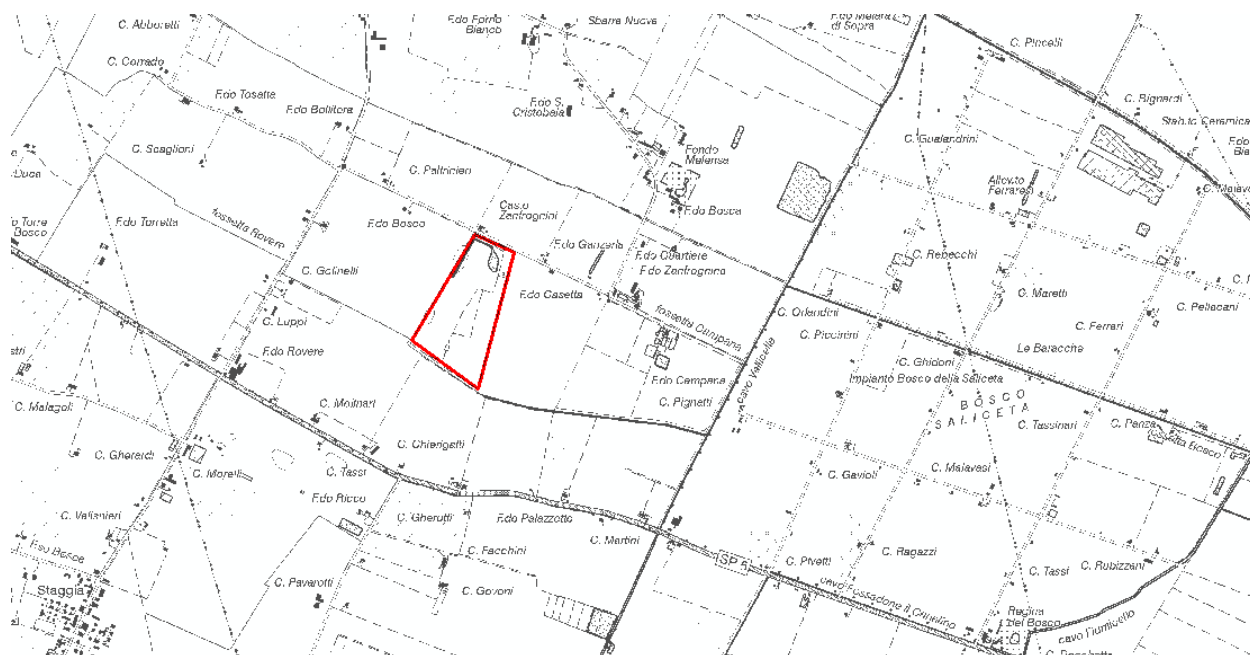


Figura 2.1: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:25.000.

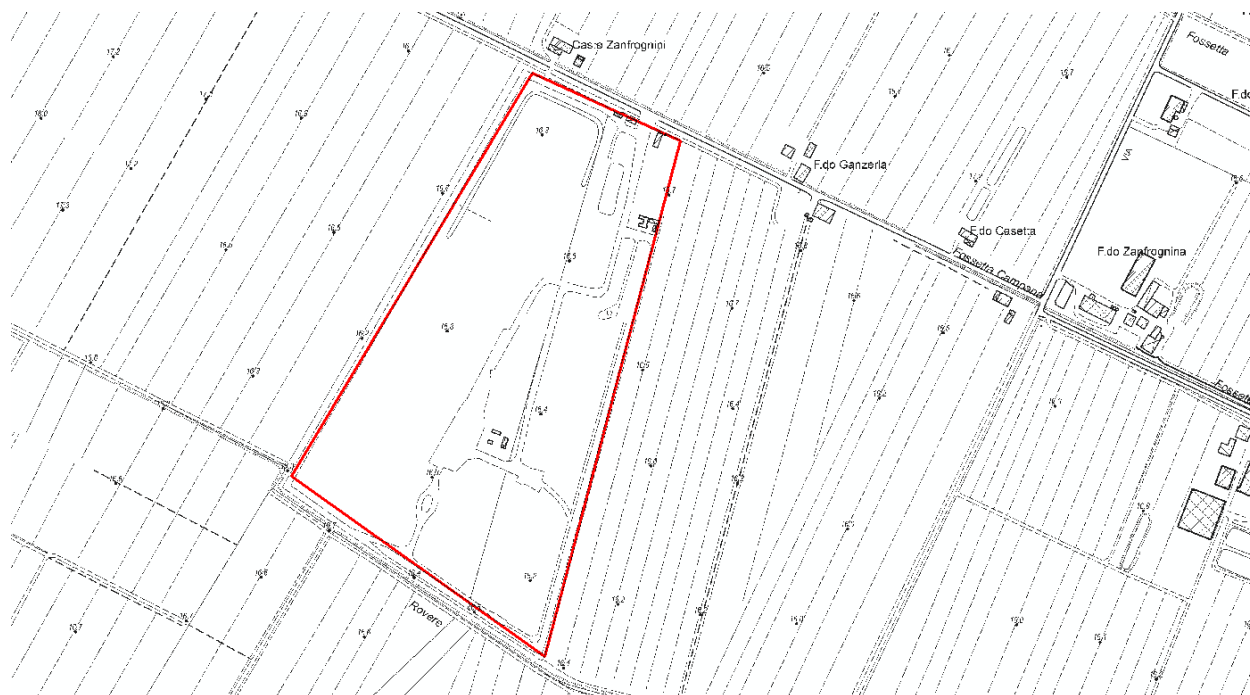


Figura 2.2: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:5.000.

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 17 gennaio 2018 recante “norme tecniche per le costruzioni”, entrata in vigore a partire dal 22 marzo 2018.

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (a_g).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone” all'allegato 1.A” sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 3.1):

Tabella 3.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) – OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) – OPCM 3472
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 \text{ g}$	0.35 g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 \text{ g}$	0.25 g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 \text{ g}$	0.15 g
4	$\leq 0.05 \text{ g}$	0.05 g

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 3.2).

Tabella 3.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Medolla	n.c.	3	0.15 g

b. Sismicità storica delle aree di intervento

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. In particolare sono evidenti gli alti di Mirandola - San Possidonio e Finale Emilia (tra Reggio Emilia e Ferrara), di San Bartolomeo in Bosco (a sud di Ferrara) e di Bondeno-Casaglia-Occhiobello (a nord-ovest di Ferrara), dove la base del SERS è a una profondità inferiore a 100 m s.l.m. Queste zone di alto ricadono tutte sul culmine della dorsale ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo - pleistocenica di questa struttura.

Lo studio in dettaglio delle strutture sepolte della Pianura Padana è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma; risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità prossima compresa tra 50 e 100 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva HVRS risulta che fino alla profondità di circa 100-120 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino 500 m/s. La profondità di circa 120-150 m da p.c. può essere considerata come la quota del bedrock sismico.

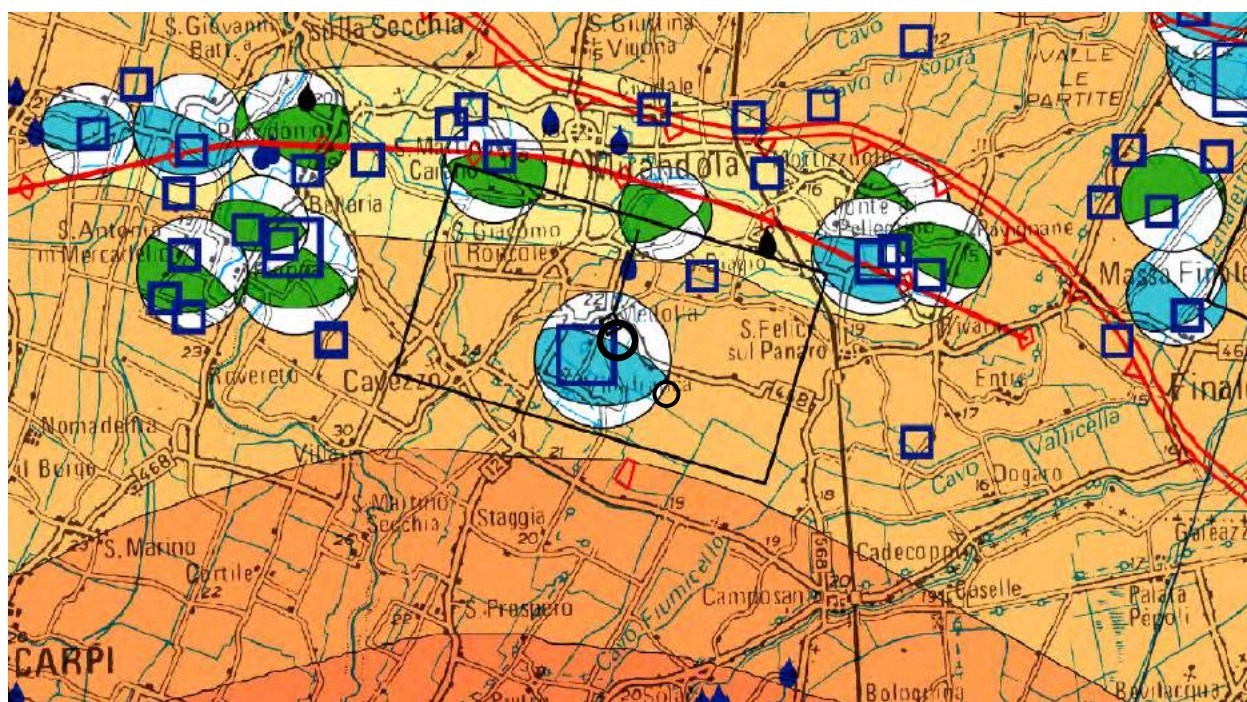


Figura 3.1: Carta Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna (2016).

Tali dati vengono validati anche dal rapporto presentato nel 31° convegno nazionale GNGTS tenutosi a Potenza dal 20-22 novembre 2012.

In particolare si riportano i risultati ottenuti dall'Università di Siena "PRIME INDAGINI DI SISMICA PASSIVA NELLE AREE EMILIANE INTERESSATE DALLA SEQUENZA SISMICA DEL MAGGIO-GIUGNO 2012" del Prof. Albarello.

In particolar modo si riportano i risultati delle analisi congiunta HVSR e onde di dispersione Rayleigh che sono serviti ad individuare l'interfaccia risonante.

Campagna di Misura

Mirandola	M6	0,9	3,5			B1		3
	M7	0,9	4,6			B1	A7	3
	S6	1	4,7			B1	A7	3
	S7	1	6,1			B1	A7	3
Finale Emilia	R9	0,8	2,9	0,3	2,5 *	B1		1
	R10	0,7	3,3	0,3	3,2 *	B1		1
	R11	0,8	2,7	0,4	2,1 *	B1		1
	R12	0,8	2,5 *	0,3	2,4	B1		1
	R13	0,7	4	0,3	2,5	B1		1
	R14	0,9	3,9	0,3	3	B1		1
	R15	0,7	3,6	0,2	2,5 *	B1		1

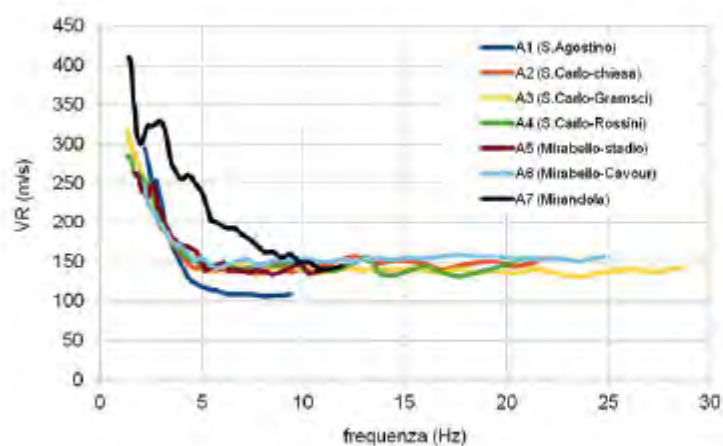


Fig. 1 - Curve di dispersione effettive delle onde di Rayleigh ottenute dalle sette antenne sismiche realizzate nelle località indicate nella legenda.

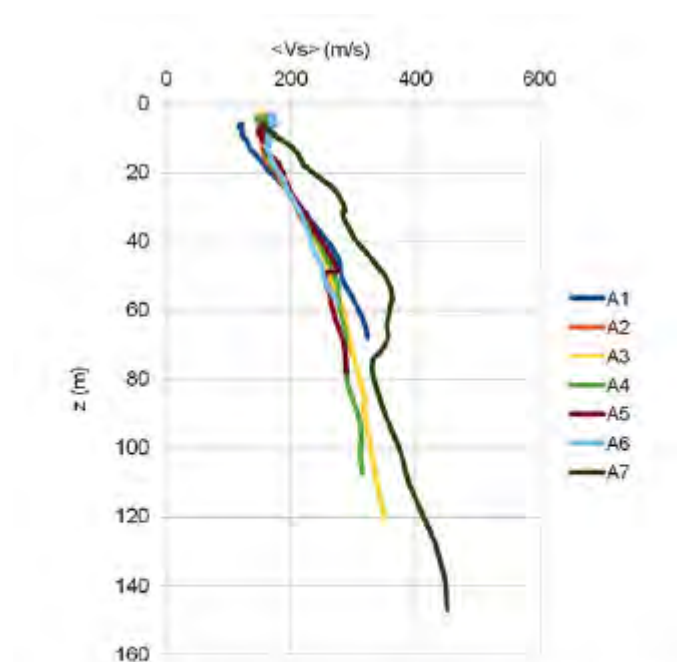


Fig. 2 - Andamento approssimato delle V_s medie in funzione della profondità. Il grafico è stato realizzato assumendo una profondità di penetrazione pari alla metà della lunghezza d'onda corrispondente alle diverse frequenze.

Sintesi dei risultati

Tab. 2 - Corrispondenze indicative fra frequenza di picco della curva HVSR e profondità stimata della relativa interfaccia risonante.

Località	f_0 (Hz)	H (m)
Mirandola	0,9-1	100-120
Finale Emilia 1	0,7-0,9	150-260
Finale Emilia 2	0,7-0,9	120-180

Nella tabella 3.3 sono riportati i dati storici del comune di Medolla, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	🔗 1901	01	20	06	30		Bassa modenese	10	4	3.68
3-4	🔗 1901	01	20	06	34	2	Bassa modenese	12	5	4.11
4	🔗 1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
5	🔗 1978	12	25	22	53	4	Bassa modenese	28	5	4.39
3	🔗 1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
3	🔗 1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4	🔗 1987	04	24	02	30	2	Reggiano	54	6	4.64
6	🔗 1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
5	🔗 1987	05	08	11	10	2	Bassa modenese	24	6	4.44
5	🔗 1987	07	11	01	46	5	Bassa Bolognese	15	5	4.20
4	🔗 1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
NF	🔗 1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	🔗 1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
NF	🔗 1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	🔗 1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	🔗 2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	🔗 2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
4-5	🔗 2011	07	17	18	30	2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
5-6	🔗 2012	05	20	02	03	5	Pianura emiliana	53	7	6.09
6	🔗 2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90

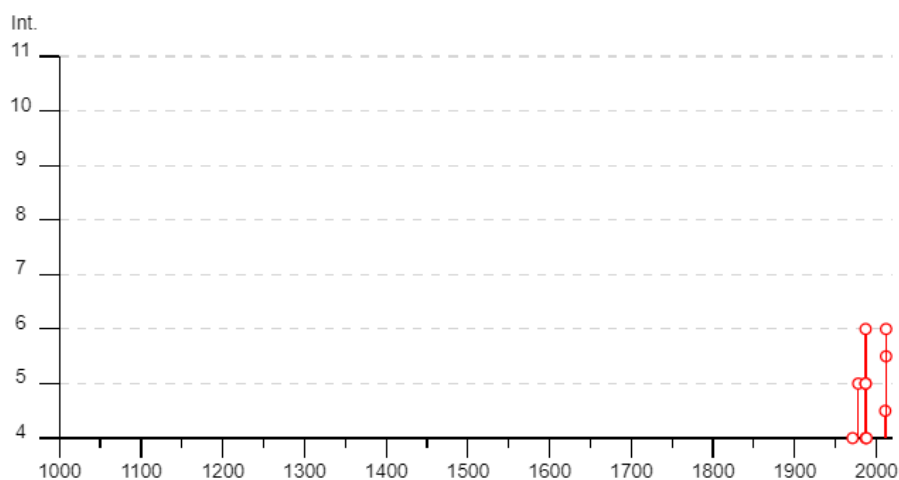


Tabella 3.3: Storia sismica del comune di Medolla (Mo).

c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

Di seguito si riportano i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati inseriti nel foglio di calcolo “Spetti NTC v. 1.03” scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>).

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 11.077405 LATITUDINE: 44.816777

☐ Ricerca per comune

REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Rimini COMUNE: Rimini

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

km 7.5

15172 15173

15394 15395

-7.5 7.5 km

-7.5

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☐ Interpolazione corretta

Interpolazione

media ponderata

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

Stati limite ultimi - SLU

$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

-----□----- Strategia per costruzioni ordinarie ■..... Strategia scelta

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0.057	2.486	0.271
SLD	101	0.074	2.534	0.267
SLV	949	0.202	2.537	0.276
SLC	1950	0.266	2.461	0.287

Tabella 3.4: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite.

FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV ▼ info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C ▼ info

Categoria topografica T1 ▼ info

$S_s =$ 1.393 ▼ info

$C_c =$ 1.605 ▼ info

$h/H =$ 1.000 ▼ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento ξ (%) 5 ▼ info

Fattore q_o 2 ▼ info

$\eta =$ 1.000 ▼ info

Regol. in altezza no ▼ info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q 1.5 ▼ info

$\eta =$ 0.667 ▼ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,816777
longitudine: 11,077405
Classe: 4
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15394	Lat: 44,8094	Lon: 11,0251	Distanza: 4206,713
Sito 2	ID: 15395	Lat: 44,8108	Lon: 11,0955	Distanza: 1570,490
Sito 3	ID: 15173	Lat: 44,8608	Lon: 11,0935	Distanza: 5058,519
Sito 4	ID: 15172	Lat: 44,8594	Lon: 11,0231	Distanza: 6389,065

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 100anni
Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	60	[anni]
ag:	0,056	g
Fo:	2,486	
Tc*:	0,271	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	101	[anni]
ag:	0,074	g
Fo:	2,535	
Tc*:	0,267	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	949	[anni]
ag:	0,202	g
Fo:	2,537	
Tc*:	0,276	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
-----------------------------	---	---

Tr:	1950	[anni]
ag:	0,266	g
Fo:	2,461	
Tc*:	0,287	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,620
St:	1,000
Kh:	0,017
Kv:	0,008
Amax:	0,830
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,620
St:	1,000
Kh:	0,022
Kv:	0,011
Amax:	1,091
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,390
Cc:	1,610
St:	1,000
Kh:	0,078
Kv:	0,039
Amax:	2,748
Beta:	0,280

SLC:

Ss:	1,310
Cc:	1,580
St:	1,000
Kh:	0,098
Kv:	0,049
Amax:	3,421
Beta:	0,280

4. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini sismiche (MASW, ESAC e HV) eseguite nell'area di intervento (figura 4.1):

- n. 1 indagine sismica passiva di microtremori (HV);
- n. 1 indagine sismica passiva in array 2D (ESAC);
- n. 1 indagine sismica attiva in array 1D (MASW).

Le indagini sismiche sono state eseguite dal Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio.



Figura 4.1: Ubicazione delle indagini sismiche.

5. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

a. Indagini geofisiche

a1. I dati ottenuti

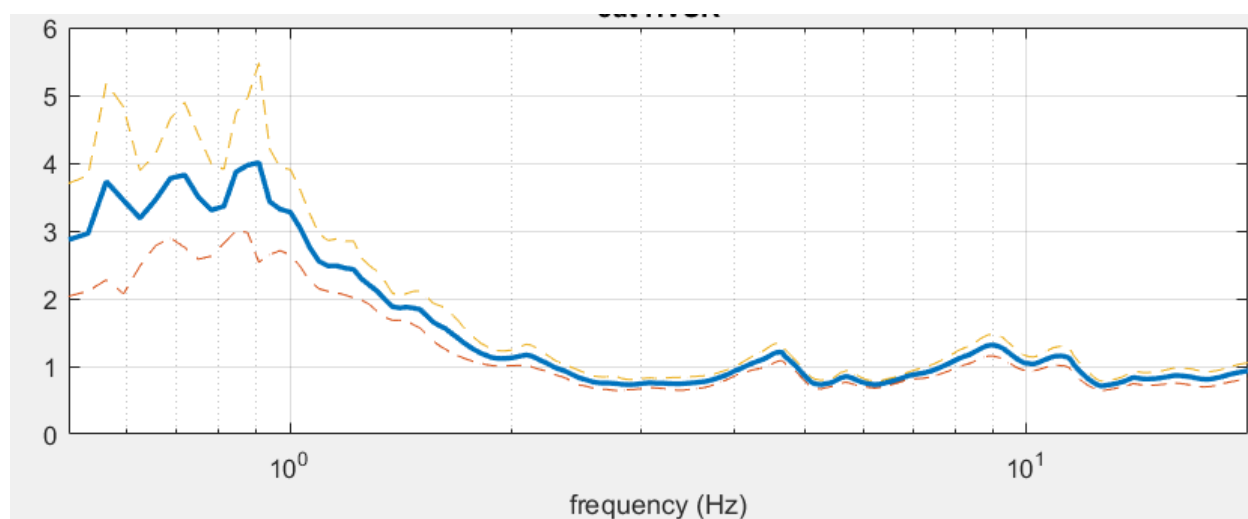
L'indagine geofisica è stata eseguita mediante sismica di superficie attiva ad antenna MASW, passiva ad antenna ESAC, e a stazione singola (HVSr) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle V_{SEq} .

a2. Interpretazione delle indagini geofisiche

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nell'agosto 2018. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremiti a stazione singola di tipo HVSr e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo MASW ed ESAC. I dati ottenuti dalla curva HVSr forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica MASW ed ESAC è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle V_{SEq} ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Dall'analisi dei risultati delle indagini geofisiche specifiche si è riscontrato che il terreno di fondazione su cui andrà realizzato l'intervento in esame, appartiene alla categoria di sottosuolo "C", ai sensi del D.M. 17/01/18.

Relativamente alle frequenze caratteristiche di sito, dal diagramma delle curve H/V, abbiamo un picco stratigrafico con le seguenti caratteristiche:



Le acquisizioni HVSr, risultano in parte convalidate dalle linee guida SESAME 2005.

Si riportano di seguito i report delle indagini sismiche a stazione singola (HVSr) ad antenna sismica passiva (ESAC) e antenna sismica attiva (MASW):

Medolla (MO) - via Campana - HVSr

Strumento: Gemini2 - PASI Srl

Inizio registrazione: 03/08/18 Fine registrazione: 03/08/18

Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN

Durata registrazione: 0h20'00".

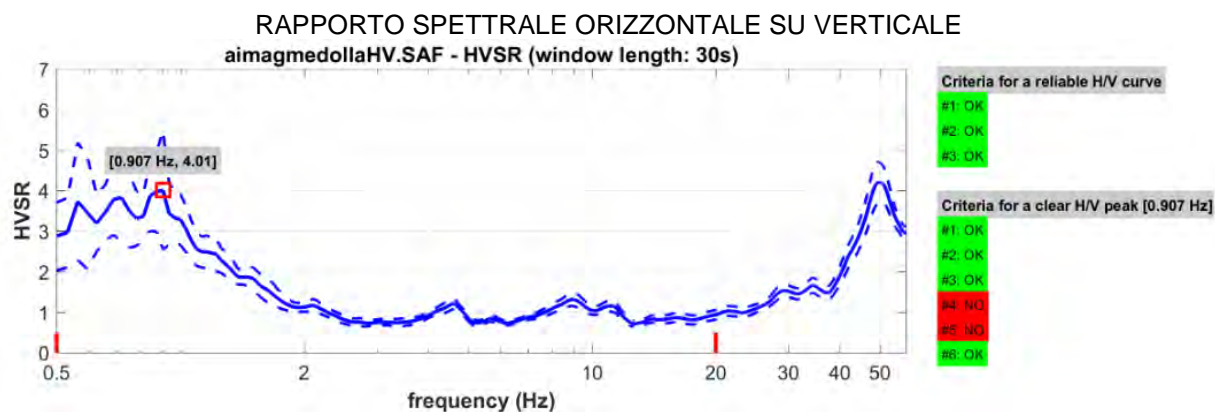
Analizzato 0h09'8" tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 200 Hz

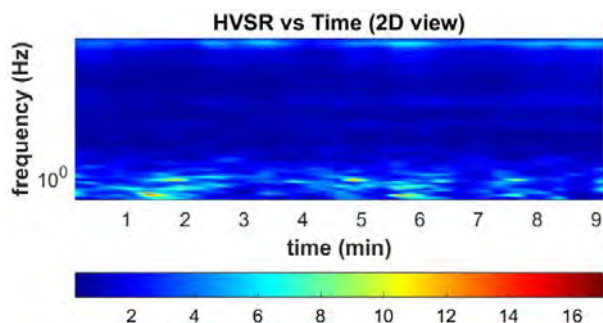
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

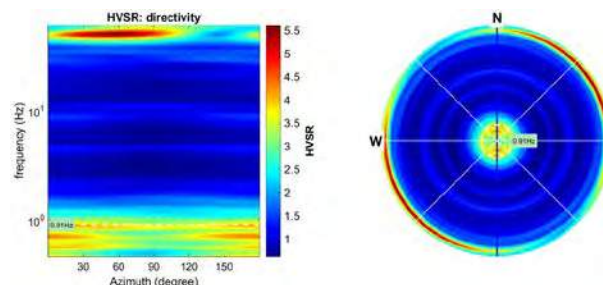
Lisciamento: 10%



SERIE TEMPORALE H/V

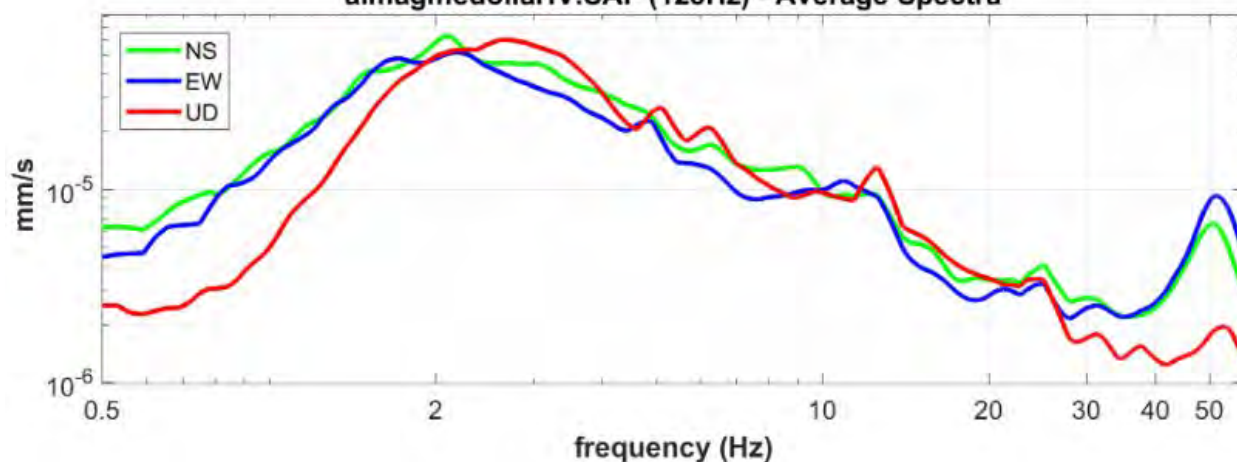


DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

aimagmedollaHV.SAF (128Hz) - Average Spectra



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

<p><i>0.5-20.0Hz frequency range</i> Peak frequency (Hz): 0.9 (±0.1) Peak HVSR value: 4.0 (±0.8)</p>
--

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.9 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1006 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.3 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.4 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.0 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.139 < 0.136$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.712 < 2$	OK	

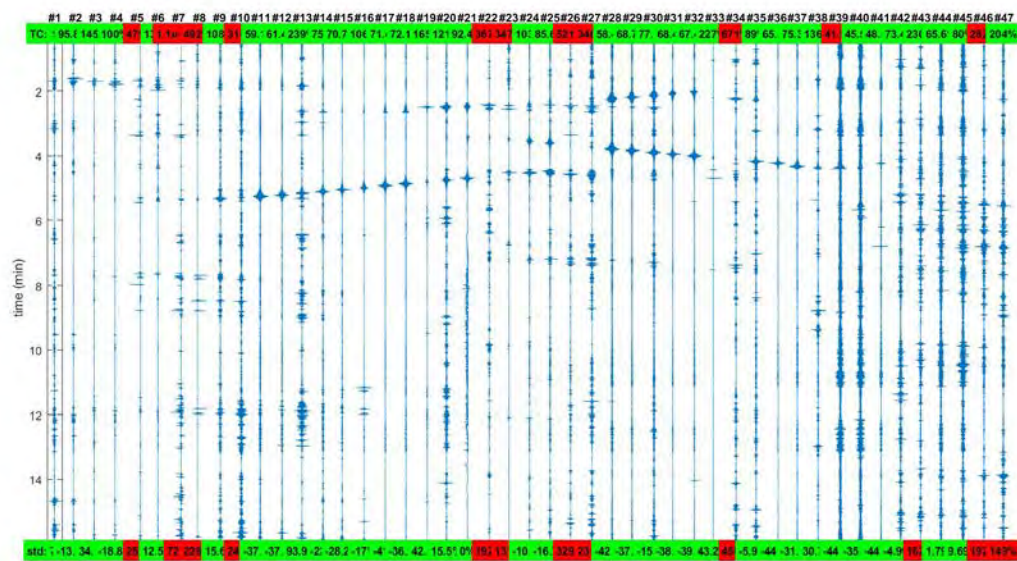
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

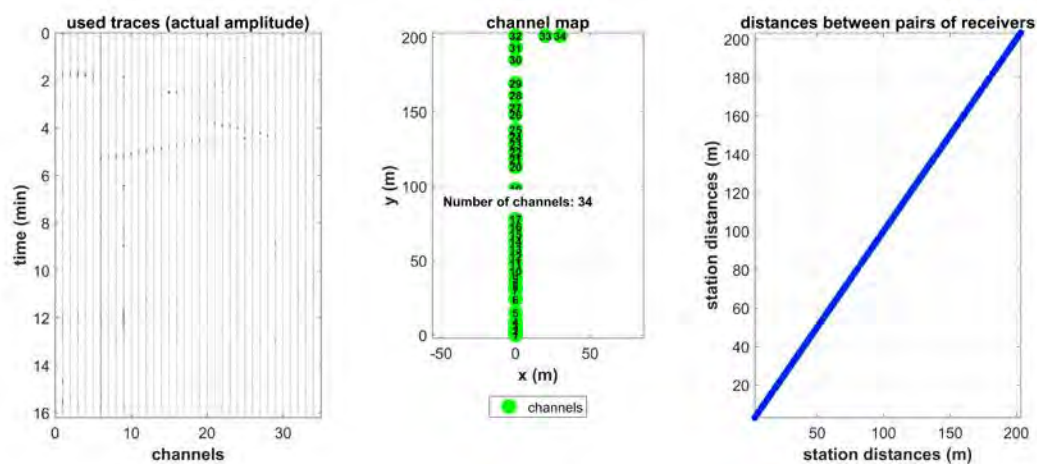
Medolla (MO) - via Campana - ESAC (Analisi Rayleigh)

Analisi onde Rayleigh (Config. spaziale ad array bidimensionale e frequenza di campionamento a 200 Hz)

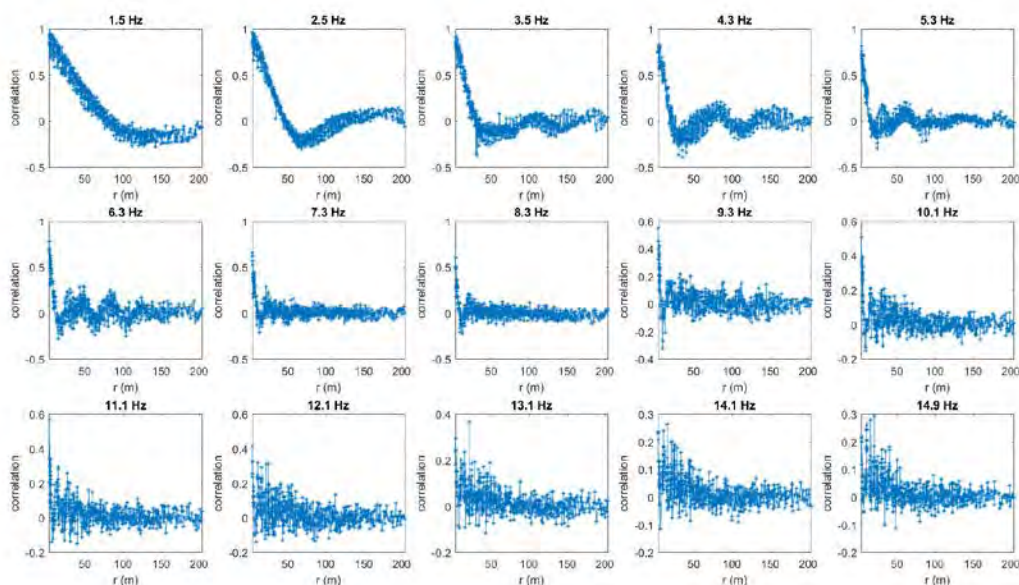
Analisi della dispersione delle onde di Rayleigh (velocità di fase) secondo la tecnica passiva ESAC, grazie alla quale è possibile delineare la curva di dispersione delle onde di Rayleigh.



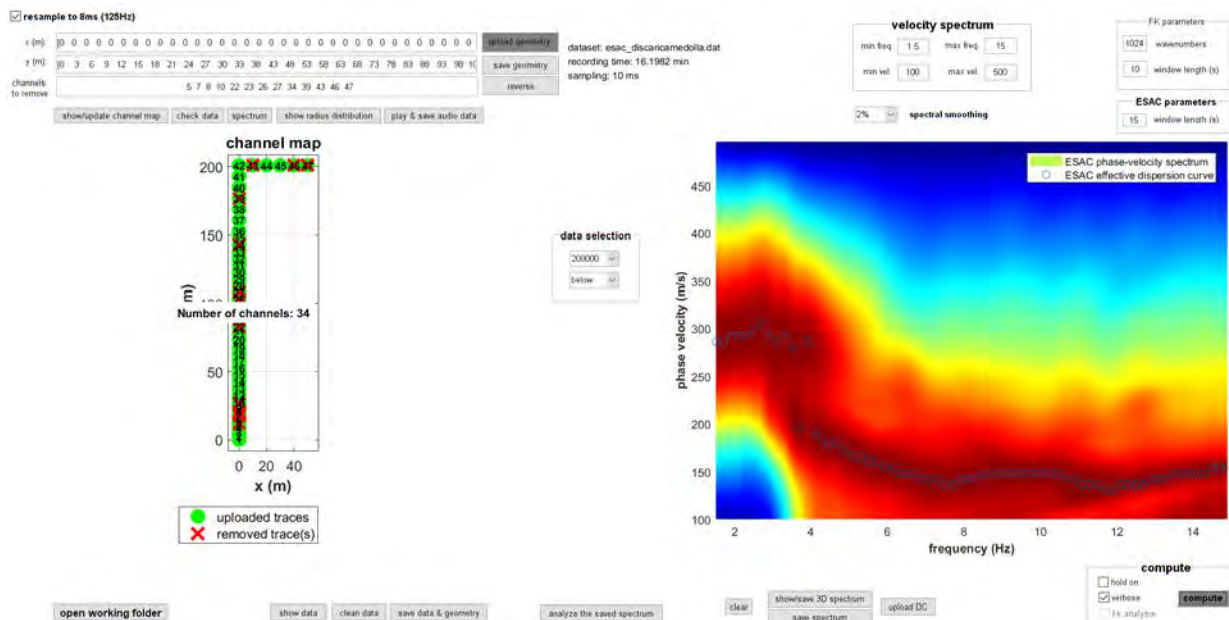
Controllo preliminare della qualità dei dati acquisiti.



Da sinistra a destra: dati passivi multicanale (geofoni verticali HG da 4.5Hz), geometria dell'acquisizione e distribuzione della spaziatura dei canali utilizzati.



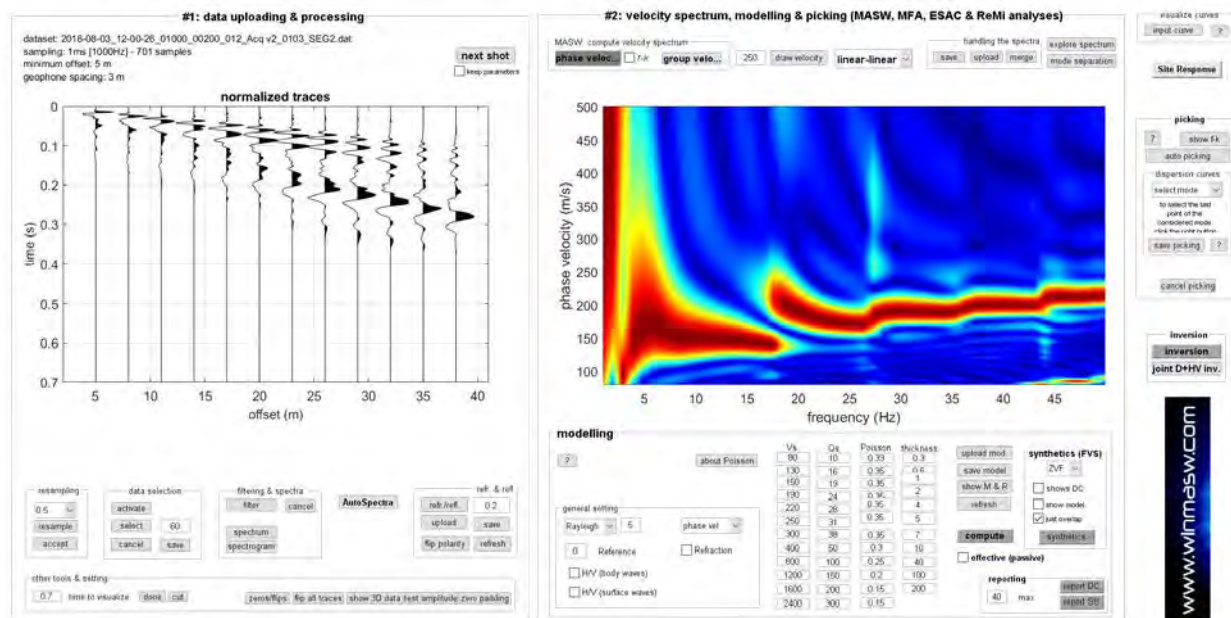
Coefficienti di correlazione tra le coppie di canali utilizzati per l'analisi ESAC per 15 frequenze (indicate) prese a campione.



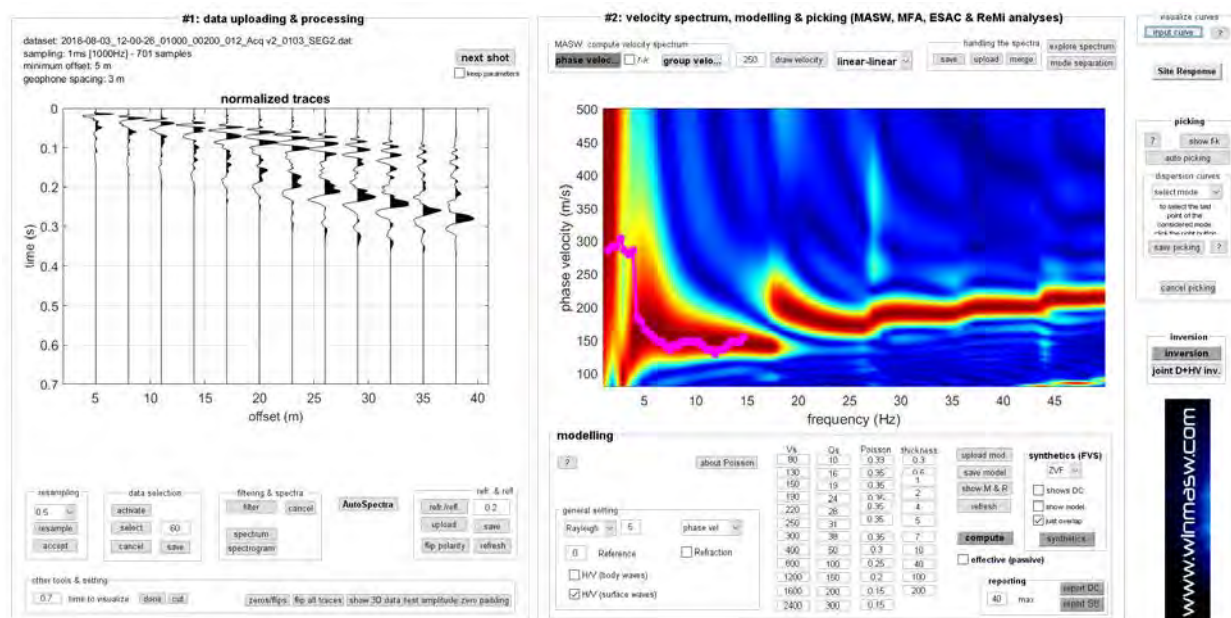
Risultato finale riassuntivo dell'analisi ESAC: i colori riportano lo spettro di velocità con evidenziata (cerchi blu) la curva di dispersione effettiva.

Medolla (MO) - via Campana - MASW (Analisi Rayleigh + ESAC + HVSR)

Analisi onde Rayleigh (offset 5m, dx 3m e frequenza di campionamento a 1 KHz)

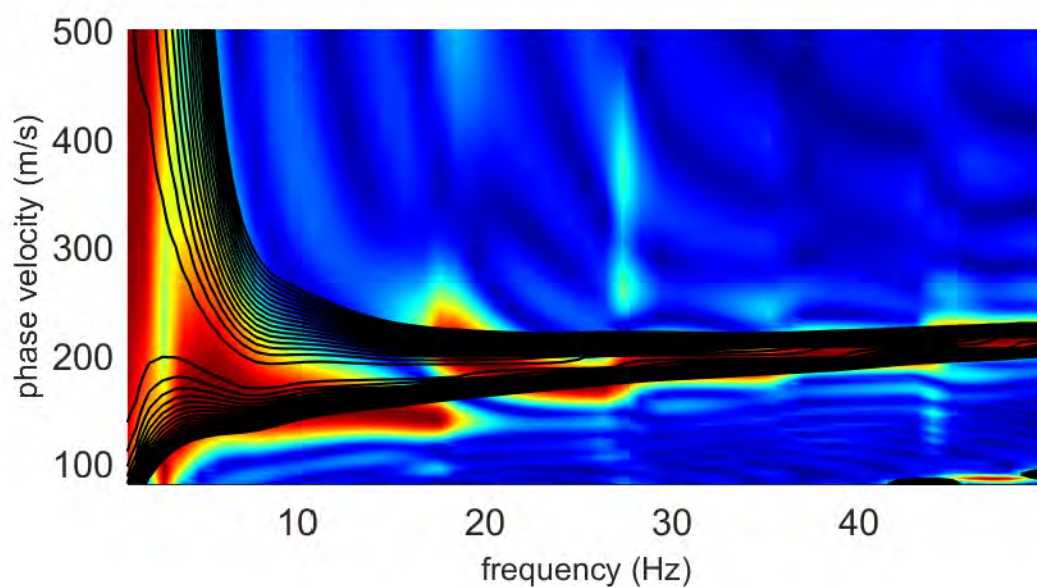
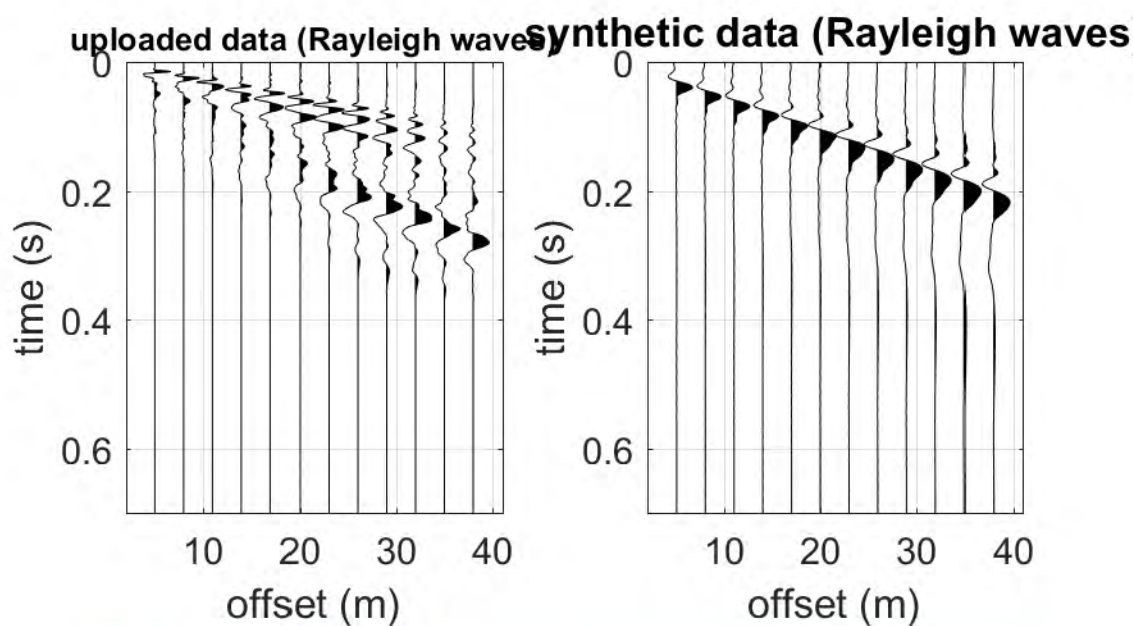
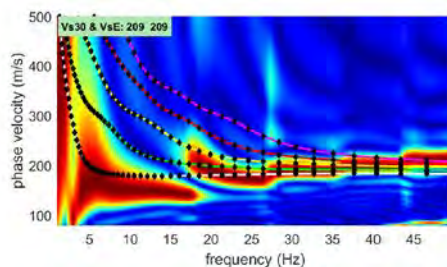


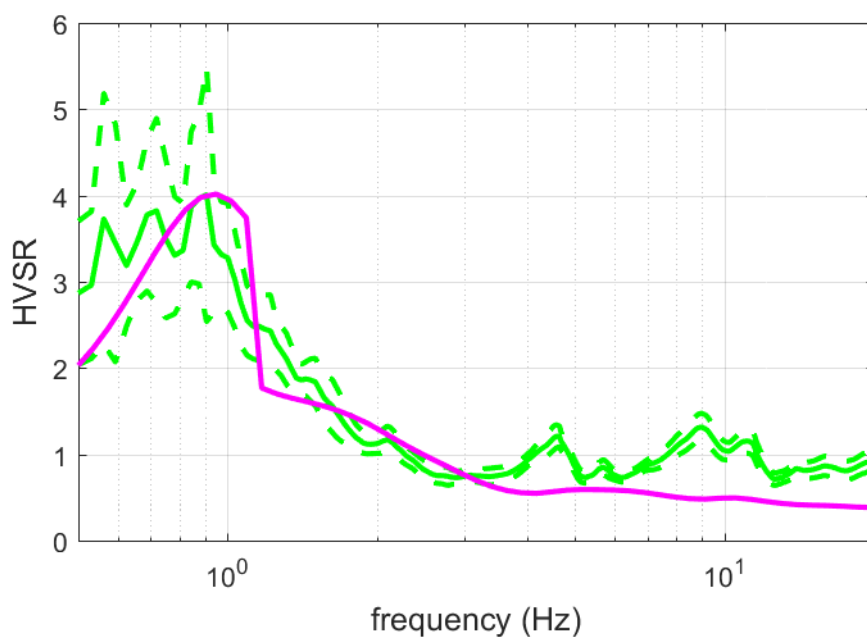
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale)



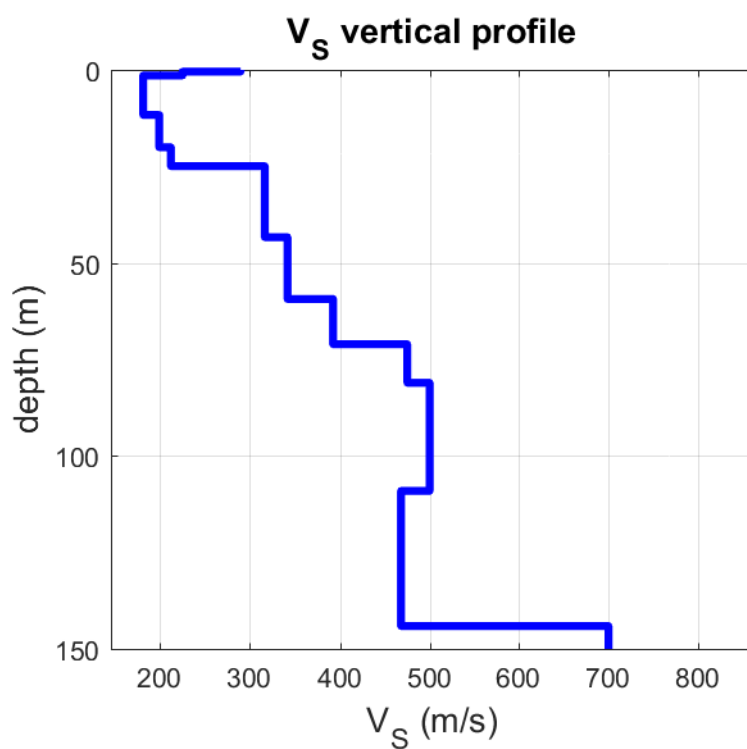
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC (in viola)

Analisi congiunta dei dati considerando (congiuntamente) la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*), il dato ESAC ed il rapporto spettrale H/V.





(In verde la curva sperimentale ed in viola la curva desunta dal modello)



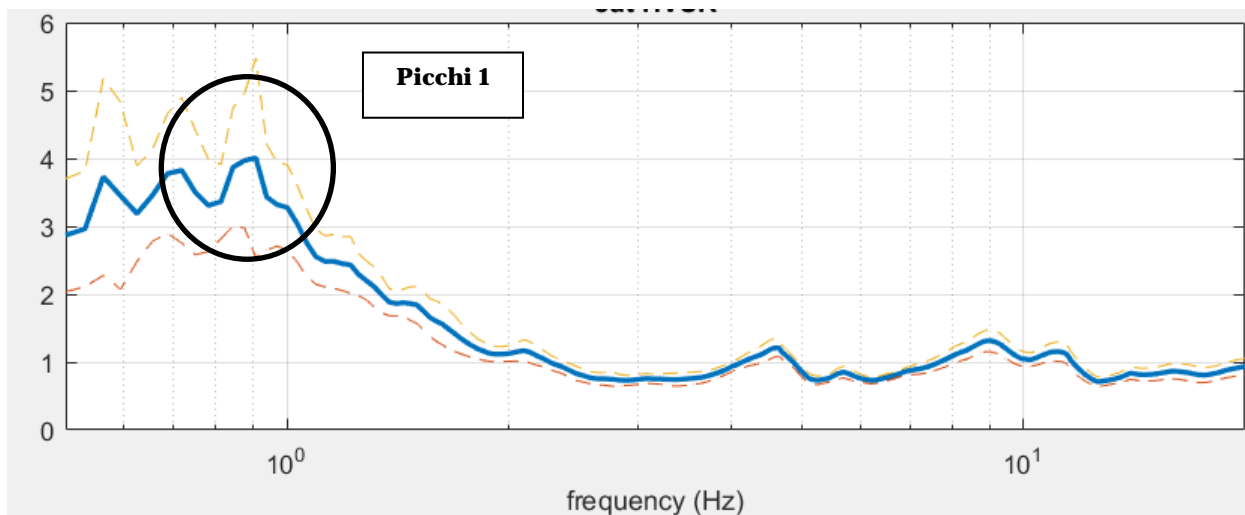
Model

V_s (m/s): 290 225 181 199 212 317 341 392 475 500 468 700

Thickness (m): 0.5 1.0 10.2 8.4 4.9 18.4 16.0 11.7 10.0 28.0 35.0

V_{sEq} / V_{s30} (m/s): 209

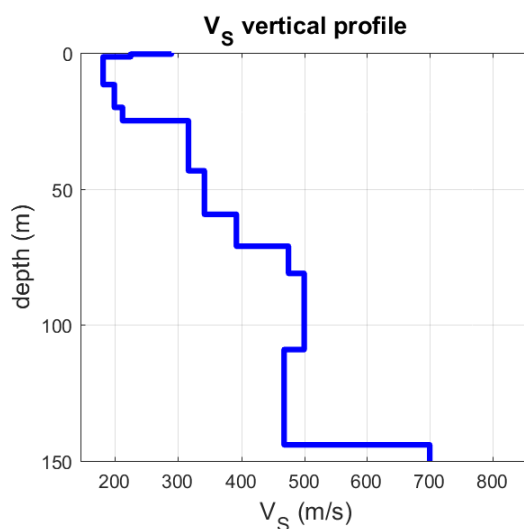
Sul sito di studio, sono state eseguite, 1 acquisizioni HV, 1 acquisizione ESAC ed 1 acquisizione MASW. Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, dal diagramma del confronto delle curve H/V, di seguito riportato, abbiamo:



Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 4.0	~ 0.91

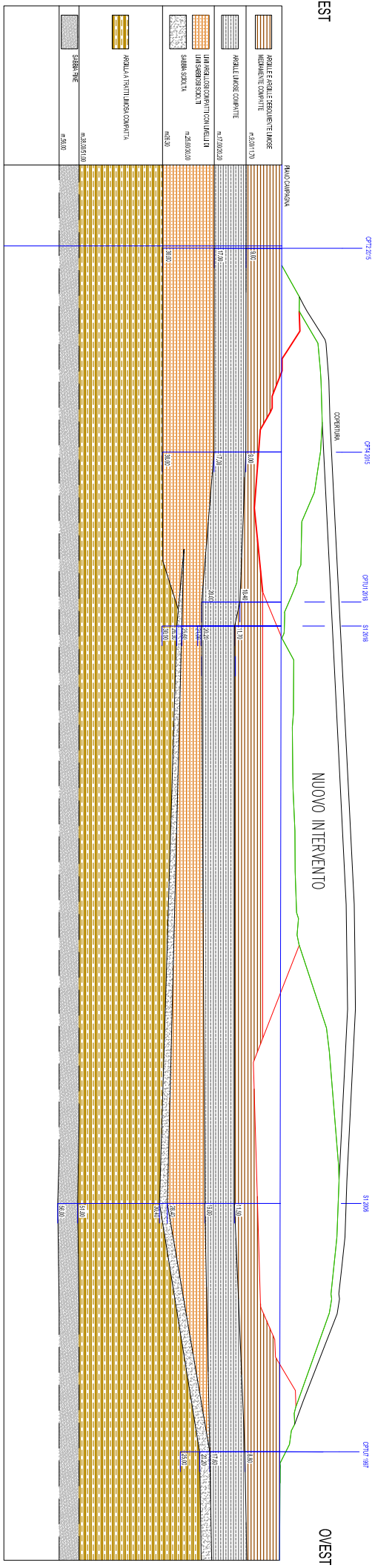
Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza significativi ($H/V > 3$) in caso di moto sismico. Relativamente al profilo di V_s con la profondità e alla determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, **mediante la ricostruzione delle V_{sEq}** , abbiamo che:

- MASW + ESAC + HV



V_{sEq} / V_{s30} (m/s): 209 (categoria di sottosuolo "C")





Regione EMILIA ROMAGNA

Provincia di MODENA

Comune di Medolla

**DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI
DI VIA CAMPANA NEL COMUNE DI MEDOLLA (MO)**

Raccordo morfologico tra area Est ed area Ovest della discarica per rifiuti non pericolosi di Medolla (MO) - PROGETTO DEFINITIVO -

COMMITTENTE:



Via Maestri del Lavoro - 41037 Mirandola (MO)
Tel. 0535 28111 - Fax 0535 1872005
C.F. e P.I. 00664670361 - E mail: info@aimag.it

DIRIGENTE TECNICO SERVIZI AMBIENTALI:

Dott. Paolo Ganassi

ELABORAZIONE:



STUDIO T.En.
Technology & Environment

Studio T.En.

Via A. Einstein, 11 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522-337096 ; Fax: 0522-337592
E-mail: info@studioten.it

Dott. Ing. Stefano Teneggi

Data: **GENNAIO 2019**

Titolo tavola

Scala:

Rif.

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

EMISSIONE: DATA:

SOSTITUISCE IL

SOSTITUITO DA

Redatto da:

Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL
Via Genova 1/8
MEDOLLA (MO)



Tav n°

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
3. CEDIMENTI EDOMETRICI DI CONSOLIDAZIONE	2
3.1 Geometria impianto	2
3.2 Cedimenti edometrici di consolidazione	4
3.3 Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica.....	50
4. VERIFICHE DI STABILITA'	51
4.1 verifiche di stabilità LATO NORD SEZIONE 1 E SEZIONE 3	58
4.2 verifiche di stabilità LATO SUD SEZIONE 1	90
5. CONCLUSIONI	106

1. PREMESSA

La presente integrazione completa la relazione geologica, idrogeologica, litostratigrafica e analisi di pericolosità sismica presentata nel Dicembre 2018, sulla base dei dati definitivi del progetto esecutivo relativo al raccordo morfologico con aumento di volumetrie della parte Nord Sud Ovest ed Est della discarica di rifiuti non pericolosi di Medolla, sita in Via Campana. Il progetto prevede un adeguamento della sola parte centrale della discarica esistente che va ad unirsi al settore EST e OVEST in continuità morfologica ai lotti adiacenti, esauriti. L'integrazione definisce, sulla base dei dati relativi al progetto esecutivo, i cedimenti attesi e verifica la stabilità del futuro impianto in unione e in continuità con la parte esistente, facendo riferimento alla parametrizzazione delle proprietà geomeccaniche dei terreni determinate con prove in sito e in laboratorio nello studio già presentato.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

D.L.G.S. 13/01/2003 N. 36

D.L.G.S. 152/2006 e s.m.i

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

Delibera Giunta Regionale 2193/2015

Atto di Indirizzo R.E.R. ai sensi della L.R. 20/2000 Delibera n.112 del 02/05/2007

D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" in vigore dal 22 marzo 2018

3. CEDIMENTI EDOMETRICI DI CONSOLIDAZIONE

3.1 Geometria impianto

il progetto prevede il ripristino morfologico con aumento di volumetrie della parte centrale della discarica che andrà a collegarsi all'esistente formando un unico accumulo.

Sul lato est e sul lato ovest il nuovo ampliamento andrà ad appoggiarsi ai corpi di discarica esistenti protetti da una struttura arginale di altezza pari a 4.50/4.00 metri; sul lato nord la nuova struttura arginale raggiungerà l'altezza di 7.00 metri dal p.c. mentre sul lato sud di 4.00 metri sull'attuale materiale di riporto in posto con piano di ancoraggio a - 2.00 metri dal piano di riporto esistente.

Tutti gli argini sono realizzati a strati minerali compattati, gli argini Est e Ovest sono già assestati e consolidati in quanto realizzati da diverso tempo, gli angoli di scarpata esterna variano da un minimo di 27 ° (lato Ovest) a un massimo di 30° (lato Sud e Est).

Il progetto prevede di conferire dei rifiuti RSU per strati successivi in appoggio al piano rifiuti e materiali di riporto esistenti, sia sulla parte Ovest Est Nord e Sud al fine di appoggiarsi ai corpi di discarica esaurita, per creare un unico cumulo morfologicamente equilibrato e collegato.

A completamento in condizioni assestate, la parte centrale, di maggiore altezza, raggiungerà i 15.00 metri dal p.c.

In fase di copertura finale verrà collocato un geocomposito di agrappaggio leggero-a sostegno e trattenimento della copertura in terreno vegetale compattato, che avrà lo spessore di 2.00 metri sulle rampe laterali e di 2.00 metri in sommità.

Dott. Geol. Rita Ballista

GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)

Tel:0535/47170-Cell.3356250803

Email:geoprogettisrl@gmail.com - PEC:ballistarita@legalmail.it

Per il calcolo dei carichi si è considerato il peso specifico γ dei rifiuti solidi urbani pari a 11 KN/m³ fornito dai progettisti e riportato nei dati di bibliografia per tali rifiuti.

Il peso specifico γ delle coperture si è considerato pari a 17 KN/m³ tipico delle argille compatte in condizioni drenate.

Si riporta di seguito una sezione riportante la geometria dell'accumulo riportata anche nell'allegato 1.

SEZIONE N.: 1

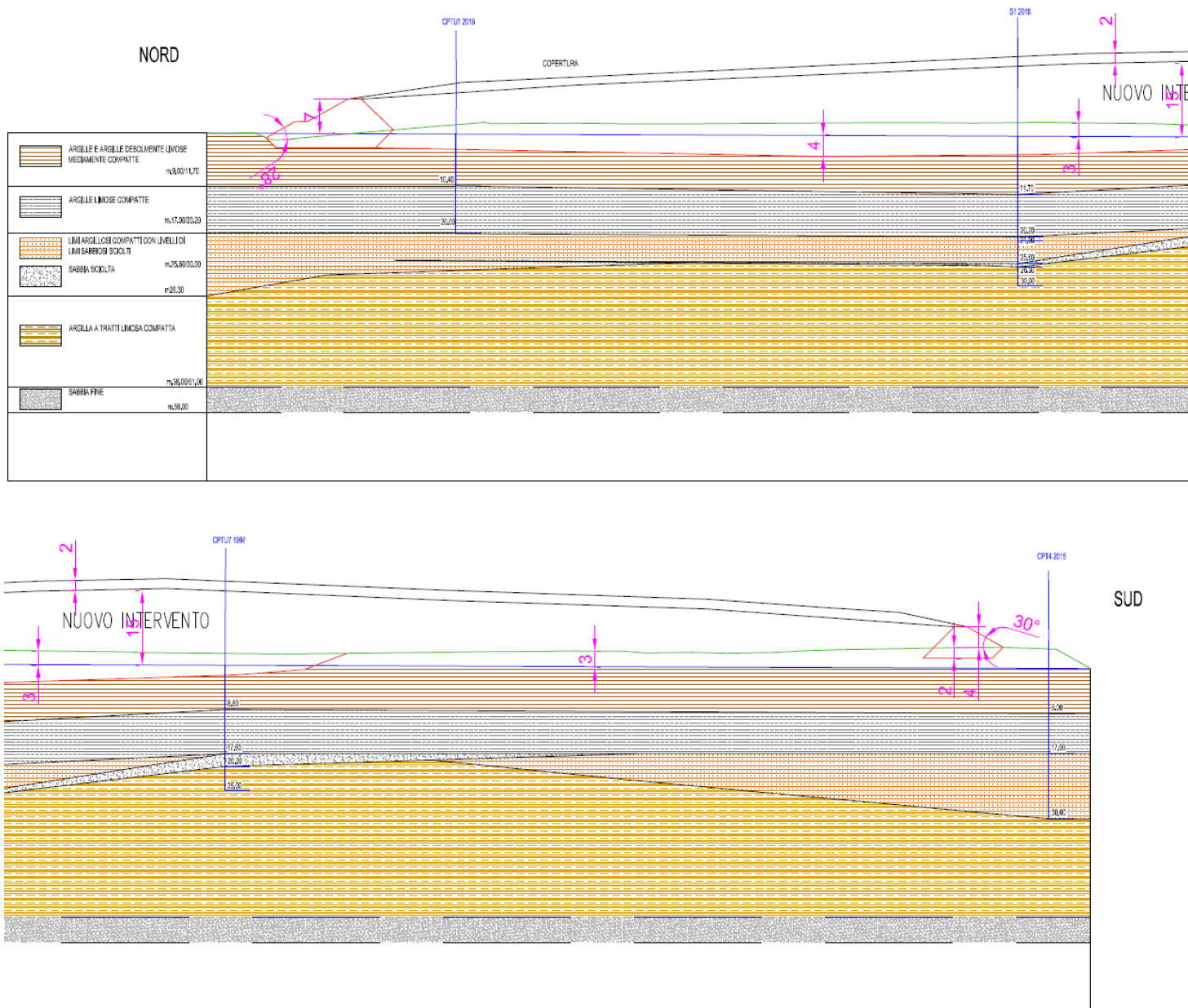


Fig.1. Geometria accumulo di progetto

3.2 Cedimenti edometrici di consolidazione

I cedimenti edometrici di consolidazione sono stati calcolati in corrispondenza di una sezione, SEZIONE 1 NORD – SUD , ubicata come in figura 2.

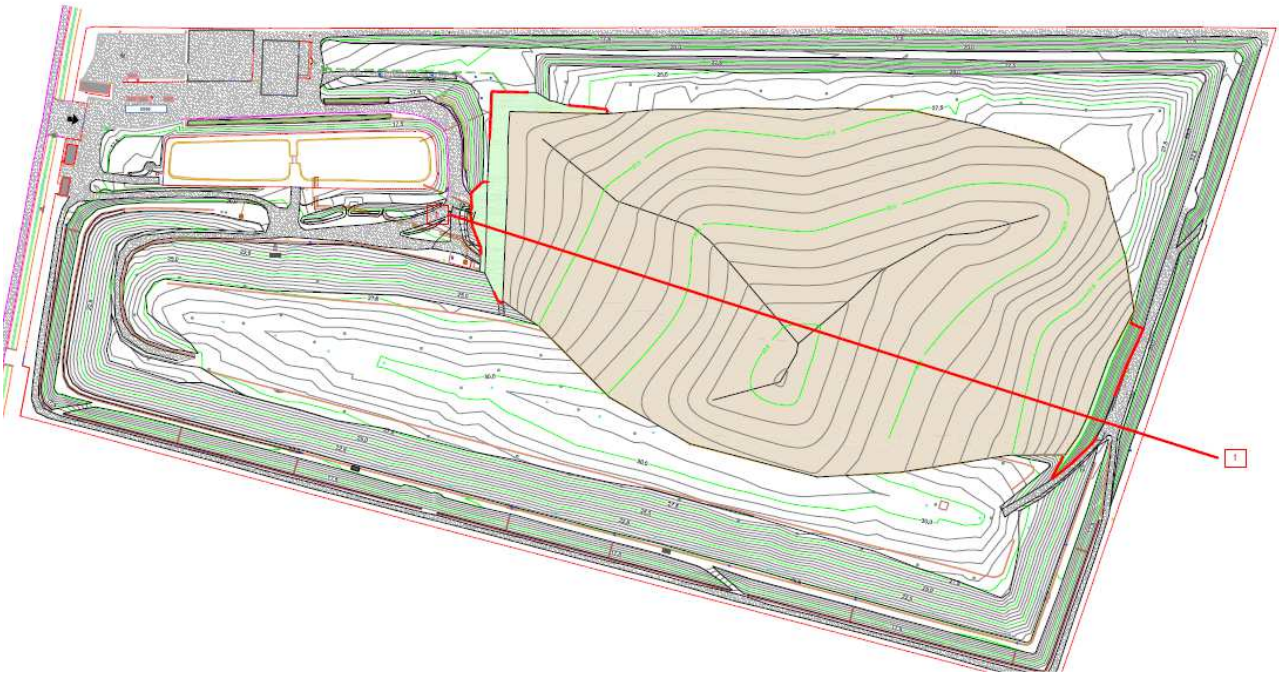


Fig.2. Ubicazione sezione 1 NORD - SUD presa in considerazione nel calcolo dei cedimenti

Si riporta qui di seguito e in allegato (All. 2) la sezione 1 NORD - SUD con segnati i vari punti considerati per il calcolo dei cedimenti e i carichi assegnati.

Dal punto di vista teorico sono stati calcolati i cedimenti primari della consolidazione applicando i parametri di deformabilità più cautelativi dei terreni in posto desunti dalle prove edometriche nei vari gradini di carico.

Sono stati realizzati 5 step al fine di verificare i cedimenti nel tempo.

I cedimenti sono stati calcolati:

- 1 - dopo t = 1 anno
- 2 - dopo t = 5 anni
- 3 - dopo t = 10 anni
- 4 - dopo t = 20 anni
- 5 - dopo t = 50 anni
- 6 - dopo t = 100 anni

Nello specifico spostandosi nella sezione 1 da Nord a Sud si sono definiti per ogni punto di calcolo:

- 1) i carichi considerati;
- 2) le caratteristiche di deformabilità e gli spessori degli strati in posto e di riporto;
- 3) i cedimenti negli step temporali citati.

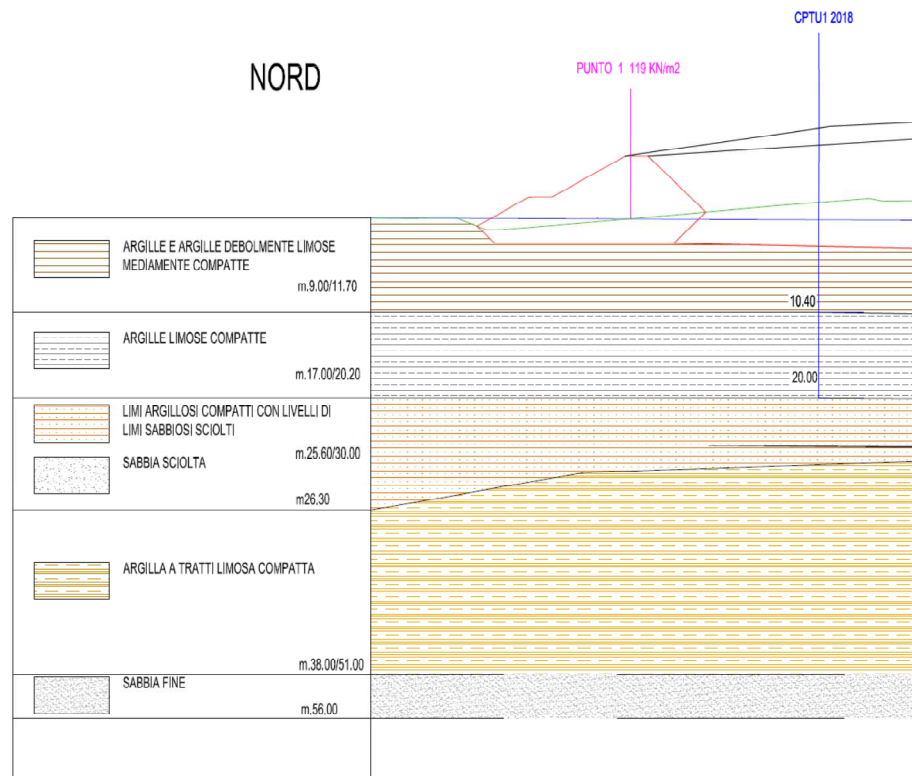
SEZIONE 1

PUNTO 1

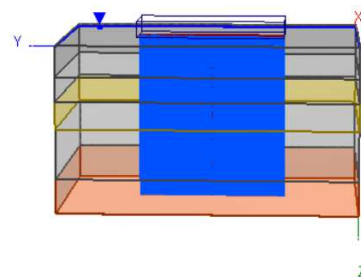
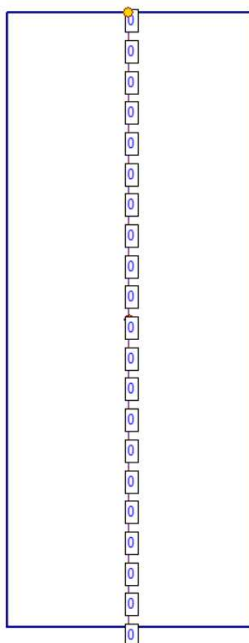
CARICO: 119 KN/m² in corrispondenza della sommità del rilevato NORD

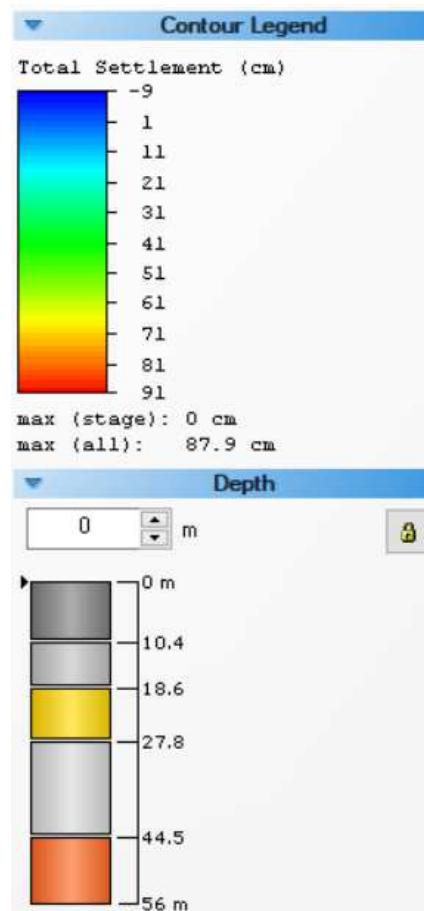
N° di strati	SPESSORE MEDIO (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s)	Modulo edometrico Med (kPa)	Modulo elastico Mv (kPa)	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	Cc	Cr	E0 (MPa)
Primo strato	10.40	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	1.00*10 ⁻³	5700	/	15	19	0.24	0.04	0.86
Secondo strato	8.20	Argille limose compatte	1.61*10 ⁻³	7500	/	16	20	0.16	0.05	0.6
Terzo strato	9.20	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	5.61*10 ⁻⁴	6900	/	13	19	0.35	0.02	0.9
	0.70	Livello di sabbie sciolte								
Quarto strato	16.70	Argille a tratti limose compatte	/	10000	/	17	19.50	0.20	0.025	0.8
Quinto strato	11.50	Sabbie fini	/	/	25000	18	20	/	/	/

SEZIONE N.: 1

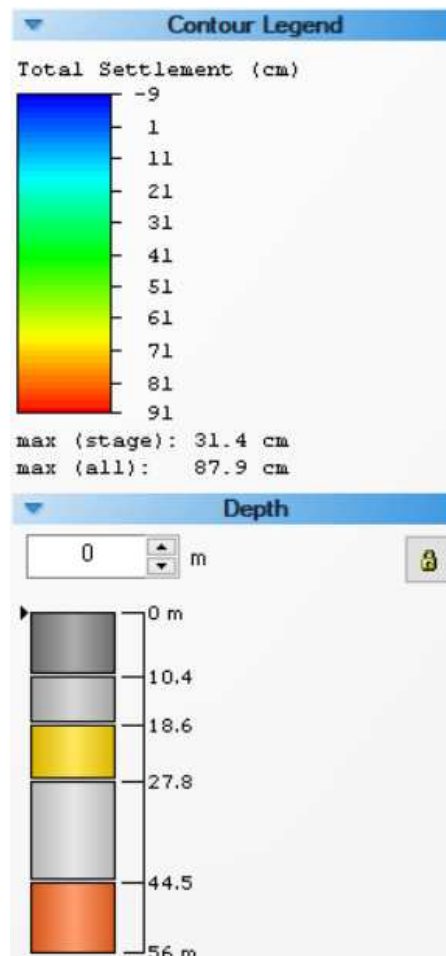
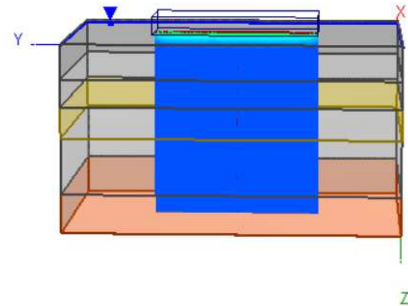
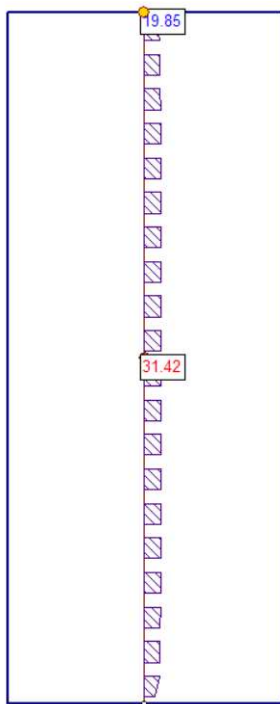


Sezione 01 – PUNTO 1 RILEVATO NORD 1 - All'applicazione del carico (119 Kn/m²)



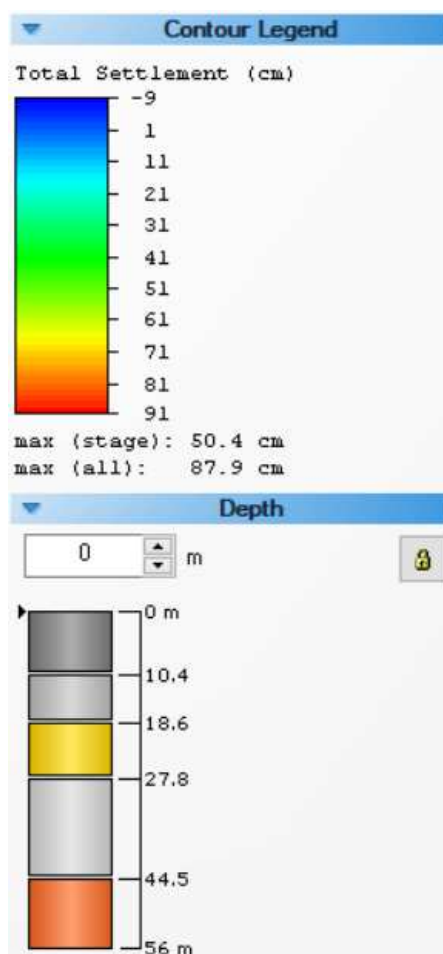
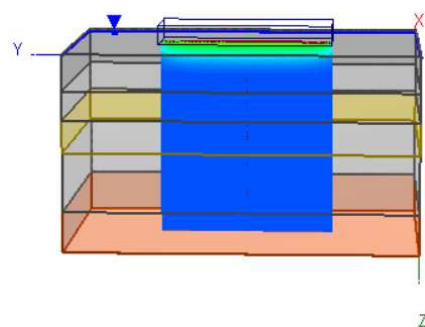
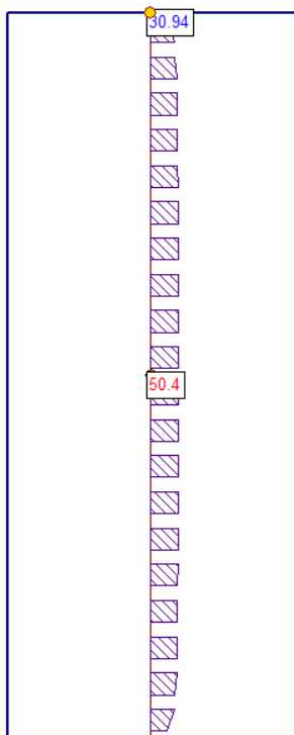


2 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 1$ anno

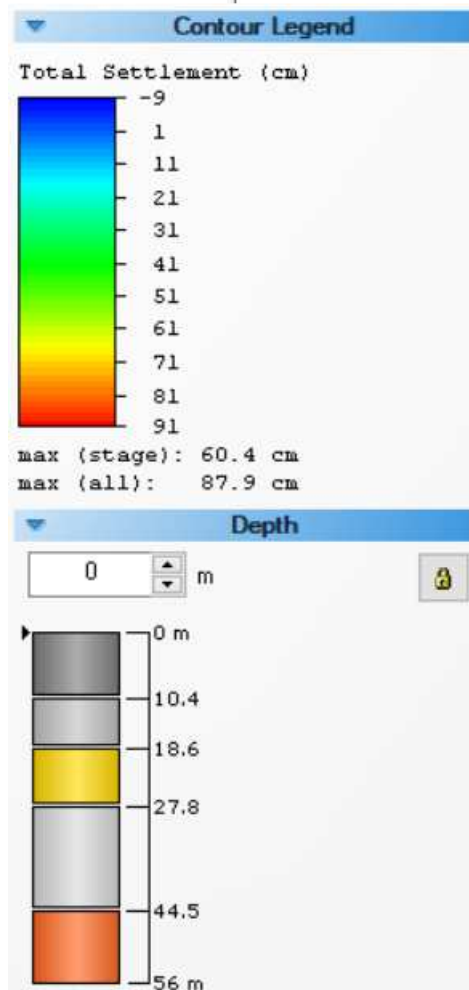
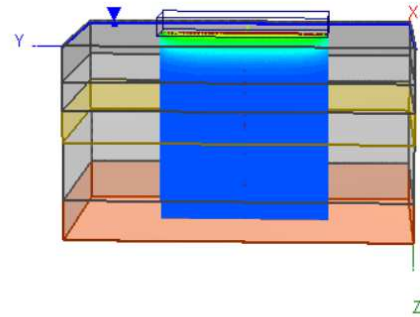
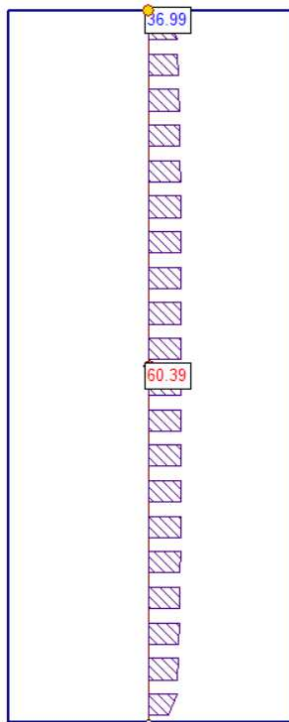


Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

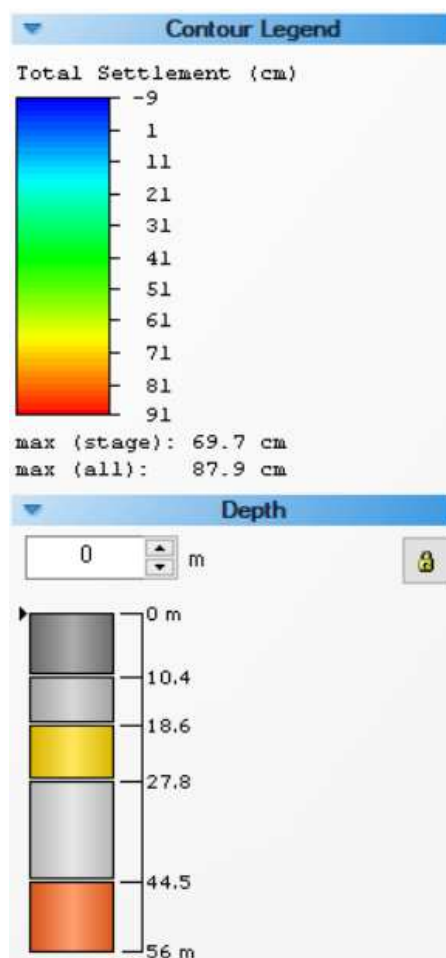
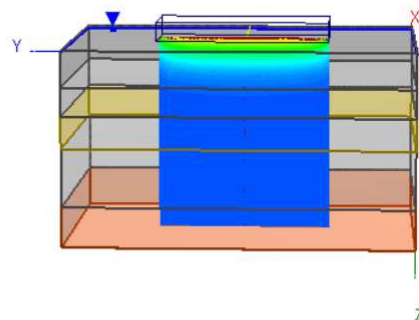
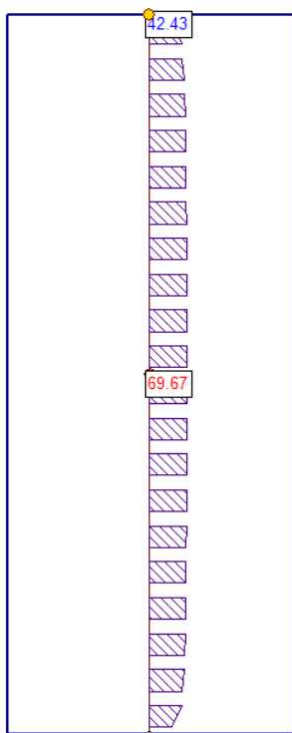
3 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 5$ anni



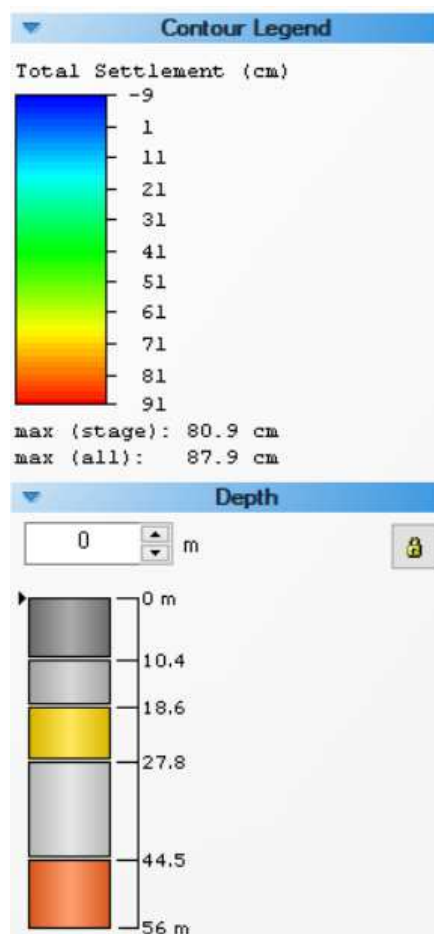
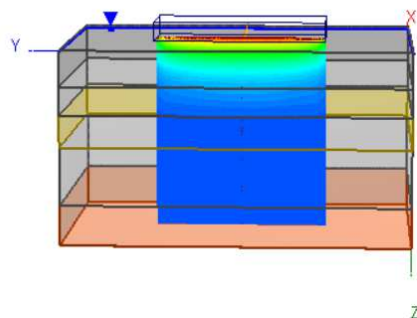
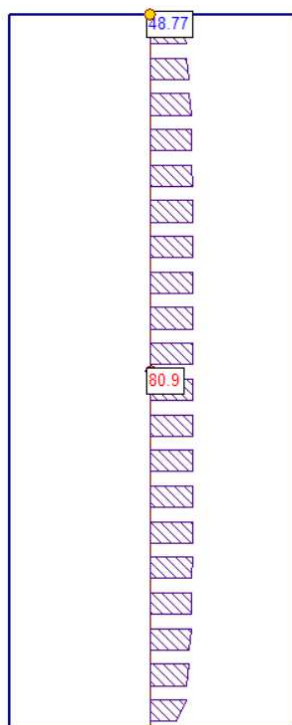
4 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 10$ anni



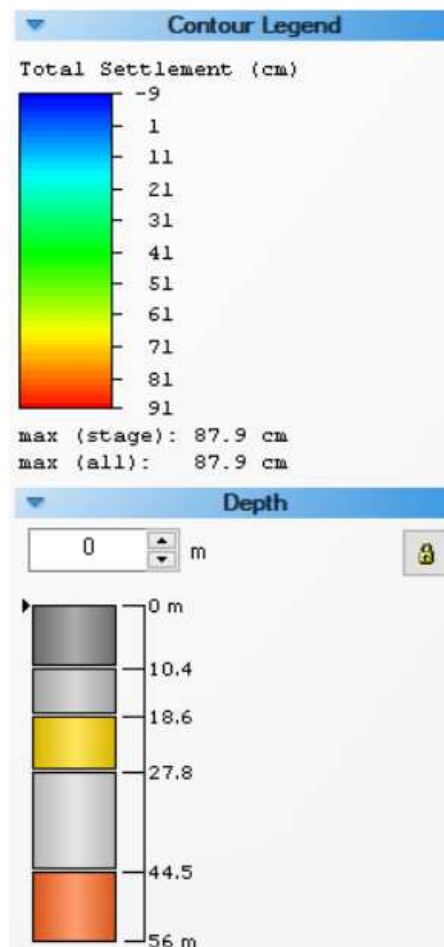
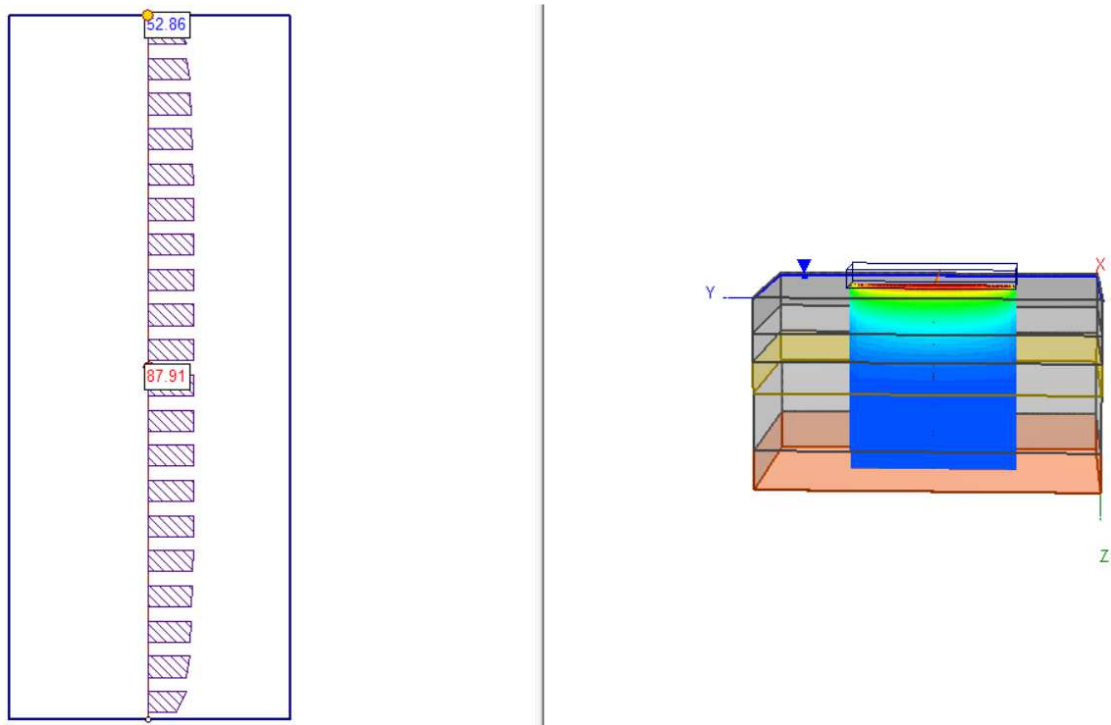
5 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 20$ anni



6 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 50$ anni



7 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 100$ anni



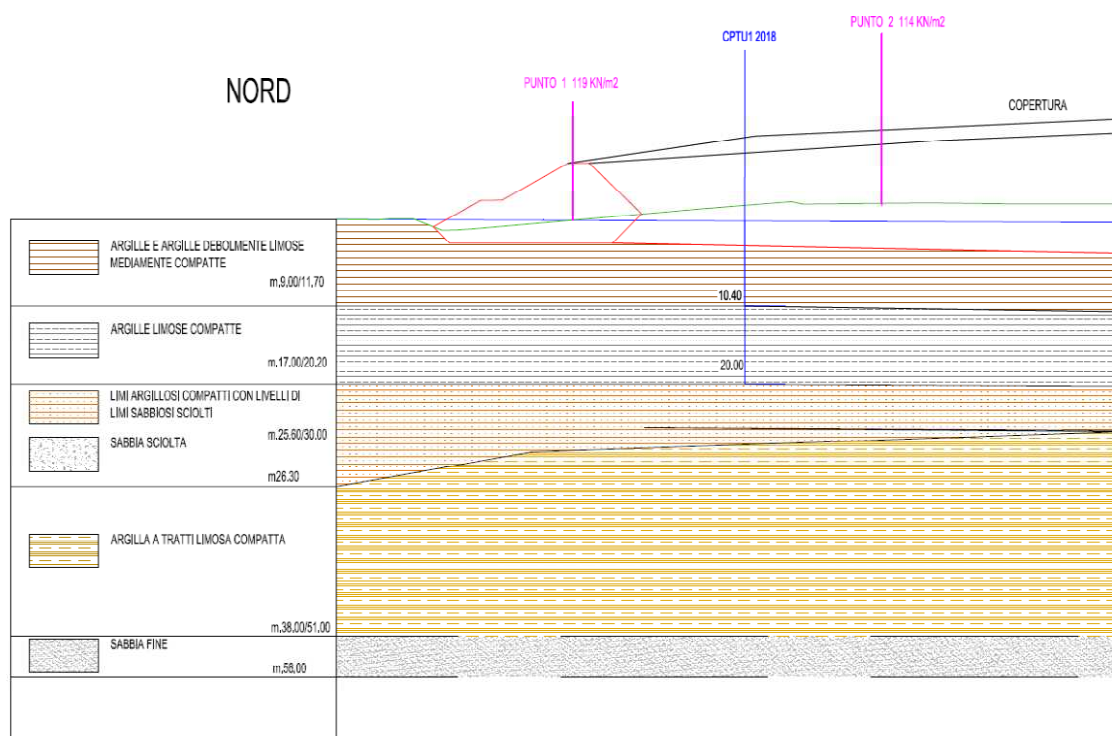
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

PUNTO 2

CARICO: 114 KN/m² in corrispondenza della sommità della discarica lato nord.

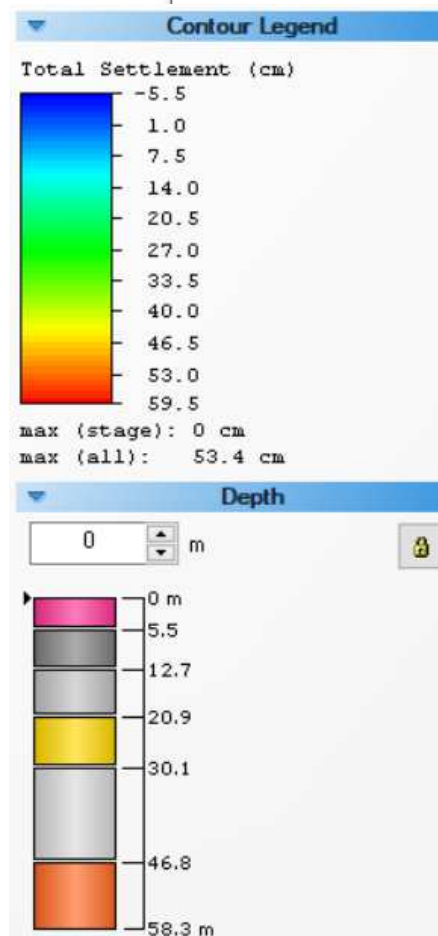
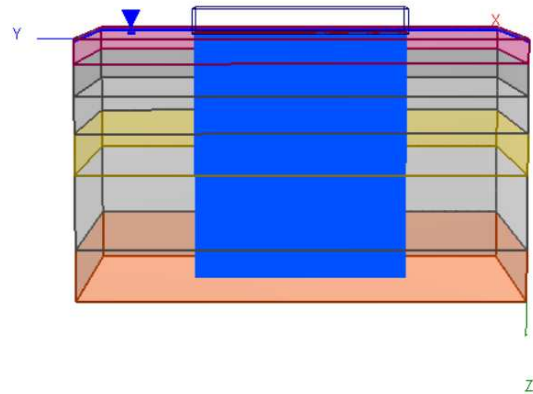
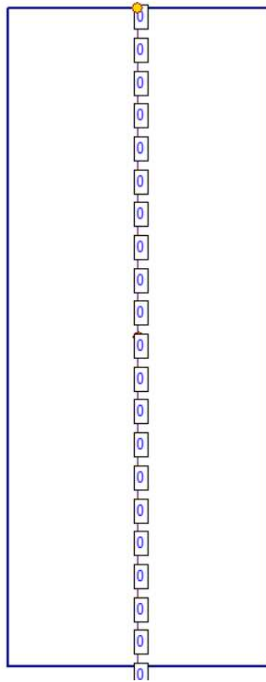
N° di strati	SPESSORE MEDIO (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s)	Modulo edometrico Med (kPa)	Modulo elastico Mv (kPa)	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	Cc	Cr	E0 (MPa)
Primo strato	5.50	Riporto in materiali vari	/	8000	/	13	15	/	/	/
Secondo strato	7.20	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	1.00*10 ⁻³	5700	/	15	19	0.24	0.04	0.86
Terzo strato	8.20	Argille limose compatte	1.61*10 ⁻³	7500	/	16	20	0.16	0.05	0.6
Quarto strato	9.20	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	5.61*10 ⁻⁴	6900	/	13	19	0.35	0.02	0.9
	0.70	Livello di sabbie sciolte								
Quinto strato	16.70	Argille a tratti limose compatte	/	10000	/	17	19.50	0.20	0.025	0.8
Sesto strato	11.50	Sabbie fini	/	/	25000	18	20	/	/	/

SEZIONE N.: 1

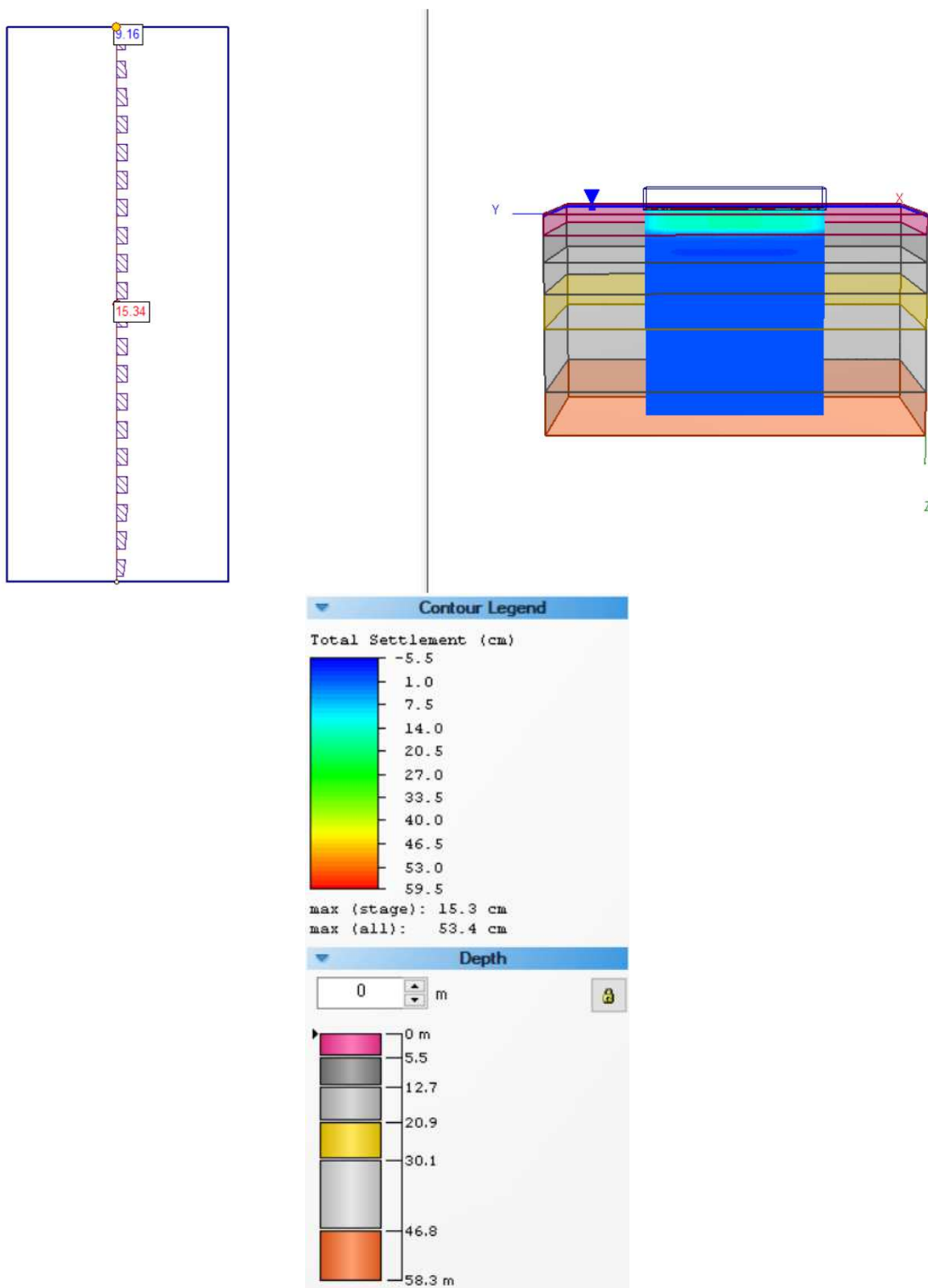


Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

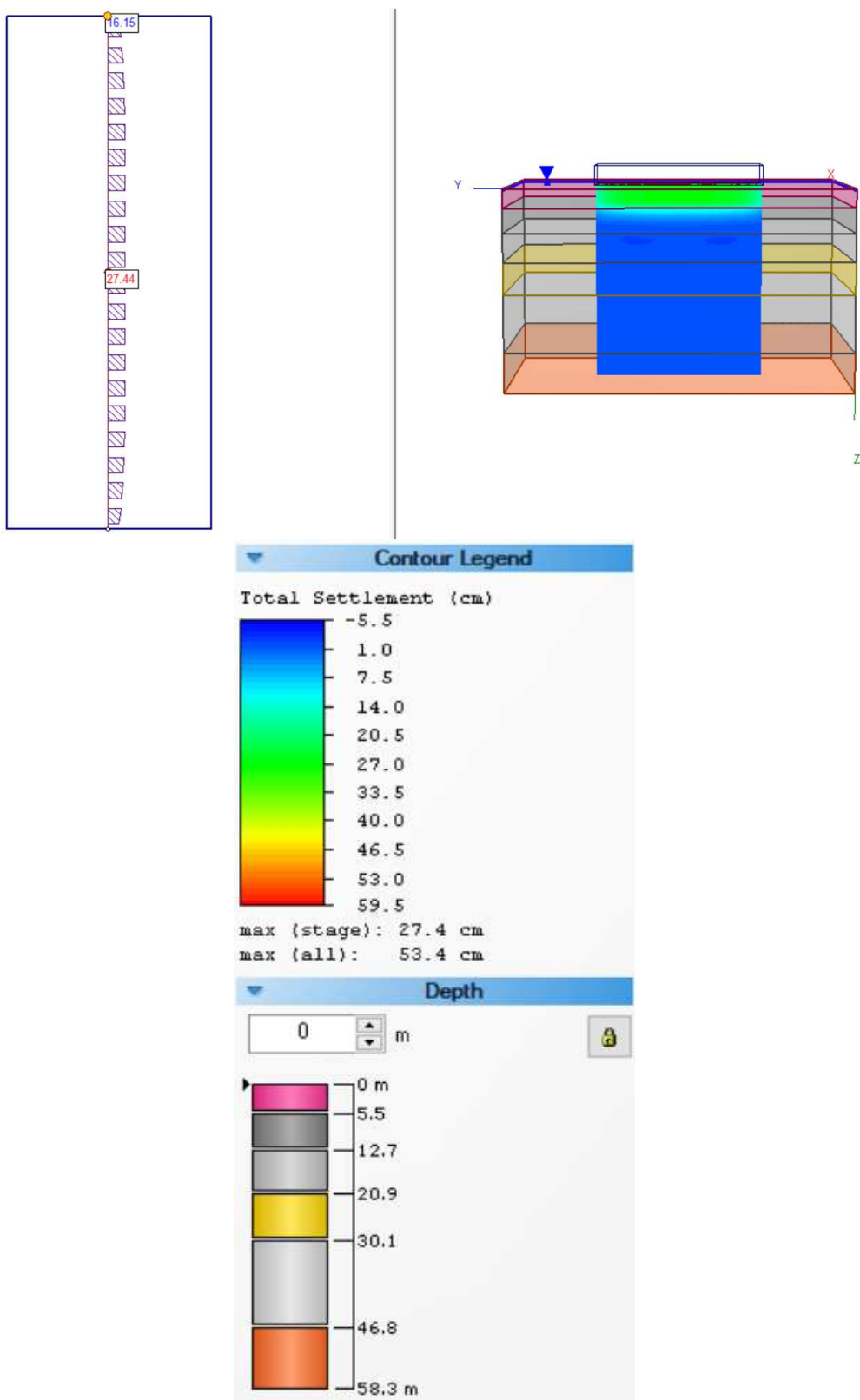
Sezione 01 - PUNTO 2
1 - All'applicazione del carico (114 Kn/m²)



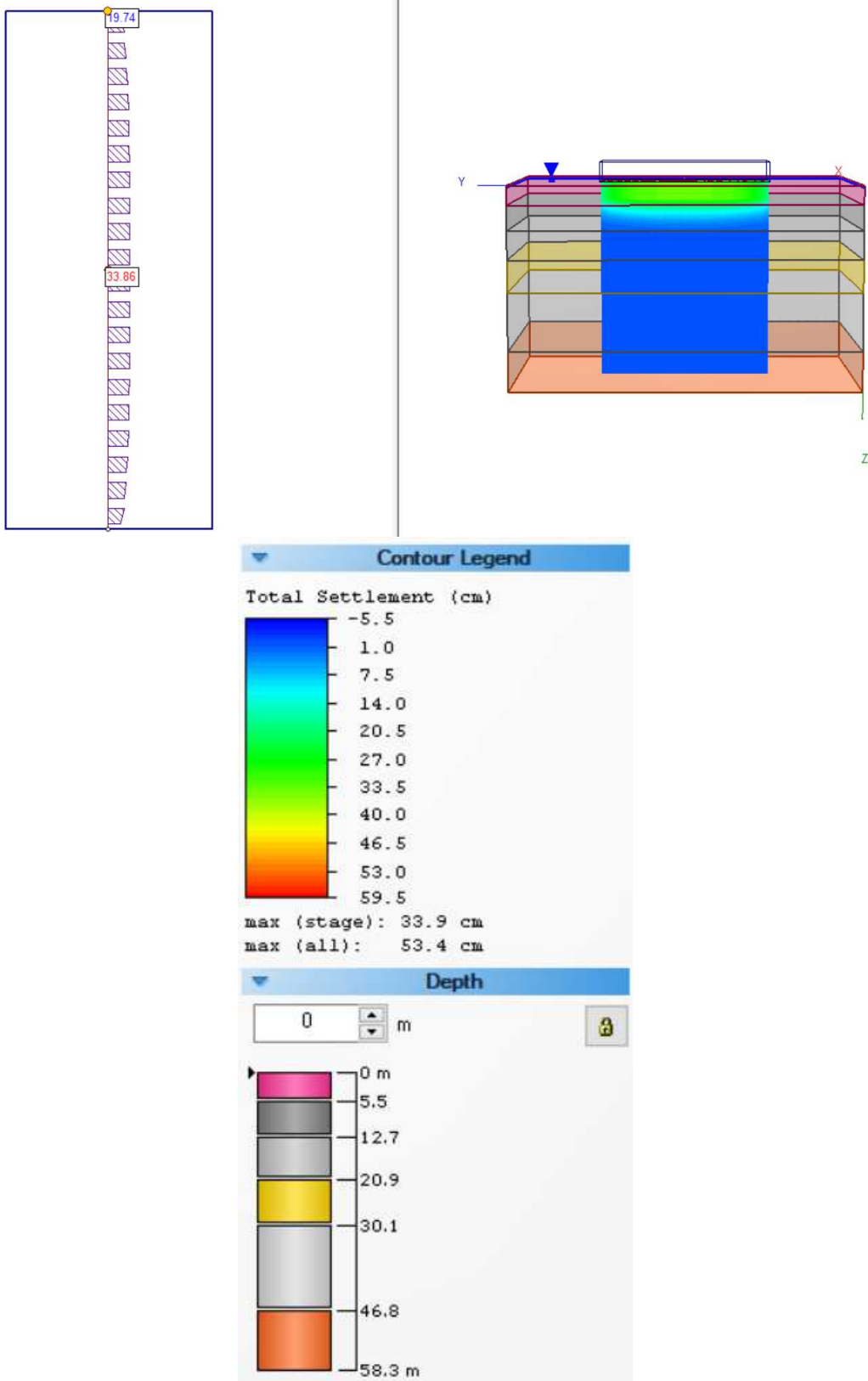
2 - Calcolo dei cedimenti dopo t = 1 anno



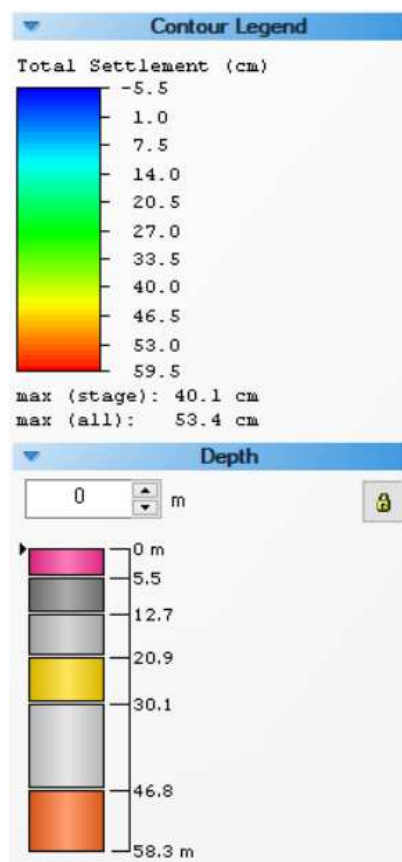
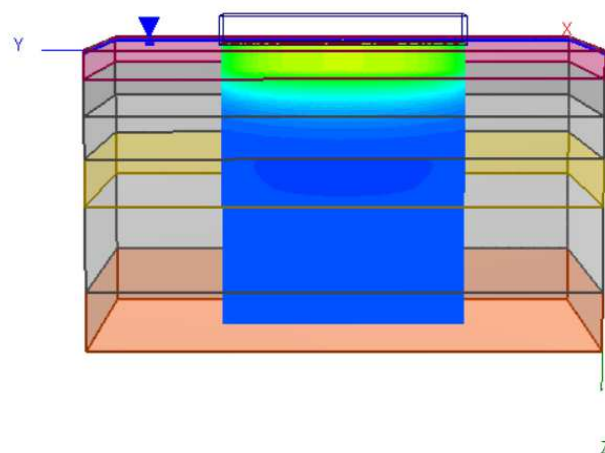
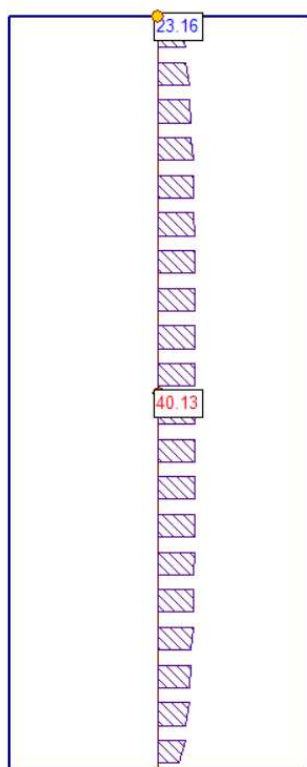
3 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 5$ anni



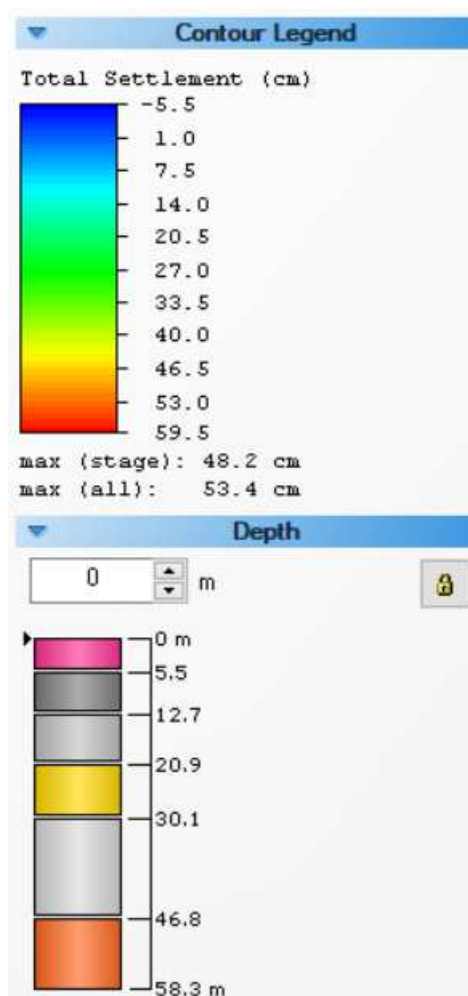
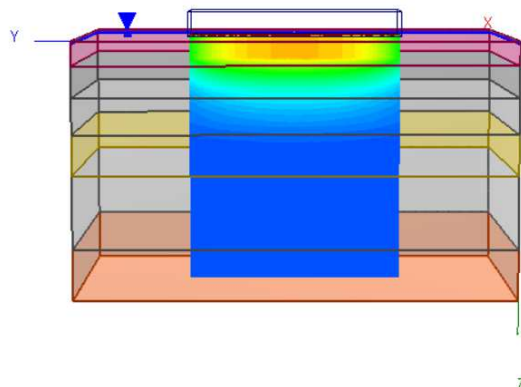
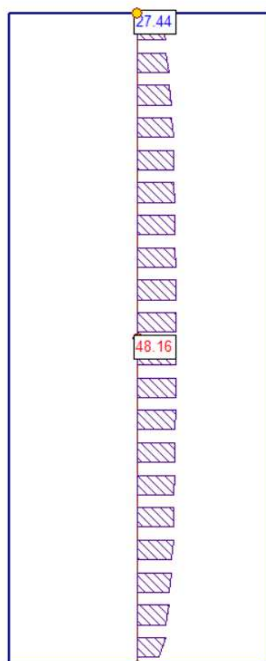
4 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 10$ anni



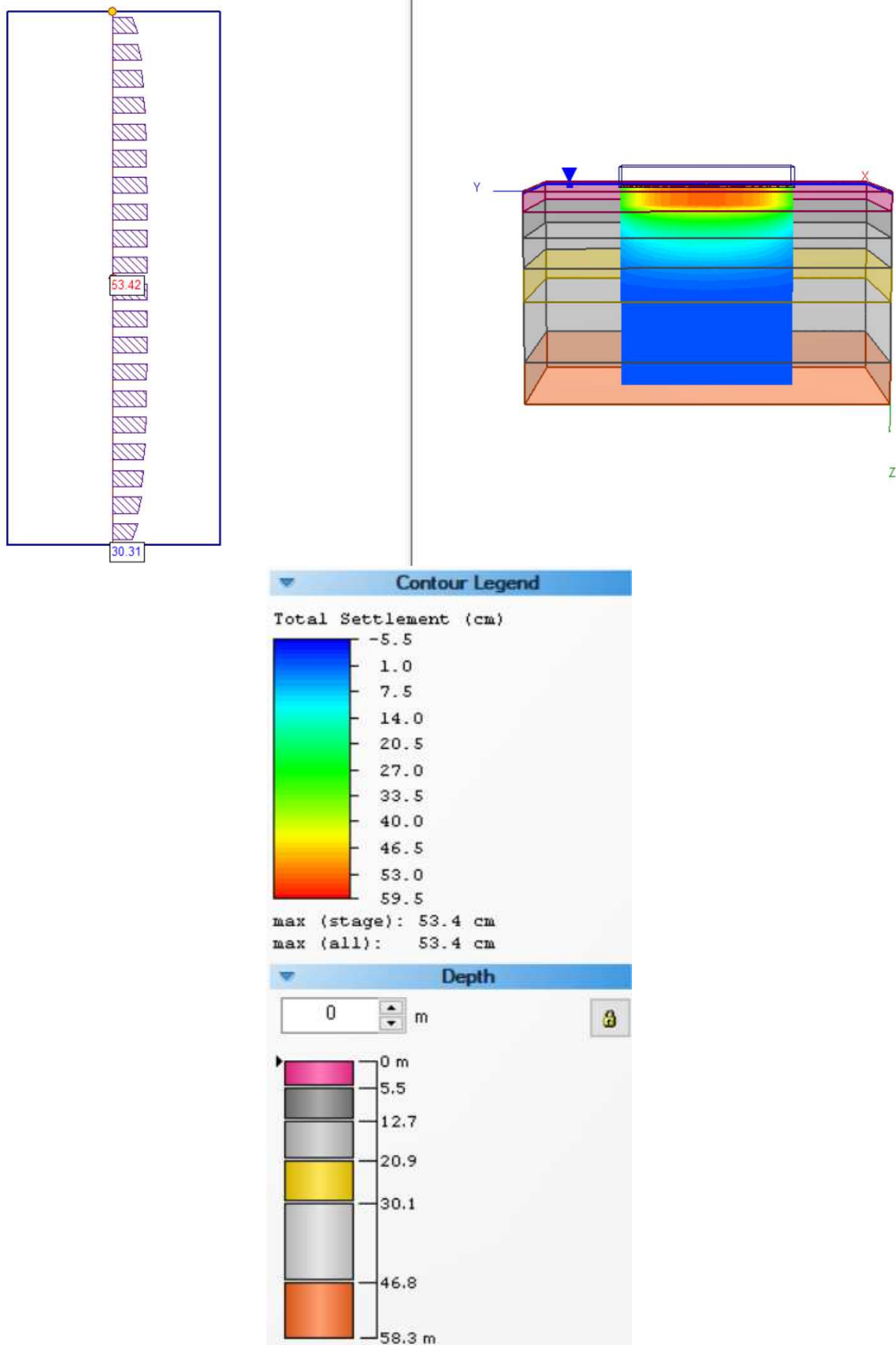
5 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 20$ anni



6 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 50$ anni



7 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 100$ anni

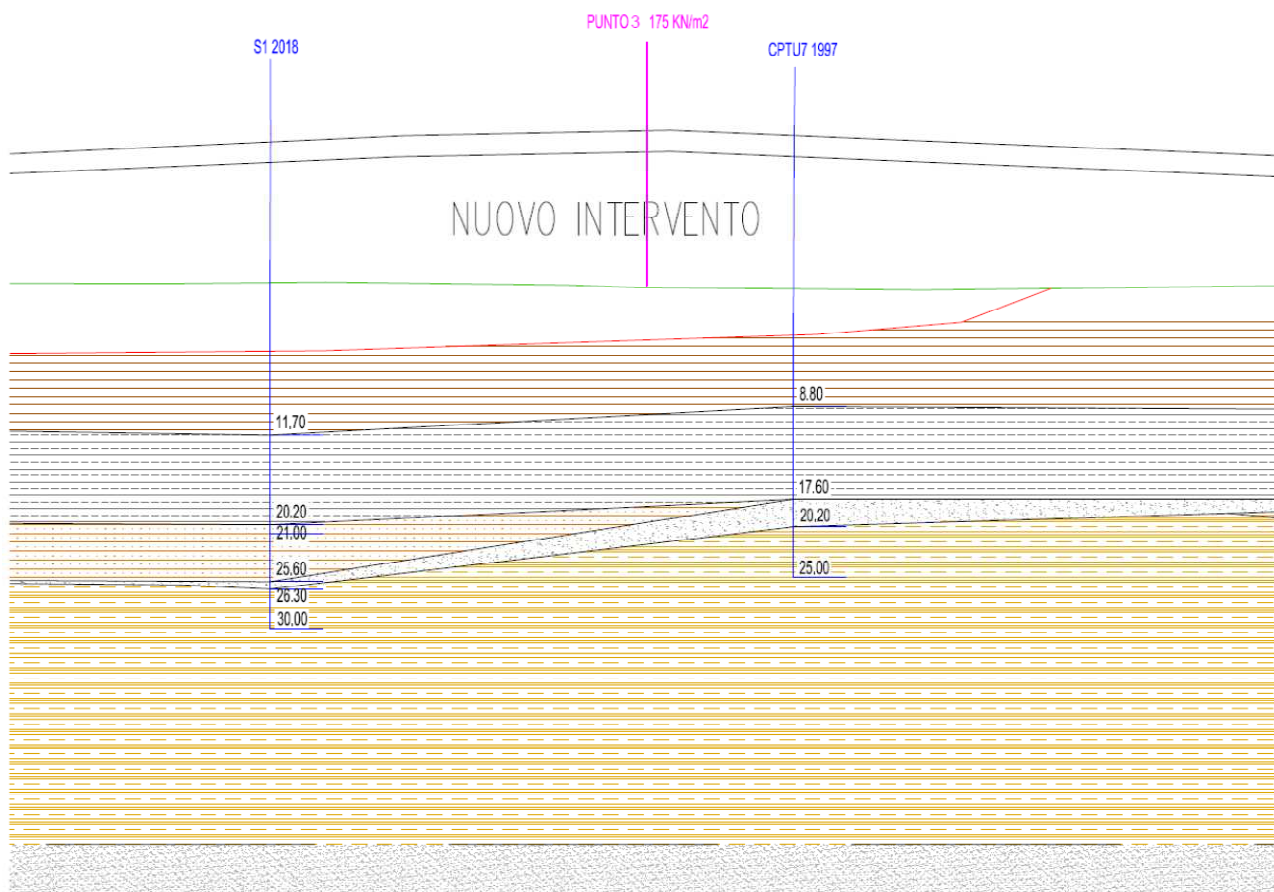


Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

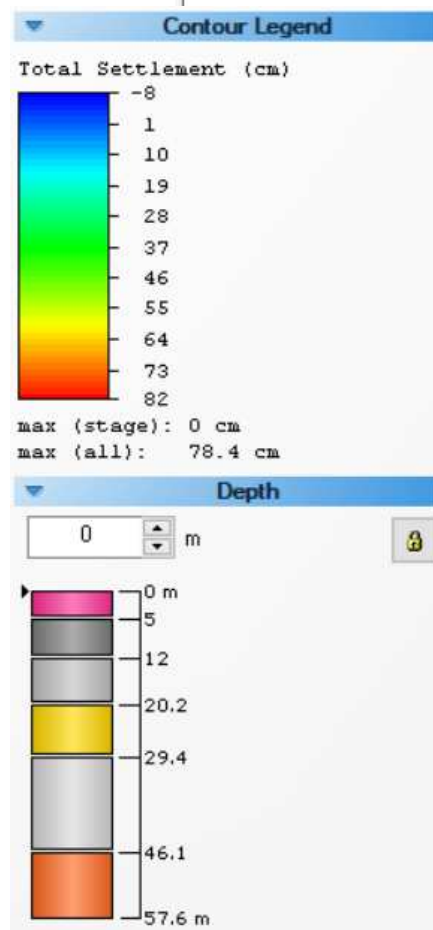
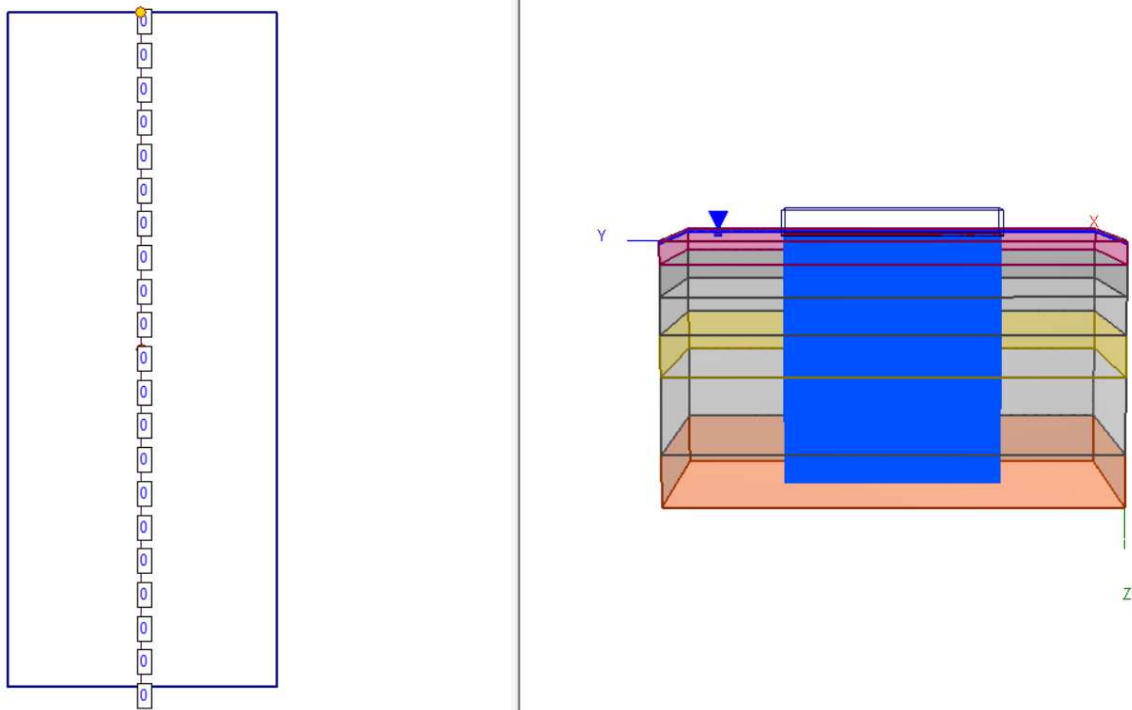
PUNTO 3

CARICO: 175 KN/m² in corrispondenza della sommità della discarica nella parte centrale.

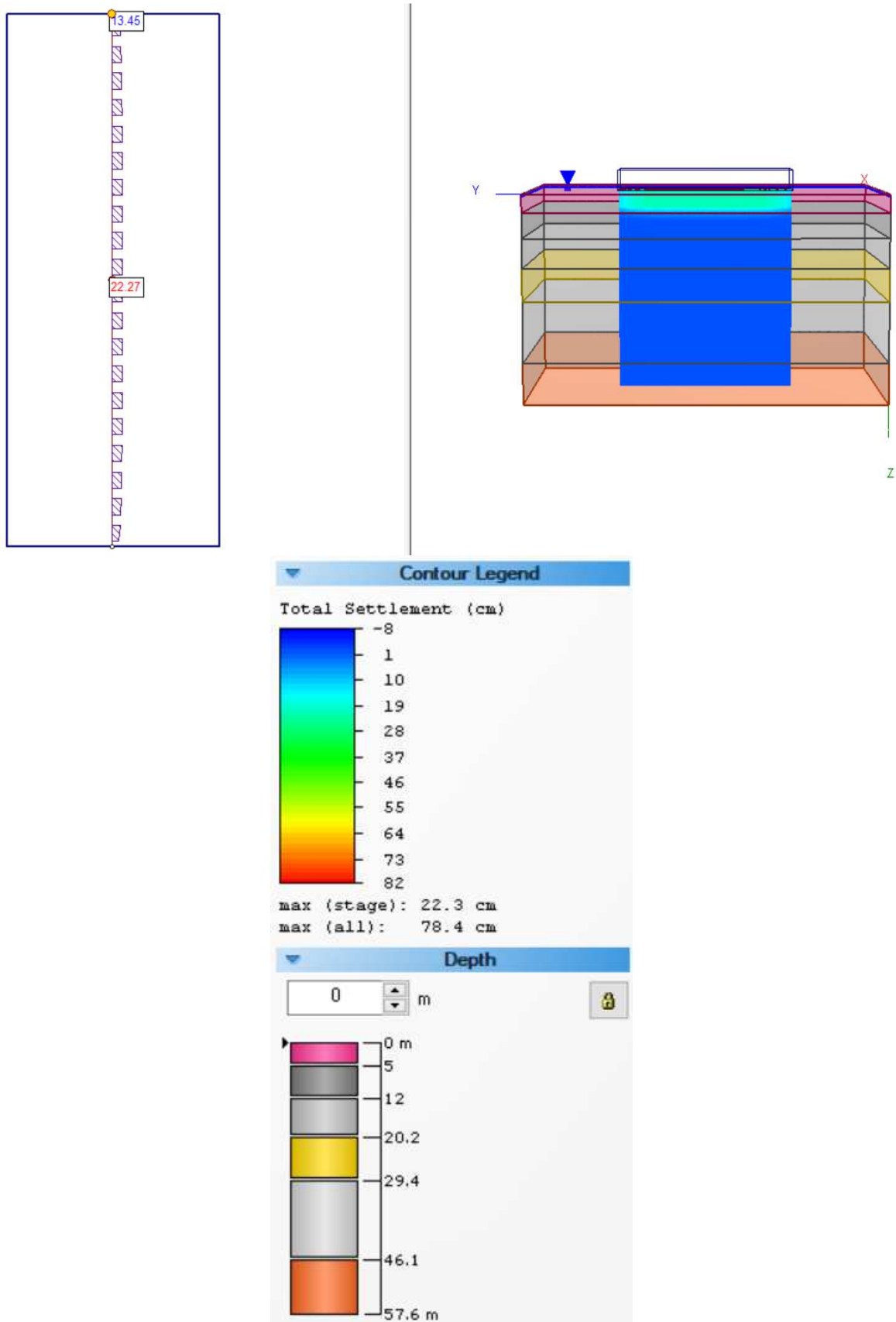
N° di strati	SPESSORE MEDIO (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s)	Modulo edometrico Med (kPa)	Modulo elastico Mv (kPa)	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	Cc	Cr	E0 (MPa)
Primo strato	5.00	Riporto in materiali vari	/	8000	/	13	15	/	/	/
Secondo strato	7.00	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	1.00*10 ⁻³	5700	/	15	19	0.24	0.04	0.86
Terzo strato	8.20	Argille limose compatte	1.61*10 ⁻³	7500	/	16	20	0.16	0.05	0.6
Quarto strato	9.20	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	5.61*10 ⁻⁴	6900	/	13	19	0.35	0.02	0.9
	0.70	Livello di sabbie sciolte								
Quinto strato	16.70	Argille a tratti limose compatte	/	10000	/	17	19.50	0.20	0.025	0.8
Sesto strato	11.50	Sabbie fini	/	/	25000	18	20	/	/	/



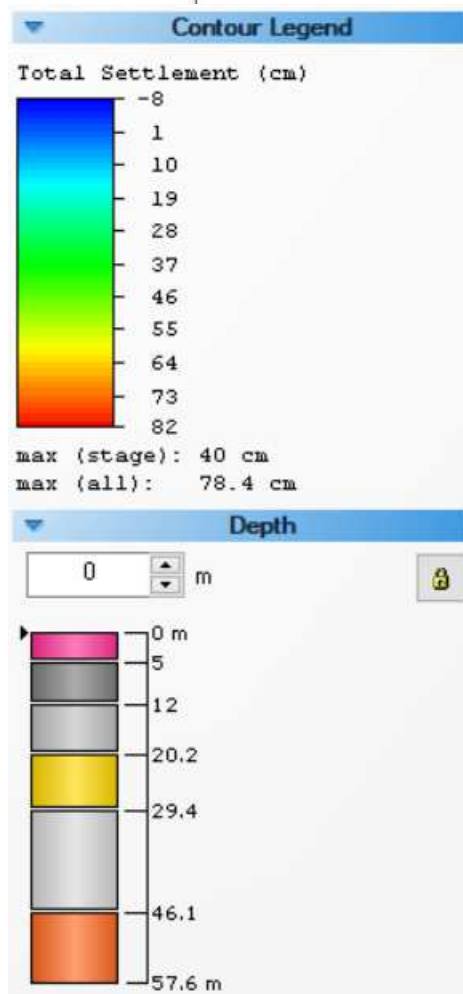
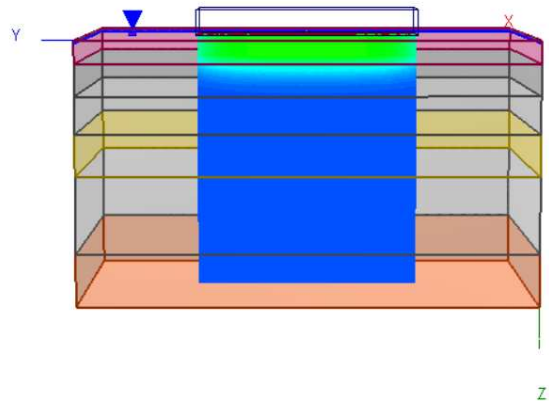
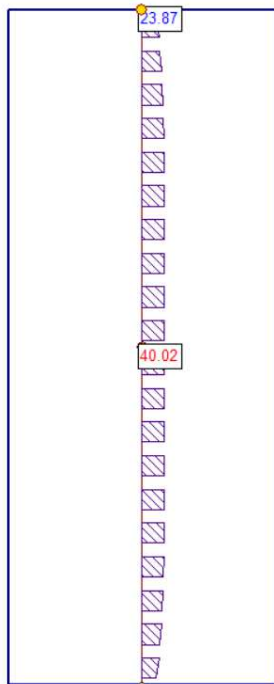
Sezione 01 - PUNTO 3
1 - All'applicazione del carico (175 Kn/m²)



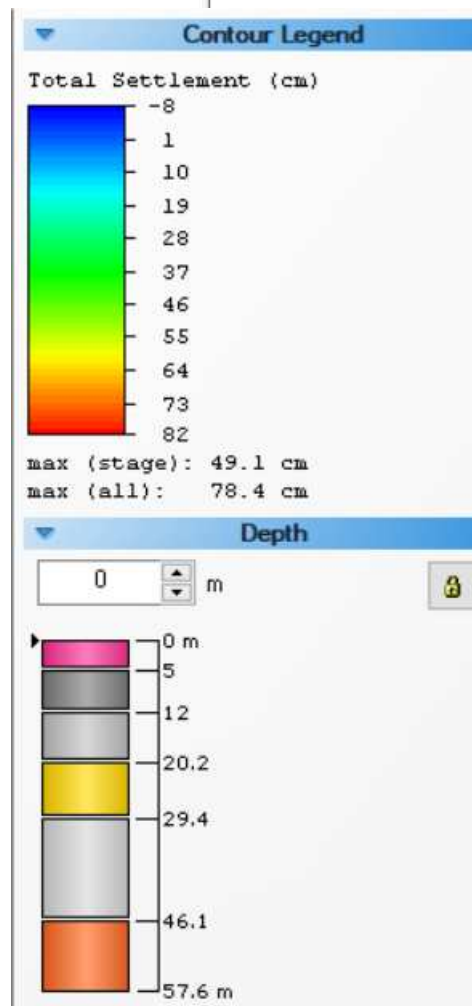
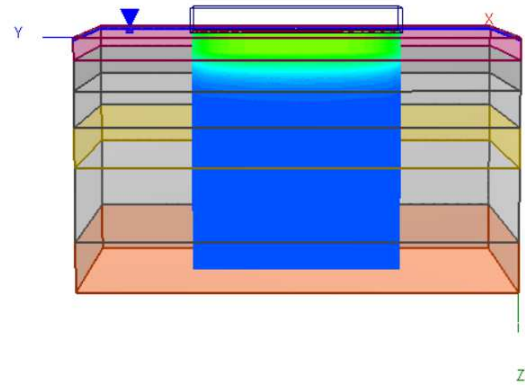
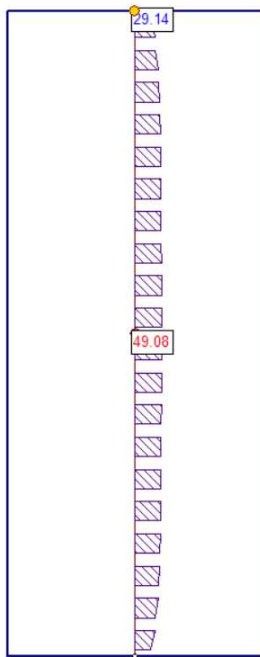
2 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 1$ anno



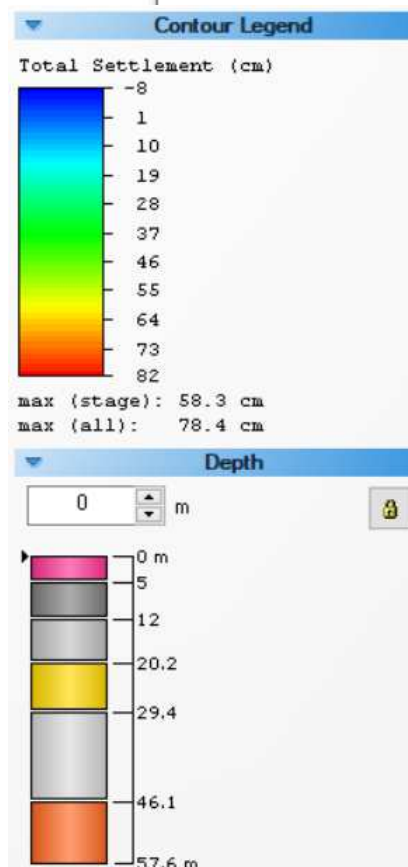
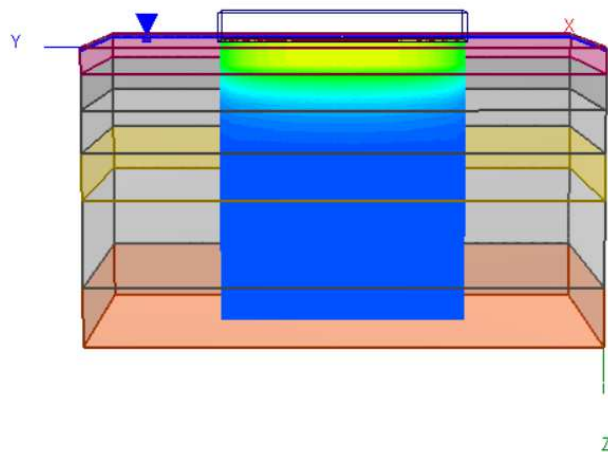
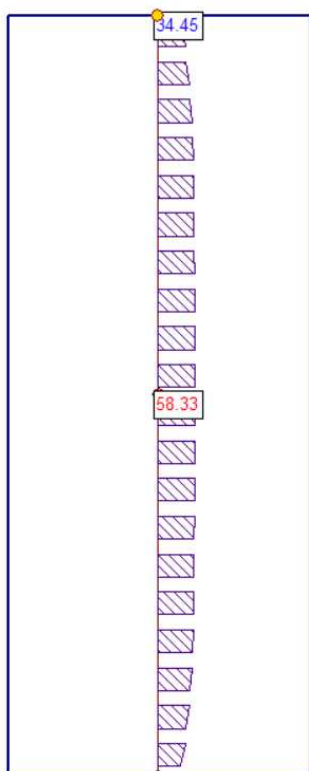
3 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 5$ anni



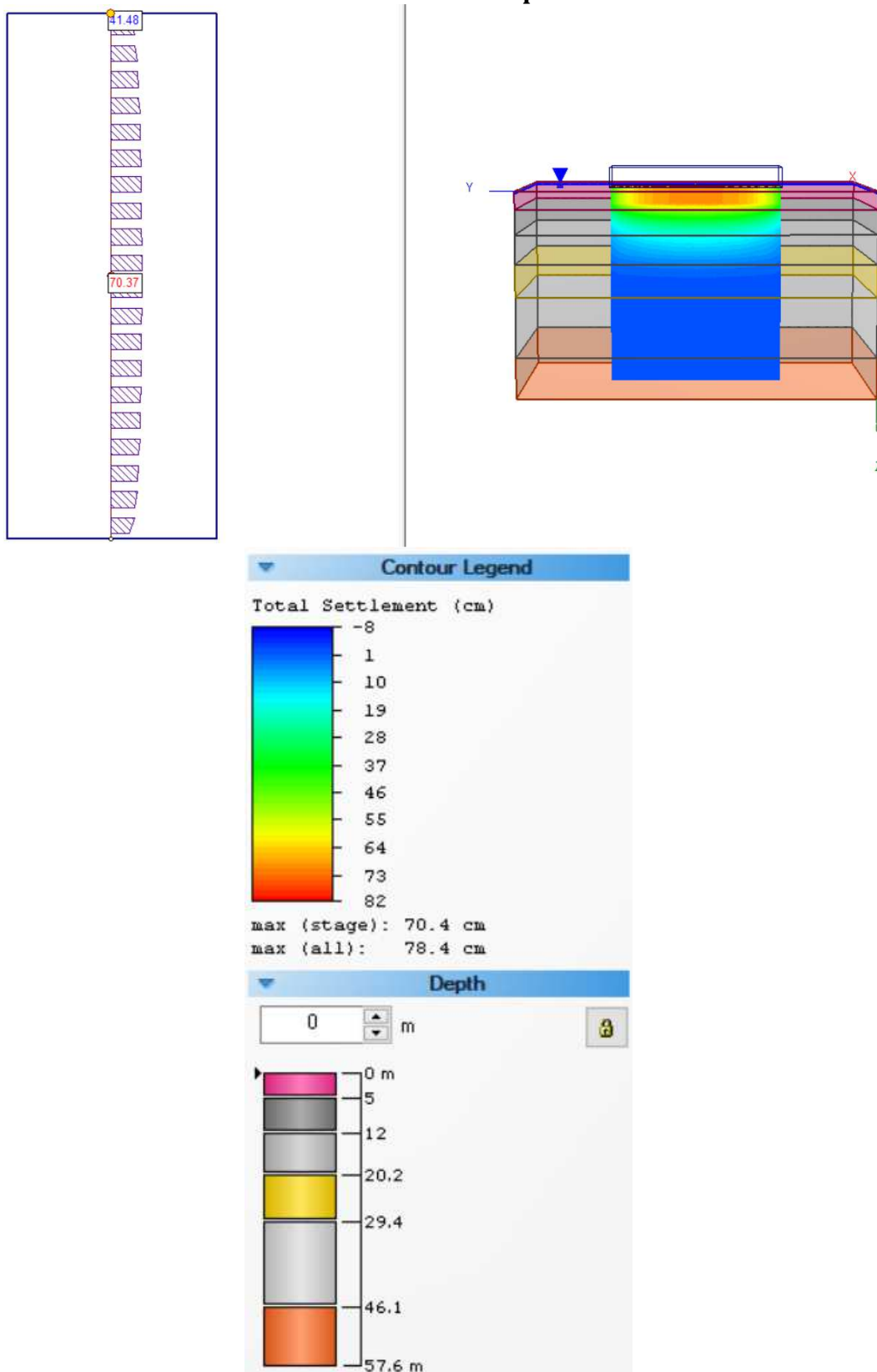
4 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 10$ anni



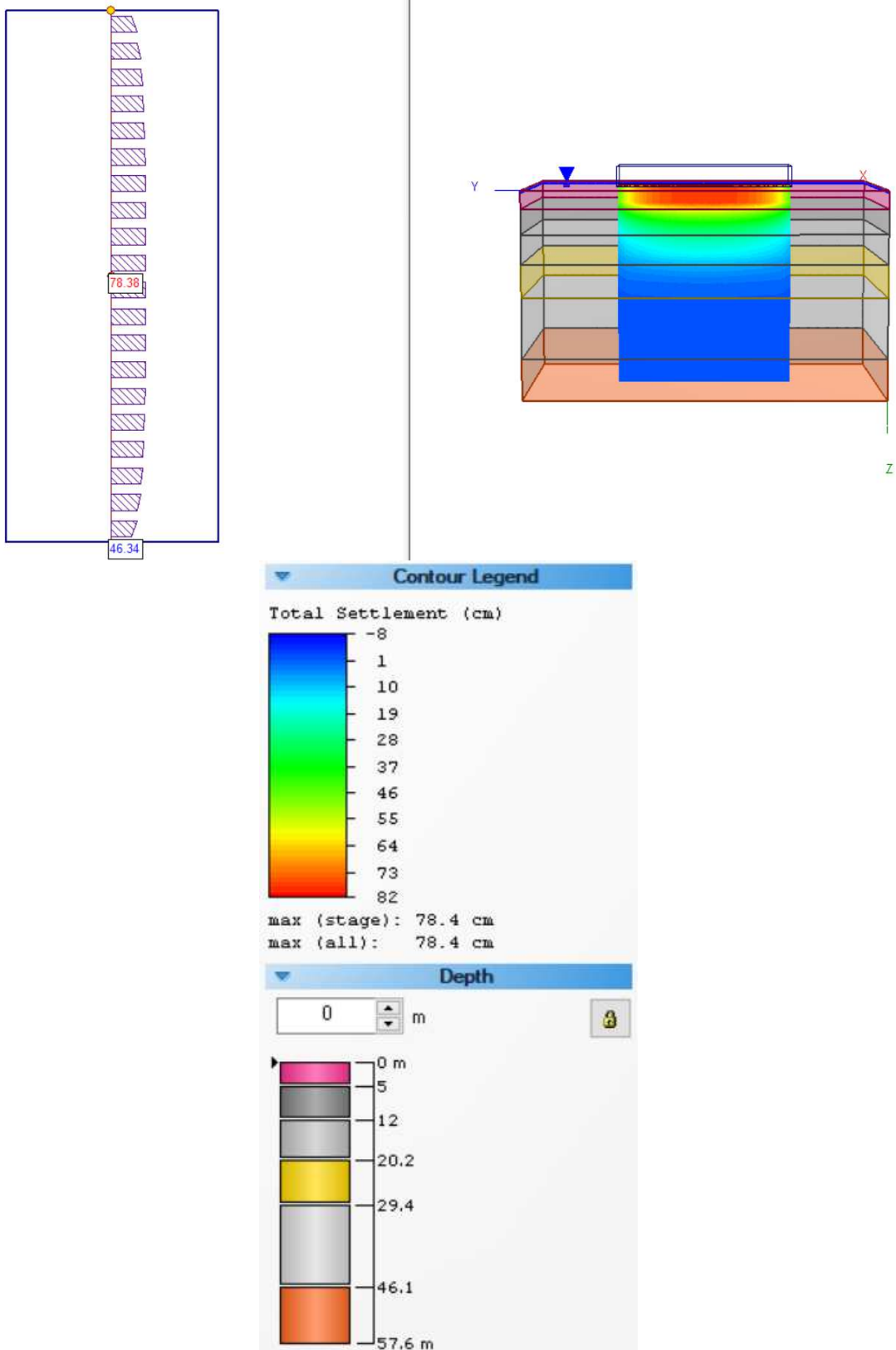
5 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 20$ anni



6 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 50$ anni



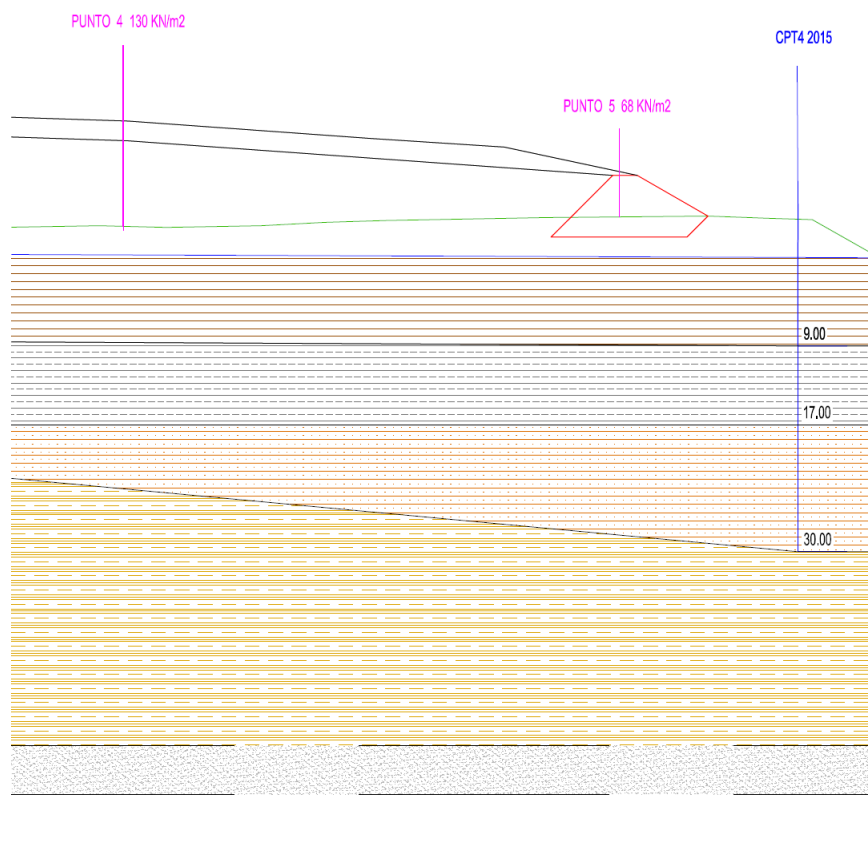
7 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 100$ anni



PUNTO 4

CARICO: 130 KN/m² in corrispondenza della sommità della discarica lato sud.

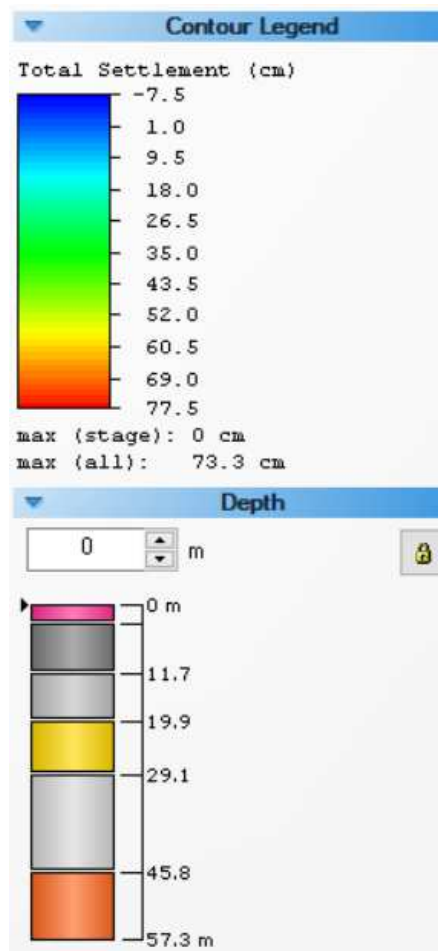
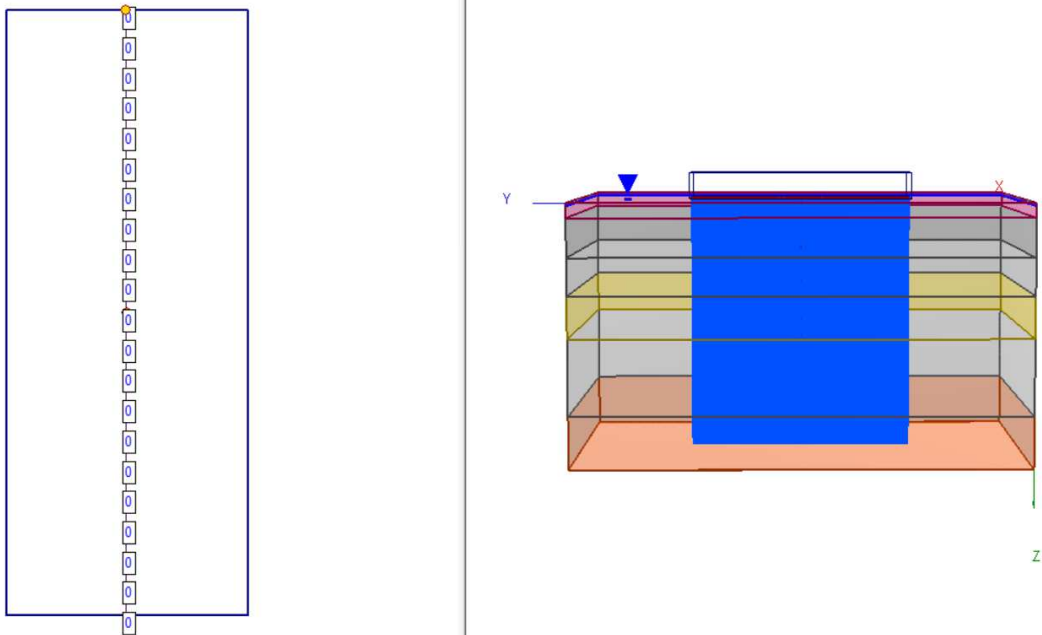
N° di strati	SPESSORE MEDIO (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s)	Modulo edometrico Med (kPa)	Modulo elastico Mv (kPa)	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	Cc	Cr	E0 (MPa)
Primo strato	3.20	Riporto in materiali vari	/	8000	/	13	15	/	/	/
Secondo strato	8.50	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	1.00*10 ⁻³	5700	/	15	19	0.24	0.04	0.86
Terzo strato	8.20	Argille limose compatte	1.61*10 ⁻³	7500	/	16	20	0.16	0.05	0.6
Quarto strato	9.20	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	5.61*10 ⁻⁴	6900	/	13	19	0.35	0.02	0.9
	0.70	Livello di sabbie sciolte								
Quinto strato	16.70	Argille a tratti limose compatte	/	10000	/	17	19.50	0.20	0.025	0.8
Sesto strato	11.50	Sabbie fini	/	/	25000	18	20	/	/	/



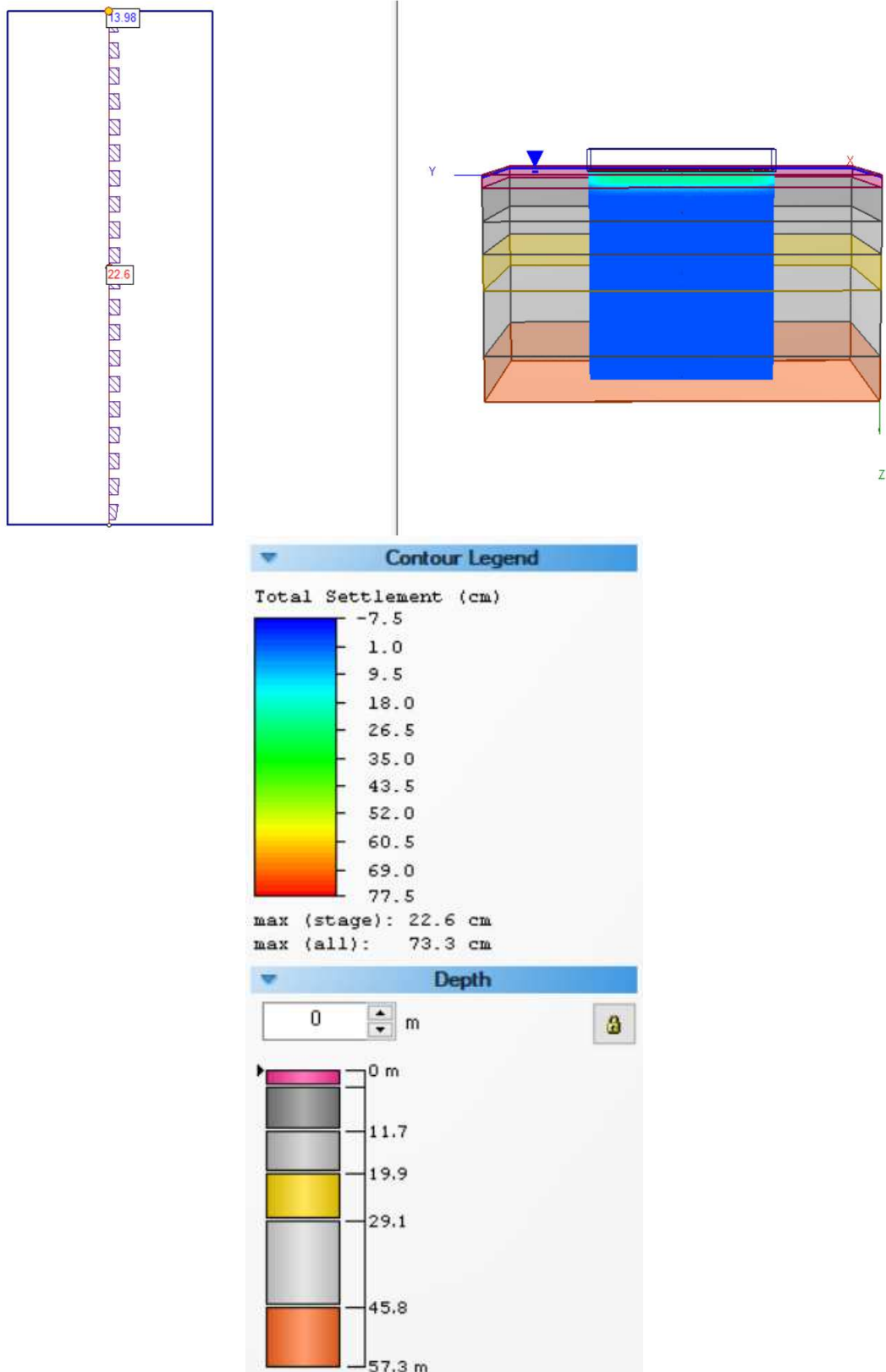
SUD

PUNTO 4

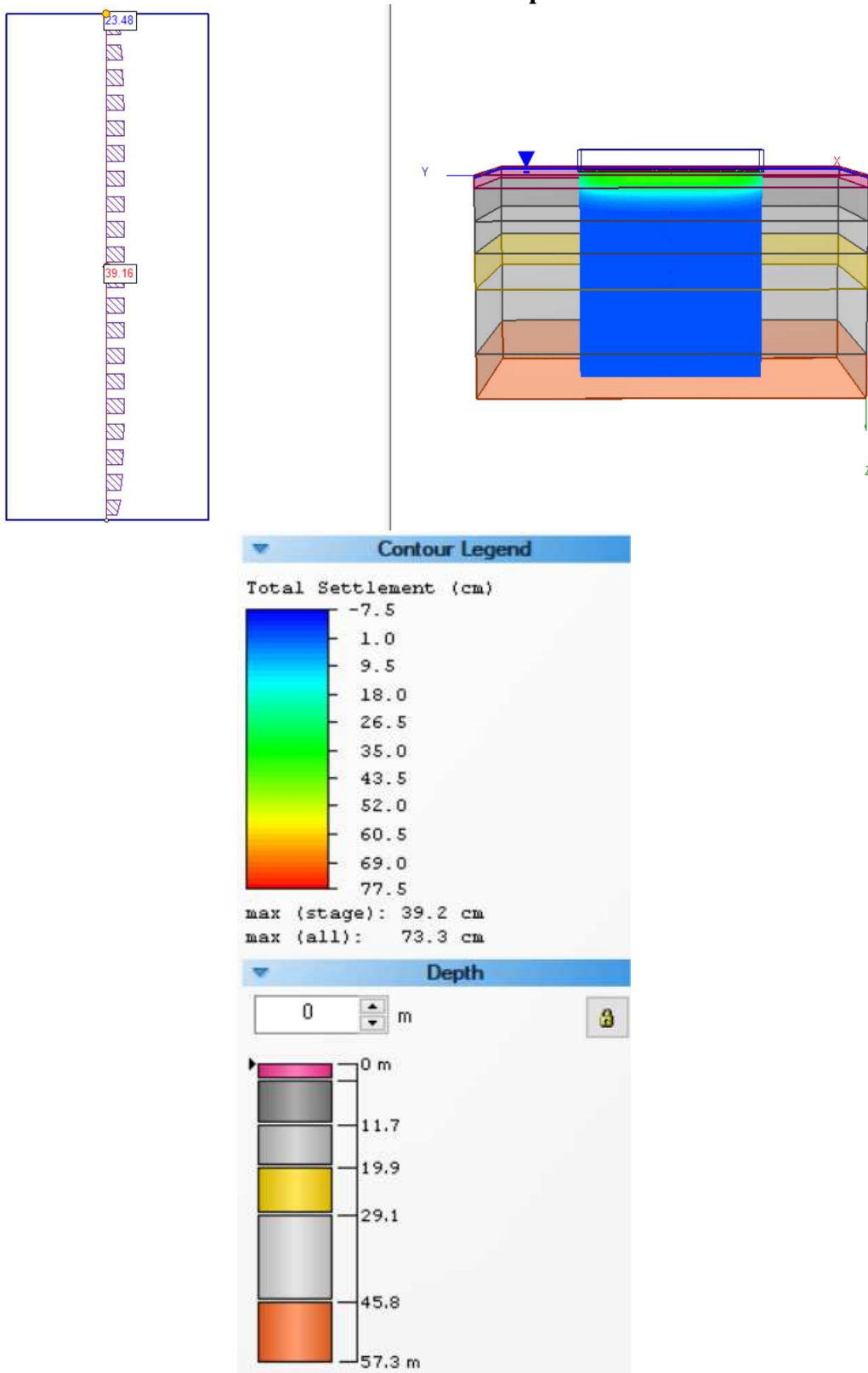
1 - All'applicazione del carico (130 Kn/m²)



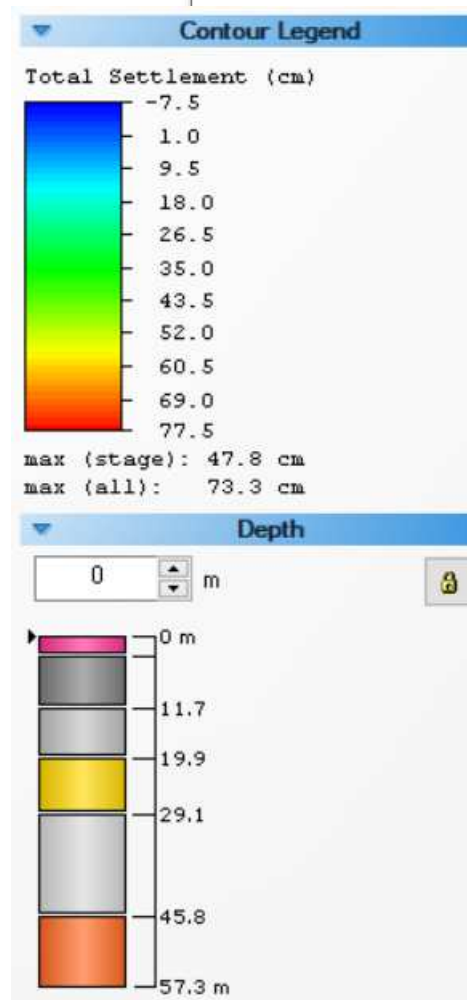
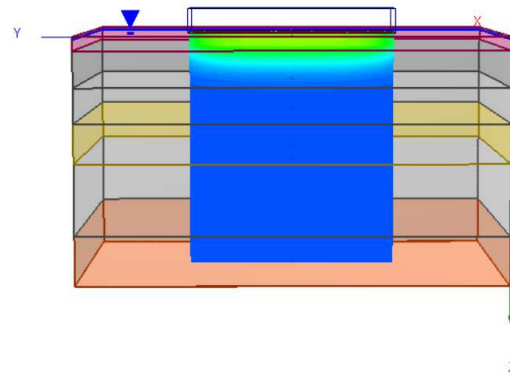
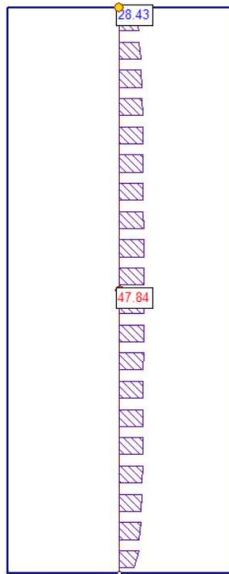
2 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 1$ anno



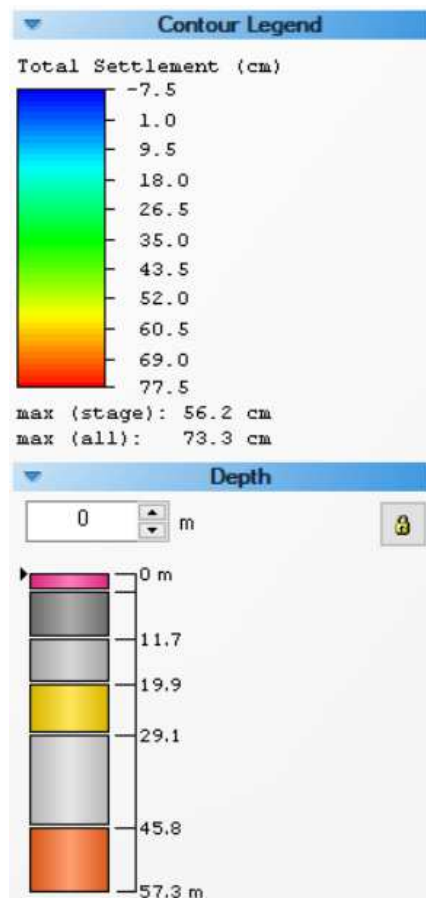
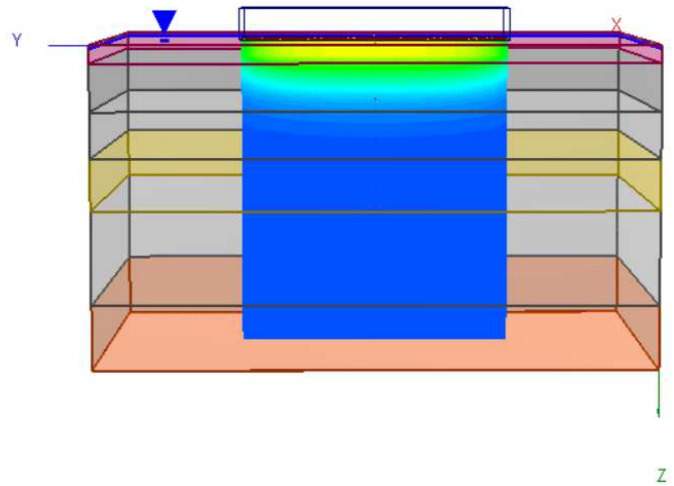
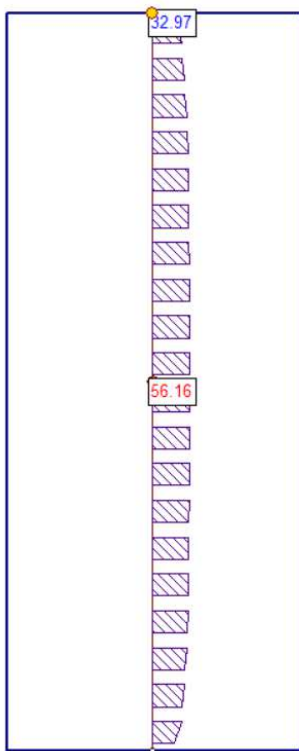
3 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 5$ anni



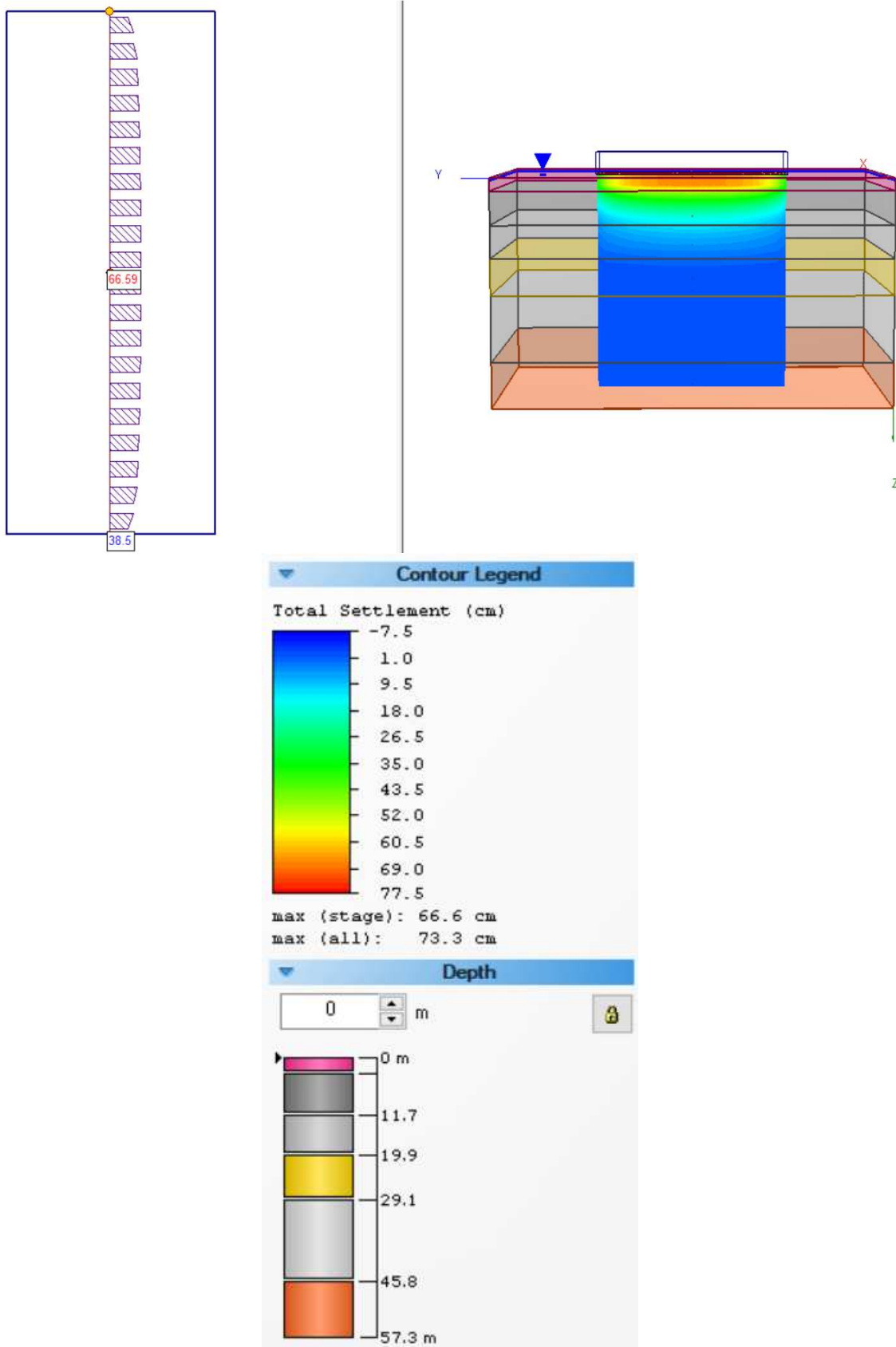
4 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 10$ anni



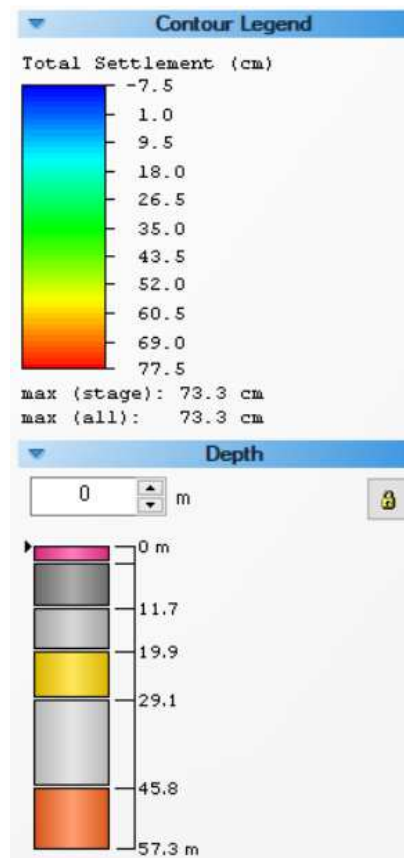
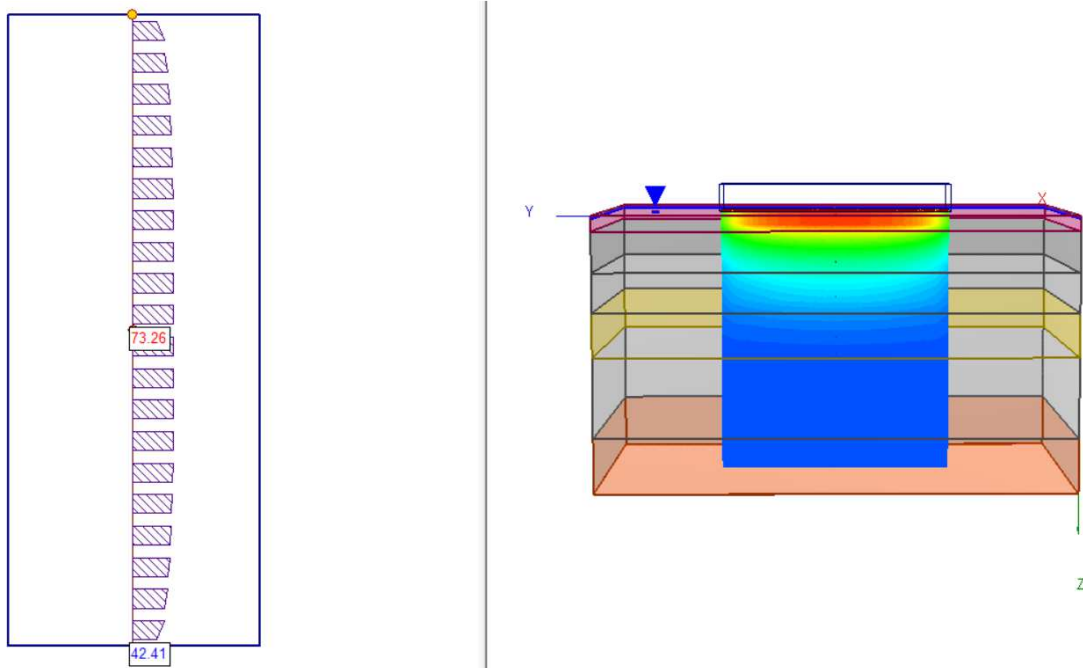
5 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 20$ anni



6 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 50$ anni



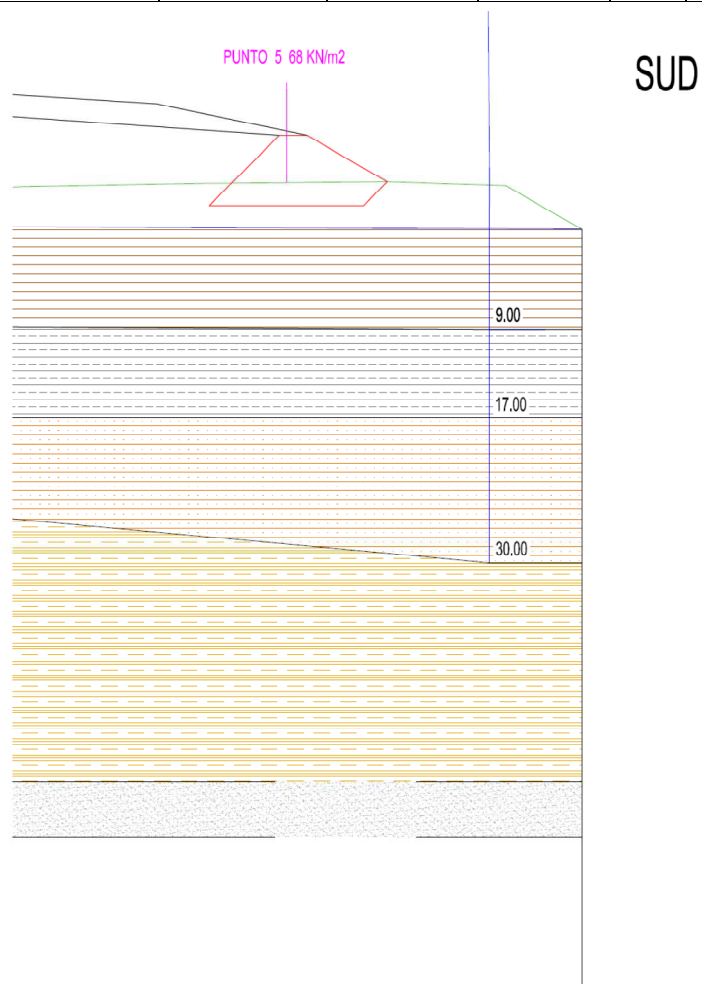
7 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 100$ anni



PUNTO 5

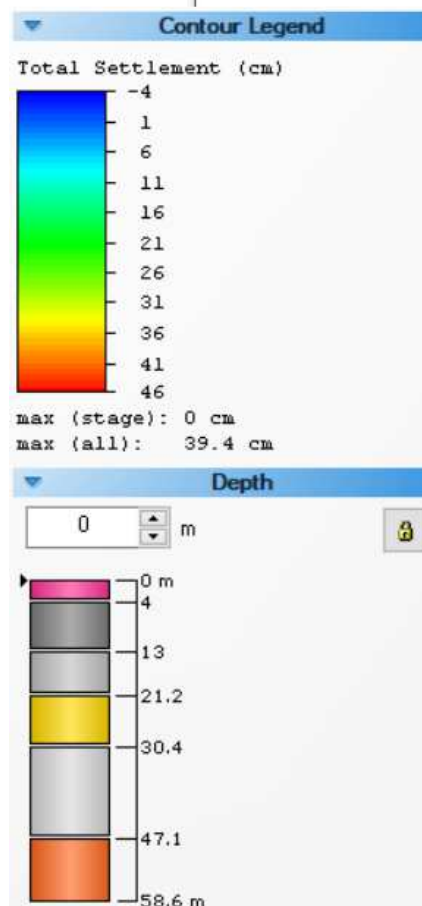
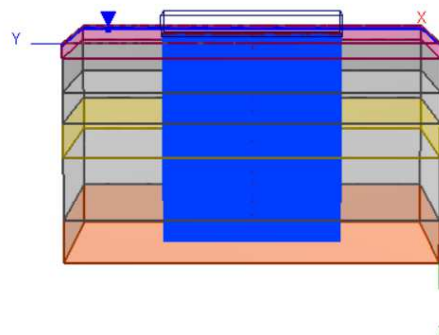
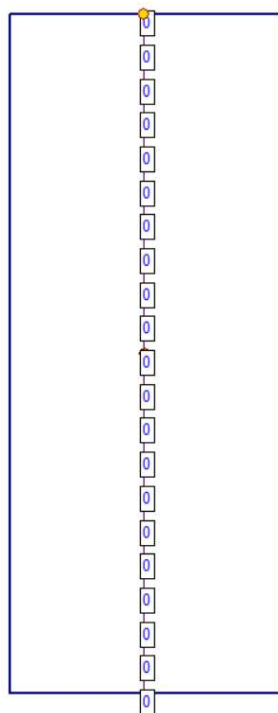
CARICO: 68 KN/m² in corrispondenza della sommità del rilevato SUD

N° di strati	SPESSORE MEDIO (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s)	Modulo edometrico Med (kPa)	Modulo elastico Mv (kPa)	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	Cc	Cr	E0 (MPa)
Primo strato	4.00	Riporto in materiali vari	/	8000	/	13	15	/	/	/
Secondo strato	9.00	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	1.00*10 ⁻³	5700	/	15	19	0.24	0.04	0.86
Terzo strato	8.20	Argille limose compatte	1.61*10 ⁻³	7500	/	16	20	0.16	0.05	0.6
Quarto strato	9.20	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	5.61*10 ⁻⁴	6900	/	13	19	0.35	0.02	0.9
	0.70	Livello di sabbie sciolte								
Quinto strato	16.70	Argille a tratti limose compatte	/	10000	/	17	19.50	0.20	0.025	0.8
Sesto strato	11.50	Sabbie fini	/	/	25000	18	20	/	/	/



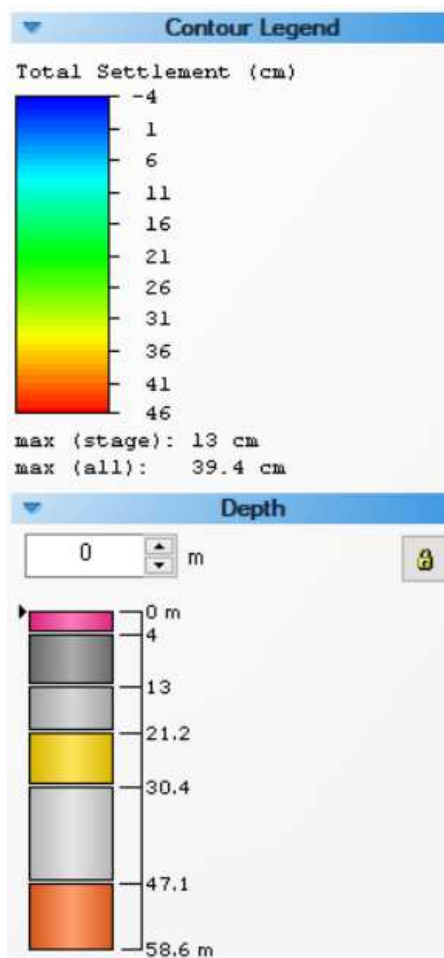
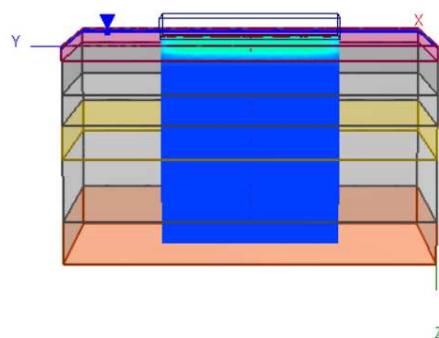
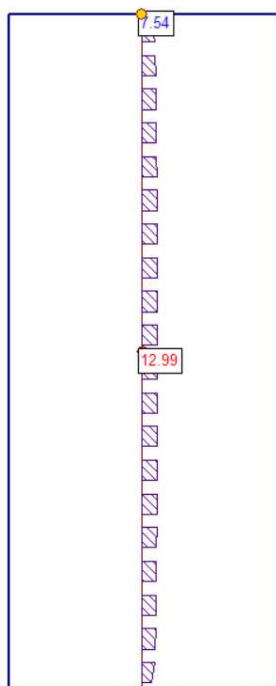
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

Sezione 01 . PUNTO 5 RILEVATO SUD
1 - All'applicazione del carico (68 Kn/m²)



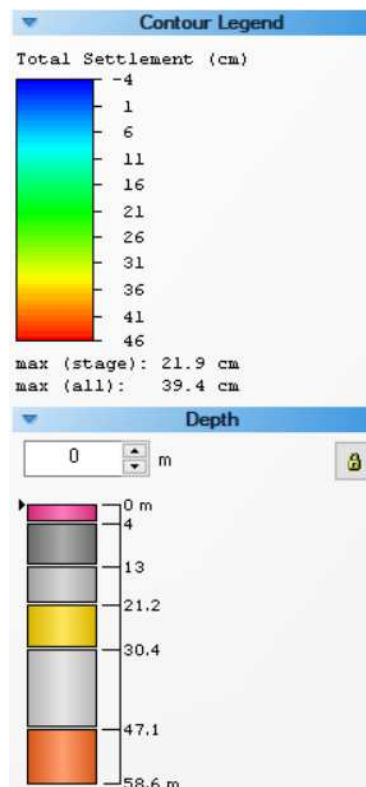
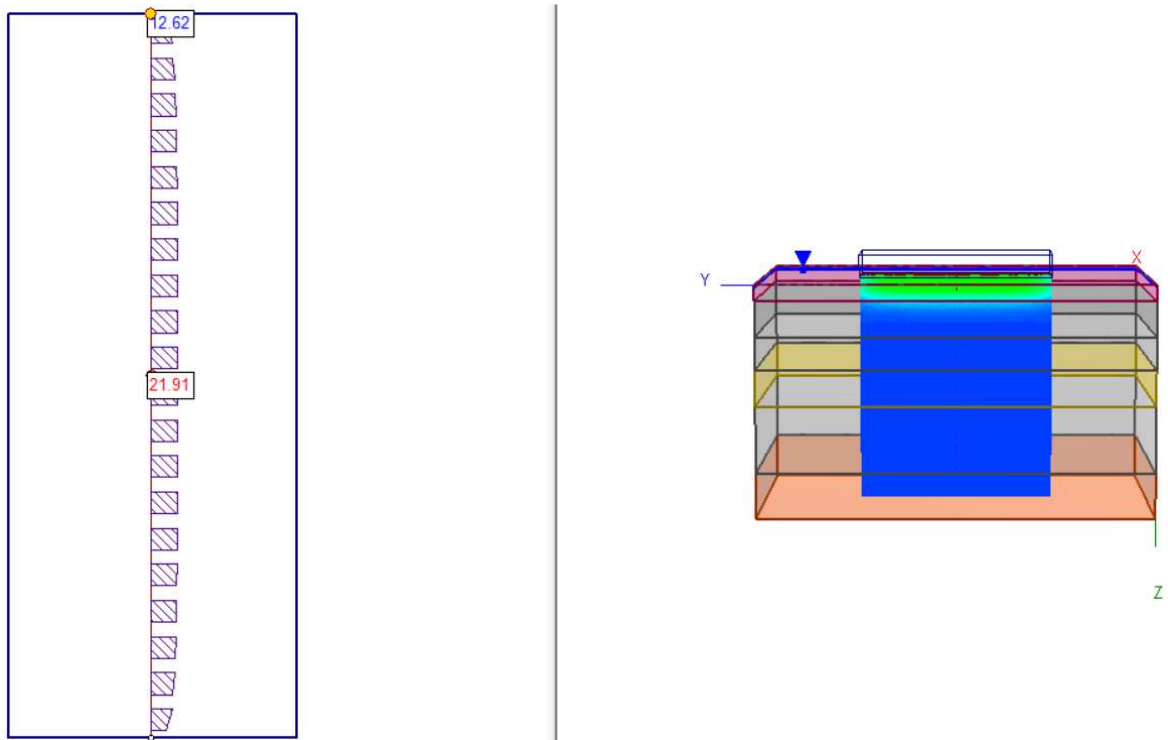
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

2 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 1$ anno

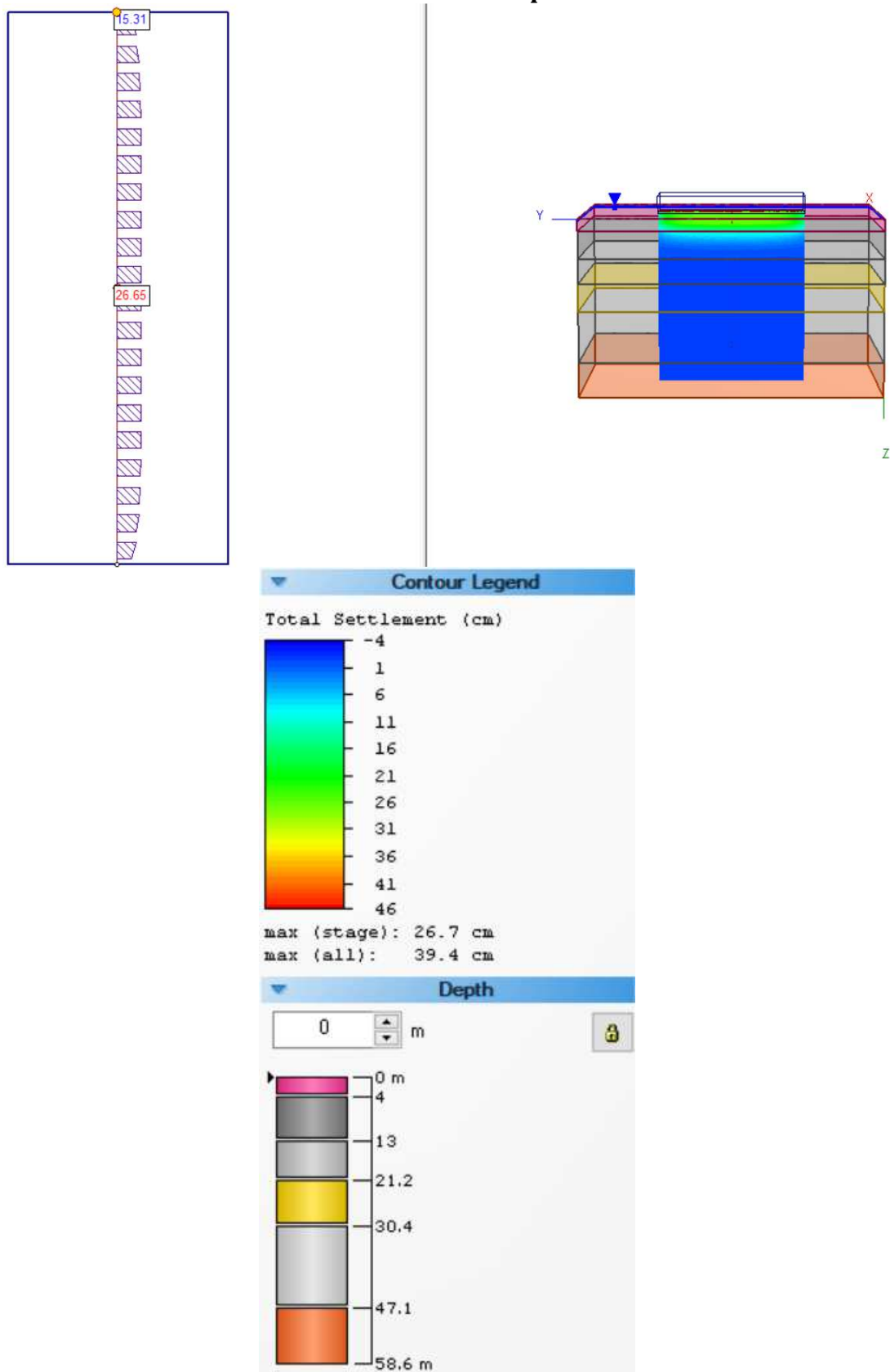


Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170 - Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

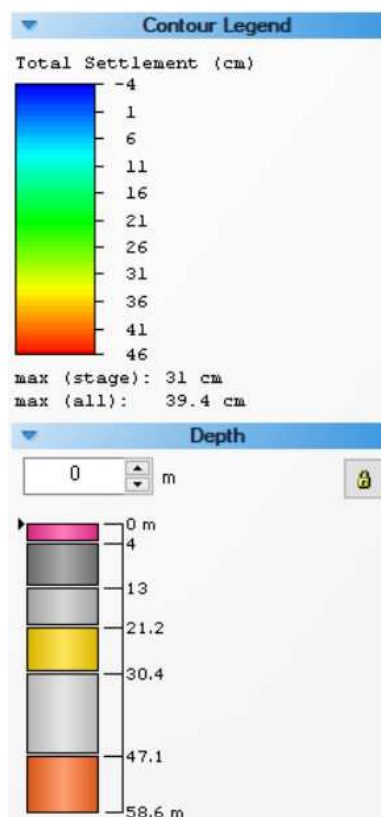
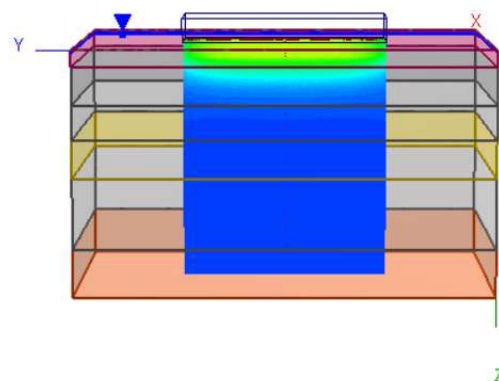
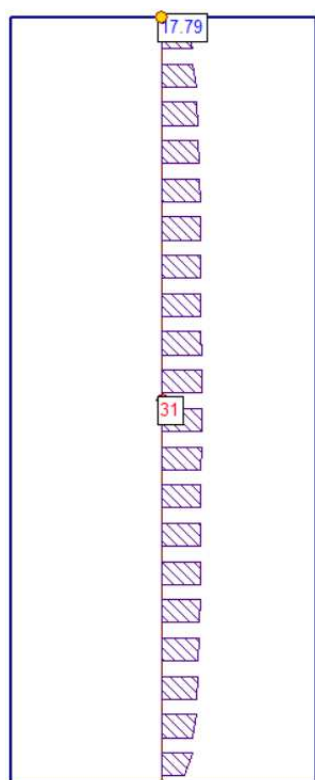
3 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 5$ anni



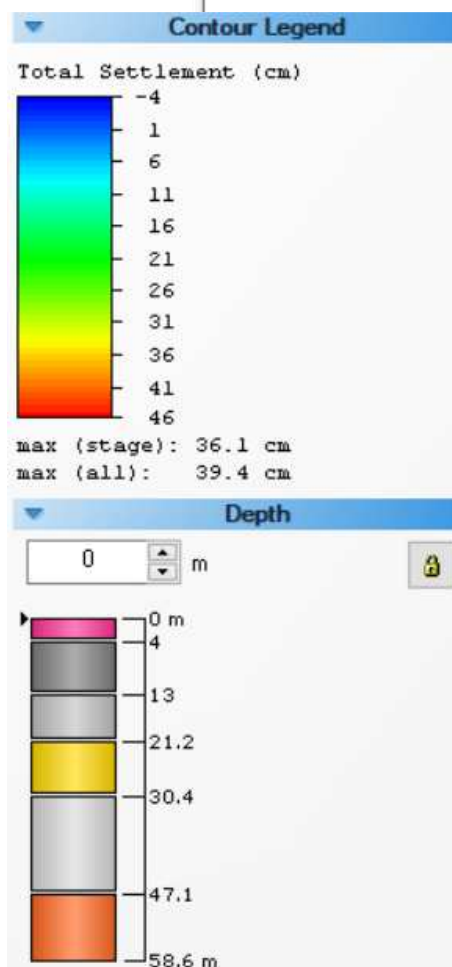
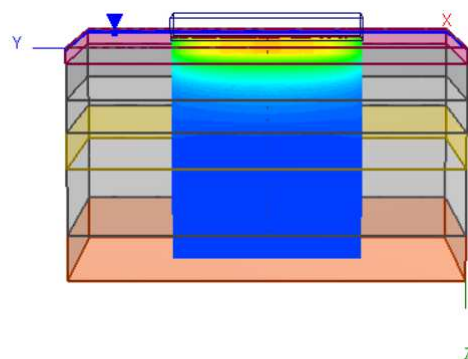
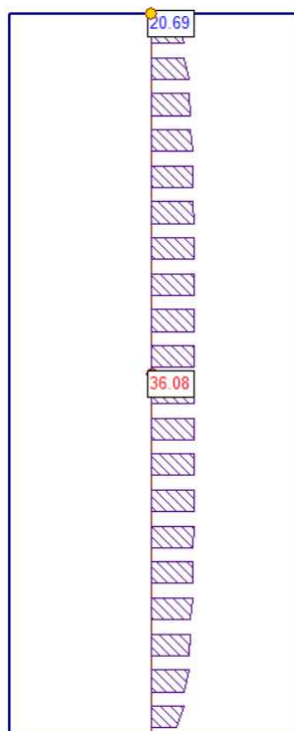
4 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 10$ anni



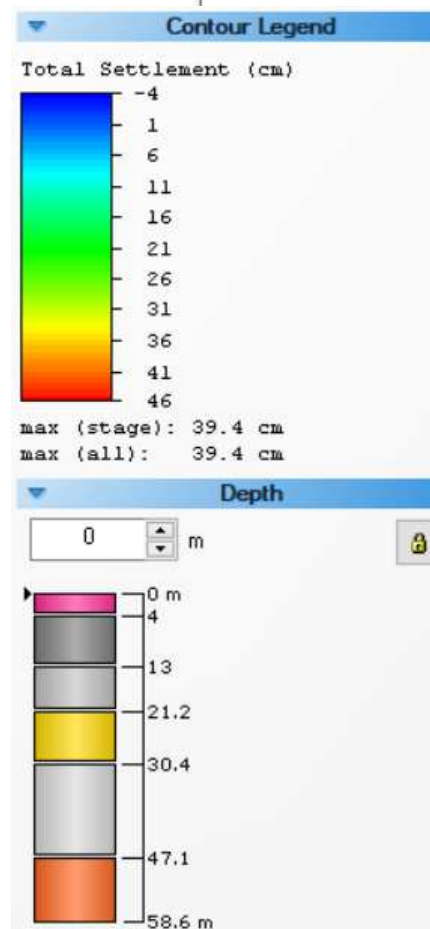
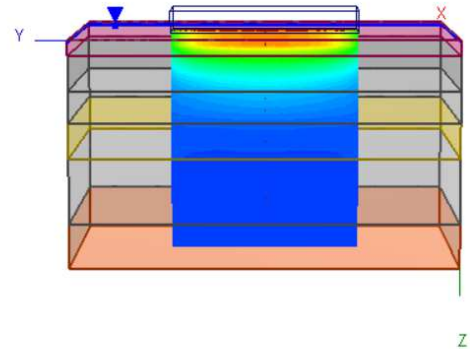
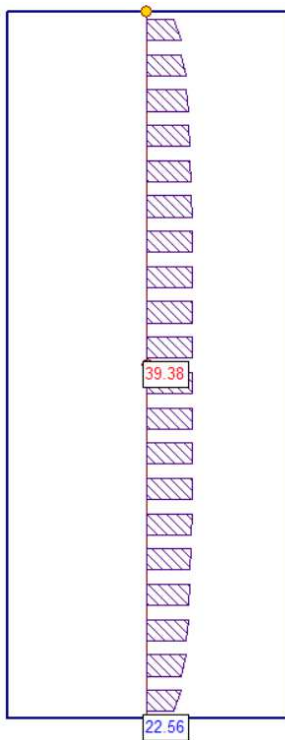
5 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 20$ anni



6 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 50$ anni



7 - Calcolo dei cedimenti dopo $t = 100$ anni



Si sintetizzano nella tabella di seguito i cedimenti dopo un tempo di 5 anni dall'inizio del conferimento rifiuti del nuovo progetto, dopo 50 anni e dopo 100 anni, quando i cedimenti saranno esauriti, per il profilo della discarica NORD - SUD.

PUNTI	CARICHI APPLICATI (KN/m ²)	CEDIMENTI DOPO 5 anni da piano di conferimento (cm)	CEDIMENTI DOPO 50 anni da piano di conferimento (cm)	CEDIMENTI DOPO 100 anni da piano conferimento (completamente esauriti) (cm)
1 RILEVATO ARGINALE LATO NORD	119	50,4	80.9	87.91
2	114	27,44	48,16	53,42
3	175	40	70,37	78,38
4	130	39,16	66,59	73,26
5 RILEVATO ARGINALE LATO SUD	68	21.9	36.08	39.38

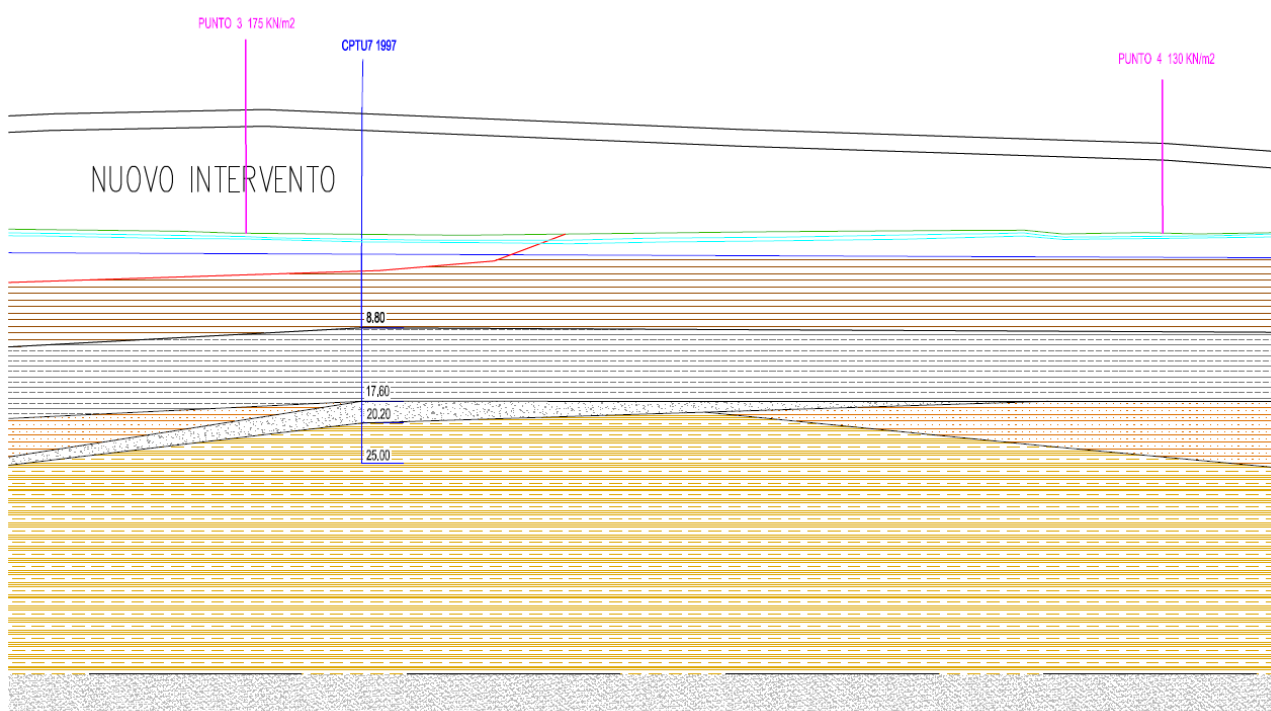
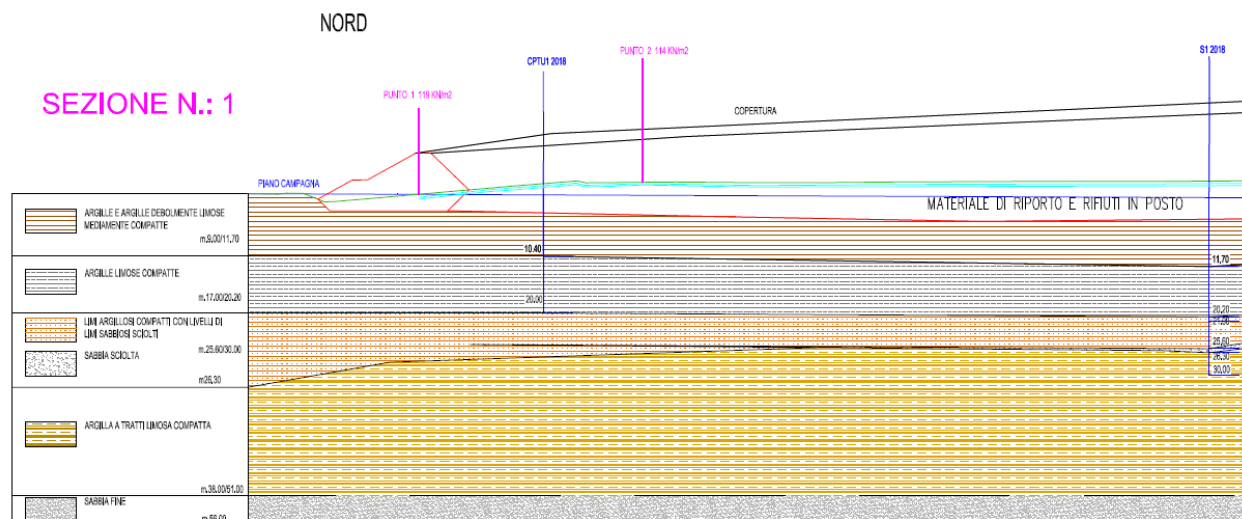
Cedimenti sezione 1 NORD – SUD calcolati i dopo 5 – 50 e 100 anni ad esaurimento

Si riporta di seguito e in allegato (All. 4) la deformabilità del fondo relativa al nuovo conferimento sulla base dei carichi considerati e dei cedimenti calcolati, dopo 5 anni dall'inizio del conferimento dei nuovi rifiuti e dopo 50 anni quando ormai sono esauriti.

La massima deformazione della parte di discarica in conferimento si ha in corrispondenza del punto 2, sulla sommità dell'accumulo naturalmente, dove si ha un cedimento di circa 40 cm in 5 anni e circa 70 cm in 50 anni ad esaurimento.

L'argine di contenimento lato nord che raggiunge un'altezza di 7.00 metri ha un cedimento stimato di 50 cm in 5 anni e di 81 cm dopo 50 anni, calcolato da piano di conferimento che coincide con il piano campagna nel punto di analisi.

I cedimenti calcolati sia per il nuovo cumulo rifiuti sia per gli argini di contenimento sono compatibili con le caratteristiche dell'opera in progetto e con l'elasticità e la resistenza del telo impermeabile ad alta densità HDPE che riesce a sopportare deformazioni molto più elevate.



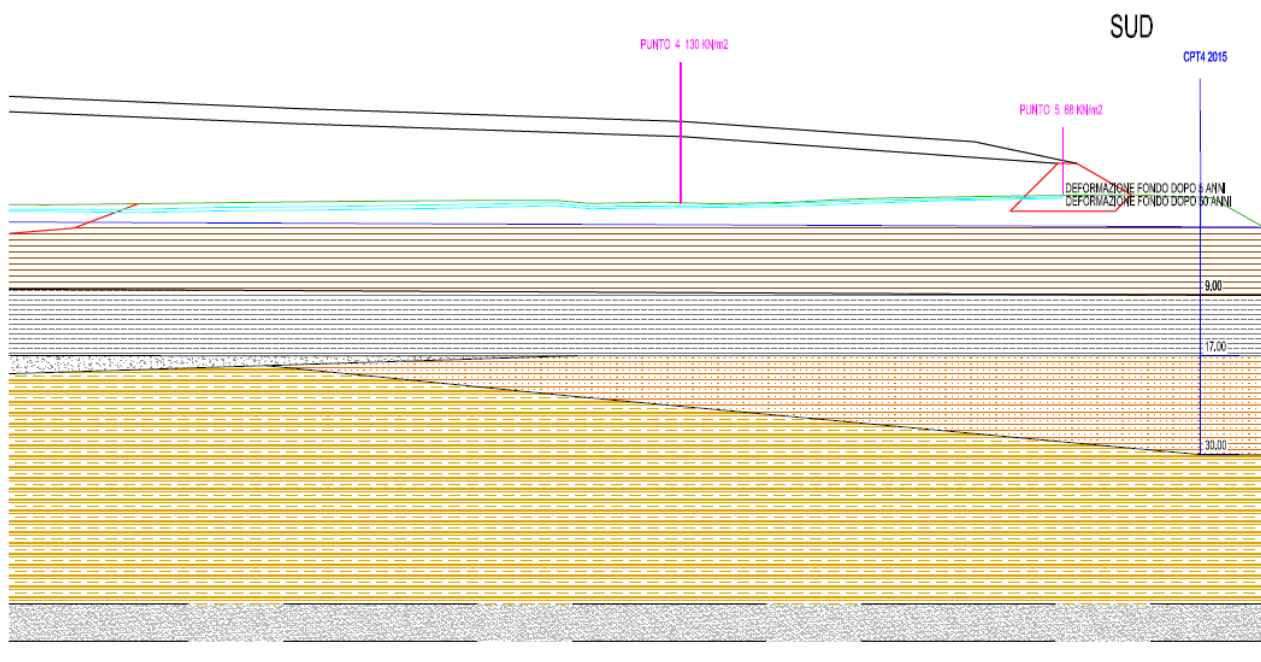


Fig.5. sezione 1 NORD – SUD deformabilità del fondo

3.3 Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica

Il cedimento permanente post sismico in ottemperanza alla DGR 2193/2015 allegato 3 punto B, può essere stimato con l'equazione

$$s = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$$

In cui ε_{vi} è la deformazione volumetrica (e verticale) dello strato i-esimo e Δz_i il suo spessore.

I cedimenti permanenti indotti dall'azione sismica possono essere dovuti alle deformazioni volumetriche (e quindi verticali) di:

B1: terreni granulari saturi

B2: terreni granulari insaturi,

B3: terreni coesivi soffici ($c_u \leq 70 \text{ kPa}$) e plastici ($I_p \geq 30\%$) in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali.

I terreni presenti nel suolo e sottosuolo del sito di intervento non sono del tipo B1 e B2, sono terreni coesivi del tipo B3 ma compatti a bassa plasticità come evidente dall'analisi di laboratorio (limiti di Atterberg, classificazione di Casagrande e prova triassiale C.I.U.) eseguiti su 3 campioni indisturbati prelevati durante il sondaggio di cui alla relazione geologica già presentata, che evidenziano valori di $c_u \geq 70 \text{ kPa}$.

Non si stimano quindi cedimenti permanenti post sismici per i terreni presenti nel sito di intervento.

4. VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sull'ampliamento di progetto vengono eseguite all'equilibrio limite.









Il metodo consiste nel calcolo delle forze agenti lungo una superficie di scorrimento predefinita e delle resistenze disponibili lungo la stessa superficie. La condizione di equilibrio limite è verificata quando le forze agenti uguagliano quelle resistenti: in questo caso lo stato tensionale medio lungo la superficie di scorrimento giace sull'involuppo di rottura del terreno ed il versante si trova sul punto di collasso.

Il modello di verifica qui adottato è un modello elasto-plastico mediante il criterio di rottura di Mohr-Coulomb nel quale valgono le seguenti ipotesi:

- la massa di terreno è considerata perfettamente rigida;
- la distribuzione delle tensioni normali efficaci sulla superficie di scorrimento resta costante dalla condizione di esercizio a quella di rottura;
- la resistenza del terreno viene completamente mobilizzata lungo l'intera superficie di scorrimento, rimanendo costante.

Il programma esegue un'analisi bidimensionale basata sul concetto dell'equilibrio limite, suddividendo il rilevato di discarica in conci. Mediante il codice di calcolo è possibile generare automaticamente e verificare una serie di potenziali superfici di scorrimento, individuando le più critiche in base al calcolo dei rispettivi fattori di sicurezza.

In particolare, tra i metodi all'equilibrio limite sotto indicati sono stati scelti per le verifiche in progetto quelli segnalati nei riquadri rossi:

Metodo	Superficie di scorrimento		Calcolo di F		Assunzioni sulle forze interconco			
	circolare	non-circolare	equilibrio dei momenti	equilibrio delle forze	E, X	f(x)	Descrizione	
Cuneo di Coulomb		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	\backslash	\backslash	La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta.	
Ordinario dei conci o di Fellenius	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		$X=E \tan \alpha$	1	La risultante delle forze interconco è parallela alla base del cono. Si dimostra che, con tale inclinazione, N non è funzione di X ed E.	
Bishop semplificato	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		$X=0$	\backslash	La risultante delle forze interconco è orizzontale (cioè le forze interconco di taglio sono trascurate).	
Janbu semplificato		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	$X=0$	\backslash	La risultante delle forze interconco è orizzontale. Un fattore empirico f_0 viene utilizzato per tenere conto delle forze di taglio interconco.	
Spencer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			$X=E \tan \theta$	1	La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta.	
Morgenstern & Price	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	$X=E \cdot f(x)$	arbitraria	La direzione della risultante delle forze interconco è definita dalla funzione f(x).	
Janbu rigoroso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	calcolate	calcolata	Il punto di applicazione delle forze normali interconco è definito assumendo una "linea di applicazione" del carico all'interno del versante.	
Lowe-Karafiath	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	calcolate	calcolata	La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta, pari alla media dell'inclinazione della superficie topografica e della base del cono	

e cioè:

- Bishop semplificato, applicabile a superfici di scorrimento di sezione circolare generate da superfici di rottura tangenti ad un segmento;
- Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price, applicabile a superfici di scorrimento di sezione circolare.

Per le verifiche delle sole coperture si è applicato anche il metodo all' Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price, a superfici di scorrimento generate da superfici di rottura di forma generica .

Le verifiche di stabilità sono state effettuate, come indicato nelle NTC08 e nelle Nuove NTC2018. Il Cap. 6.8.2 delle Nuove NTC 2018 indica per le verifiche di stabilità per opere e materiali sciolti e fronti di scavo che : *Deve risultare rispettata la condizione [6.2.1], verificando che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo con i valori di progetto delle azioni e dei parametri geotecnici. Le verifiche devono essere effettuate secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.*

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Le verifiche di sicurezza sono state condotte sia per il caso statico che per quello sismico per il profilo in condizioni assestate e per le coperture.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state effettuate con metodi di tipo pseudostatico. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W ;$$

$$F_v = k_v \times W,$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

Sulla base **delle analisi specifiche della risposta sismica locale effettuate nello studio di analisi sismica presentato a dicembre 2018**, l'accelerazione massima attesa al sito in superficie è stata valutata pari a **0.28g**, mentre la **PGA₀ (considerando una classe d'uso IV e VN = 50 anni) è 0.20g**.

I valori di β_s sono i seguenti:

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Pertanto è stato dedotto che:

$$k_h = 0.067$$

$$k_v = 0.033$$

Le verifiche di sicurezza sono state condotte per il lato Nord della sezione 1 e della sezione 3 e per il lato Sud della sezione 1. La morfologia del nuovo ampliamento sui lati Est e Ovest si appoggia sui cumuli esistenti.



Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

Fig.6. Posizione Sezione 1 2 e 3

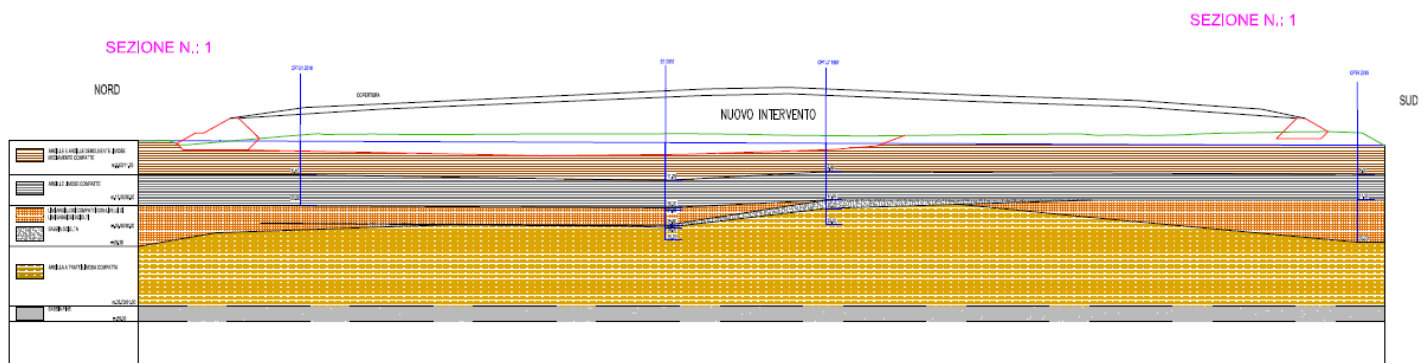


Fig.7. Profilo sezione 1 NORD - SUD

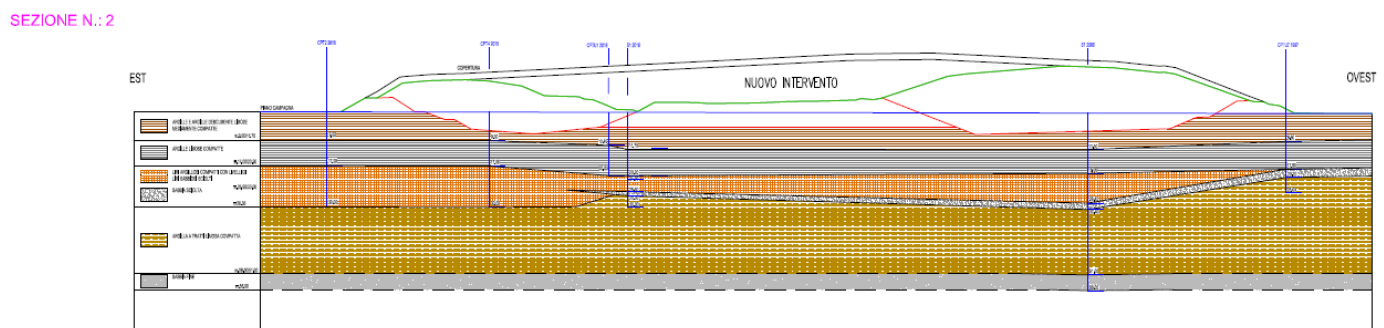


Fig.8. Profilo sezione 2 EST - OVEST

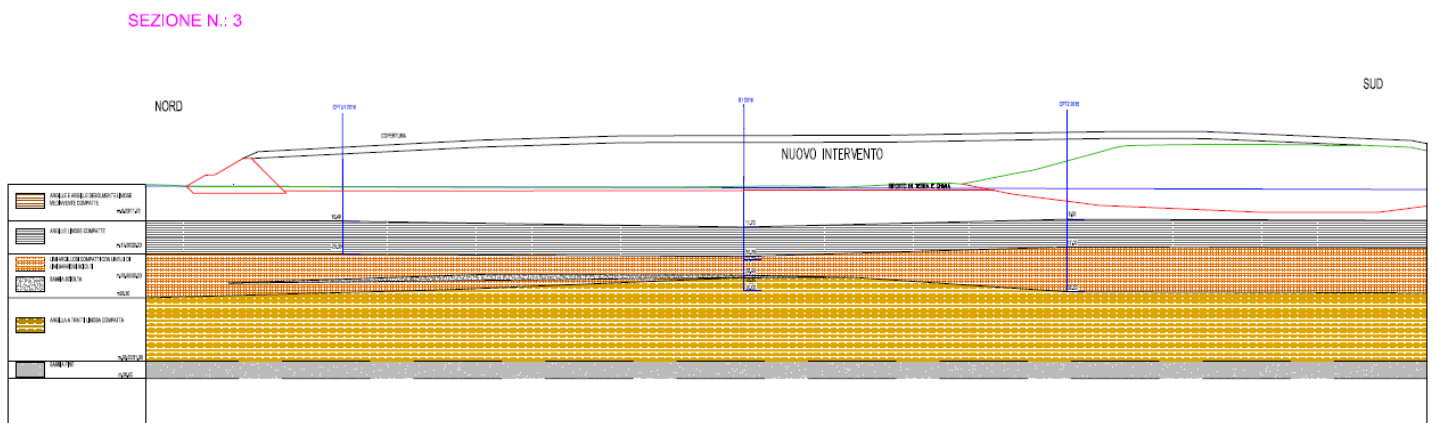


Fig.9. Profilo sezione 3 NORD - SUD

Le verifiche di sicurezza sono state condotte sia per il caso statico che per quello sismico per il profilo in condizioni assestate e per le coperture.

Tali verifiche saranno di seguito denominate:

- “Verifica Discarica corpo rifiuti”
- “Verifica Copertura”

Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170 – Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

Il livello della falda considerato è cautelativamente il più alto delle misure del freatico eseguite nelle varie campagne di indagini in diversi periodi dell'anno e pari a - 1.10 m dal p.c.

I parametri caratteristici utilizzati per i terreni in posto sono quelli definiti nella relazione geologica già presentata.

I parametri utilizzati per gli argini di contenimento sono i valori delle argille del primo substrato di terreno aumentati considerando le opere di compattazione.

Per quanto attiene ai parametri geotecnici dei rifiuti solidi urbani la caratterizzazione meccanica dei RSU con i metodi tradizionali della geotecnica trova un limite concettuale nelle seguenti proprietà del materiale:

- deformabilità dello scheletro solido;
- non completa saturazione del materiale;
- elevata presenza di componente organica;
- accentuati fenomeni di consolidazione primaria e secondaria, nonché processi di decomposizione e mineralizzazione della sostanza organica che provocano variazioni nel tempo delle proprietà fisico-meccaniche dei RSU.

Tali caratteristiche obbligano a tener conto di fattori non considerati nelle prove sui terreni (dimensioni dei costituenti, alta compressibilità, metodi di messa a dimora in sito, cui è correlato il grado di compattazione in sito, e della struttura del rifiuto). I parametri di resistenza al taglio da ricavare sono:

- angolo di resistenza al taglio
- coesione c

Le proprietà meccaniche dei RSU risultano essere fortemente influenzate anche dal fattore tempo, in ragione di due fenomeni principali:

- fenomeno di consolidazione per effetto del carico dei rifiuti soprastanti che addensa il rifiuto e, in genere, migliora le sue caratteristiche meccaniche;
- la composizione dei rifiuti cambia con il tempo per effetto dei processi di biodegradazione della sostanza organica.

Il tempo può giocare a sfavore e a favore dell'aumento della resistenza al taglio, ma i risultati sono ancora poco rappresentativi e di conseguenza il fattore età non può essere considerato rappresentativo in termini di resistenza di un rifiuto.

Secondo quanto indicato in bibliografia (Eid et al., 2000) si valutano direttamente i valori della coesione e dell'angolo in funzione del livello di deformazione che si intende tollerare. Se come da norma, considero una deformazione tollerabile del 20-25% posso considerare indicativamente, sulla base di prove di taglio su rifiuti solidi urbani di bibliografia un $\phi = 32^\circ$ e una coesione drenata $c' = 15$ kPa. Il valore di coesione è stato scelto anche considerando gli interstrati di copertura che verranno realizzati nella parte nuova in conferimento e saranno compattati con rulli a piede di montone per spessori di 20 cm.

Parametri di resistenza al taglio dei RSU

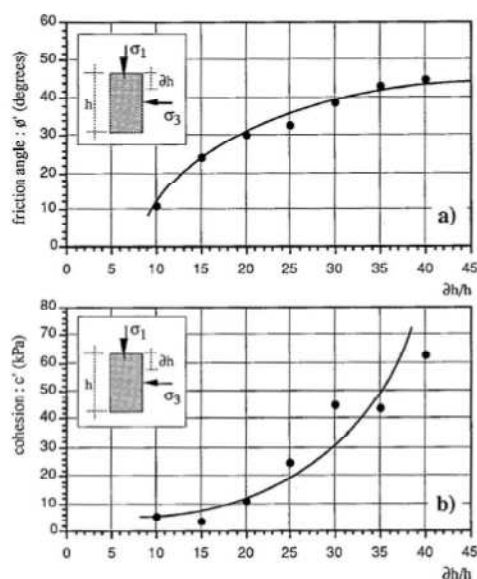


Fig.10. Parametri di resistenza al taglio RSU (Eid et al.,2000).

L'approccio progettuale che è stato scelto è l'Approccio 1, la combinazione è la numero 2.

I fattori parziali sono:

- per la coesione: $\gamma_c = 1.25$
- per la coesione non drenata: $\gamma_{cu} = 1.4$
- per l'angolo di attrito: $\gamma_\phi = 1.25$
- per il peso: $\gamma_\gamma = 1$
- per i carichi permanenti: $\gamma_g = 1$
- per i carichi variabili: $\gamma_q = 1.3$
- per la resistenza globale a taglio: $\gamma_R = 1.1$
- per gli ancoraggi: $\gamma_a = 1.2$, $\xi_a = 1.8$
- per i pali (trasversale): $\gamma_p = 1.6$, $\xi_p = 1.7$
- per le terre rinforzate (sfilamento): $\gamma_{T,po} = 2.5$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto): $\gamma_{T,ds} = 1.5$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione): $\gamma_{T,rt} = 1.5$
- per le opere di sostegno (scorrimento piano di posa): $\gamma_{R,h} = 1$
- per le opere di sostegno (capacità portante piano di posa): $\gamma_{R,v} = 1$
- per le opere di sostegno (ribaltamento): $\gamma_{R,o} = 1$

In sintesi i parametri di progetto utilizzati per i vari litotipi sono elencati nella tabella di seguito:

Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)	c_d' (kPa)	ϕ_d' (°)
STRATO 1	Argilla di copertura	17	19	10	18	8	14.60
STRATO 2	RSU	11	13	15	32	12	26.60
STRATO 3	Argini di contenimento	19	20	15	20	12	16.20
STRATO 4	Materiale di riporto	13	15	20	28	16	17.08
STRATO 5	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	15	19	15	14	12	11.3
STRATO 6	Argille limose compatte	16	20	18	17	14.6	13.6
STRATO 7	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	13	19	17	18	13.6	14.6
STRATO 8	Argille a tratti limose compatte	17	19.50	16	18	12.8	14.6
STRATO 9	Sabbie fini	18	20	0	27	0	22.2

Parametri di progetto per i vari litotipi utilizzati nelle verifiche

4.1 verifiche di stabilità LATO NORD SEZIONE 1 E SEZIONE 3

Analisi con superfici circolari

I metodi di calcolo adottati sono stati i seguenti:

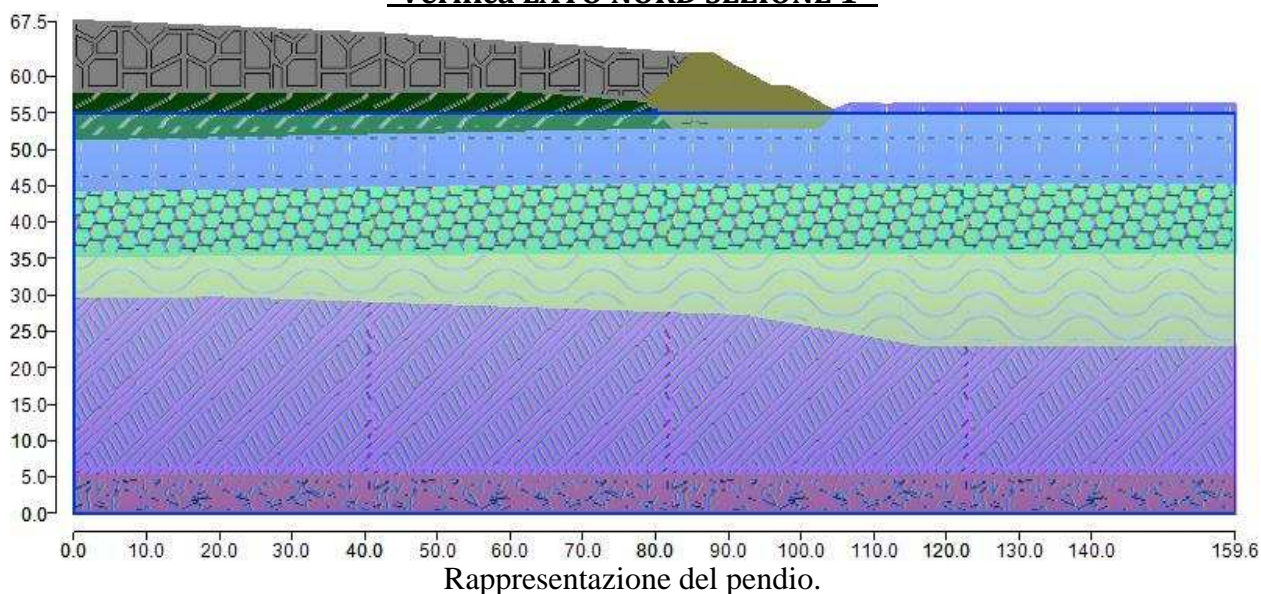
- Bishop semplificato: il metodo ipotizza superfici di scorrimento circolari e forze di interstriscia verticali nulle. Calcola l'equilibrio alla traslazione verticale della striscia. Non considera l'equilibrio alla traslazione orizzontale, che, quindi, non è soddisfatto. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

- Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price: Il metodo considera nota la funzione che lega le forze interstriscia tangenziali con le forze normali. Le grandezze sono calcolate iterativamente imponendo il rispetto delle condizioni al contorno. Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

La ricerca di superfici circolari avviene attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

"Verifica LATO NORD SEZIONE 1"



VERIFICA ARGINE LATO NORD SEZIONE 1

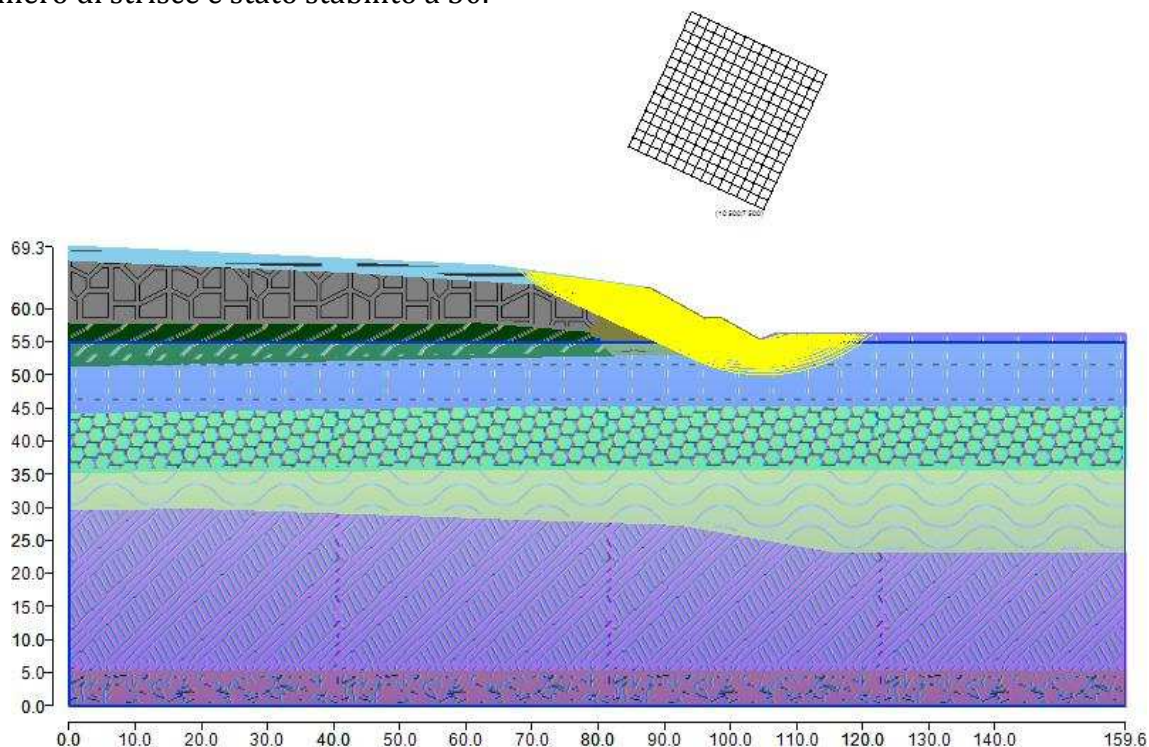
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(10500,7500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 470.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- falda

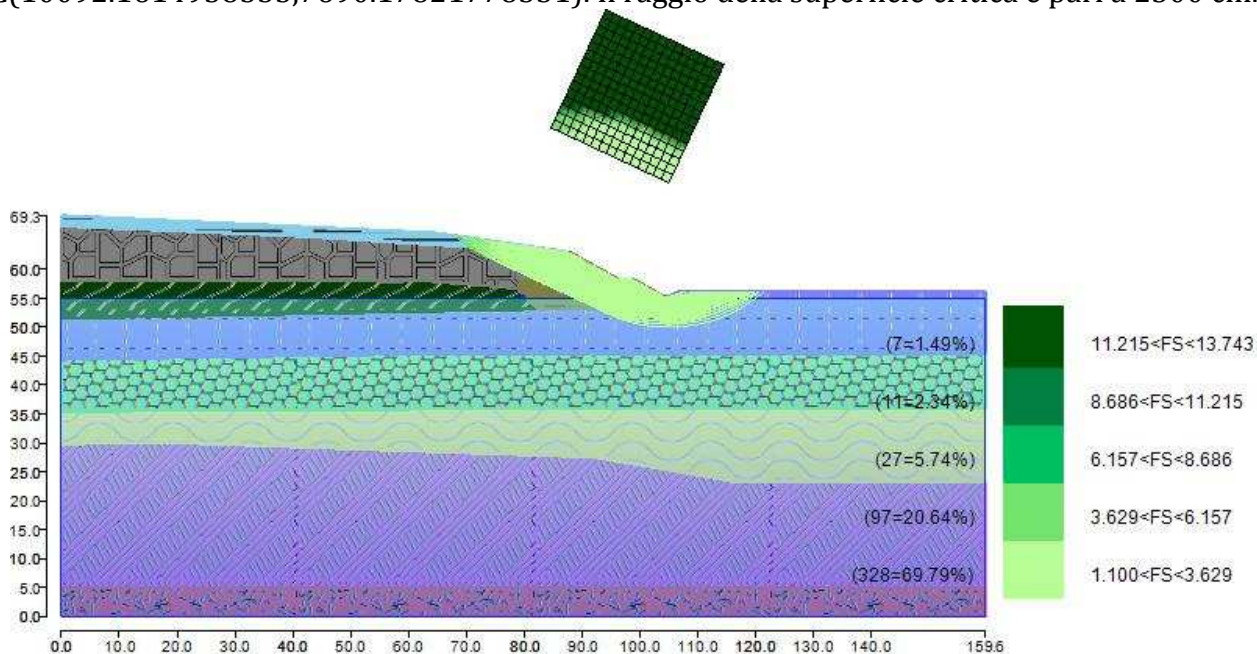
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

CASO STATICO

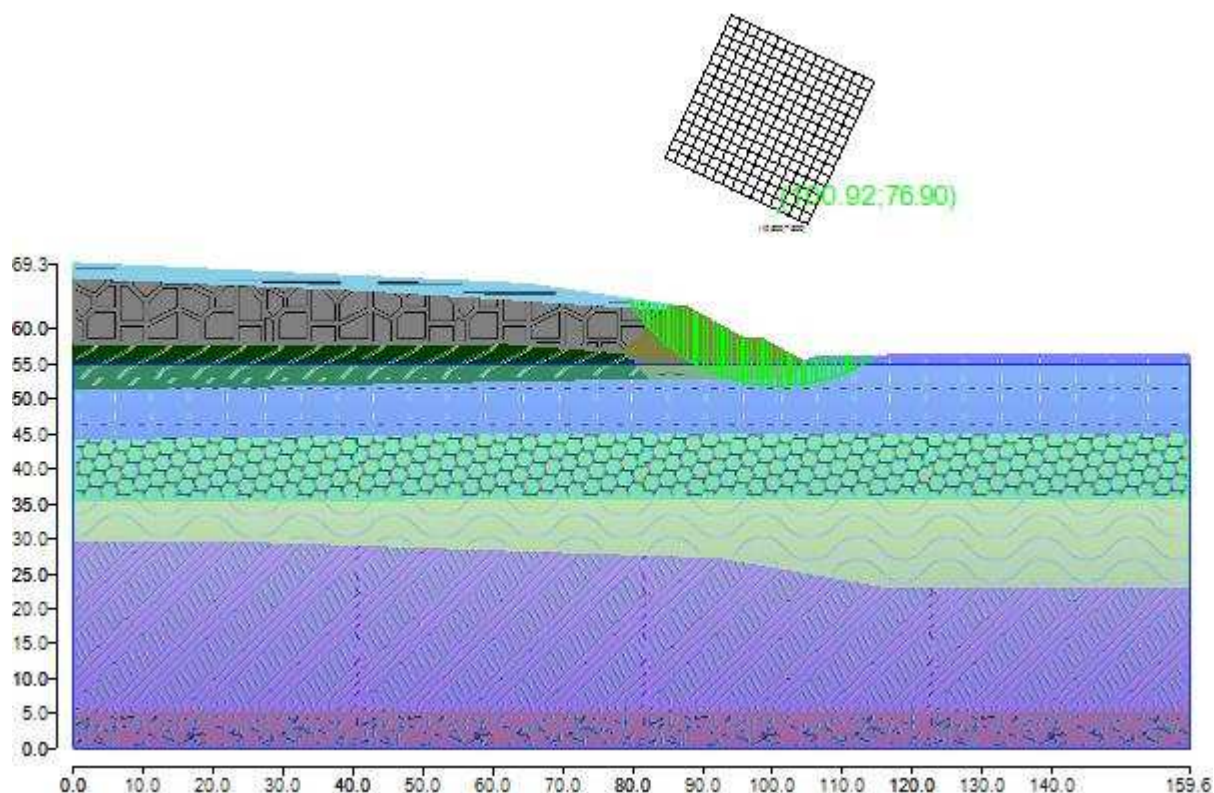
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.565 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 4 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono:

C(10092.1614958335,7690.17821778331). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



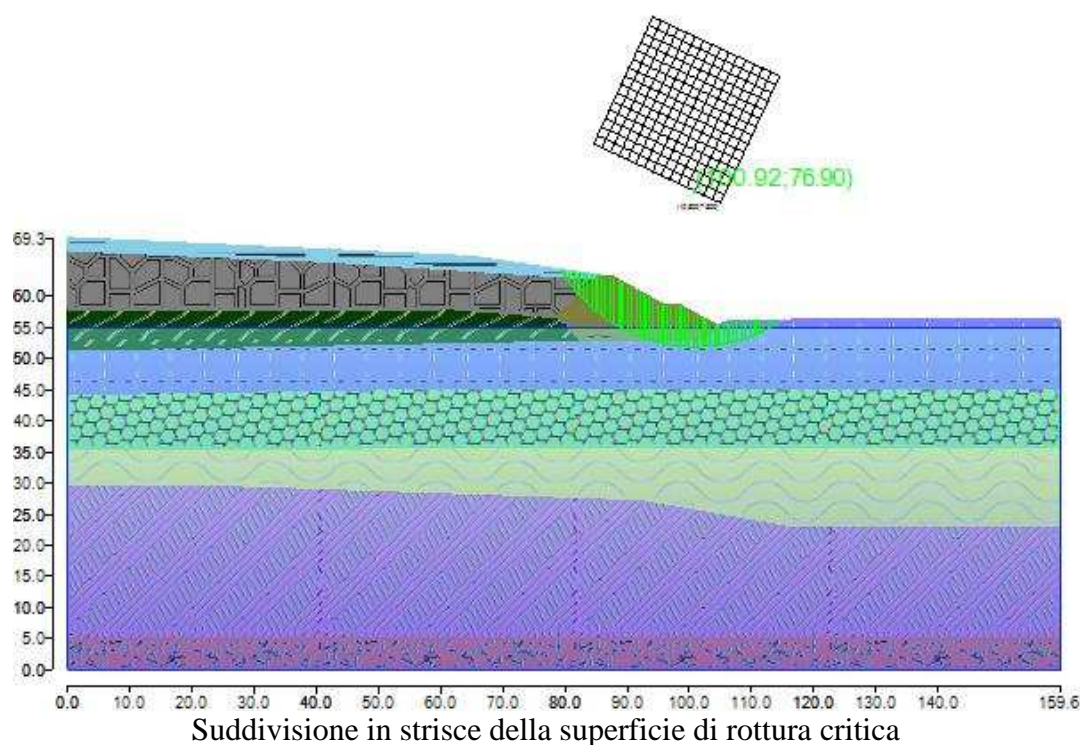
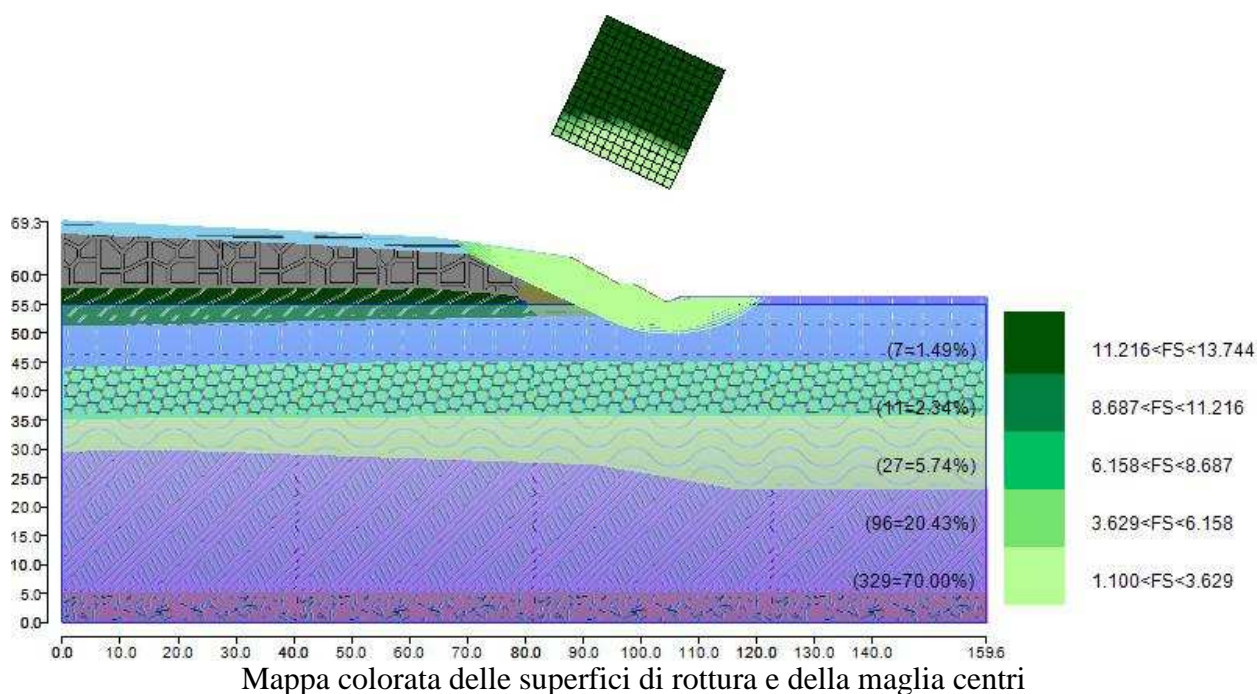
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.556 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 4 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono:

C(10092.1614958335,7690.17821778331). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.

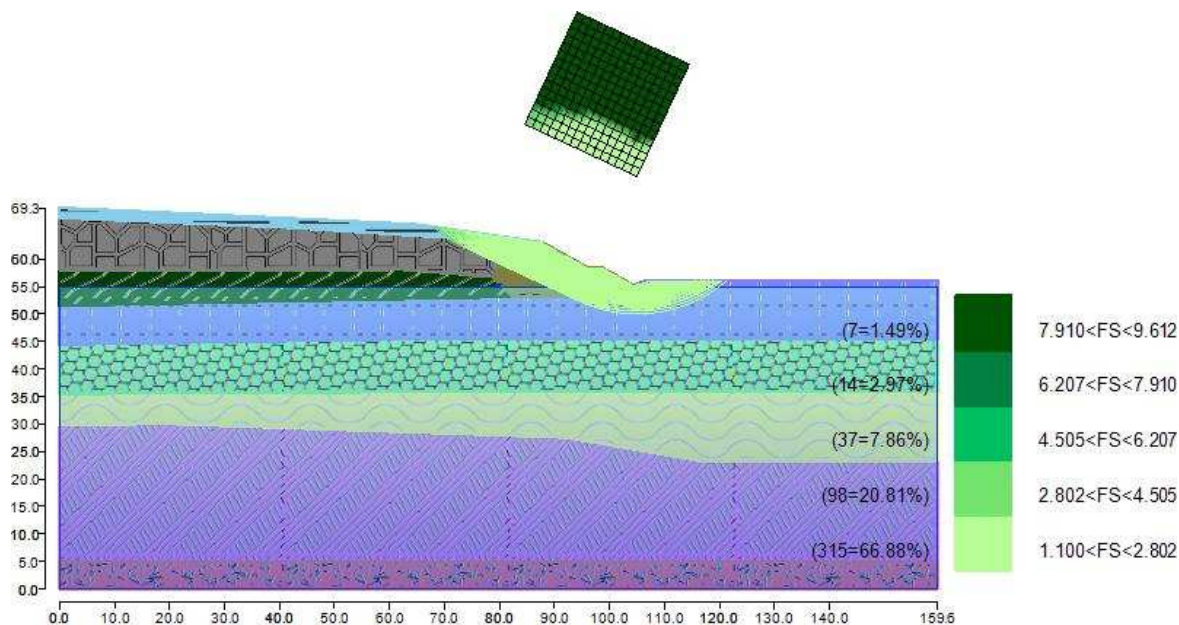


CASO SISMICO

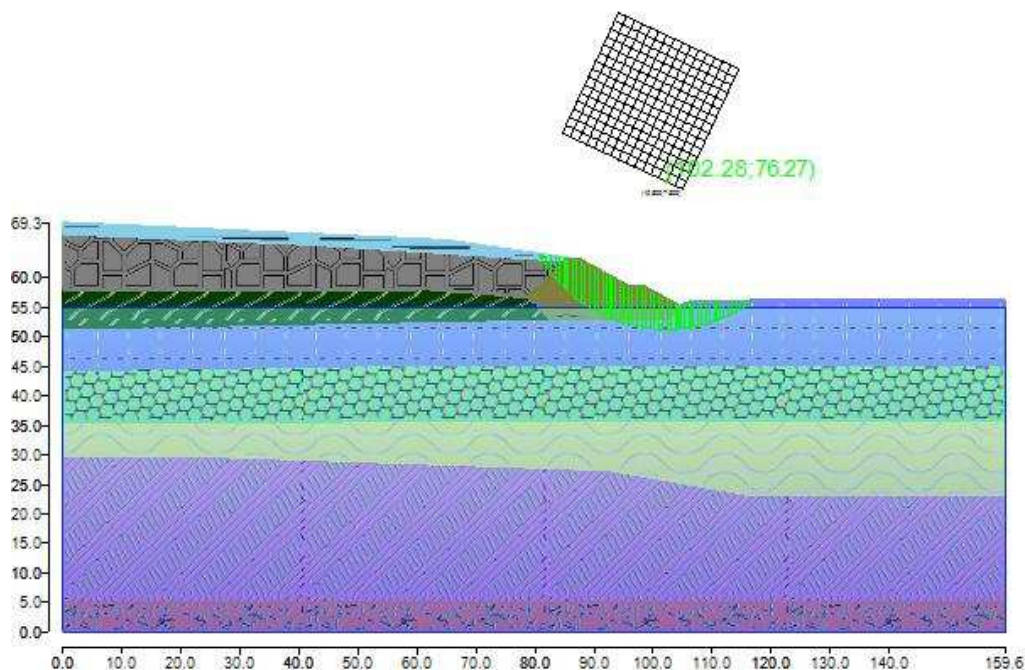
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.269 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 3 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono:

C(10228.107663889,7626.78547852221). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

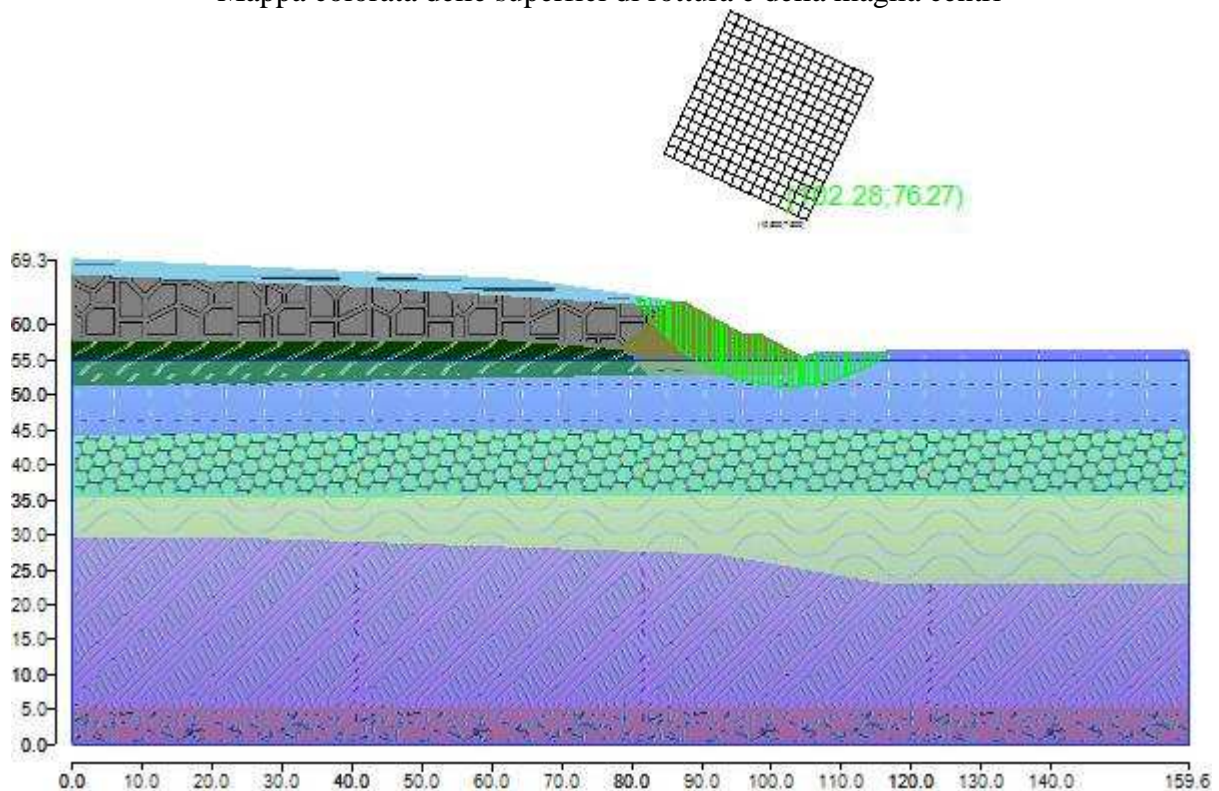
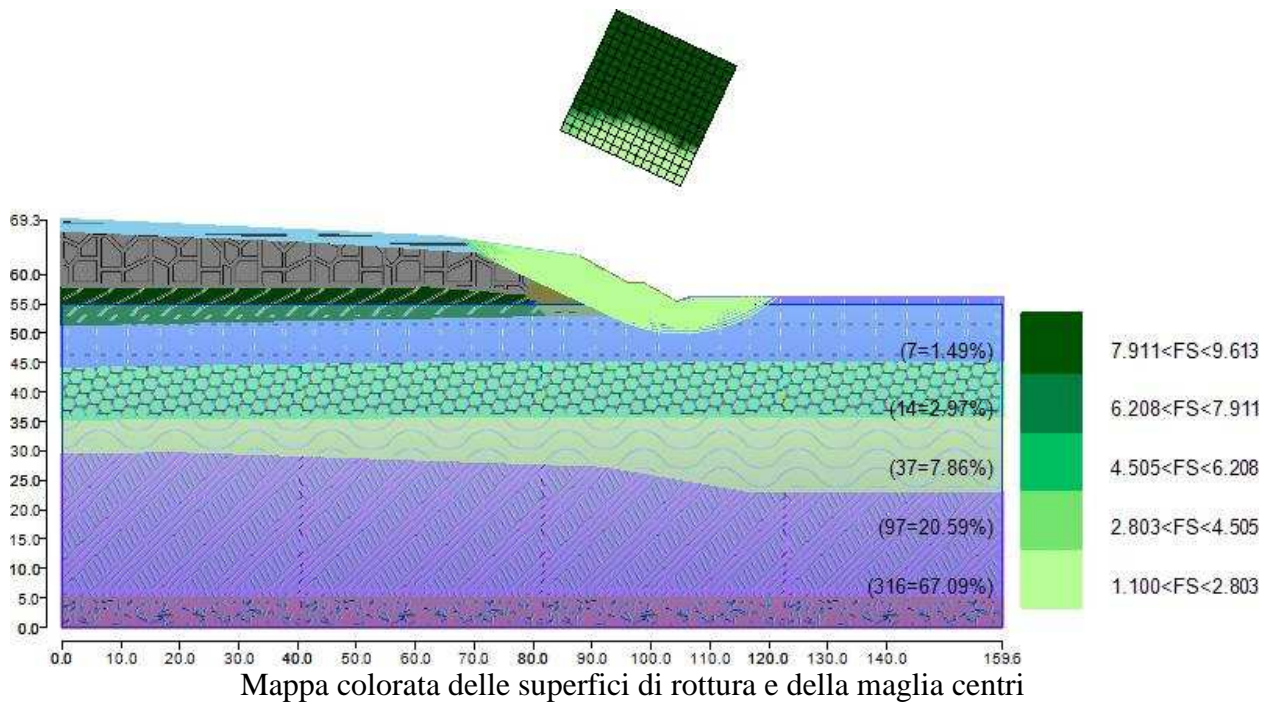


Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.262 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 3 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono:

C(10228.107663889,7626.78547852221). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com - PEC:ballistarita@legalmail.it

Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

VERIFICA CORPO RIFIUTI LATO NORD SEZIONE 1

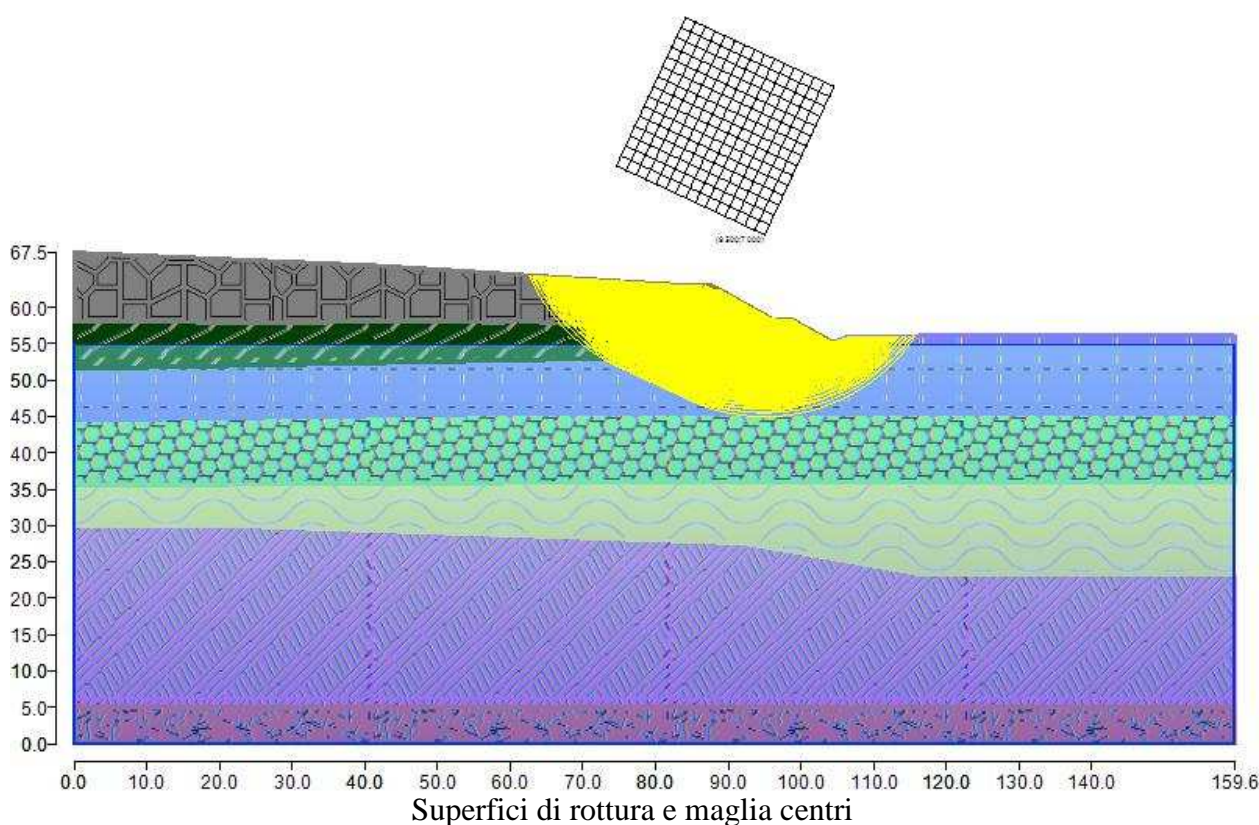
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(9500,7000), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 919.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



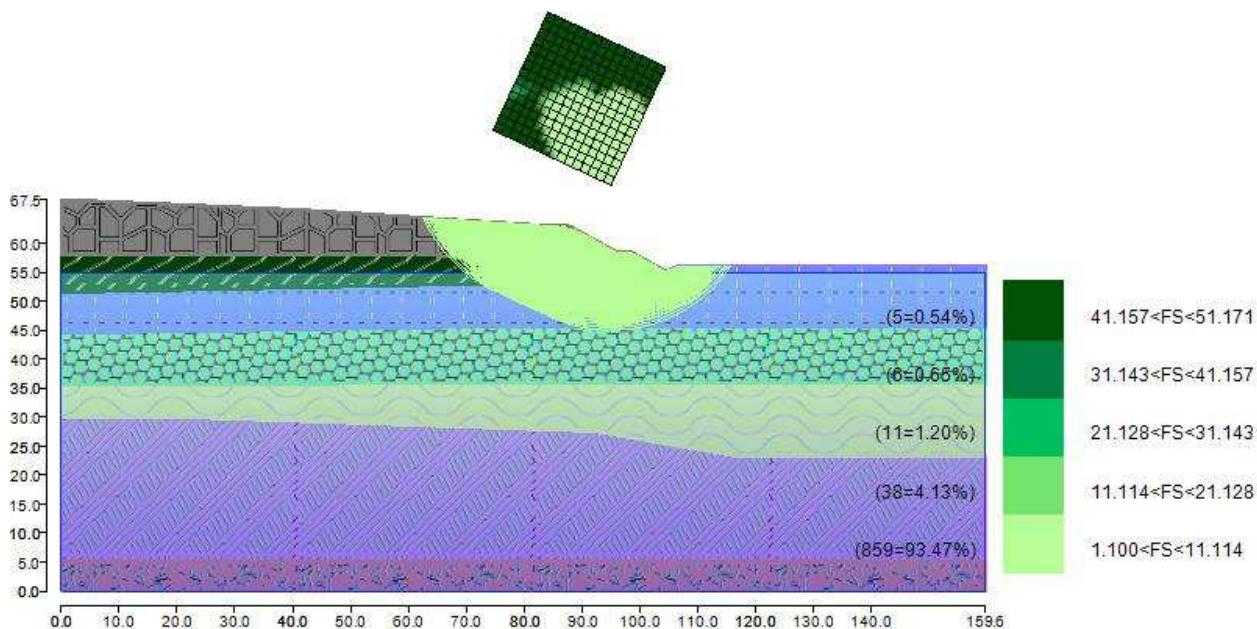
La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

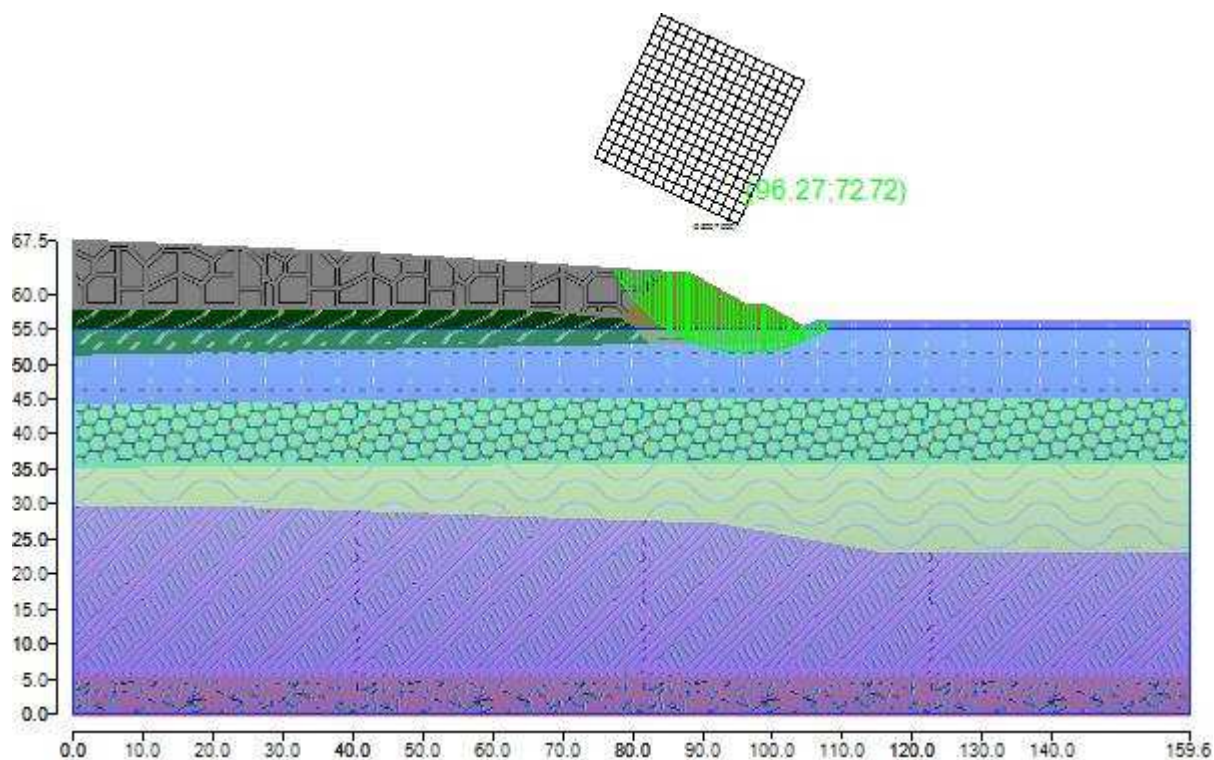
- falda

CASO STATICO

Il fattore di sicurezza critico è **1.646 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 33 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(9626.78547852221,7271.89233611099). Il raggio della superficie critica è pari a 2100 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

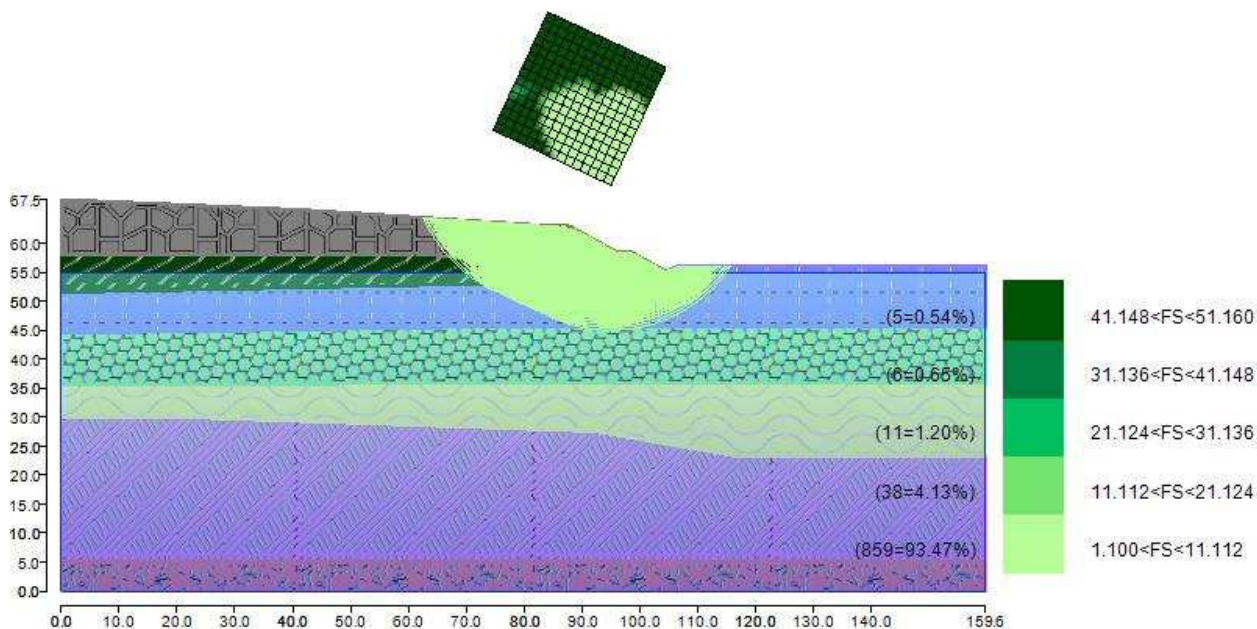


Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

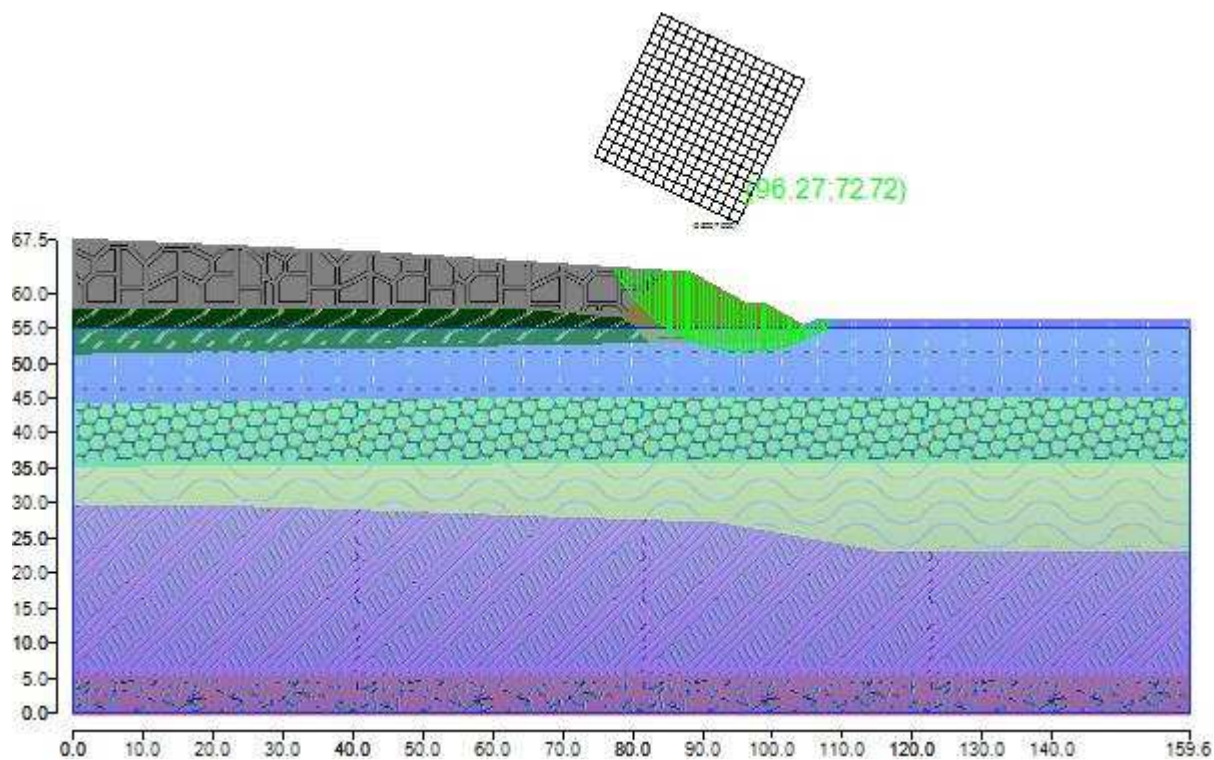
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170 - Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.639 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 33 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(9626.78547852221,7271.89233611099). Il raggio della superficie critica è pari a 2100 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

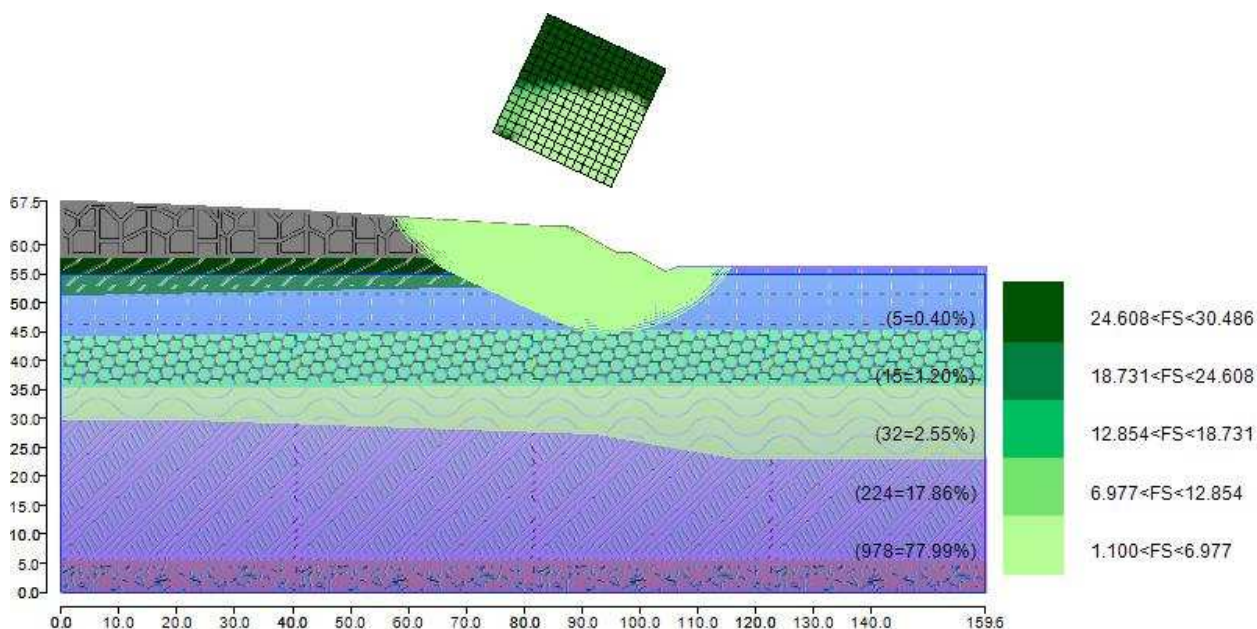
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170 - Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

CASO SISMICO

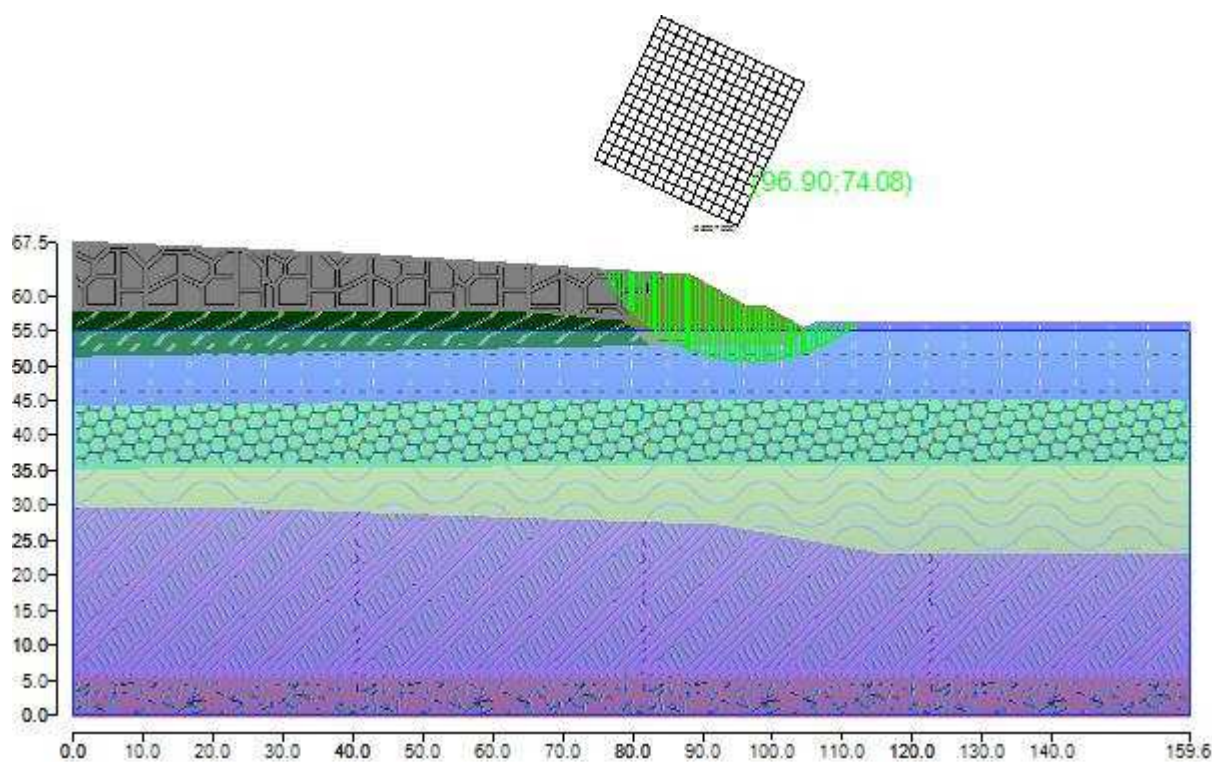
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.301 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 49 e della superficie numero 8. Le coordinate del centro sono:

C(9690.17821778331,7407.83850416649). Il raggio della superficie critica è pari a 2350 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



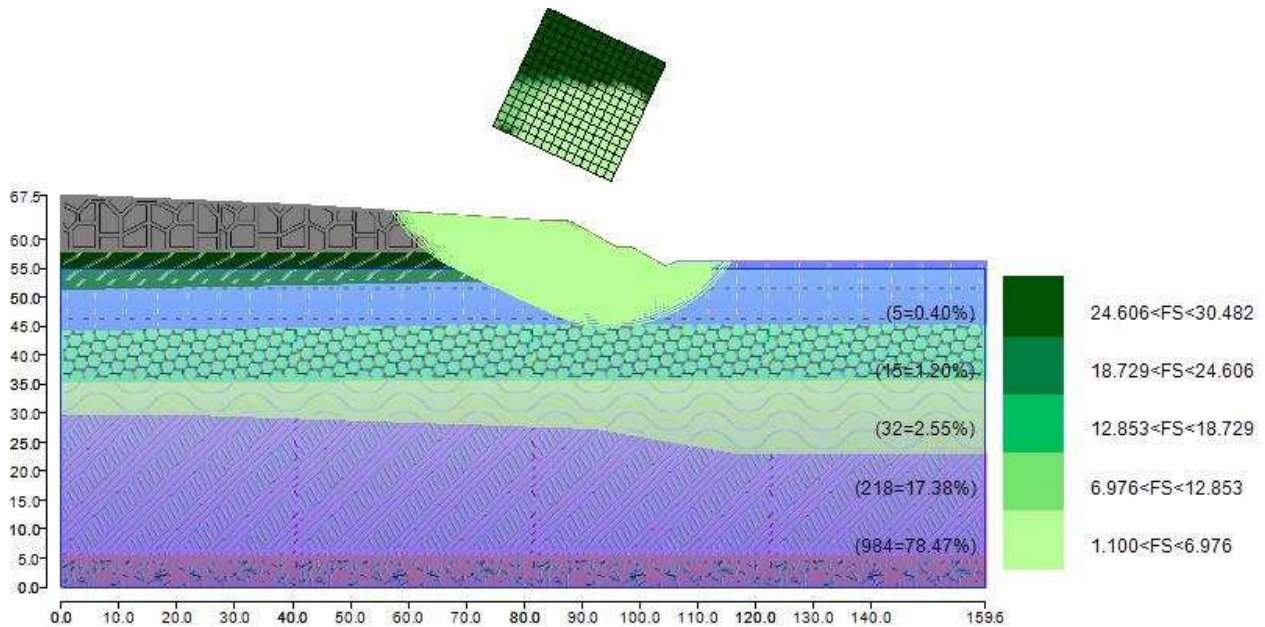
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com - PEC:ballistarita@legalmail.it

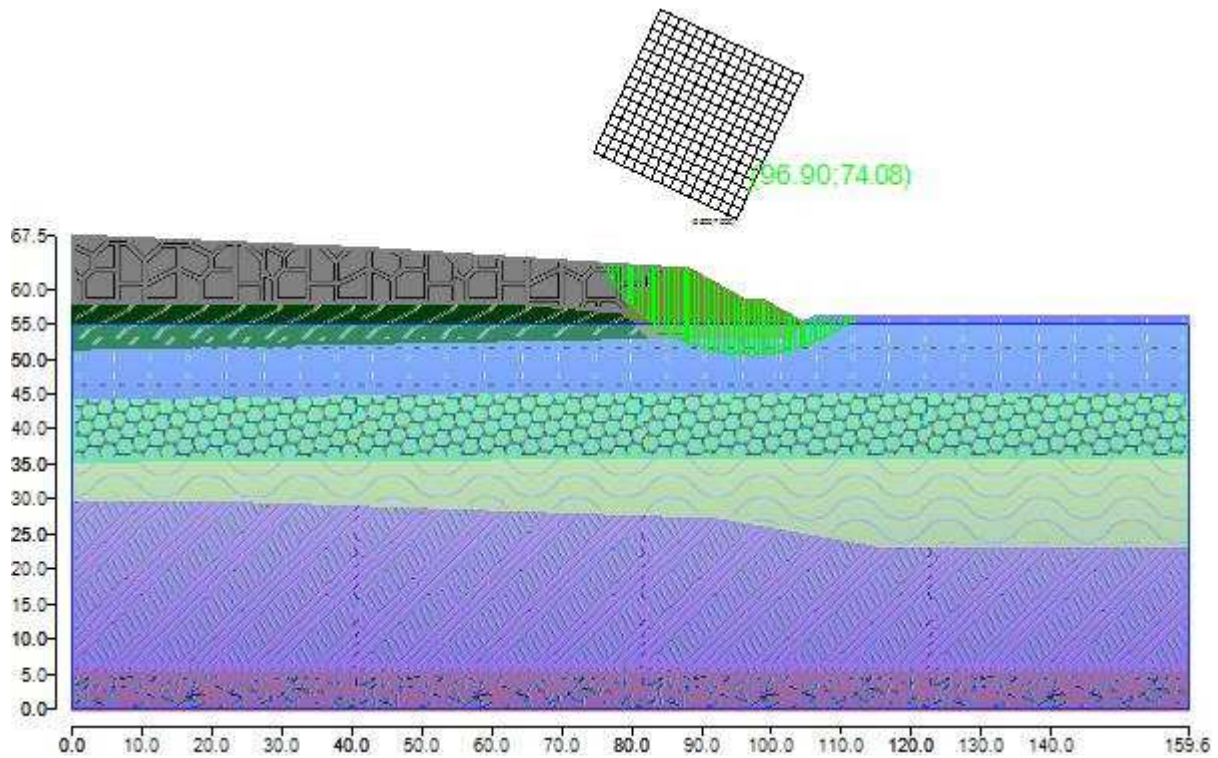
Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.298 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 49 e della superficie numero 8. Le coordinate del centro sono:

C(9690.17821778331,7407.83850416649). Il raggio della superficie critica è pari a 2350 cm.



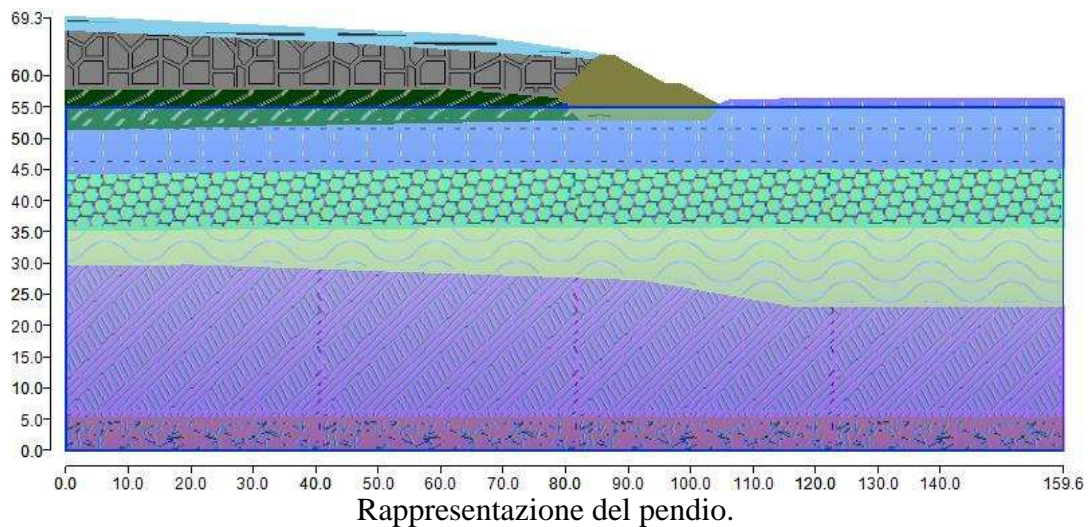
Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com - PEC:ballistarita@legalmail.it

"Verifica COPERTURE LATO NORD SEZIONE 1"



Rappresentazione del pendio.

VERIFICA COPERTURA LATO NORD SEZIONE 1

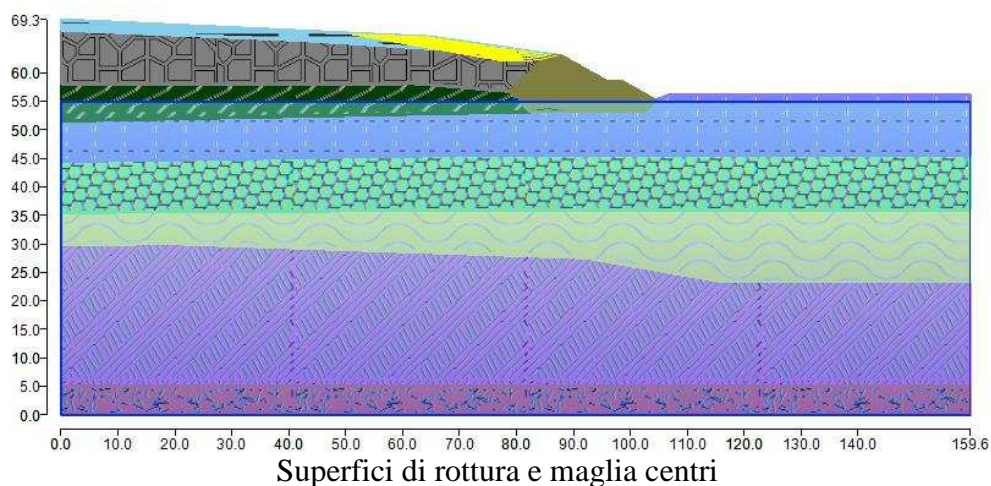
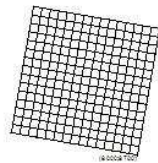
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(8000,8700), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 58.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

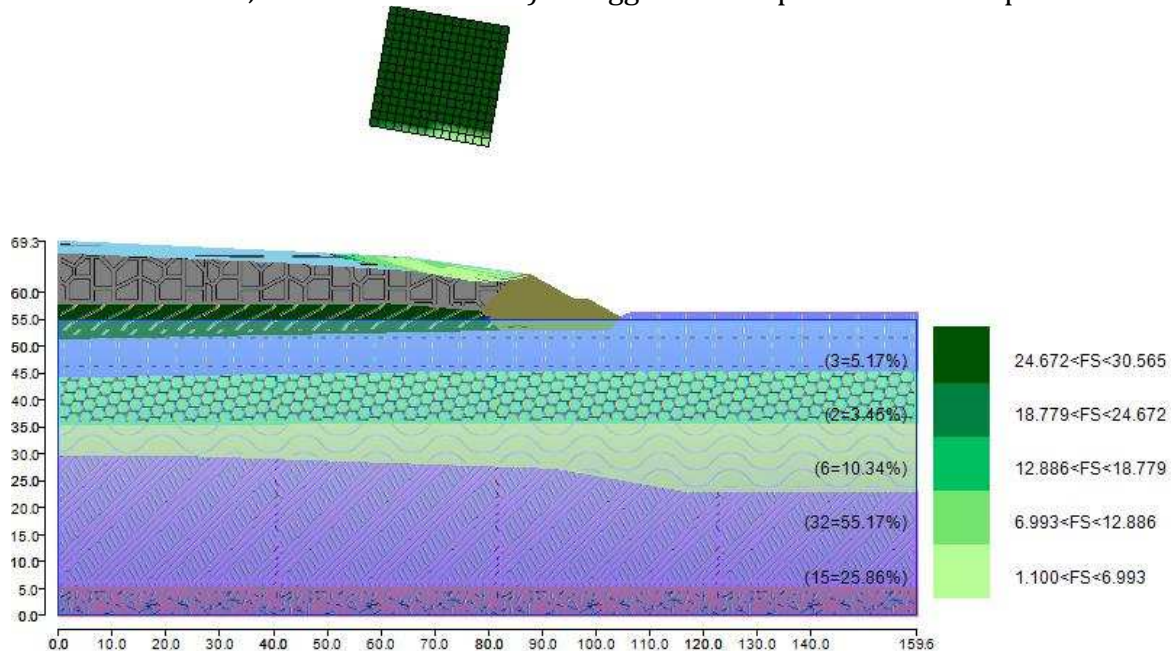
In fase di calcolo sono stati attivati:

- falda

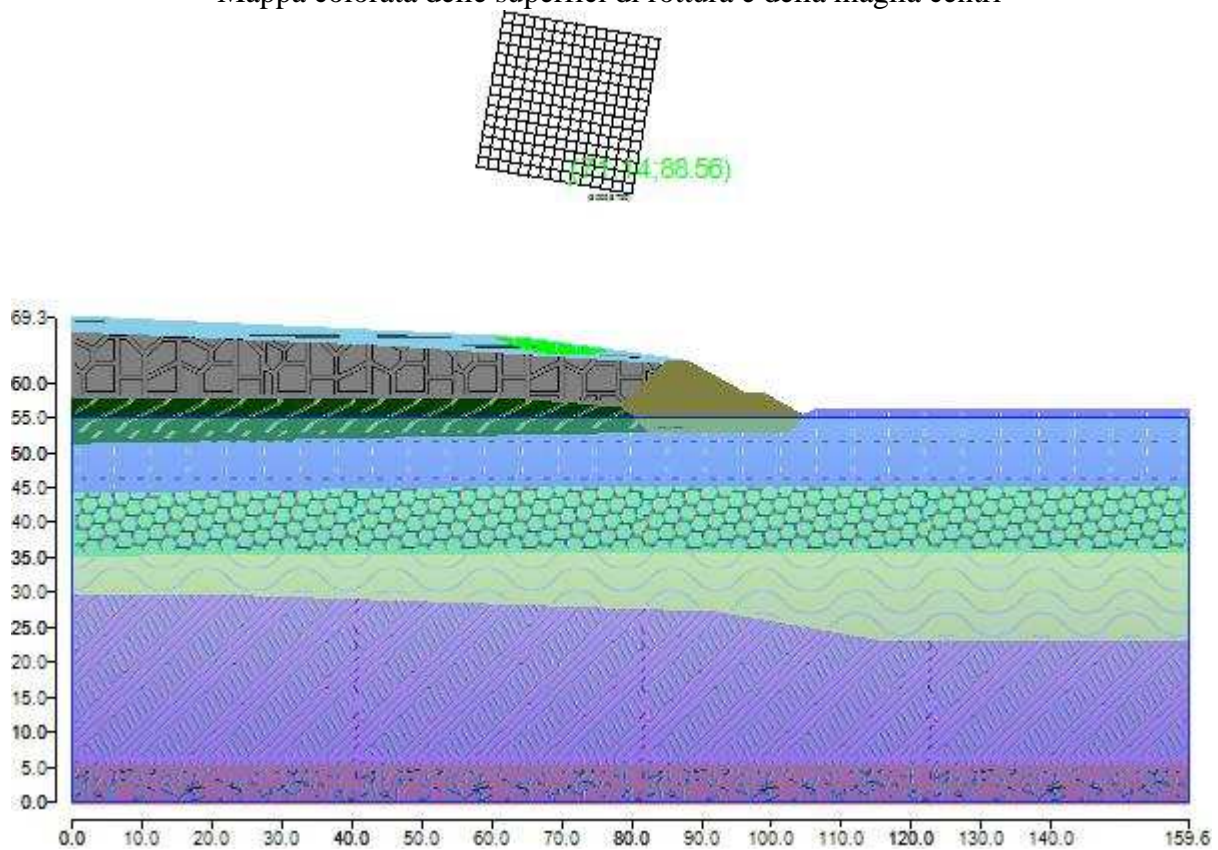
CASO STATICO

Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **5.997 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 7 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(7113.67302228901,8856.28335990024). Il raggio della superficie critica è pari a 2450 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



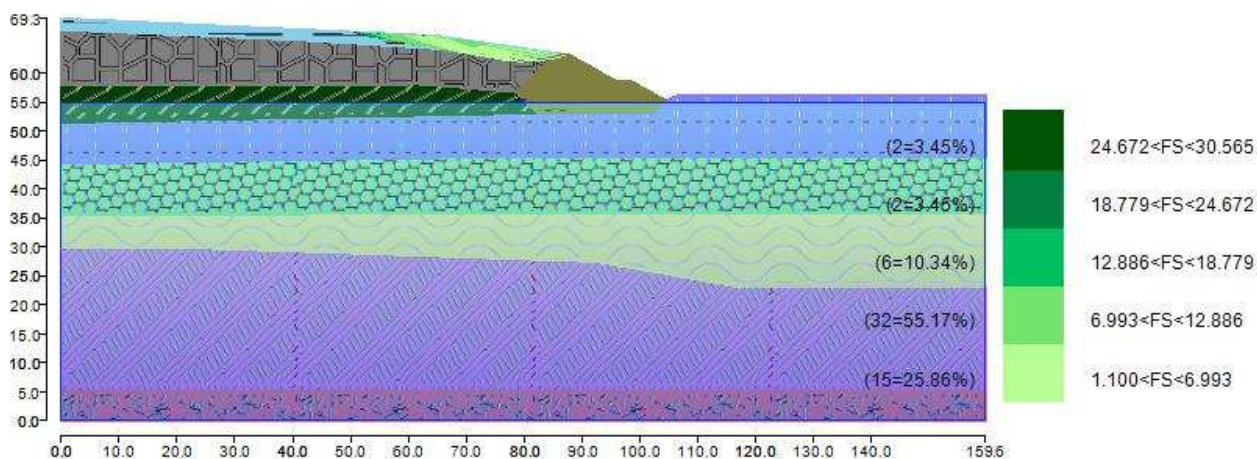
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

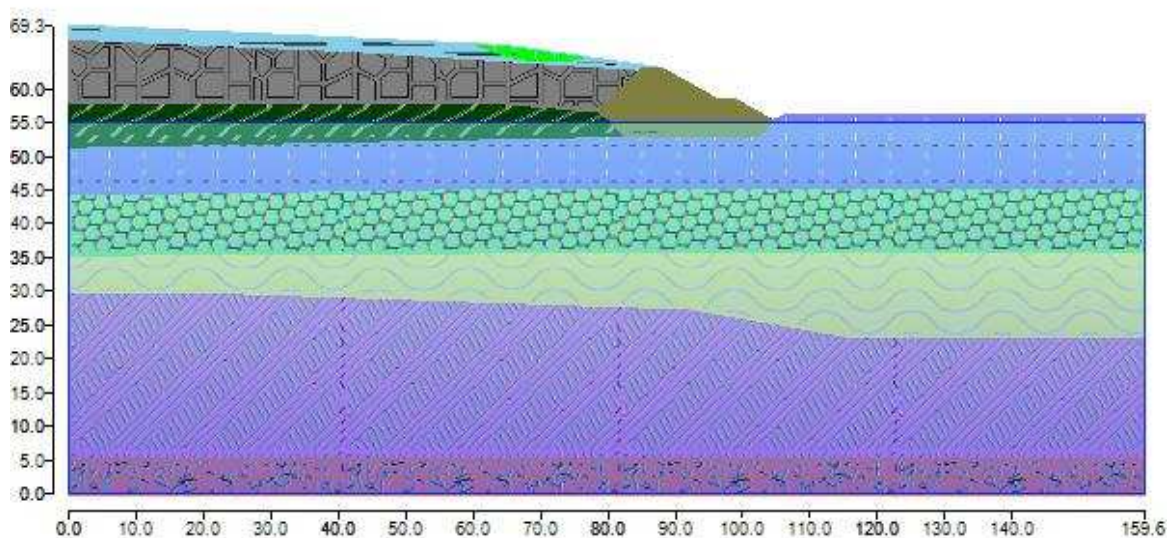
Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **5.997 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 7 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono:

C(7113.67302228901,8856.28335990024). Il raggio della superficie critica è pari a 2450 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

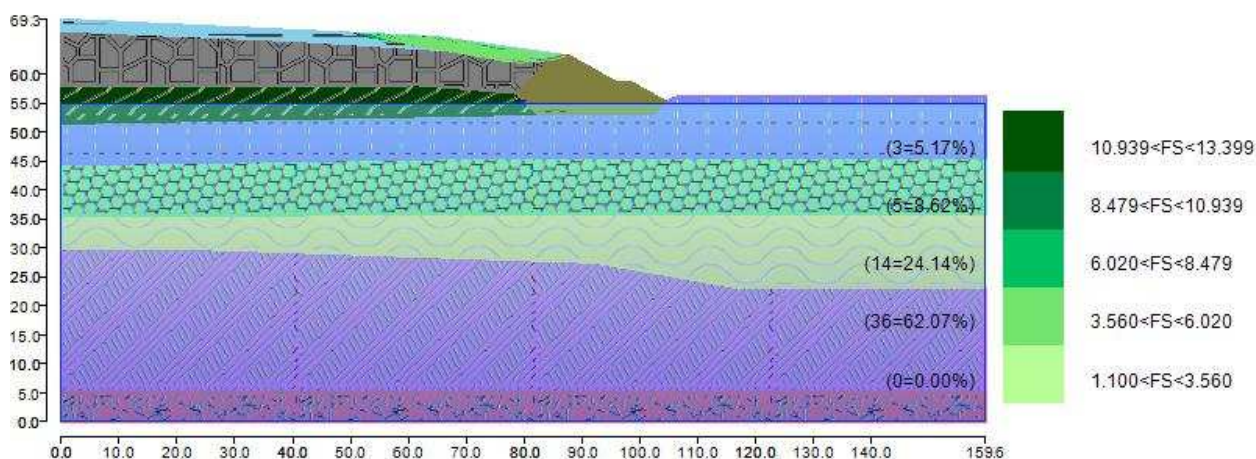
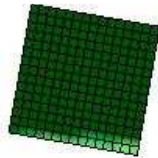
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com - PEC:ballistarita@legalmail.it

CASO SISMICO

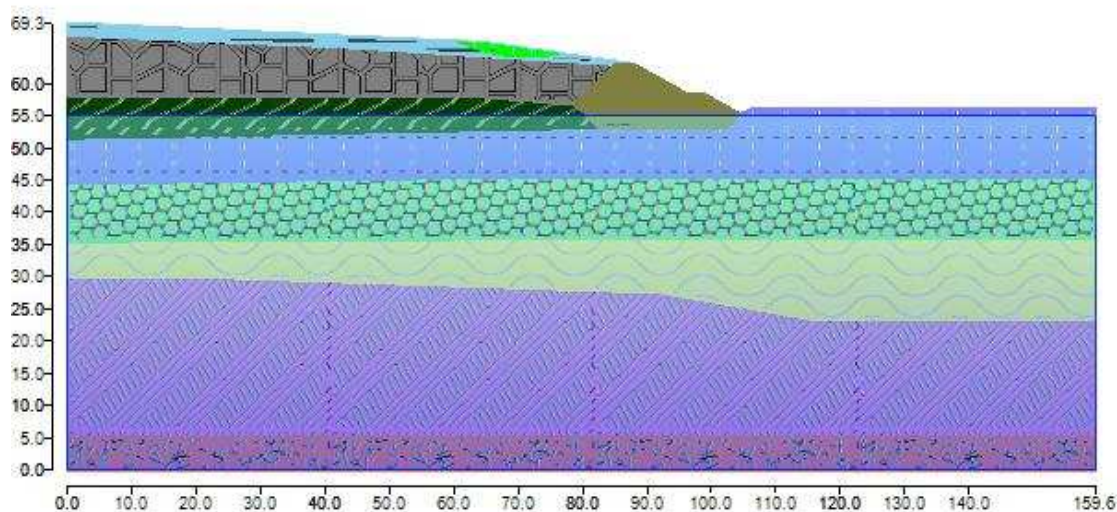
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **3.932 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 7 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono:

C(7113.67302228901,8856.28335990024). Il raggio della superficie critica è pari a 2450 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

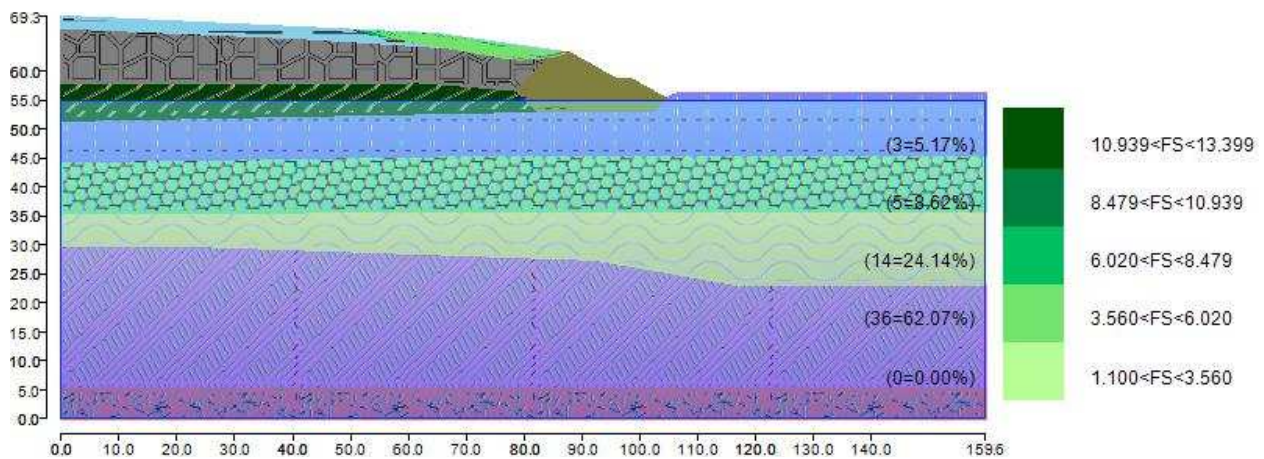


Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

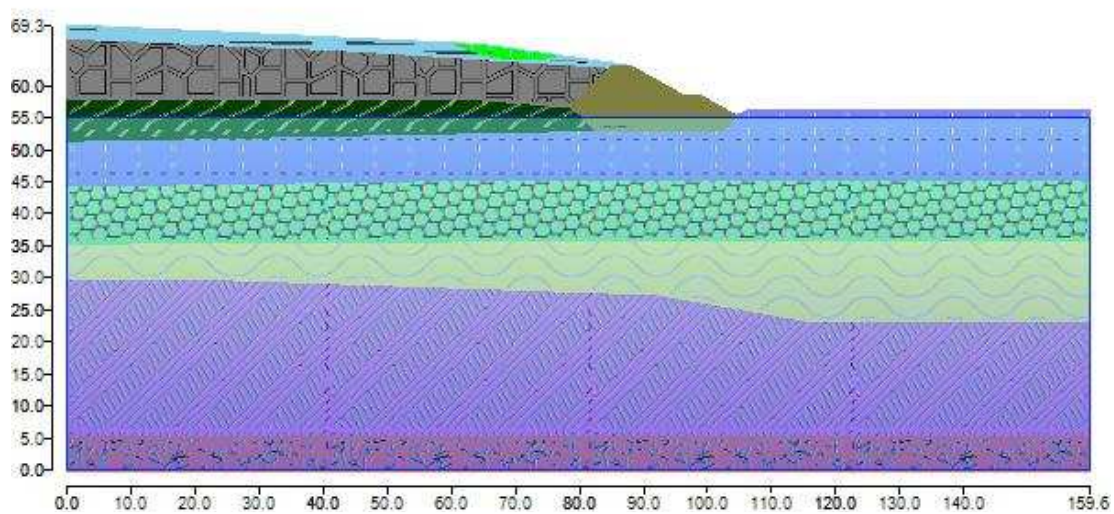
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **3.932 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 7 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(7113.67302228901,8856.28335990024). Il raggio della superficie critica è pari a 2450 cm.



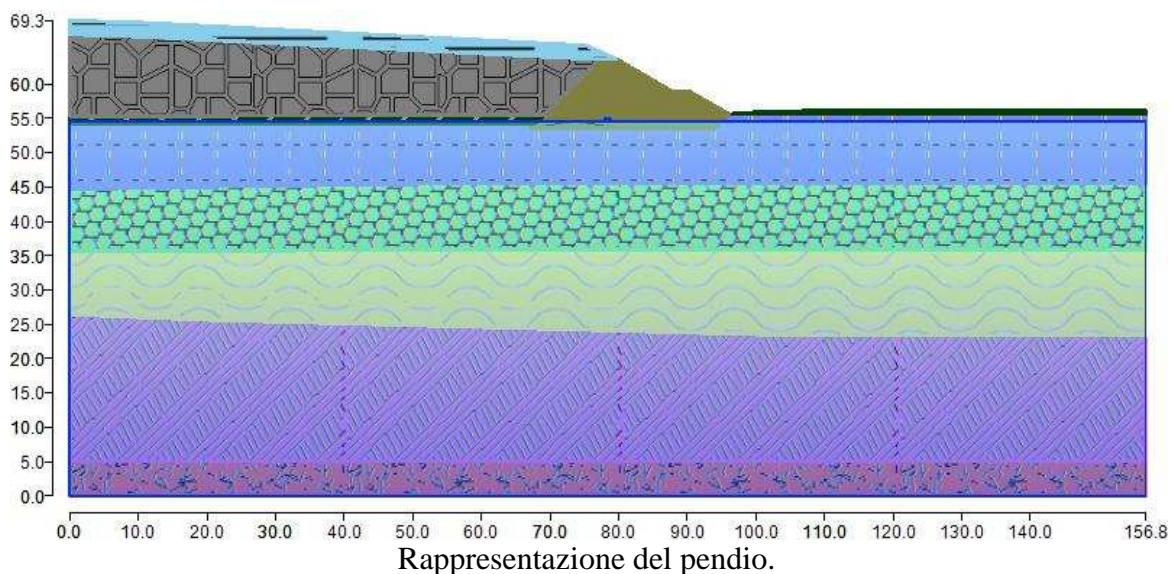
Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

“Verifica LATO NORD SEZIONE 3 ”



VERIFICA ARGINE LATO NORD SEZIONE 3

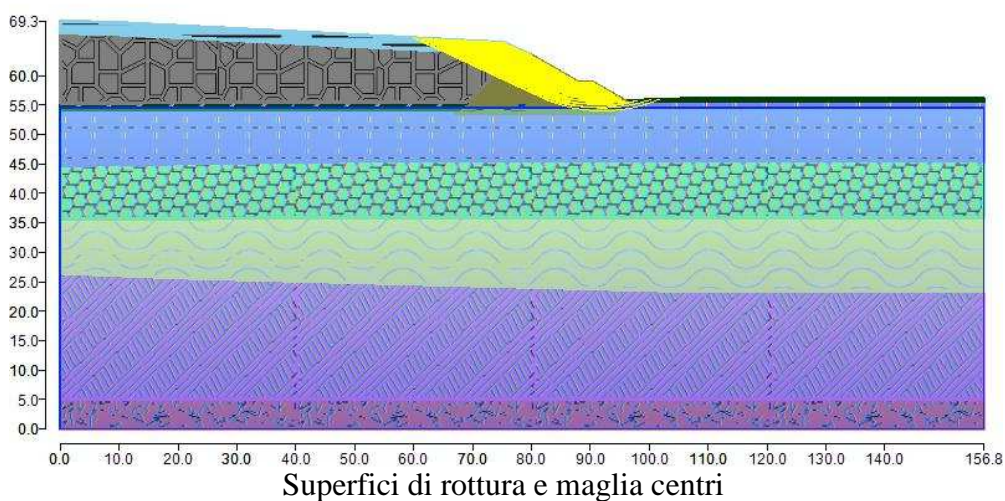
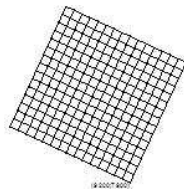
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(9200,7900), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 334.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- falda

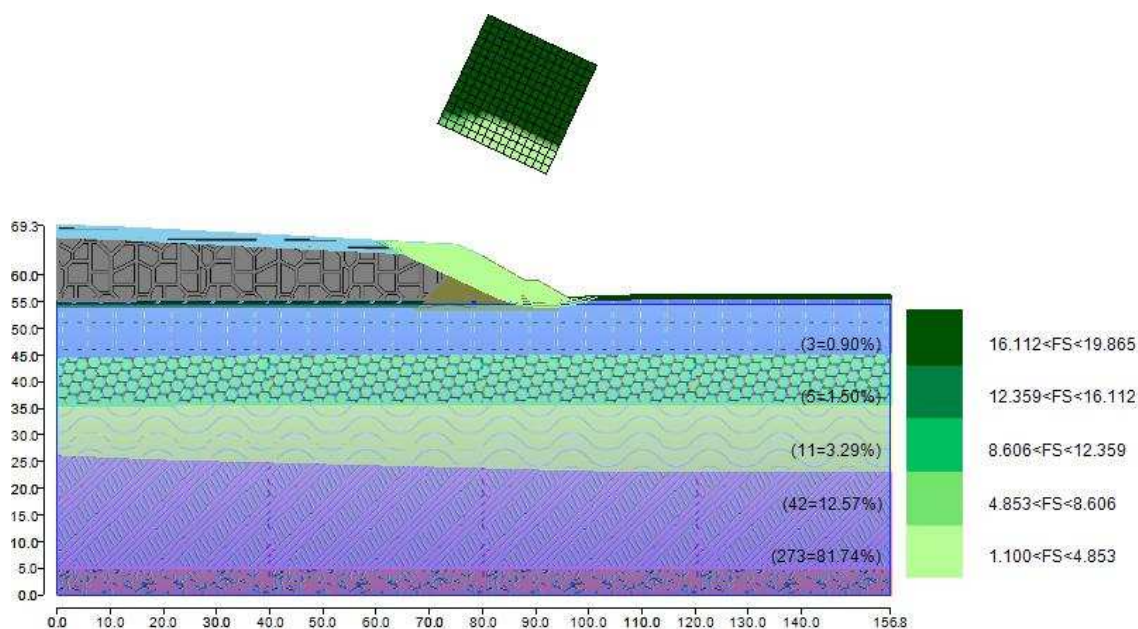
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

CASO STATICO

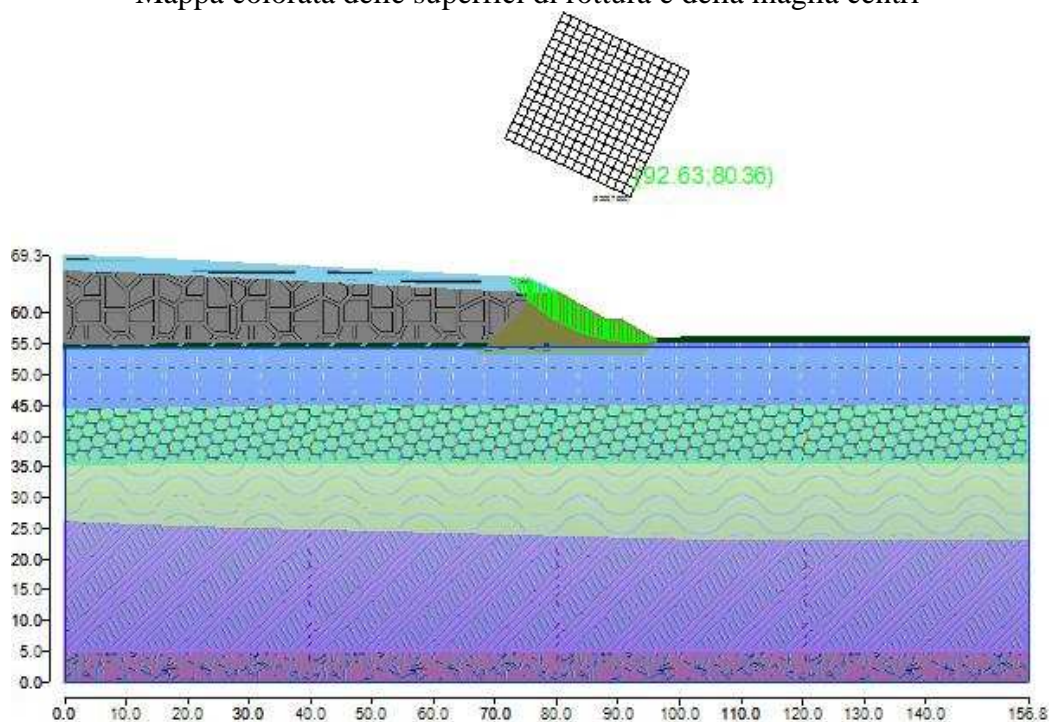
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.414 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 8. Le coordinate del centro sono:

C(9263.3927392611,8035.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

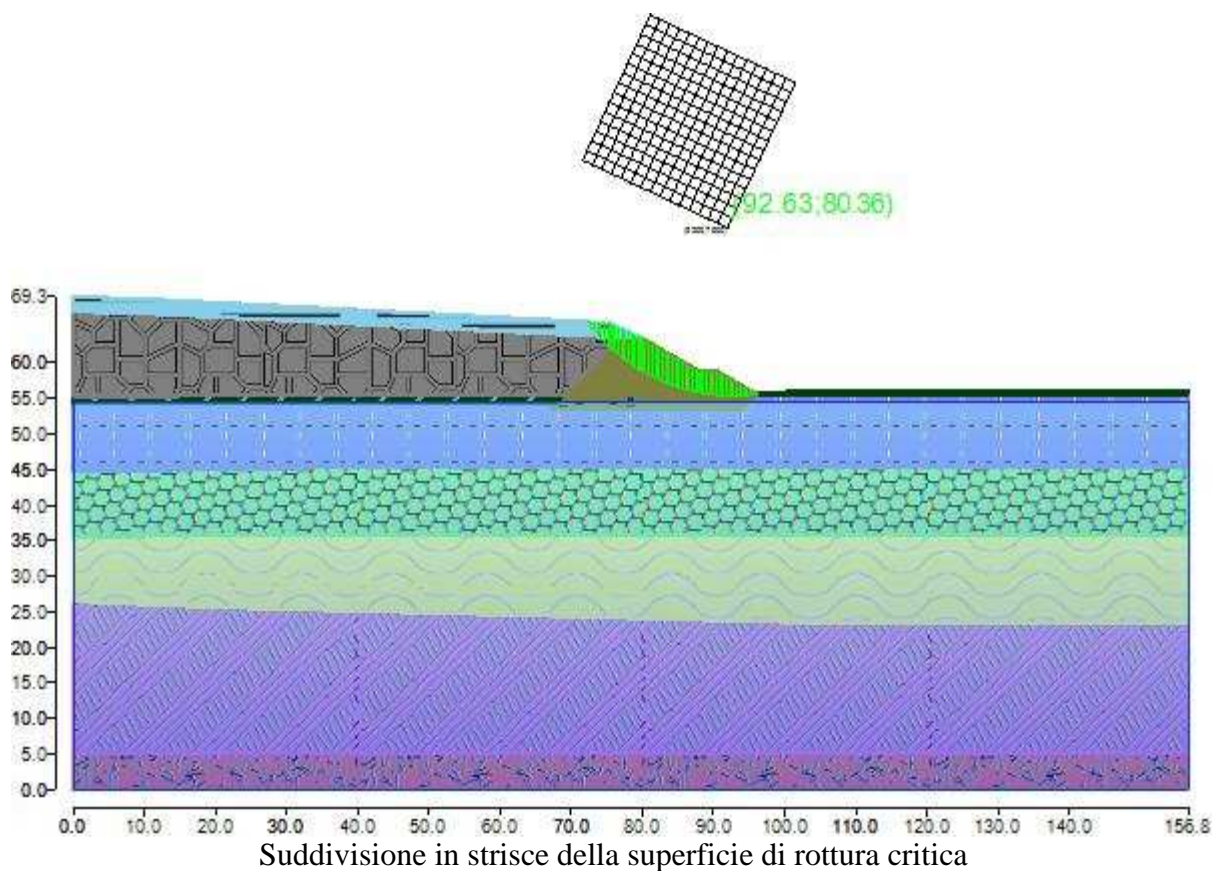
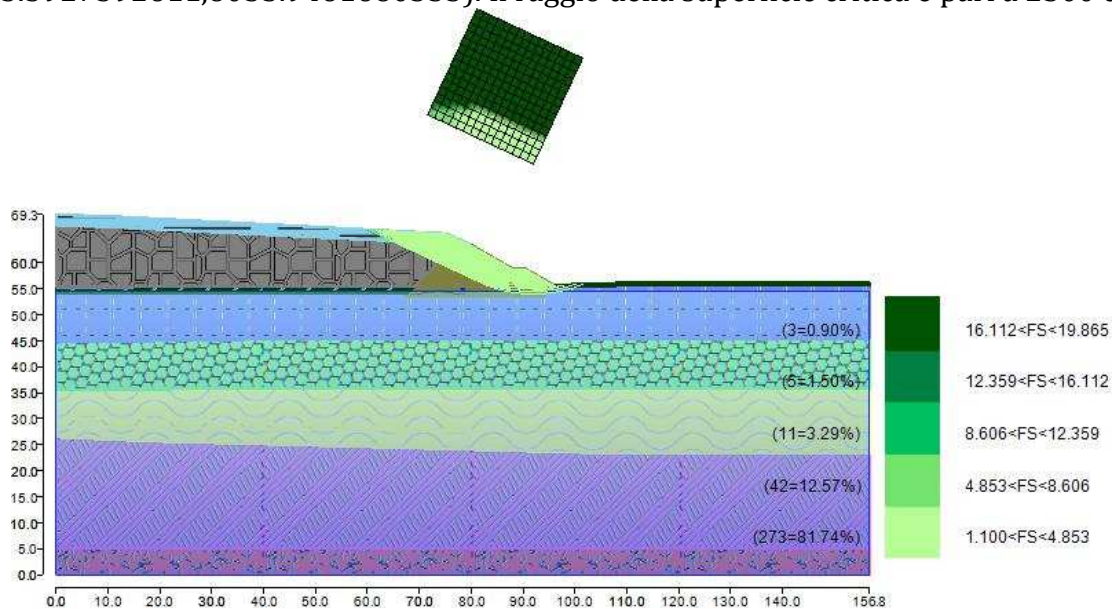


Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.411 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 8. Le coordinate del centro sono:

C(9263.3927392611,8035.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.

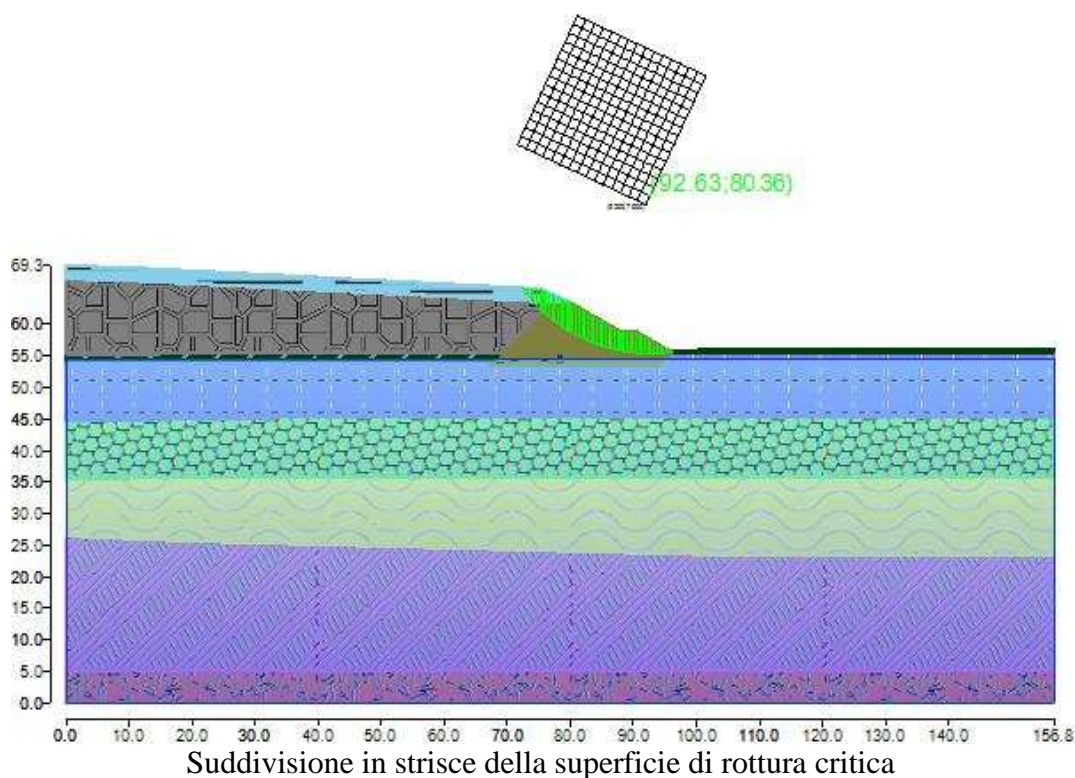
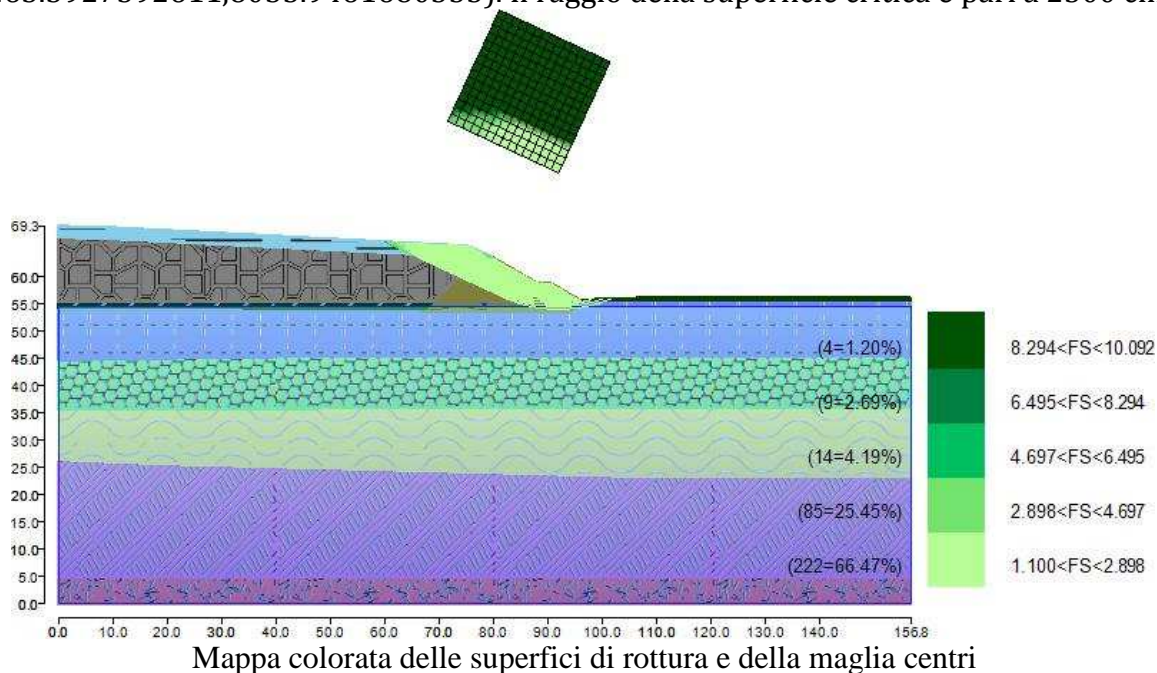


CASO SISMICO

Metodo di BISHOP (1955)

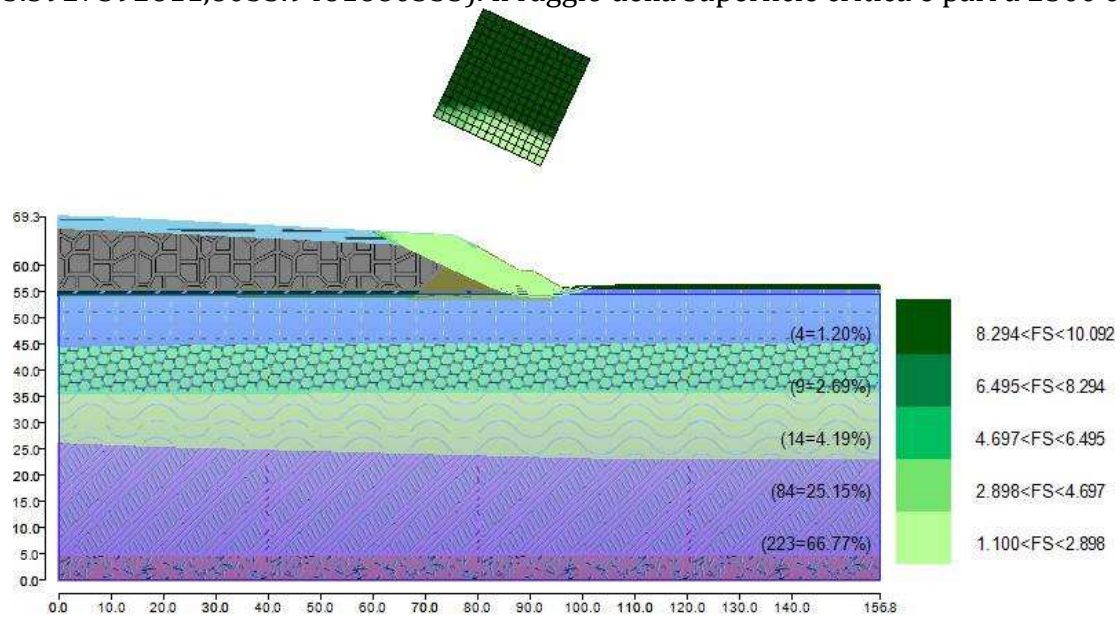
Il fattore di sicurezza critico è **1.222 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 8. Le coordinate del centro sono:

C(9263.3927392611,8035.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.

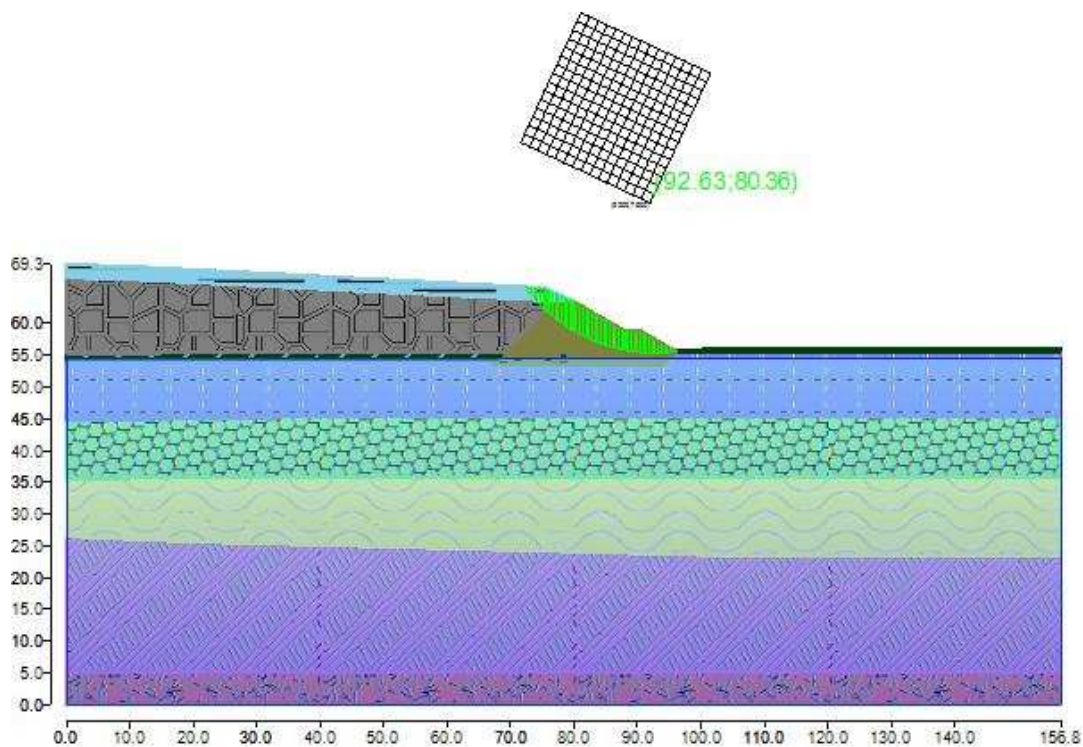


Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.220 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 8. Le coordinate del centro sono: C(9263.3927392611,8035.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

VERIFICA CORPO RIFIUTI LATO NORD SEZIONE 3

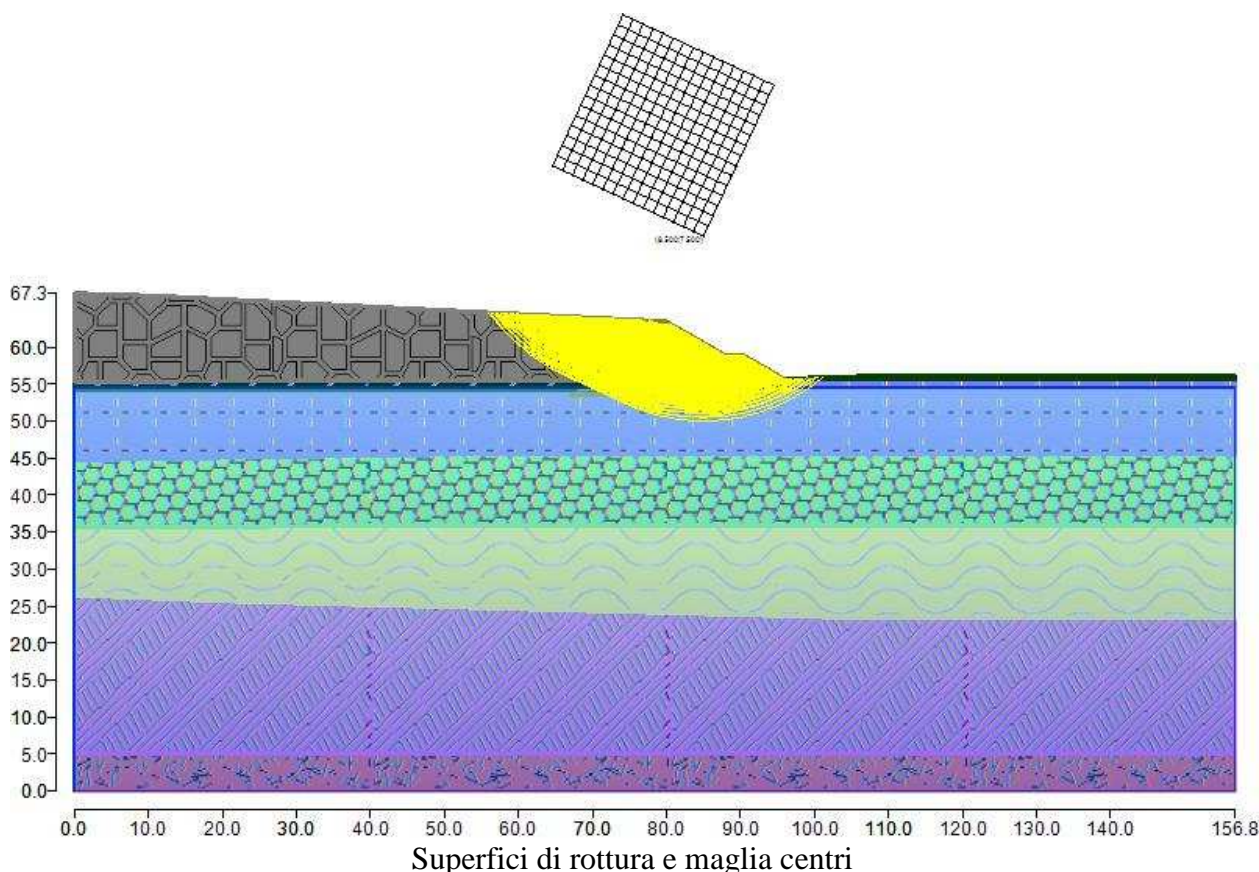
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(8500,7500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 519.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

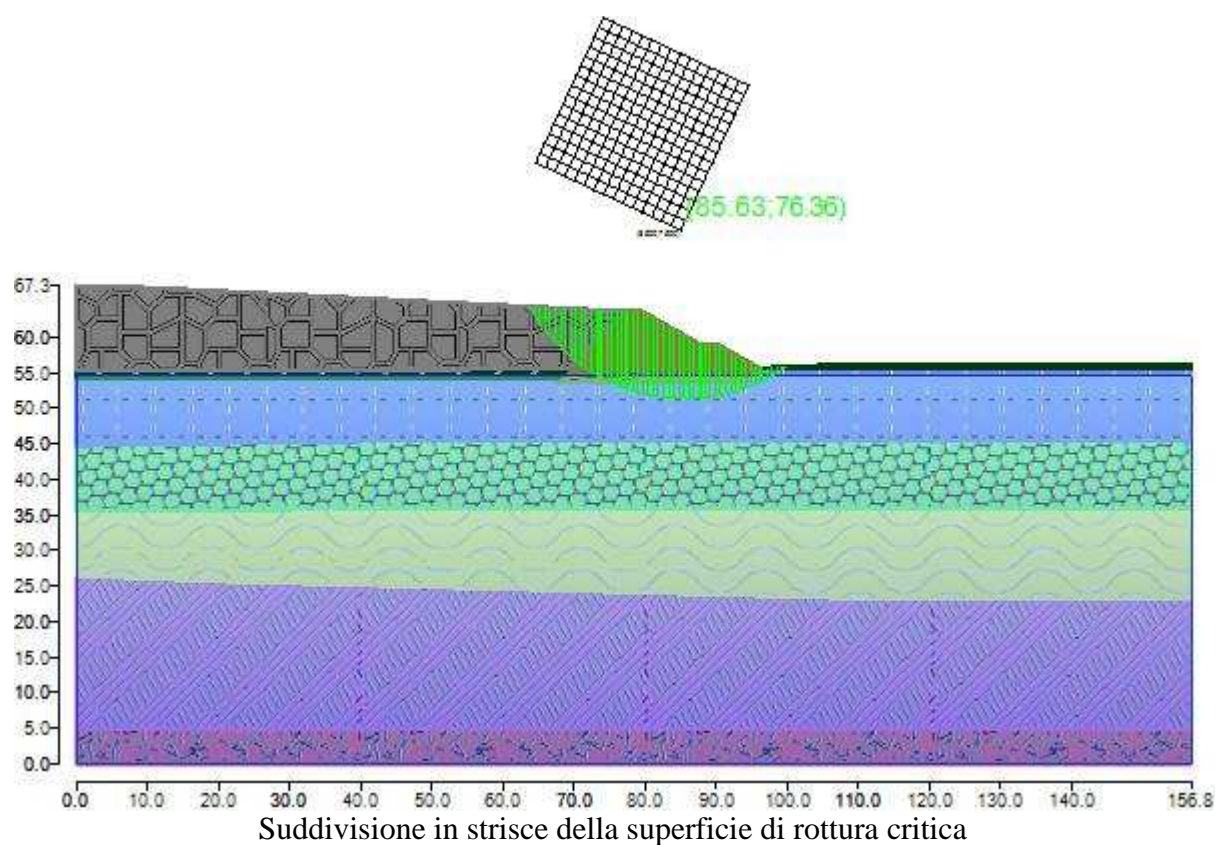
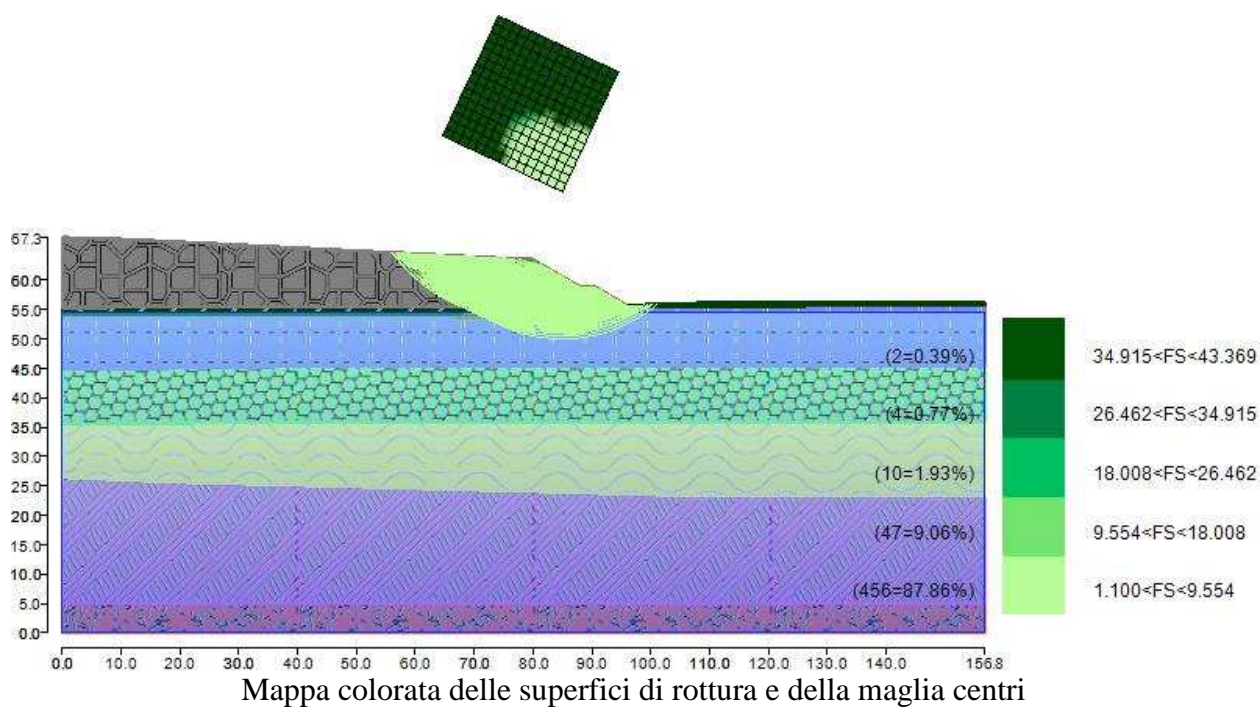
In fase di calcolo sono stati attivati:

- falda

CASO STATICO

Il fattore di sicurezza critico è **1.918 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono:

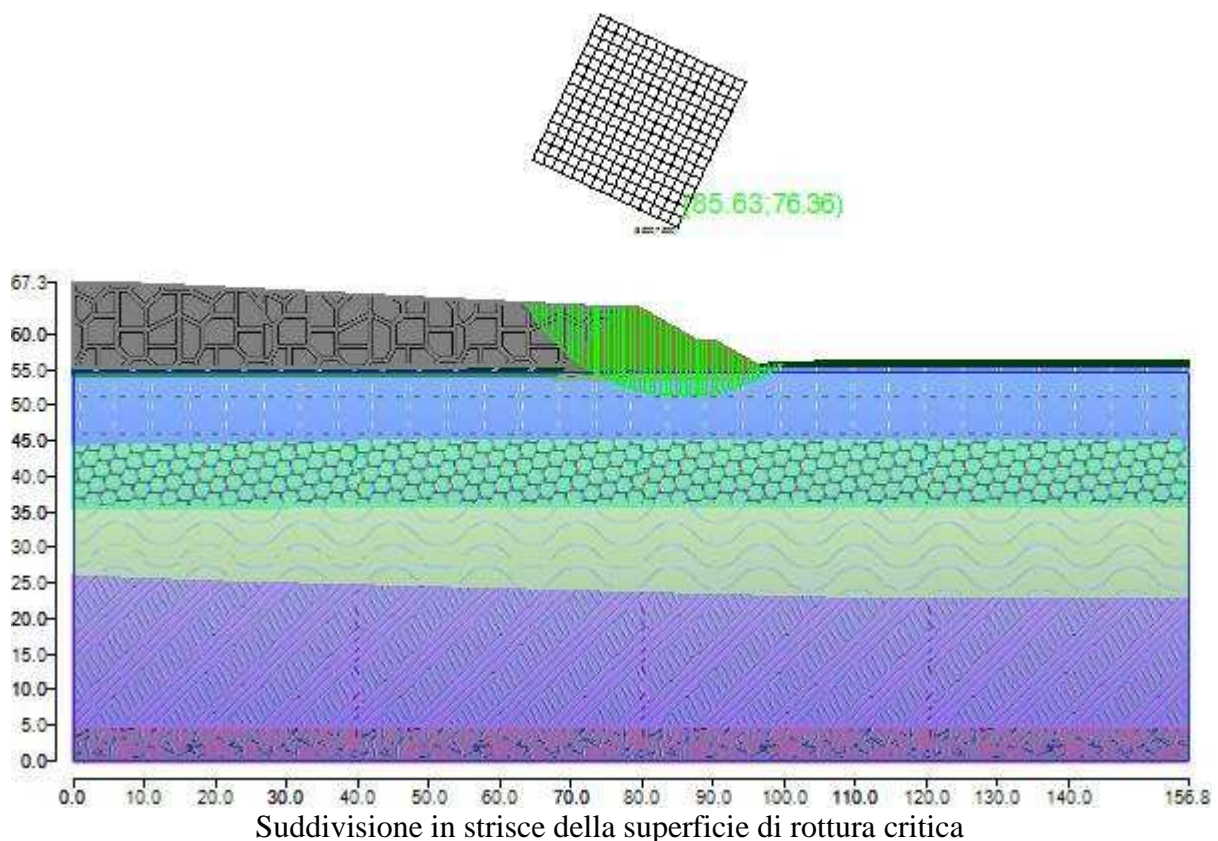
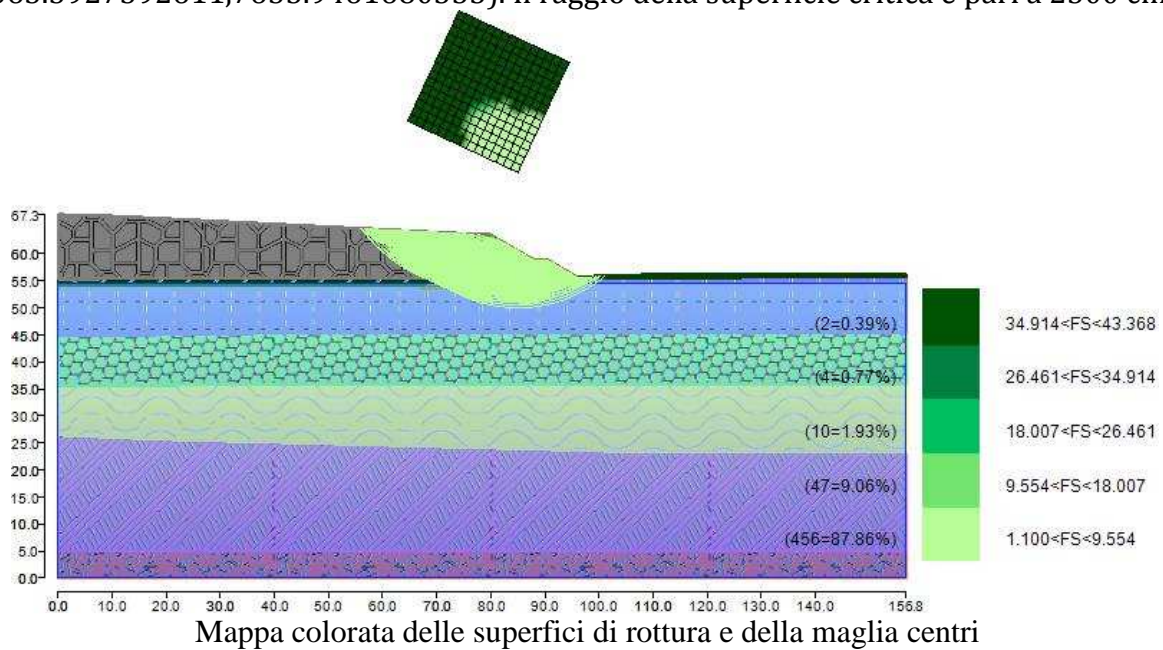
C(8563.3927392611,7635.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.911 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono: C(8563.3927392611,7635.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



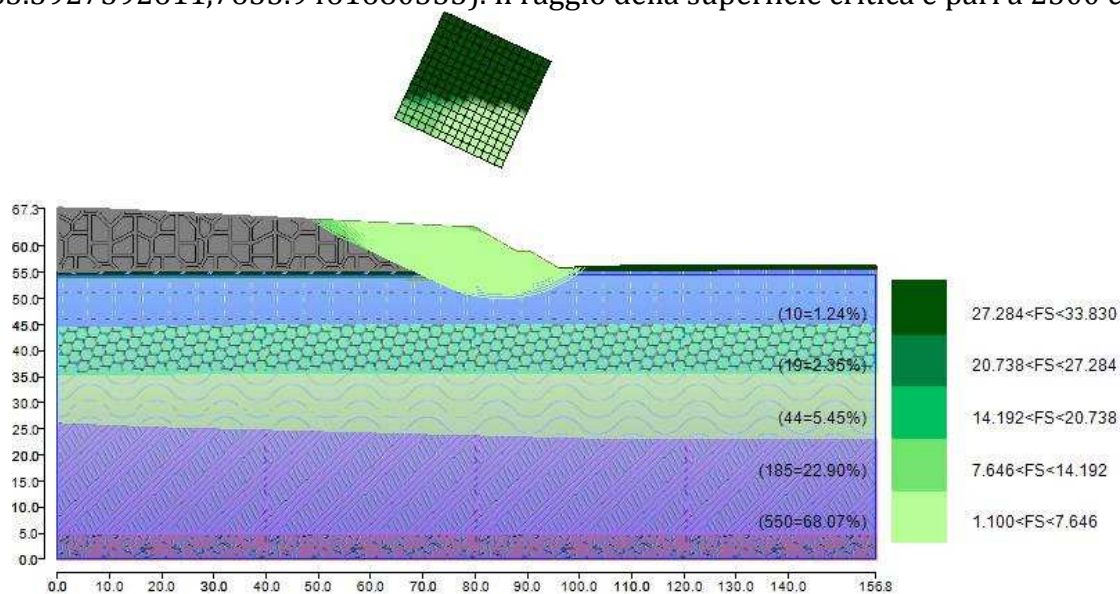
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170 - Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

CASO SISMICO

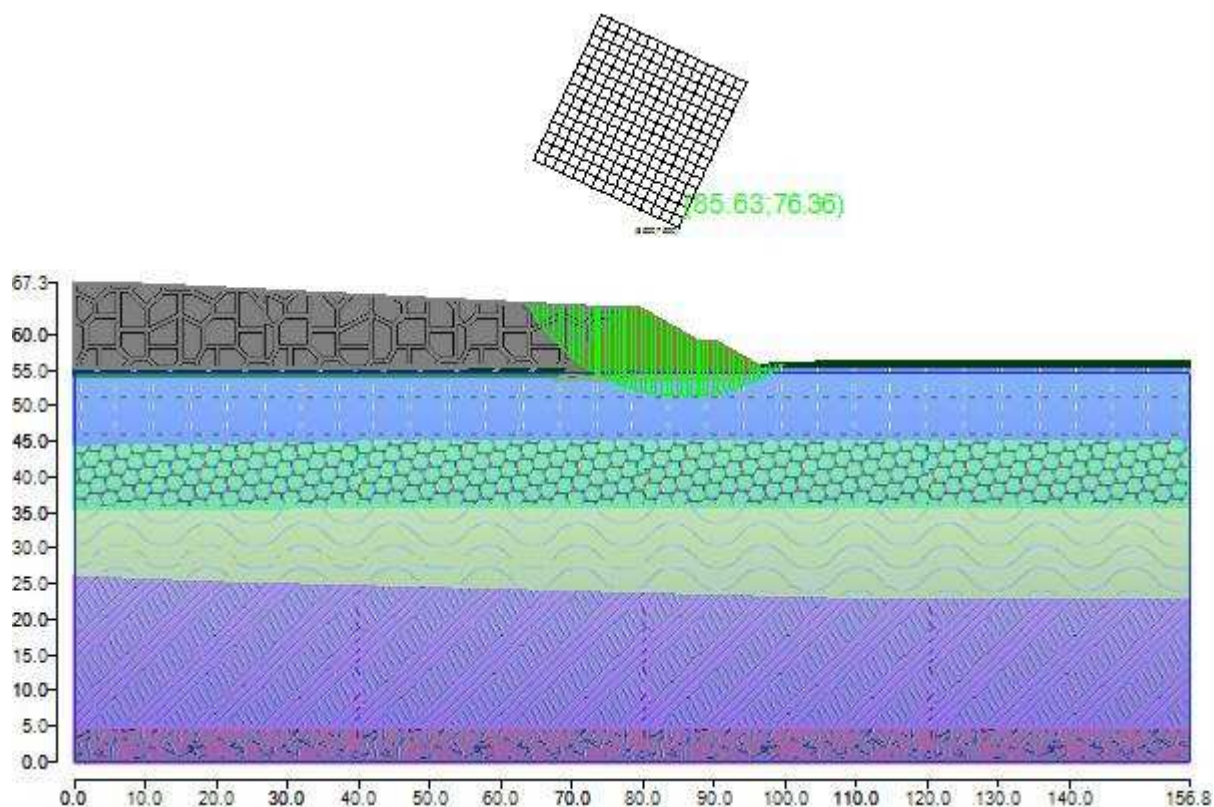
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.462 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono:

C(8563.3927392611,7635.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



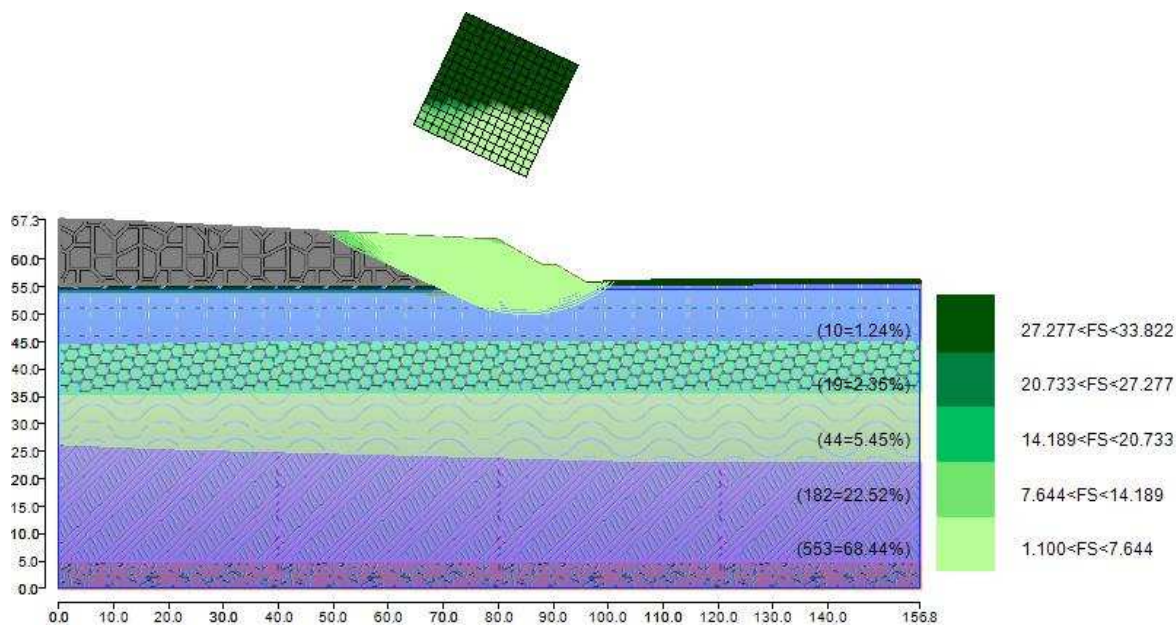
Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



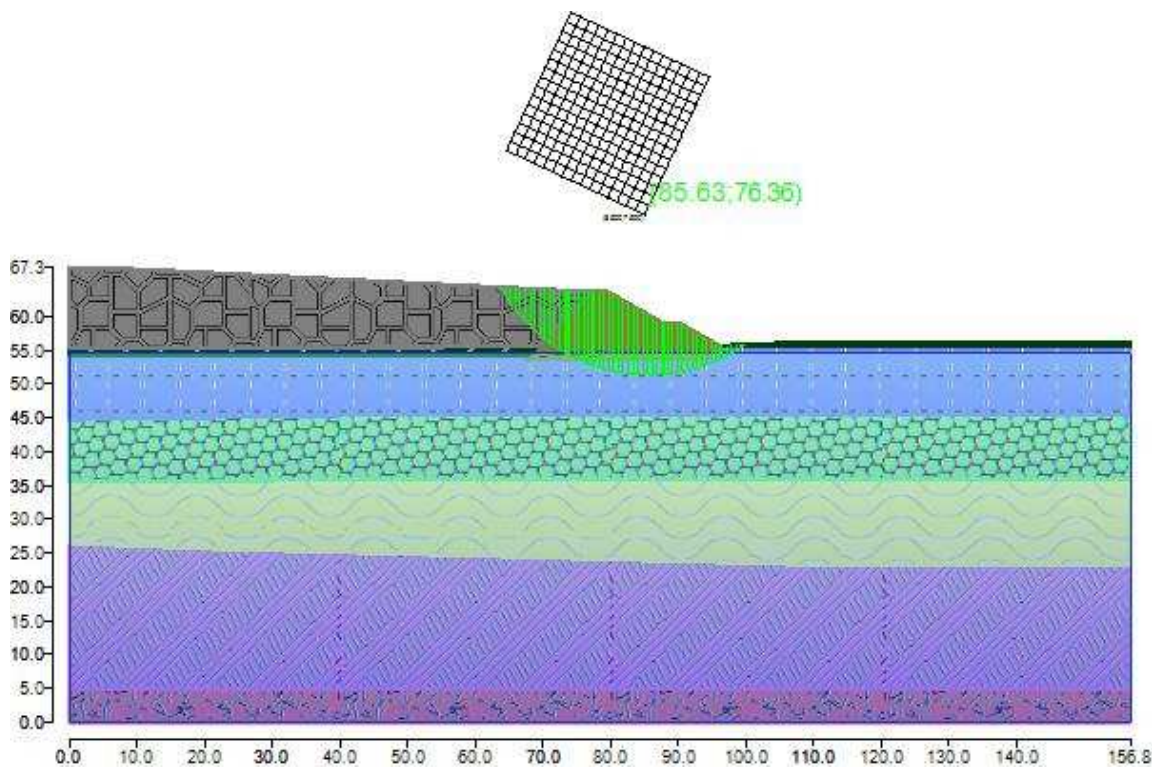
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.456 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono: C(8563.3927392611,7635.9461680555). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



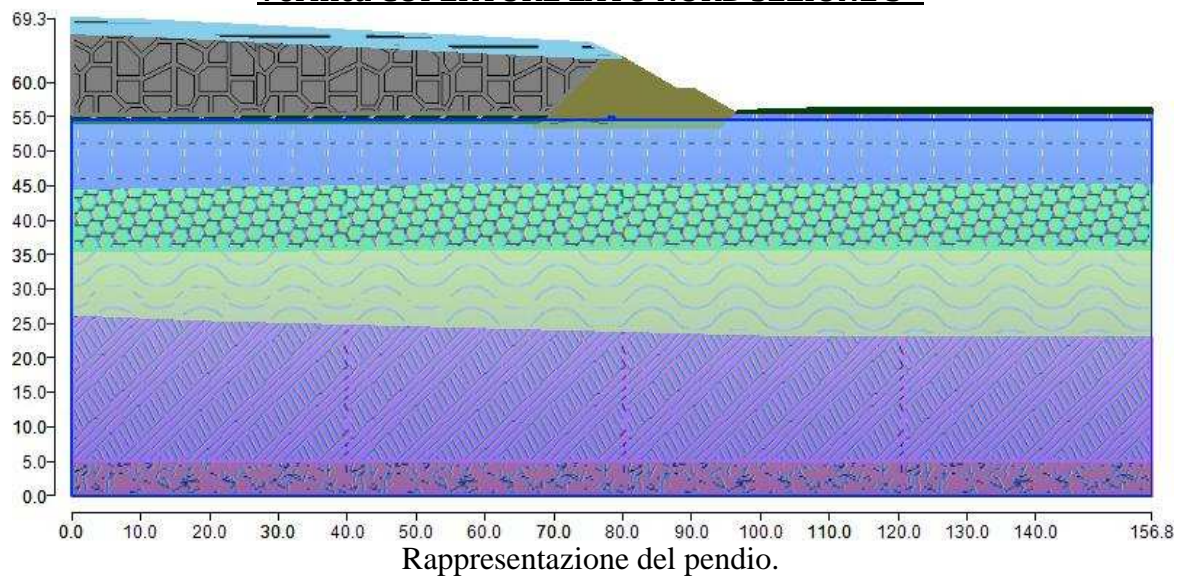
Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

“
Verifica COPERTURE LATO NORD SEZIONE 3”



VERIFICA COPERTURA LATO NORD SEZIONE 3

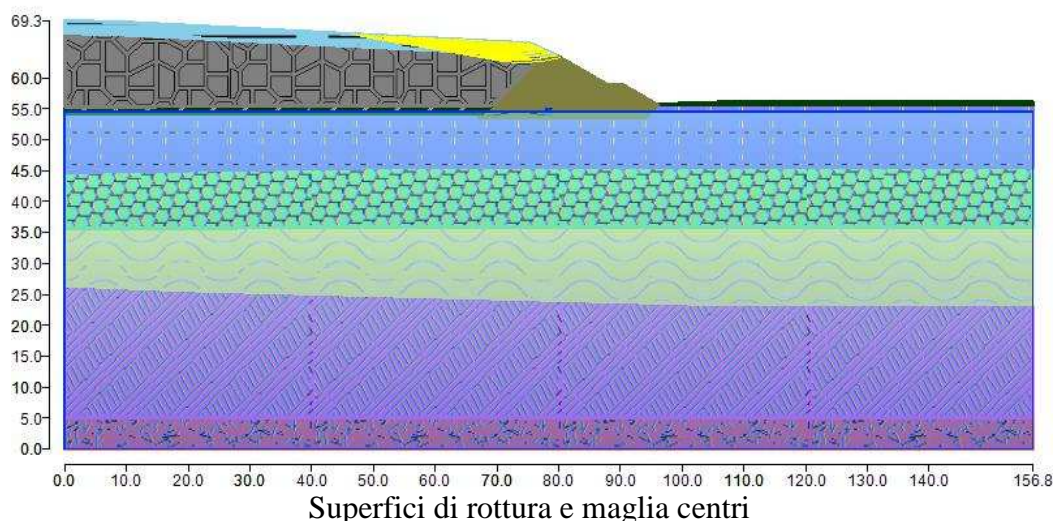
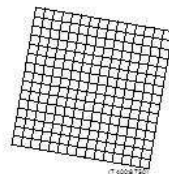
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(7400,8750), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 63.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- falda

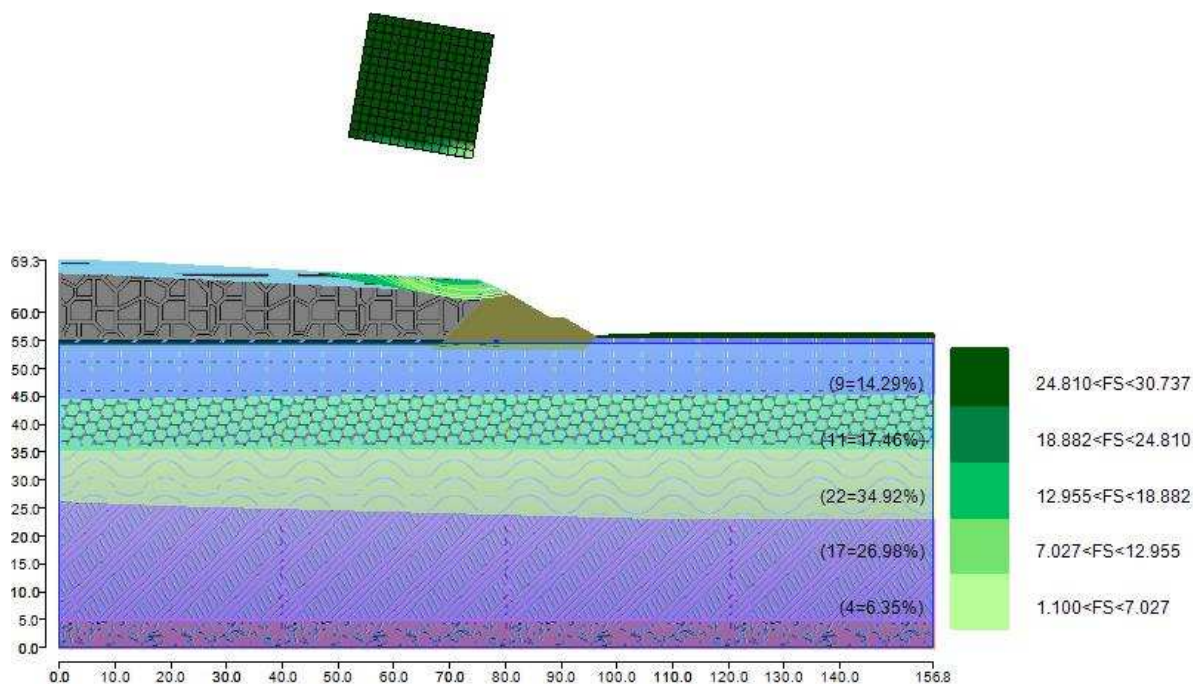
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

CASO STATICO

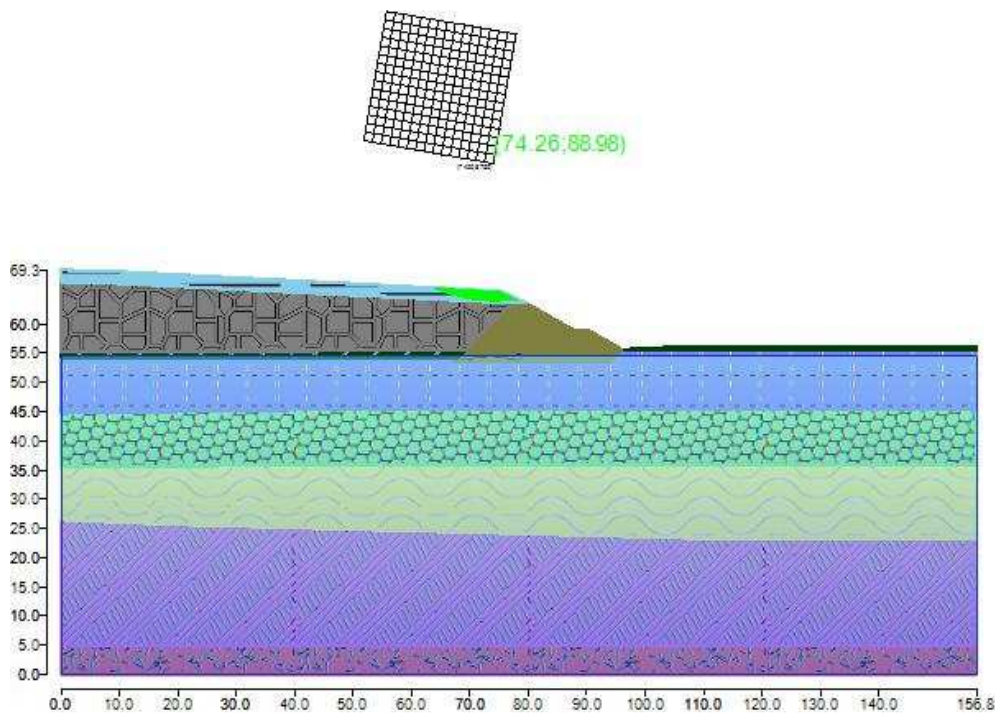
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **6.320 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono:

C(7426.04722665004,8897.72116295183). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

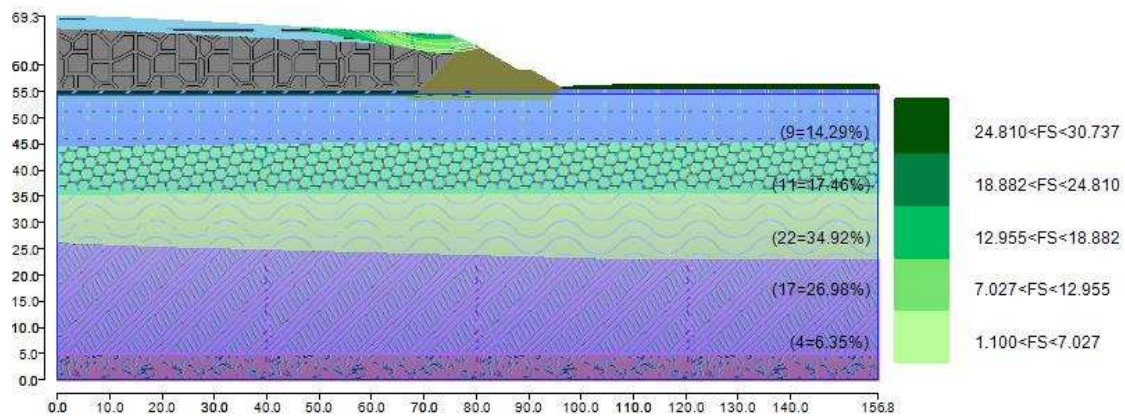


Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

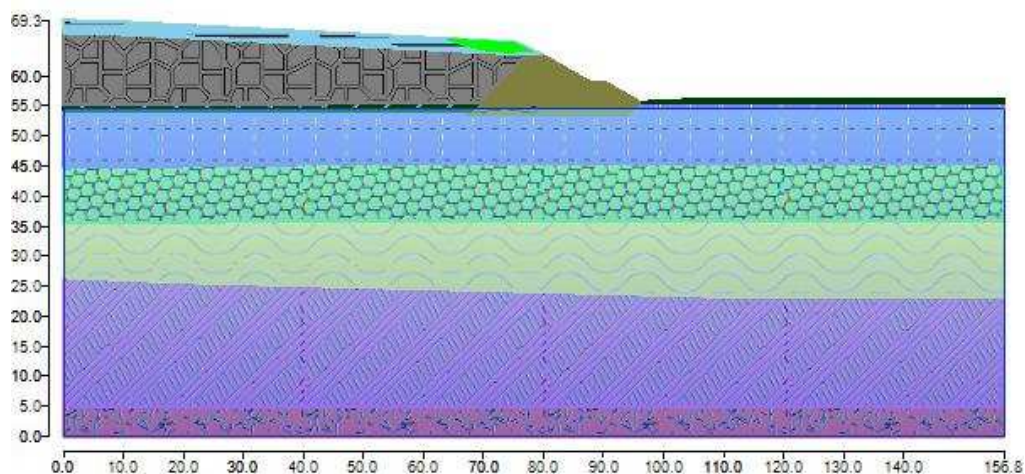
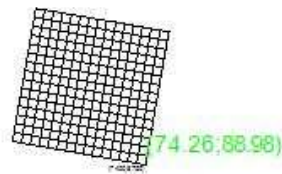
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **6.320 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(7426.04722665004,8897.72116295183). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



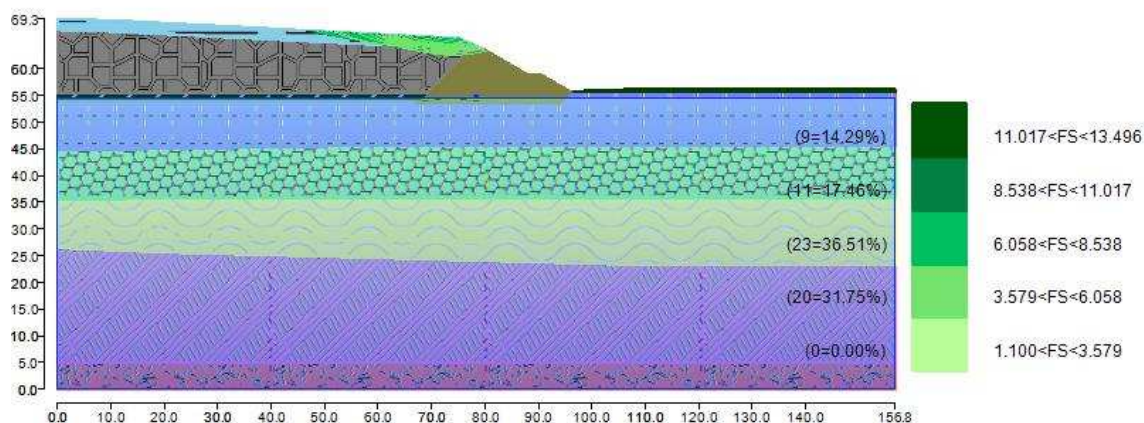
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

CASO SISMICO

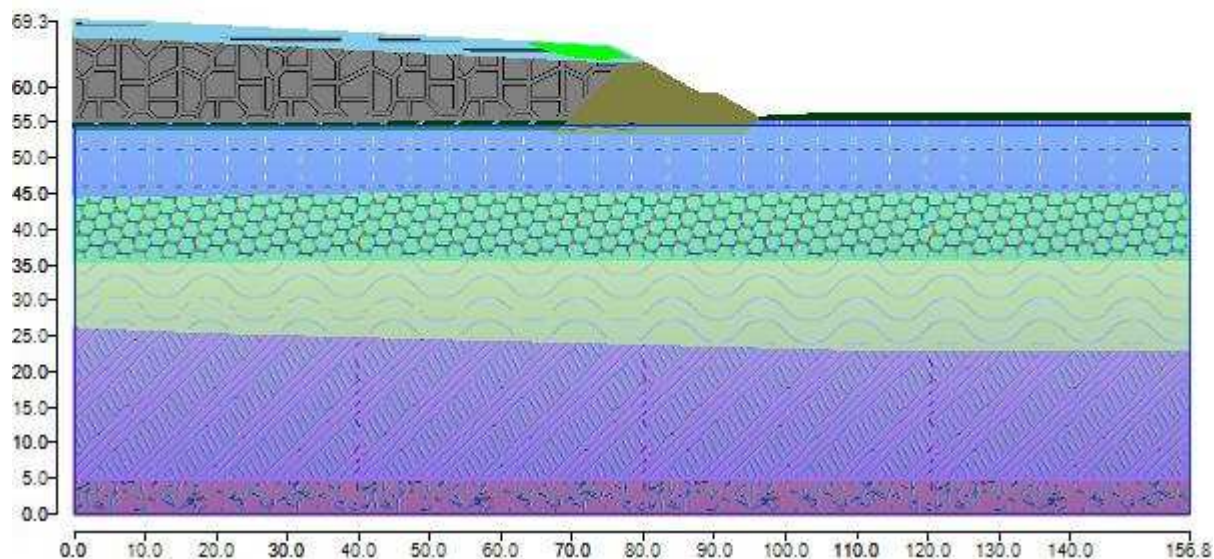
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **3.958 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono:

C(7426.04722665004,8897.72116295183). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

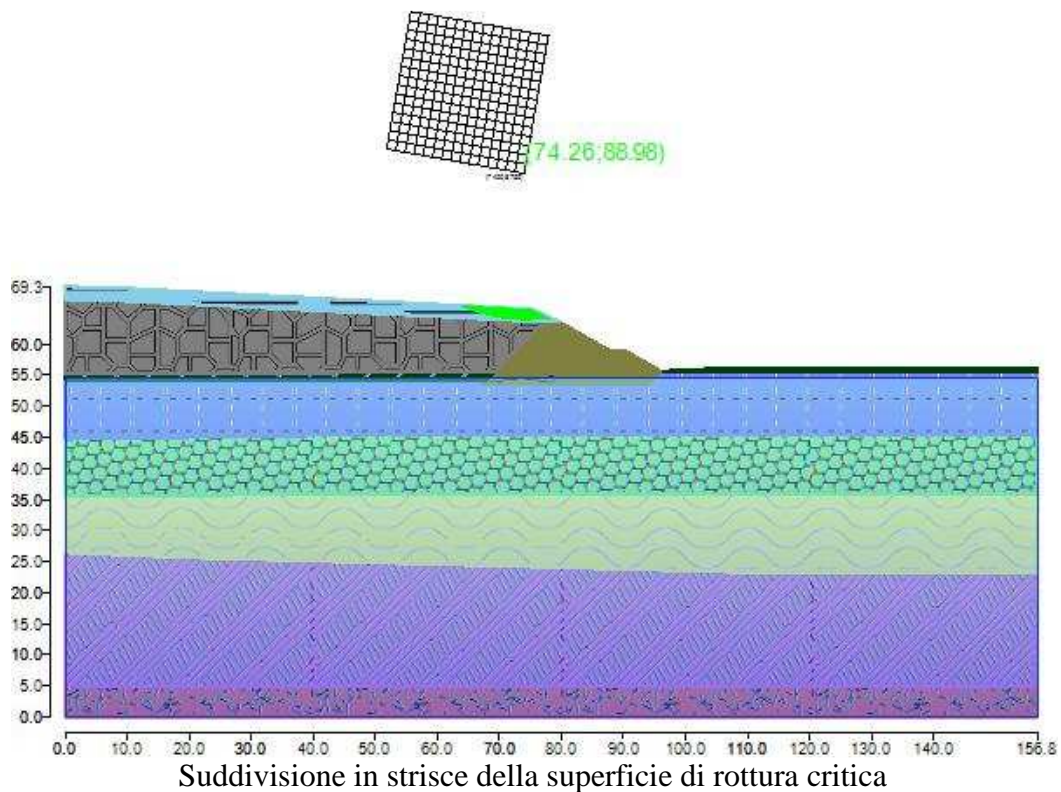
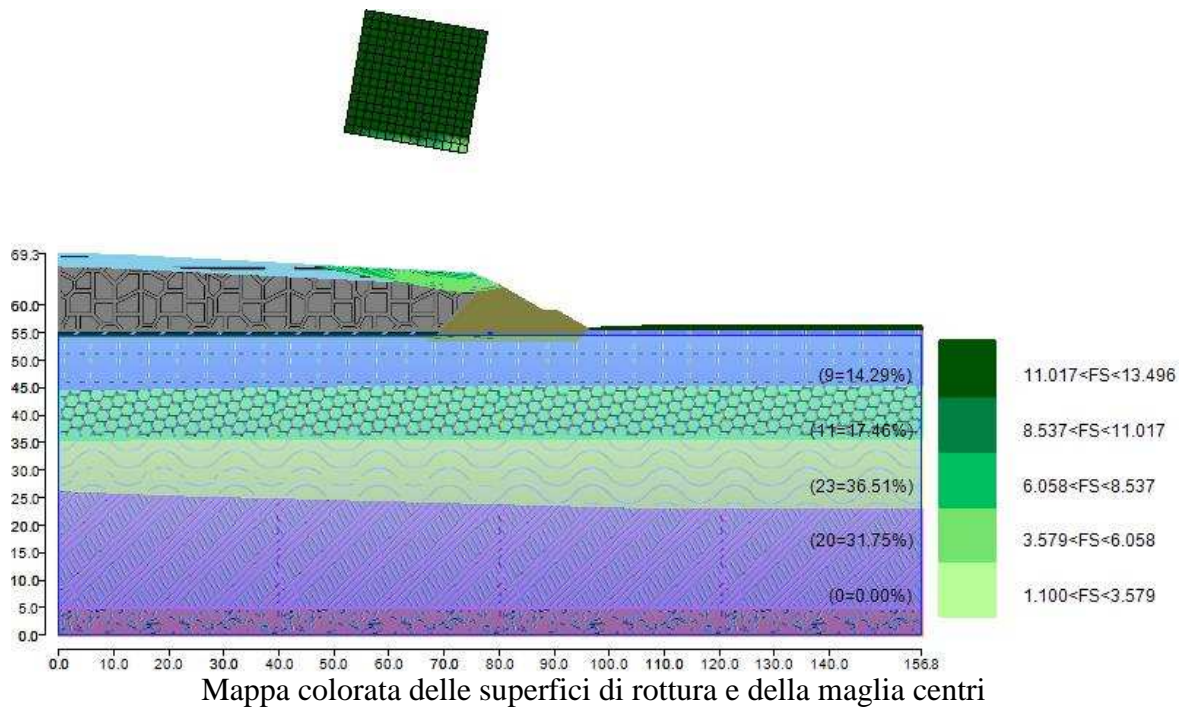


Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170 - Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **3.958 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 17 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(7426.04722665004,8897.72116295183). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

In conclusione vengono sintetizzati di seguito i risultati ottenuti PER LA SEZIONE 1 E PER LA SEZIONE 3 ENTRAMBE LATO NORD PER IL GLI ARGINI DI CONTENIMENTO, IL CORPO RIFIUTI E PER LA COPERTURA.

NTC18 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)

NTC - 18	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) F _S ≥1.100			
Metodo di Calcolo	Bishop semplificato		Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price	
Tipo di superficie	Superficie circolare			
Metodo di ricerca della superficie critica	“Slope search”			
SEZIONI 1 E 2				
VERIFICA CORPO RIFIUTI	CONDIZIONI STATICHE		CONDIZIONI SISMICHE	
	Bishop semplificato	Morgenstern & Price	Bishop semplificato	Morgenstern & Price
SEZIONE 1 LATO NORD ARGINE	1.565	1.556	1.269	1.262
SEZIONE 1 LATO NORD CORPO RIFIUTI	1.646	1.639	1.301	1.298
SEZIONE 1 LATO NORD COPERTURE	5.997	5.997	3.932	3.932
SEZIONE 3 LATO NORD ARGINE	1.414	1.411	1.222	1.220
SEZIONE 3 LATO NORD CORPO RIFIUTI	1.918	1.911	1.462	1.456
SEZIONE 3 LATO NORD COPERTURE	6.320	6.320	3.958	3.958

Risultati verifiche di stabilità SEZIONE 1 E 3 LATO NORD

4.2 verifiche di stabilità LATO SUD SEZIONE 1

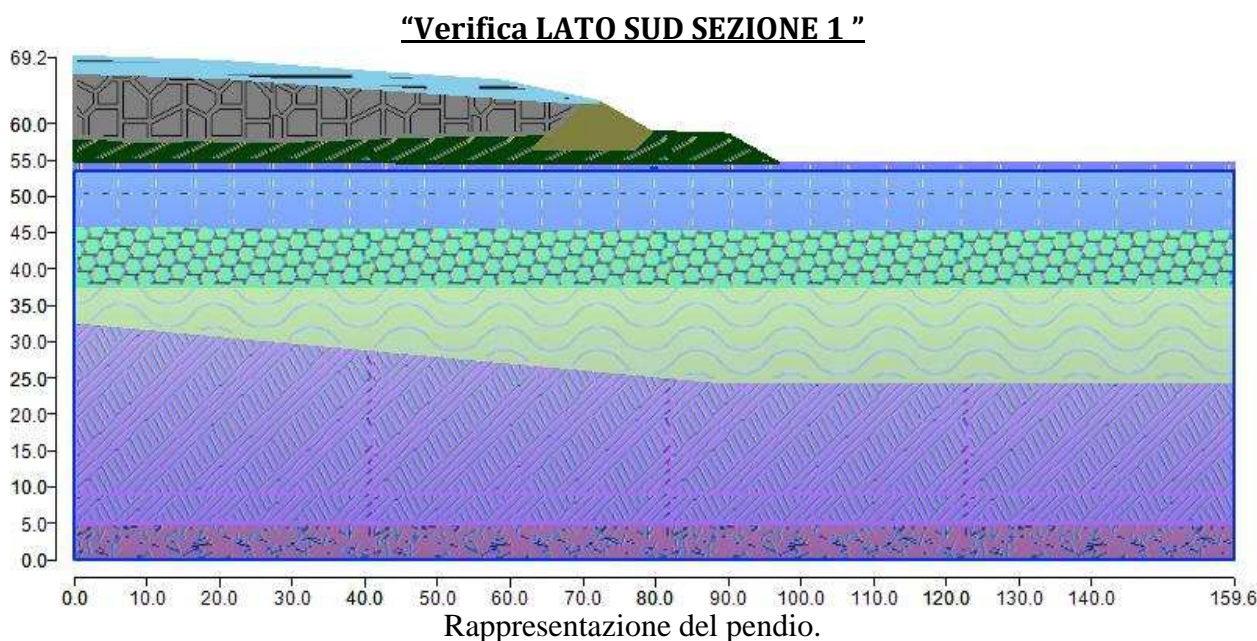
Analisi con superfici circolari

I metodi di calcolo adottati sono stati i seguenti:

- Bishop semplificato: il metodo ipotizza superfici di scorrimento circolari e forze di interstriscia verticali nulle. Calcola l'equilibrio alla traslazione verticale della striscia. Non considera l'equilibrio alla traslazione orizzontale, che, quindi, non è soddisfatto. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.
- Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price: Il metodo considera nota la funzione che lega le forze interstriscia tangenziali con le forze normali. Le grandezze sono calcolate iterativamente imponendo il rispetto delle condizioni al contorno. Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

La ricerca di superfici circolari avviene attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

La tolleranza è stata fissata a 0.001.



VERIFICA ARGINE LATO SUD SEZIONE 1

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

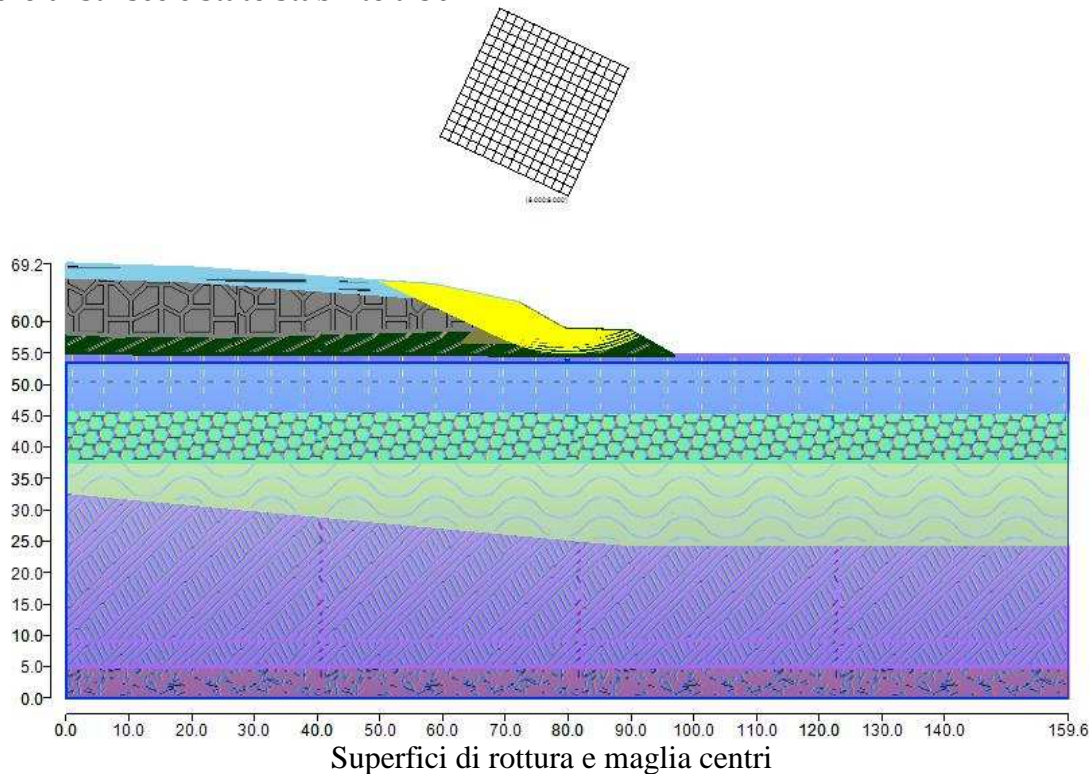
La maglia di centri ha origine nel punto C(8000,8000), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 252.

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

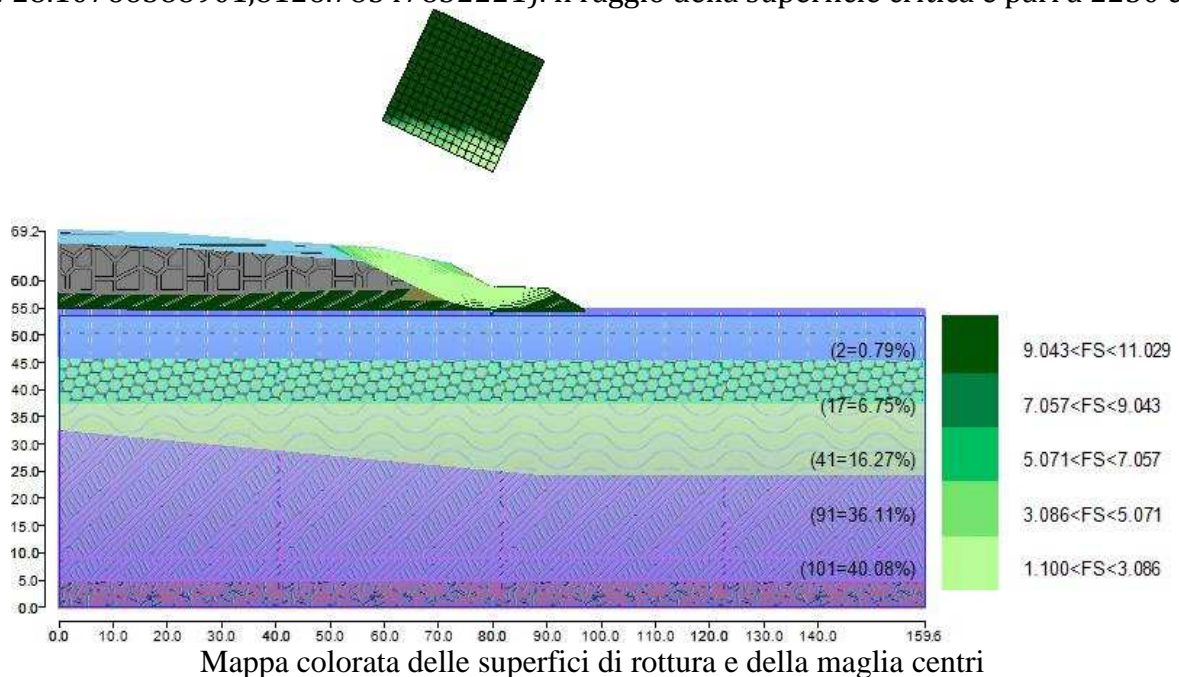
- falda

CASO STATICO

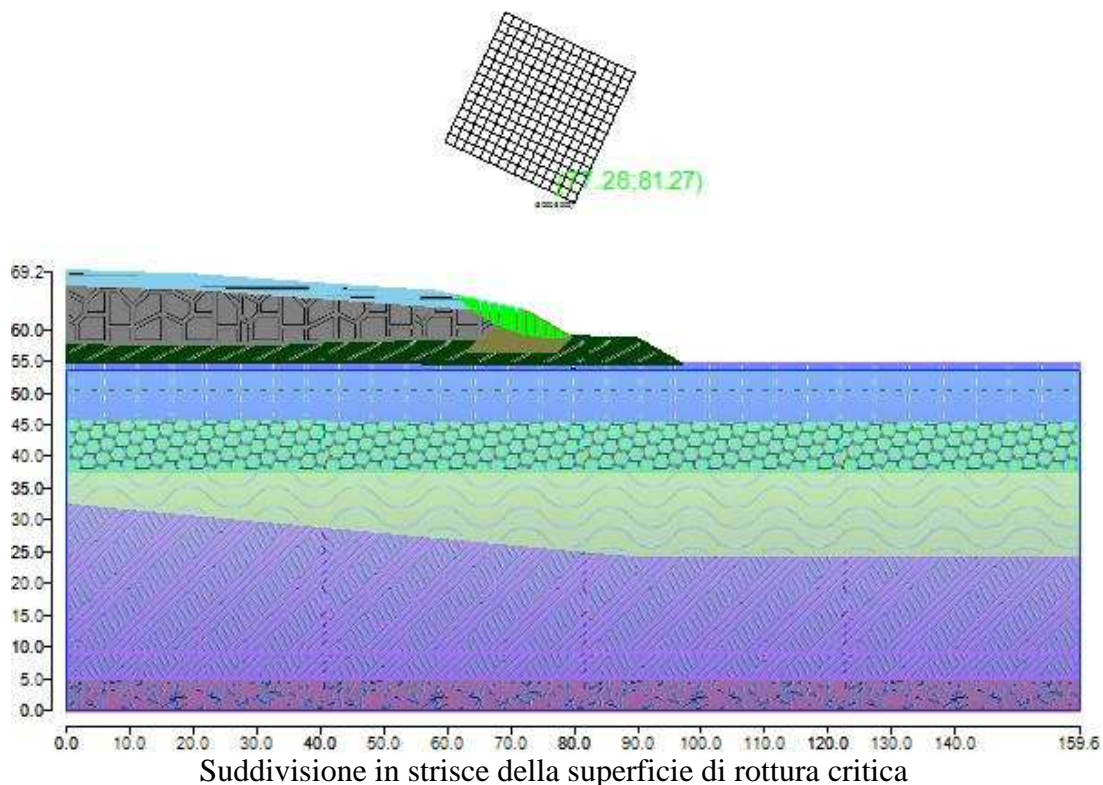
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **2.132 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 3 e della superficie numero 6. Le coordinate del centro sono:

C(7728.10766388901,8126.78547852221). Il raggio della superficie critica è pari a 2250 cm.



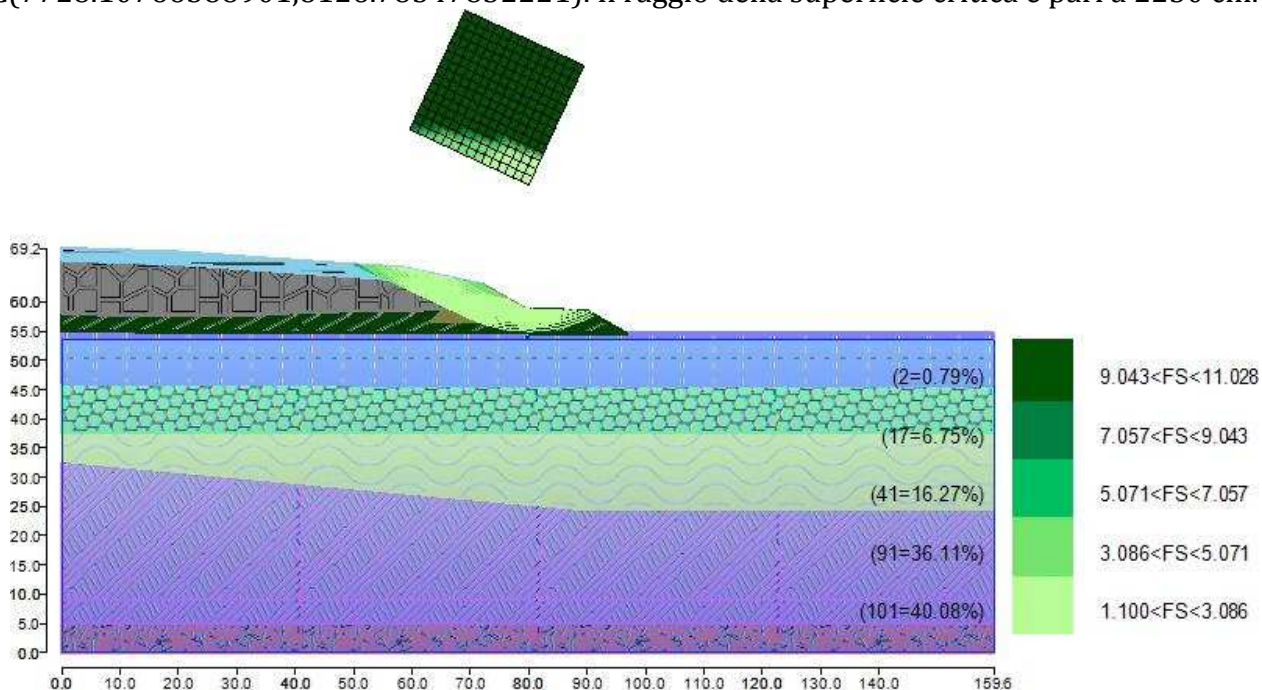
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com - PEC:ballistarita@legalmail.it

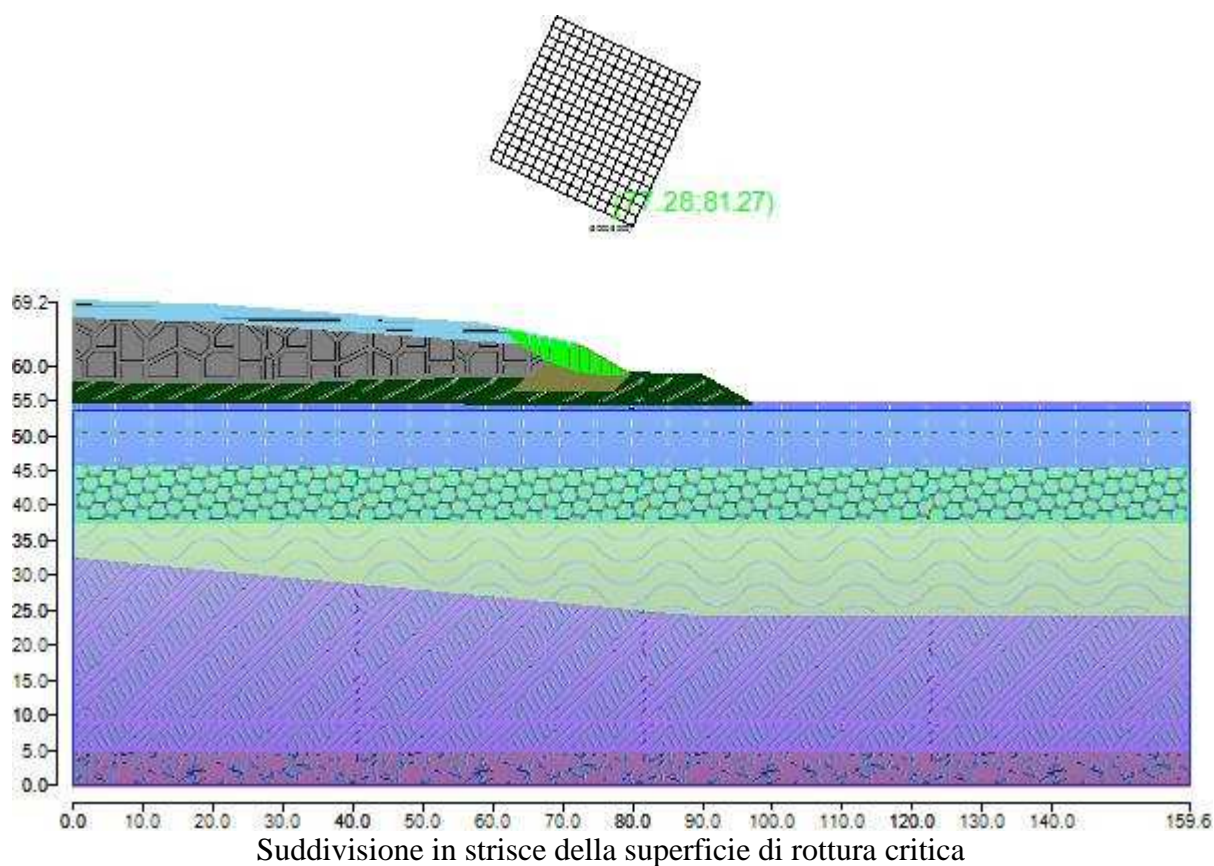


Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **2.126 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 3 e della superficie numero 6. Le coordinate del centro sono:

C(7728.10766388901,8126.78547852221). Il raggio della superficie critica è pari a 2250 cm.



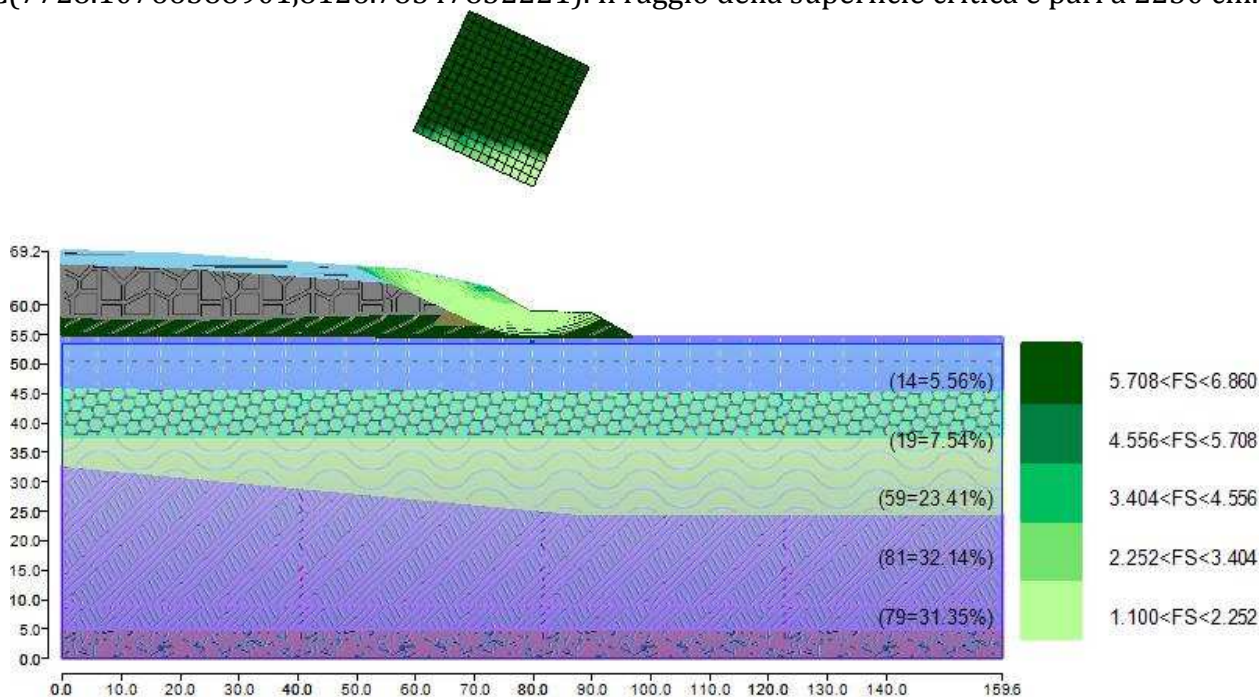


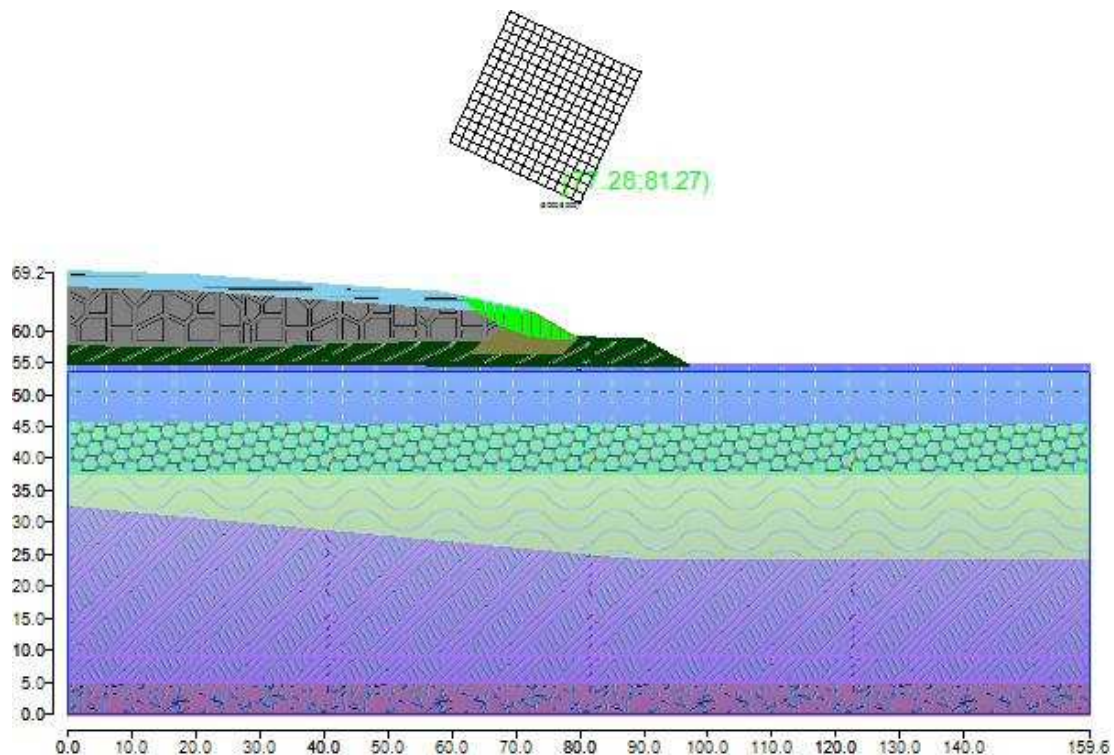
CASO SISMICO

Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.767 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 3 e della superficie numero 6. Le coordinate del centro sono:

C(7728.10766388901,8126.78547852221). Il raggio della superficie critica è pari a 2250 cm.

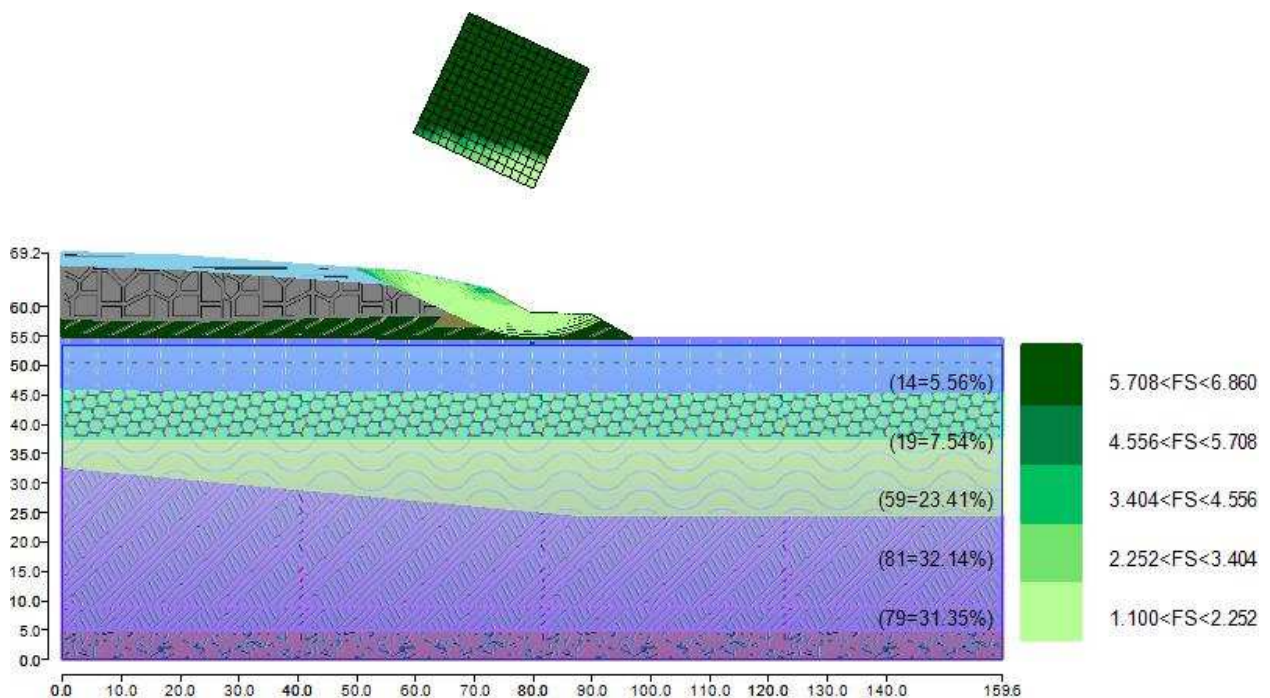




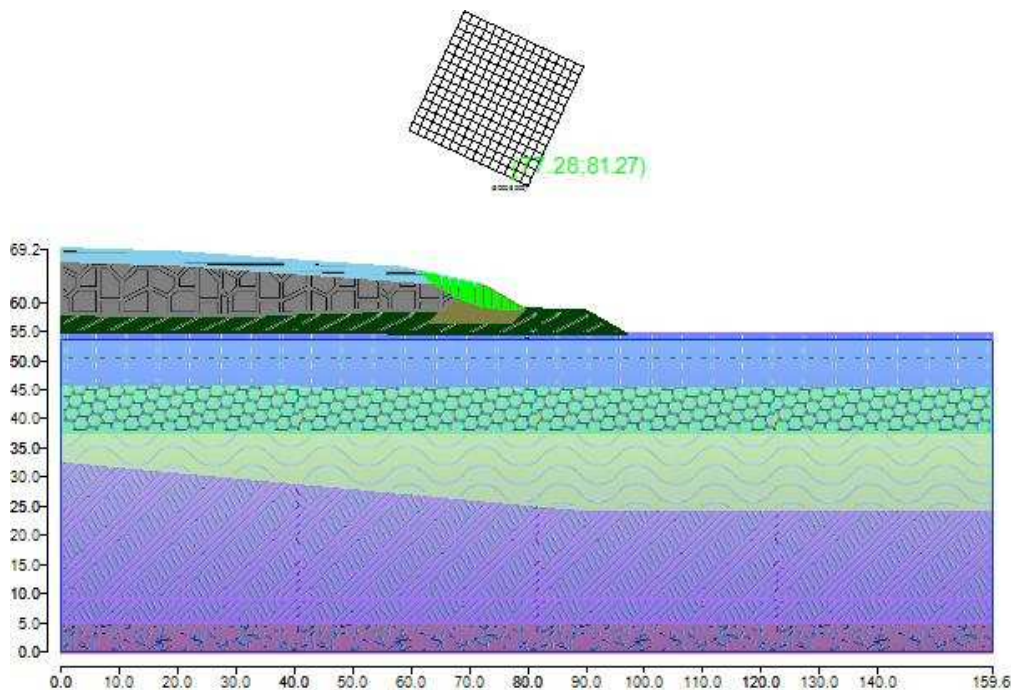
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.762 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 3 e della superficie numero 6. Le coordinate del centro sono: C(7728.10766388901,8126.78547852221). Il raggio della superficie critica è pari a 2250 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

VERIFICA CORPO RIFIUTI LATO SUD SEZIONE 1

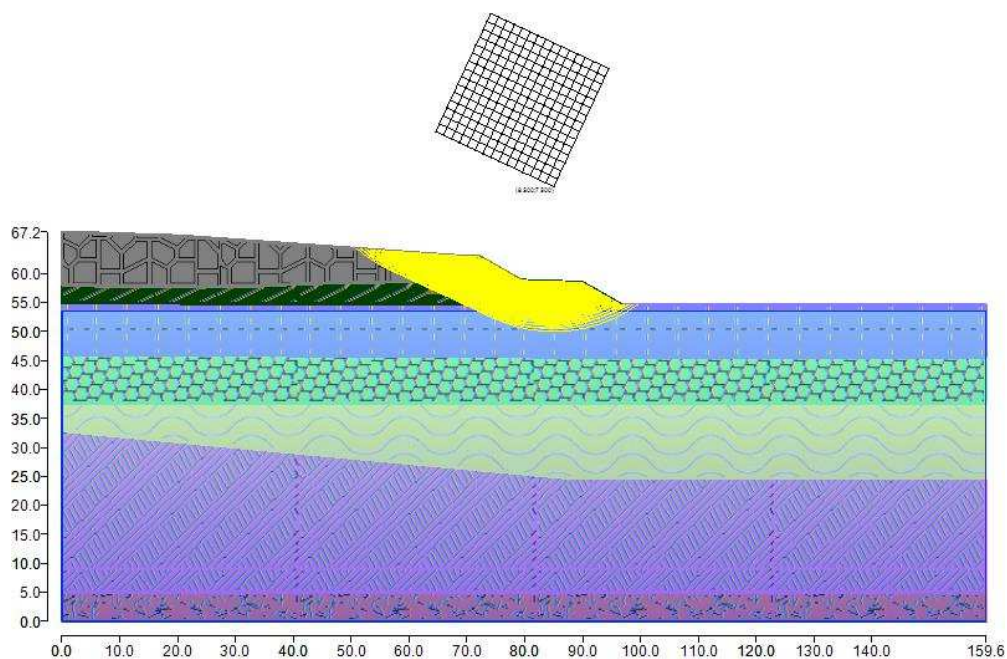
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(8500,7500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 527.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

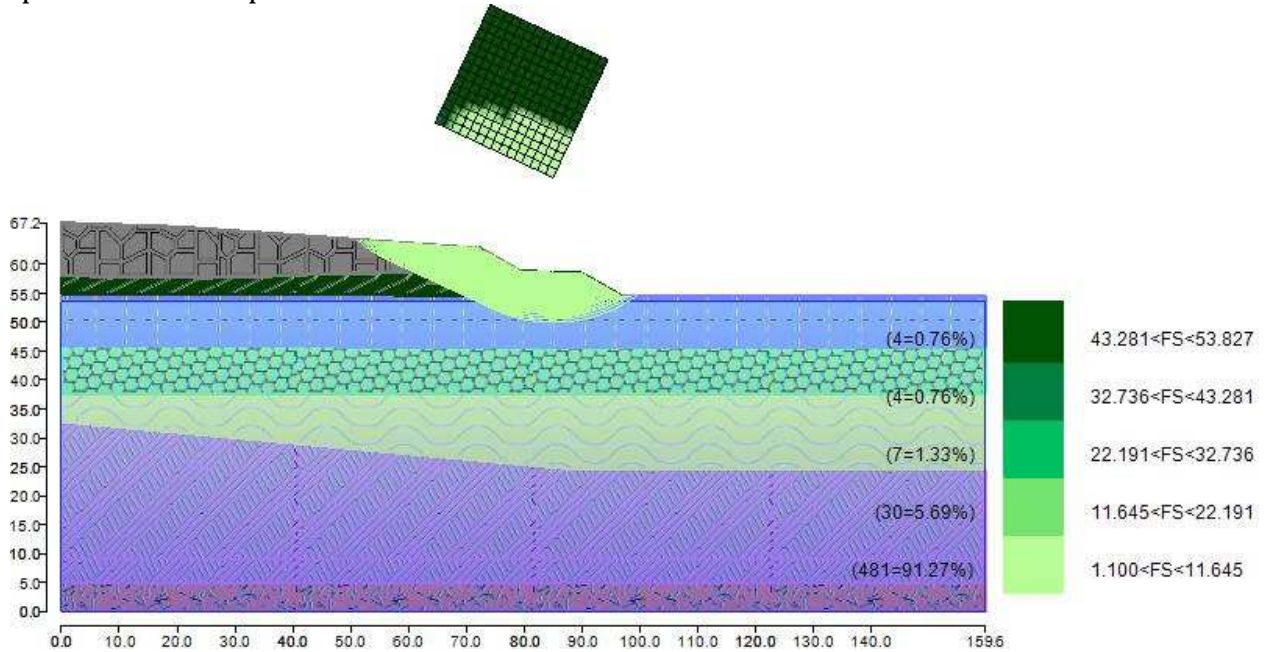
Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
 Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

- falda

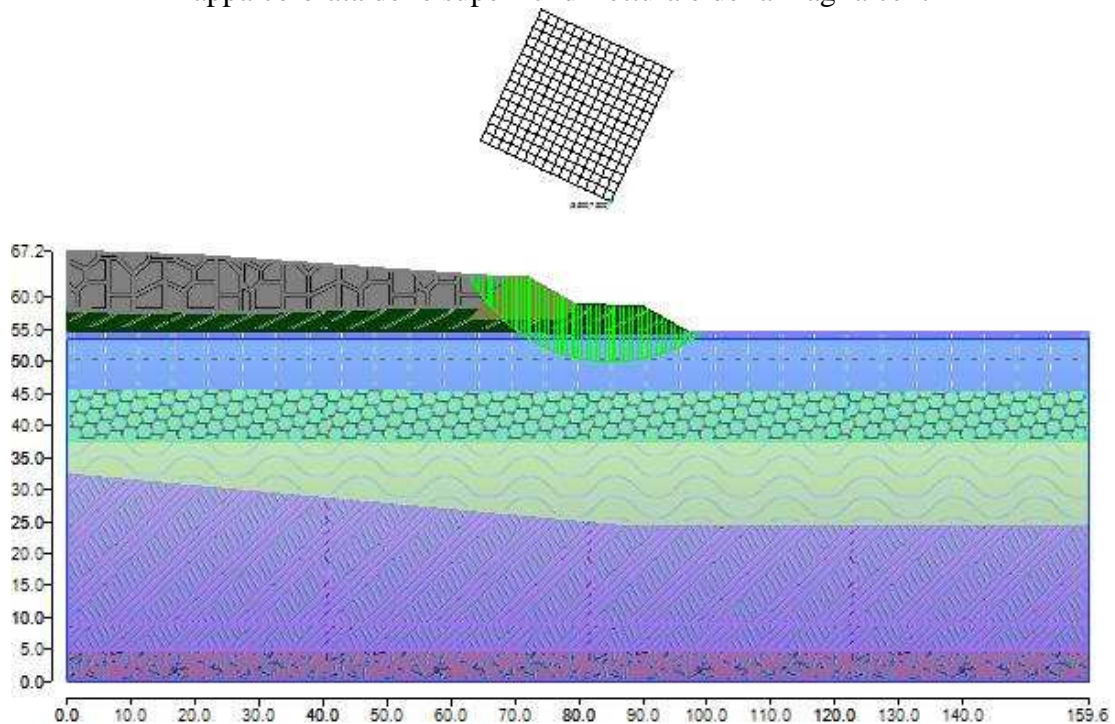
CASO STATICO

Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.428 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 1 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono: C(8500,7500). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

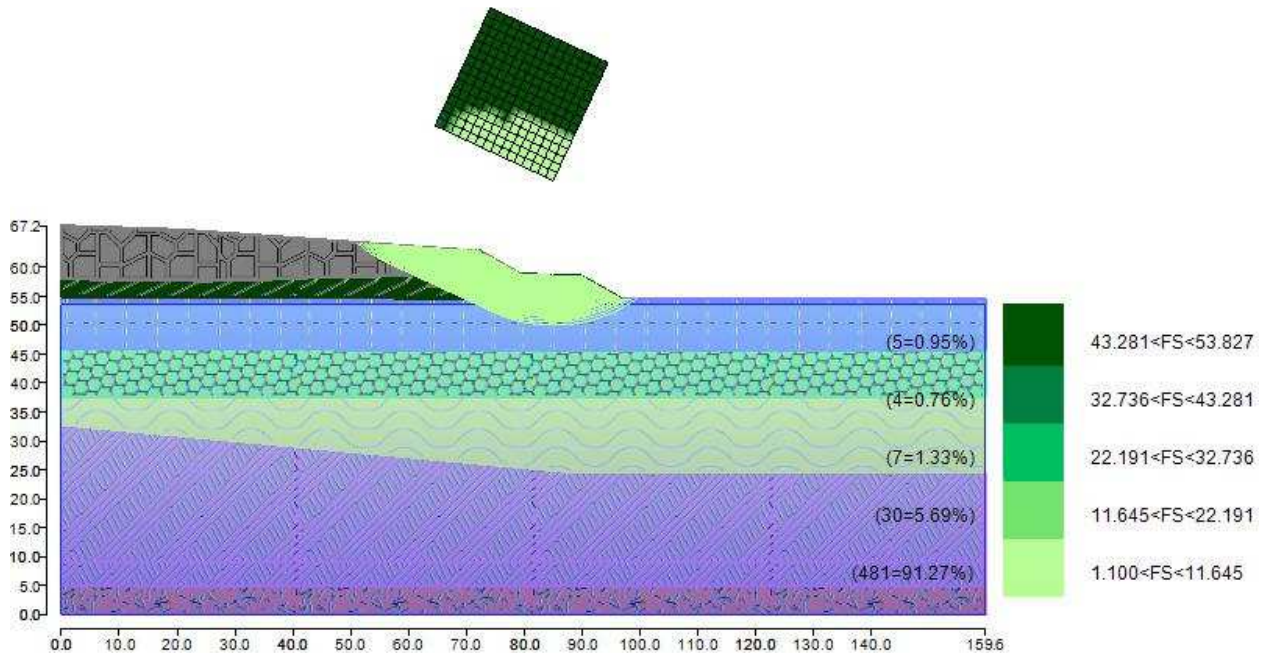


Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

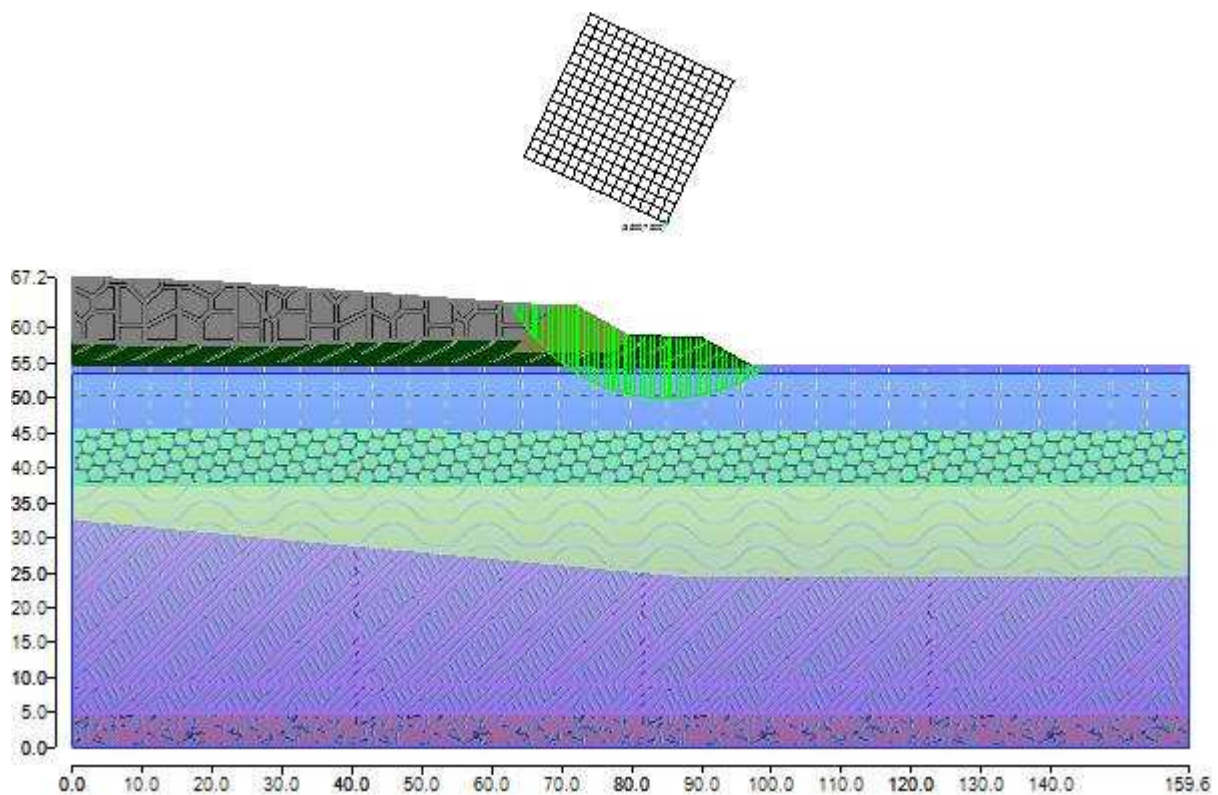
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.423 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 1 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono: C(8500,7500). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



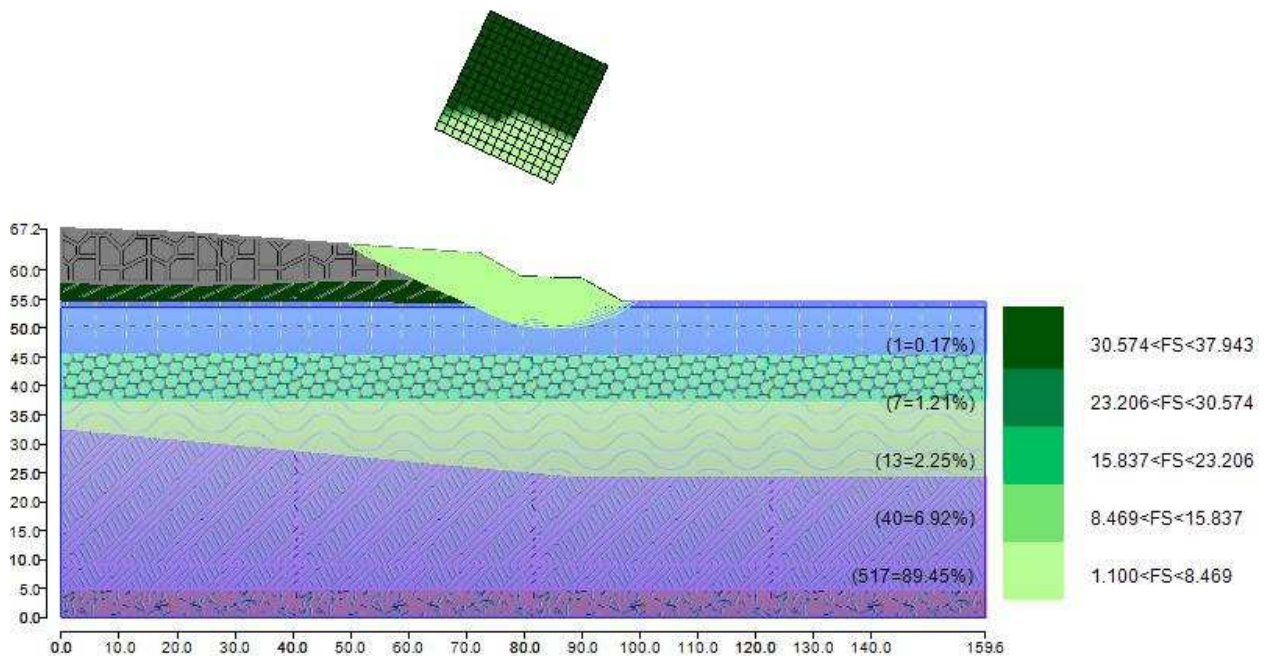
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

CASO SISMICO

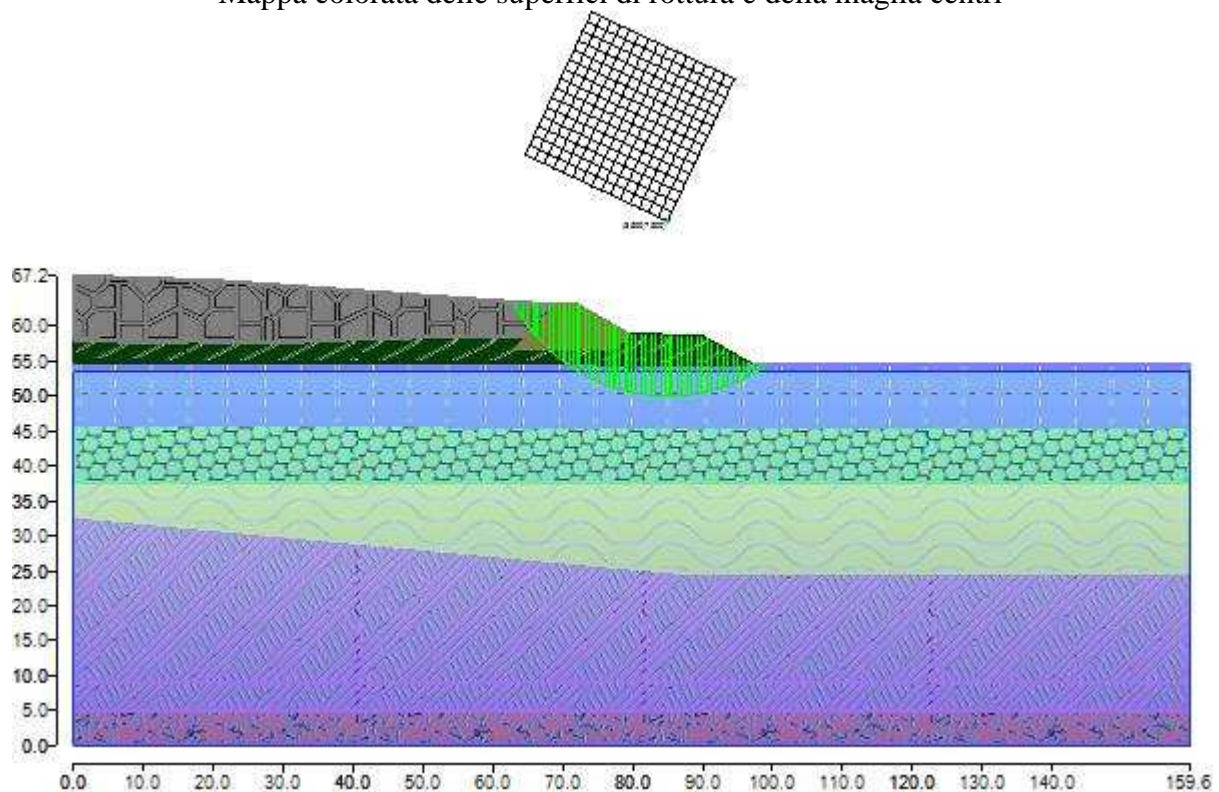
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **1.155 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 1 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono: C(8500,7500). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



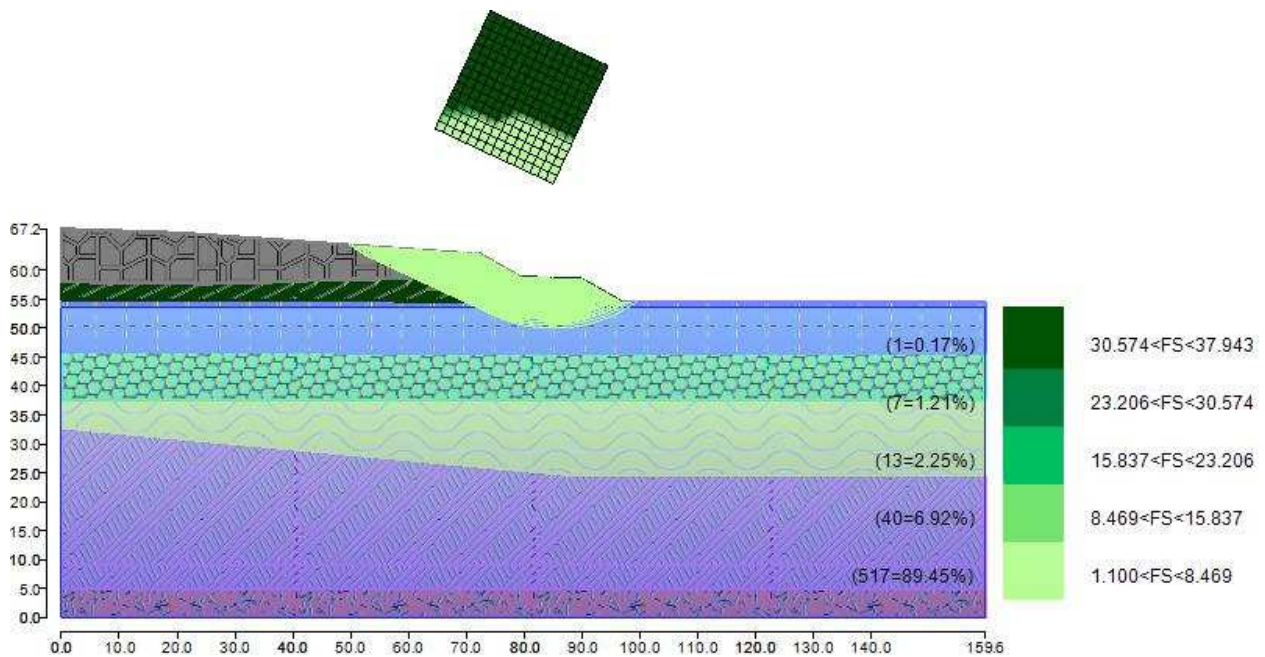
Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



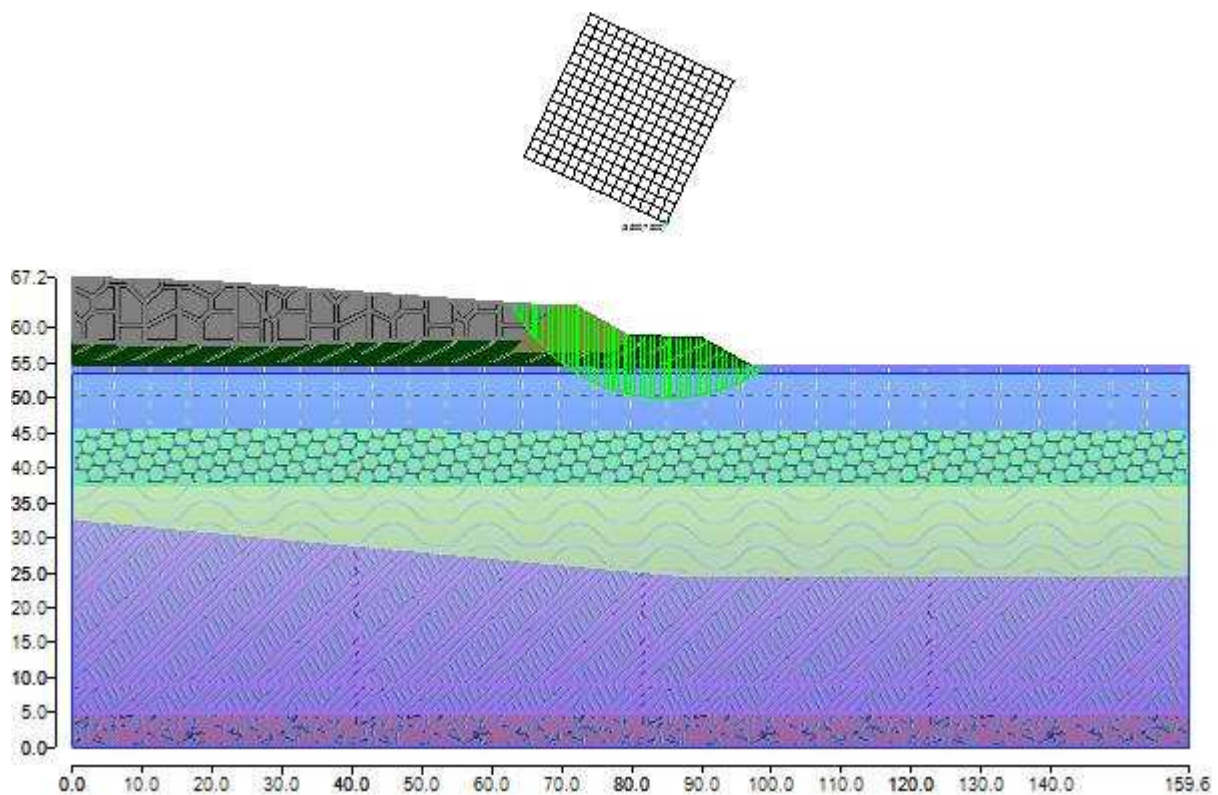
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **1.151** (>1.100), si ha in corrispondenza del centro numero 1 e della superficie numero 11. Le coordinate del centro sono: C(8500,7500). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



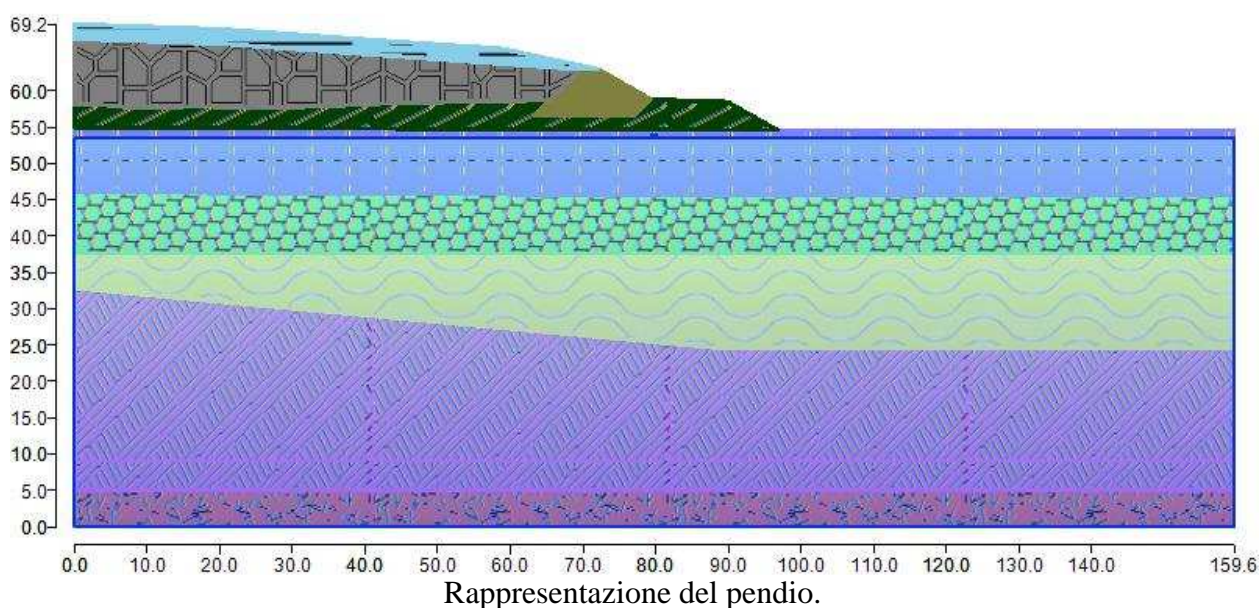
Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

“Verifica COPERTURE LATO SUD SEZIONE 1”



VERIFICA COPERTURA LATO SUD SEZIONE 1

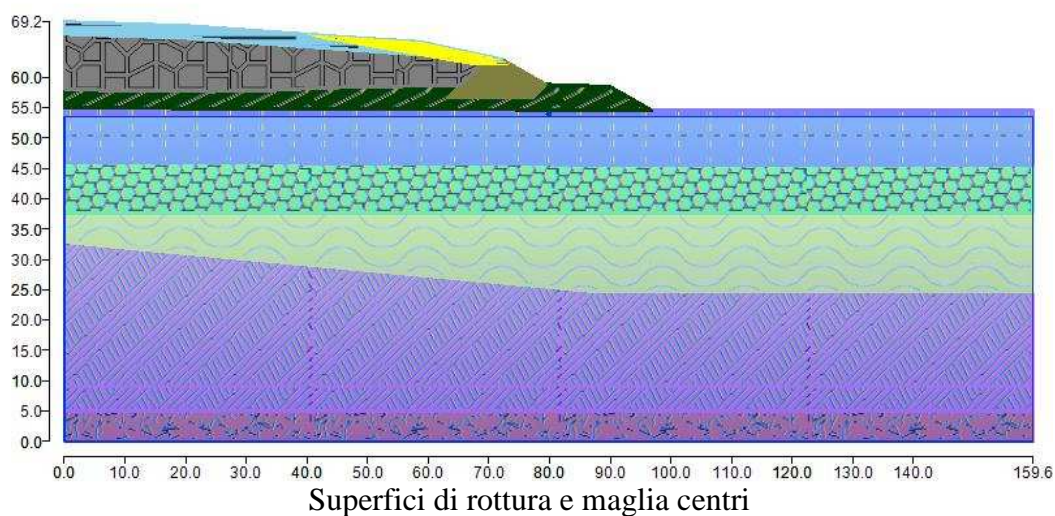
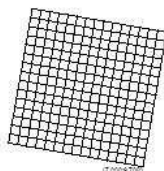
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(7000,8700), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm.

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 10 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 55.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.



La tolleranza è stata fissata a 0.001.

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

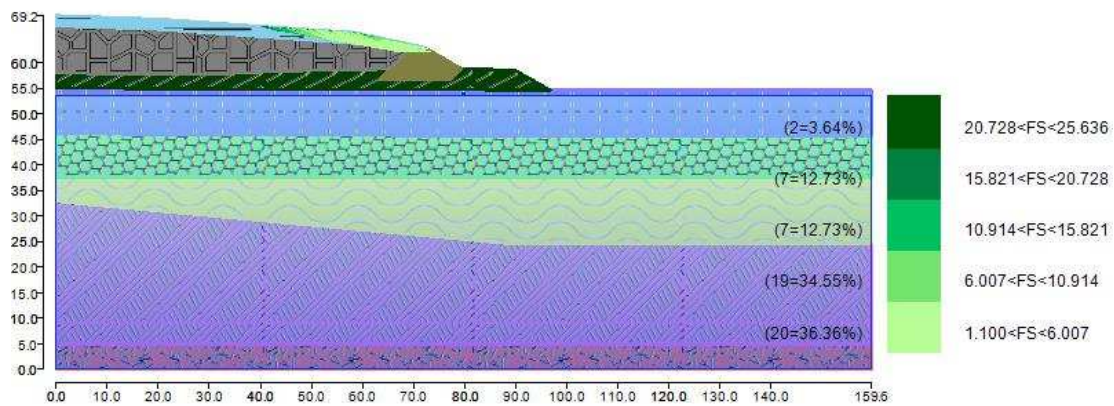
In fase di calcolo sono stati attivati:

- falda

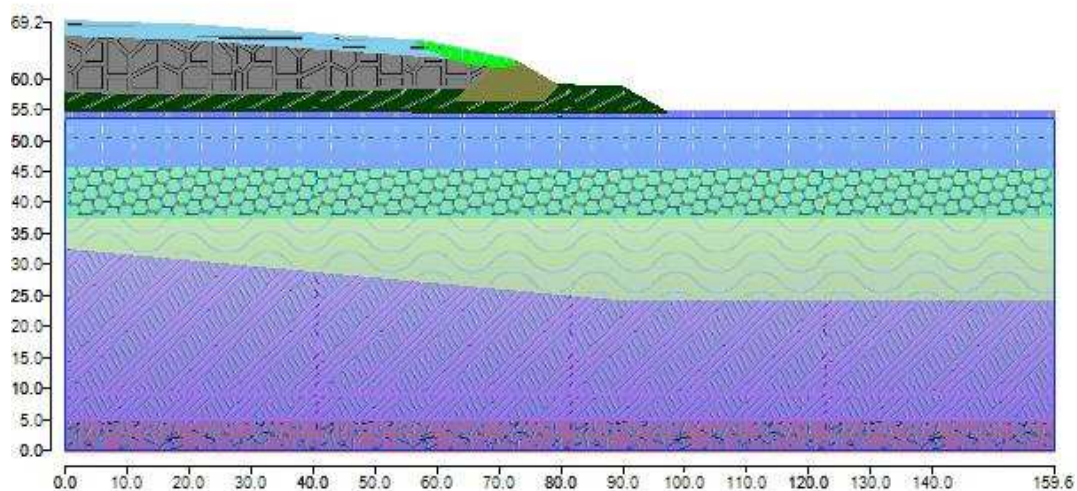
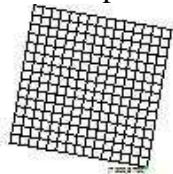
CASO STATICO

Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **4.450 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 1 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(7000,8700). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

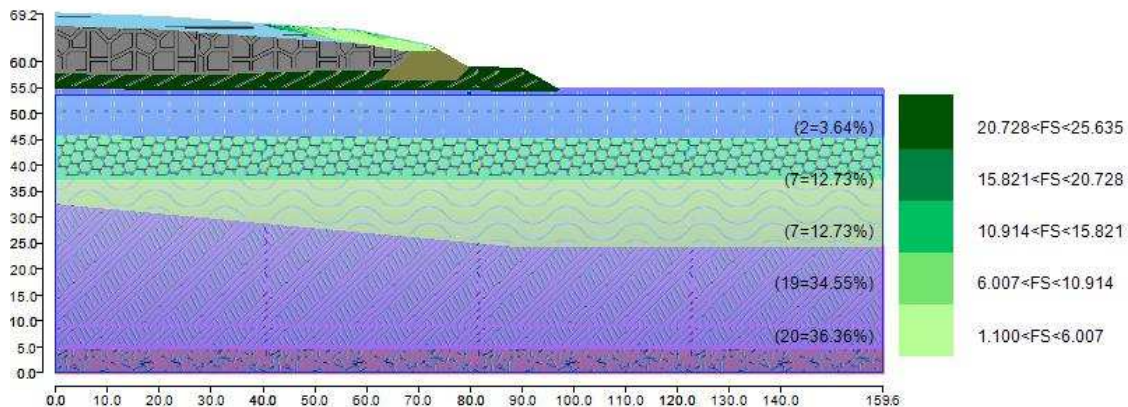


Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

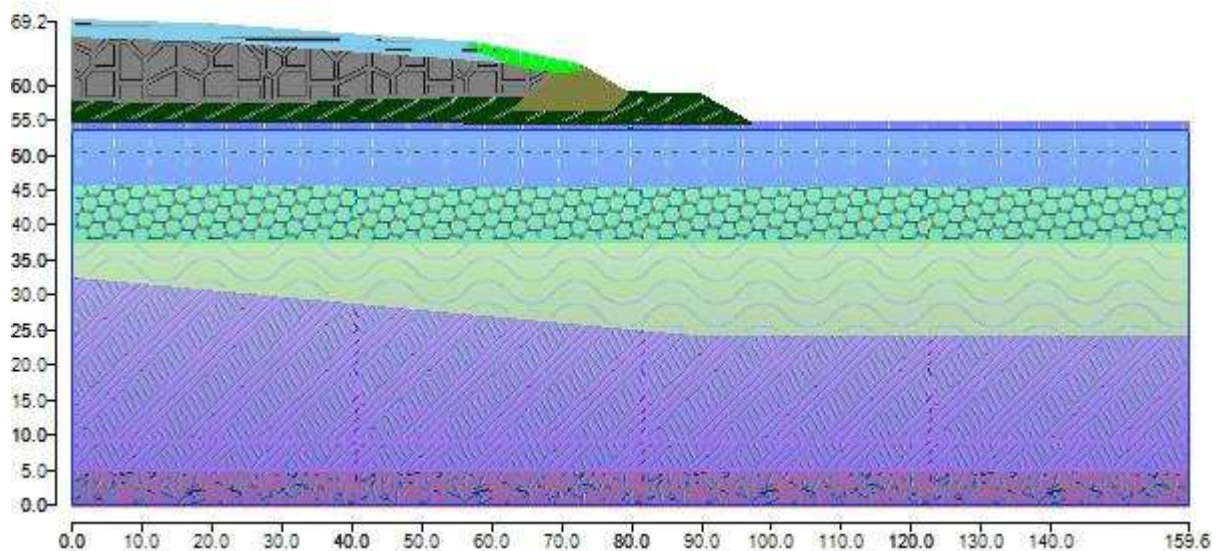
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **4.450 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 1 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(7000,8700). Il raggio della superficie critica è pari a 2500 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

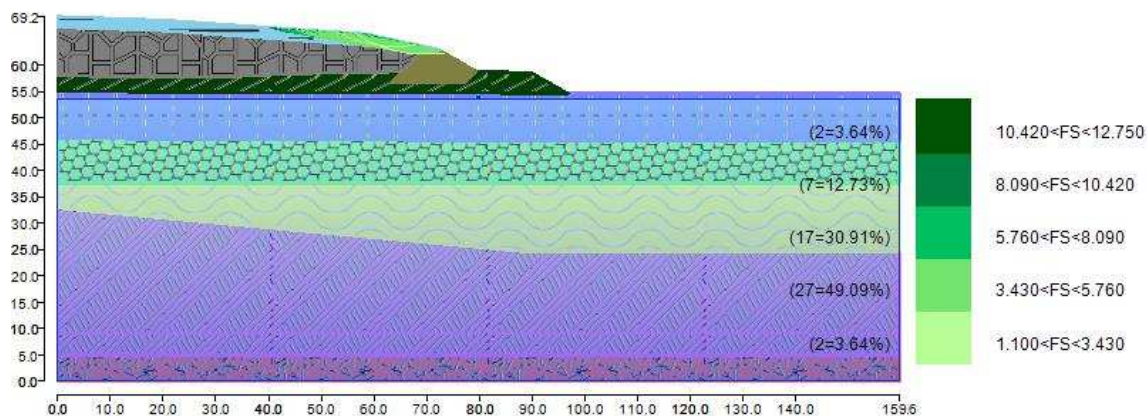
Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
Tel: 0535/47170-Cell. 3356250803
Email: geoprogettisrl@gmail.com – PEC: ballistarita@legalmail.it

CASO SISMICO

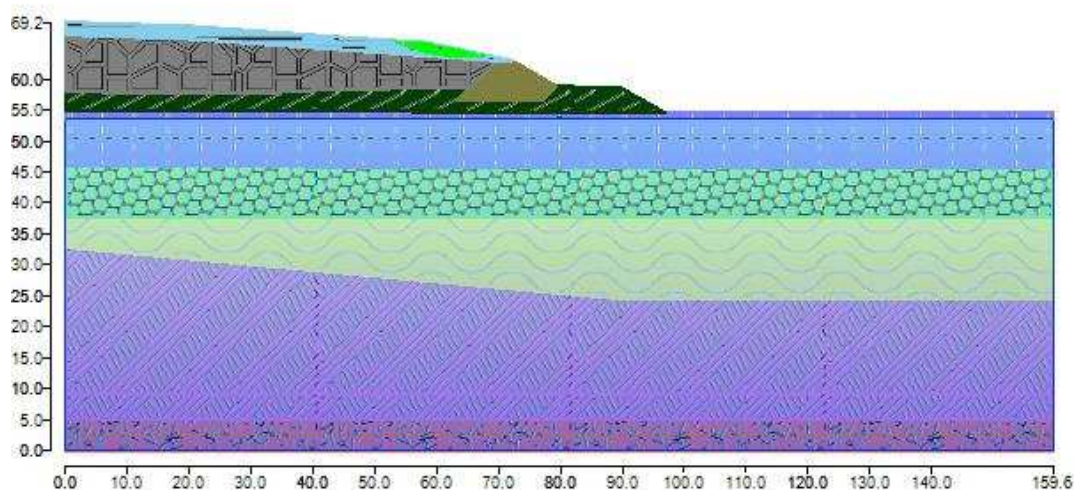
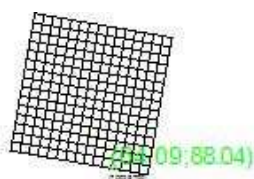
Metodo di BISHOP (1955)

Il fattore di sicurezza critico è **3.242 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 5 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono:

C(6409.11534819267,8804.18890660016). Il raggio della superficie critica è pari a 2450 cm.



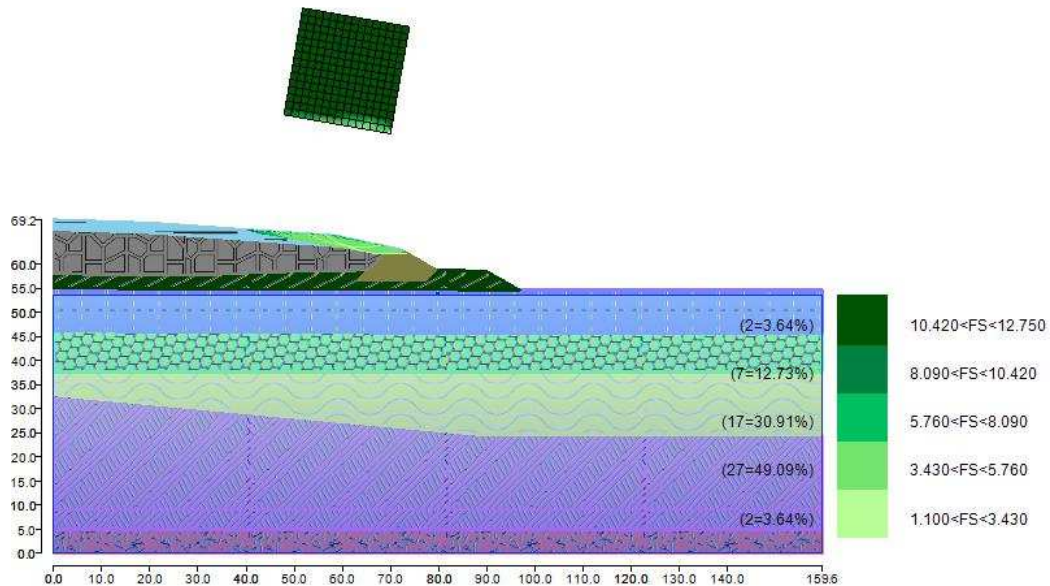
Mapa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



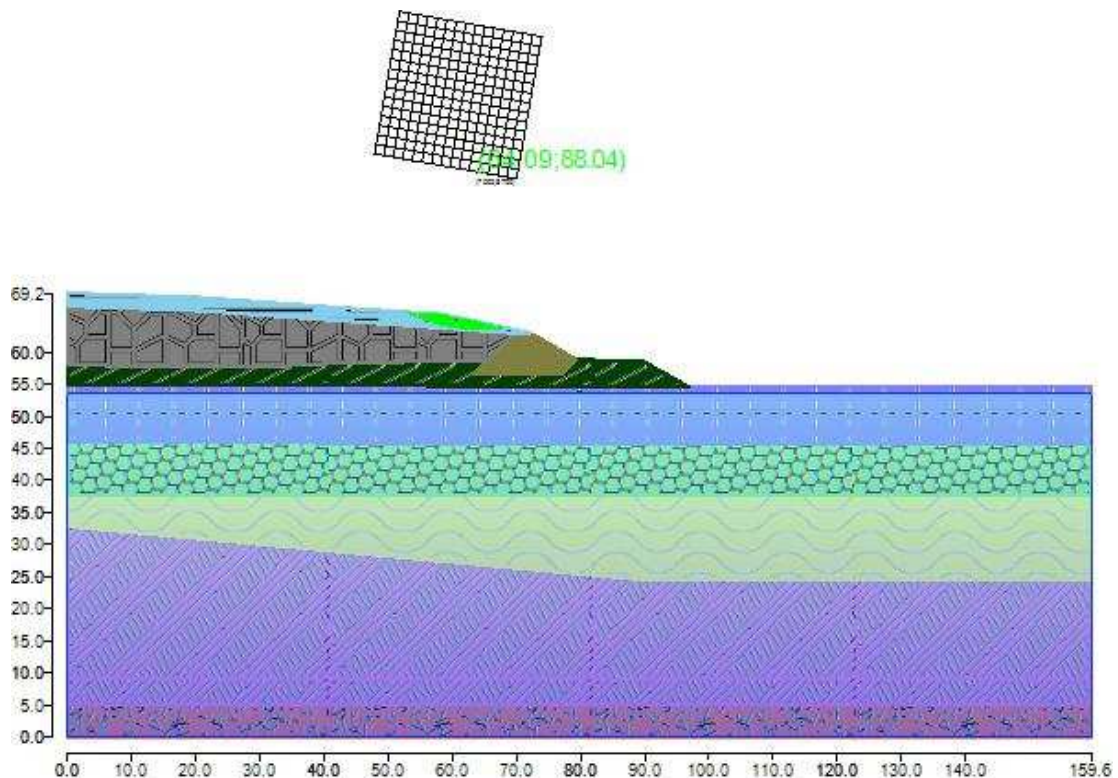
Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il fattore di sicurezza critico è **3.242 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 5 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(6409.11534819267,8804.18890660016). Il raggio della superficie critica è pari a 2450 cm.



Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Dott. Geol. Rita Ballista
GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)
Tel:0535/47170-Cell.3356250803
Email:geoprogettisrl@gmail.com - PEC:ballistarita@legalmail.it

In conclusione vengono sintetizzati di seguito i risultati ottenuti PER IL LATO SUD DELLA SEZIONE 1 PER GLI ARGINI DI CONTENIMENTO- IL CORPO RIFIUTI E PER LA COPERTURA.

NTC18 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)

NTC - 18	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) $F_S \geq 1.100$			
Metodo di Calcolo	Bishop semplificato		Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price	
Tipo di superficie	Superficie circolare			
Metodo di ricerca della superficie critica	“Slope search”			
SEZIONI 1				
VERIFICA CORPO RIFIUTI	CONDIZIONI STATICHE		CONDIZIONI SISMICHE	
	Bishop semplificato	Morgenstern & Price	Bishop semplificato	Morgenstern & Price
SEZIONE 1 LATO SUD ARGINE	2.132	2.126	1.767	1.762
SEZIONE 1 LATO SUD CORPO RIFUTI	1.428	1.423	1.155	1.151
SEZIONE 1 LATO SUD COPERTURE	4.450	4.450	3.242	3.242

Risultati verifiche di stabilità LATO SUD SEZIONE 1

Il profilo del corpo rifiuti è stato verificato in condizioni sia statiche che sismiche, secondo la Normativa NTC 2018, lo stesso è stato fatto per gli argini di contenimento e per le coperture, sul lato NORD della Sezione 1 e Sezione 3 e sul lato SUD della Sezione 1.

Le superfici di scivolamento individuate con diversi metodi di analisi hanno fattori di sicurezza tutti > 1.10 . Il profilo del corpo rifiuti e delle coperture si può **considerare stabile sia in condizioni statiche che sismiche**.

Si precisa che **le verifiche sono state condotte considerando tutti gli strati del sottosuolo fino alla profondità di -50 metri**.

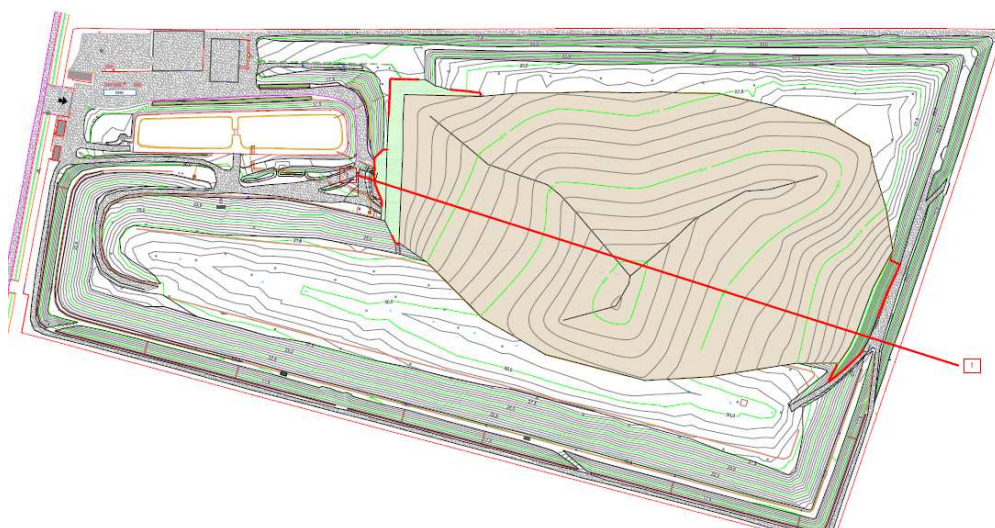
5. CONCLUSIONI

La presente integrazione completa la relazione geologica, idrogeologica, litostratigrafica e analisi di pericolosità sismica presentata nel Dicembre 2018, sulla base dei dati definitivi del progetto esecutivo relativo al raccordo morfologico con aumento di volumetrie della parte Nord Sud Ovest ed Est della discarica di rifiuti non pericolosi di Medolla, sita in Via Campana.

Il progetto prevede un adeguamento della sola parte centrale della discarica esistente che va ad unirsi al settore EST e OVEST in continuità morfologica ai lotti adiacenti, esauriti.

L'integrazione ha definito, sulla base dei dati relativi al progetto esecutivo, i cedimenti attesi e ha verificato la stabilità del futuro impianto in unione e in continuità con la parte esistente, facendo riferimento alla parametrizzazione delle proprietà geomeccaniche dei terreni determinate con prove in sito e in laboratorio nello studio già presentato.

I cedimenti edometrici di consolidazione sono stati calcolati in corrispondenza di una sezione, SEZIONE 1 NORD – SUD , ubicata come da figura di seguito indicata e come rappresentata nell'allegato 2.



I cedimenti calcolati dopo un tempo di 5 anni dall'inizio del conferimento rifiuti del nuovo progetto, dopo 50 anni e dopo 100 anni, quando i cedimenti saranno esauriti, sono riportati nella tabella di seguito

PUNTI	CARICHI APPLICATI (KN/m ²)	CEDIMENTI DOPO 5 anni da piano di conferimento (cm)	CEDIMENTI DOPO 50 anni da piano di conferimento (cm)	CEDIMENTI DOPO 100 anni da piano conferimento (completamente esauriti) (cm)
1 RILEVATO ARGINALE LATO NORD	119	50,4	80.9	87.91
2	114	27,44	48,16	53,42
3	175	40	70,37	78,38
4	130	39,16	66,59	73,26
5 RILEVATO ARGINALE LATO SUD	68	21.9	36.08	39.38

La massima deformazione della parte di discarica in conferimento si ha in corrispondenza del

Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it

punto 2, sulla sommità dell'accumulo e nel punto più caricato, naturalmente, dove si ha un cedimento di circa 40 cm in 5 anni e circa 70 cm in 50 anni ad esaurimento.

L'argine di contenimento lato nord che raggiunge un'altezza di 7.00 metri ha un cedimento stimato di 50 cm in 5 anni e di 80 cm dopo 50 anni, calcolato da piano di conferimento che coincide con il piano campagna nel punto di analisi.

I cedimenti calcolati sia per il nuovo cumulo rifiuti sia per gli argini di contenimento sono compatibili con le caratteristiche dell'opera in progetto e con l'elasticità e la resistenza del telo impermeabile ad alta densità HDPE che riesce a sopportare deformazioni molto più elevate.

Per quanto riguarda i cedimenti post sismici, i terreni presenti nel suolo e sottosuolo del sito di intervento sono terreni coesivi del tipo B3 rispetto a quanto indicato nell'allegato 3 della DGR 2193/2015.

Si tratta però di terreni coesivi compatti a bassa plasticità, come evidente dalle analisi di laboratorio (limiti di Atterberg, classificazione di Casagrande e prova triassiale C.I.U.) eseguiti sui 3 campioni indisturbati prelevati durante il sondaggio di cui alla relazione geologica già presentata, che evidenziano valori di $c_u \geq 70$ kPa.

Non si stimano quindi cedimenti permanenti post sismici per i terreni presenti nel sito di intervento.

Le verifiche di stabilità del nuovo ampliamento di progetto sono state effettuate, come indicato nelle NTC08 e nelle Nuove NTC2018.

Le verifiche di sicurezza sono state condotte sia per il caso statico che per quello sismico per il profilo in condizioni assestate e per le coperture.

Il livello della falda considerato è cautelativamente il più alto delle misure del freatico eseguite nelle varie campagne di indagini in diversi periodi dell'anno e pari a - 1.10 m dal p.c.

I parametri caratteristici utilizzati per i terreni in posto sono quelli definiti da prove geognostiche eseguite in sito e in laboratorio di cui alla relazione geologica già presentata.

In sintesi i parametri di progetto utilizzati per i vari litotipi sono elencati nella tabella di seguito:

Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)	c_d' (kPa)	ϕ_d' (°)
STRATO 1	Argilla di copertura	17	19	10	18	8	14.60
STRATO 2	RSU	11	13	15	32	12	26.60
STRATO 3	Argini di contenimento	19	20	15	20	12	16.20
STRATO 4	Materiale di riporto	13	15	20	28	16	17.08
STRATO 5	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	15	19	15	14	12	11.3
STRATO 6	Argille limose compatte	16	20	18	17	14.6	13.6
STRATO 7	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	13	19	17	18	13.6	14.6
STRATO 8	Argille a tratti limose compatte	17	19.50	16	18	12.8	14.6
STRATO 9	Sabbie fini	18	20	0	27	0	22.2

Dott. Geol. Rita Ballista

GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA (MO)

Tel: 0535/47170 - Cell. 3356250803

Email: geoprogettisrl@gmail.com - PEC: ballistarita@legalmail.it

Le verifiche di sicurezza sono state condotte per il lato Nord della sezione 1 e della sezione 3 e per il lato Sud della sezione 1 come da fig.6. La morfologia del nuovo ampliamento sui lati Est e Ovest si appoggia sui cumuli esistenti già consolidati e verificati.

I Risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle di seguito.

NTC18 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)

NTC - 18	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) $F_S \geq 1.100$			
Metodo di Calcolo	Bishop semplificato		Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price	
Tipo di superficie	Superficie circolare			
Metodo di ricerca della superficie critica	“Slope search”			
SEZIONI 1 e 3 LATO NORD				
VERIFICA CORPO RIFIUTI	CONDIZIONI STATICHE		CONDIZIONI SISMICHE	
	Bishop semplificato	Morgenstern & Price	Bishop semplificato	Morgenstern & Price
SEZIONE 1 LATO NORD ARGINE	1.565	1.556	1.269	1.262
SEZIONE 1 LATO NORD CORPO RIFIUTI	1.646	1.639	1.301	1.298
SEZIONE 1 LATO NORD COPERTURE	5.997	5.997	3.932	3.932
SEZIONE 3 LATO NORD ARGINE	1.414	1.411	1.222	1.220
SEZIONE 3 LATO NORD CORPO RIFIUTI	1.918	1.911	1.462	1.456
SEZIONE 3 LATO NORD COPERTURE	6.320	6.320	3.958	3.958
SEZIONI 1 LATO SUD				
VERIFICA CORPO RIFIUTI	CONDIZIONI STATICHE		CONDIZIONI SISMICHE	
	Bishop semplificato	Morgenstern & Price	Bishop semplificato	Morgenstern & Price

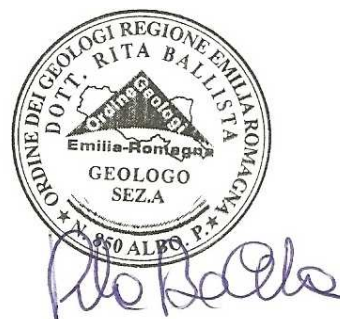
SEZIONE 1 LATO SUD ARGINE	2.132	2.126	1.767	1.762
SEZIONE 1 LATO SUD CORPO RIFIUTI	1.428	1.423	1.155	1.151
SEZIONE 1 LATO SUD COPERTURE	4.450	4.450	3.242	3.242

Il profilo del corpo rifiuti è stato verificato in condizioni sia statiche che sismiche, secondo la Normativa NTC 2018, lo stesso è stato fatto per gli argini di contenimento e per le coperture, sul lato NORD della Sezione 1 e Sezione 3 e sul lato SUD della Sezione 1.

Le superfici di scivolamento individuate con diversi metodi di analisi hanno fattori di sicurezza tutti > 1.10. Il profilo del corpo rifiuti e delle coperture si può **considerare stabile sia in condizioni statiche che sismiche**.

Si precisa che **le verifiche sono state condotte considerando tutti gli strati del sottosuolo fino alla profondità di -50 metri**.

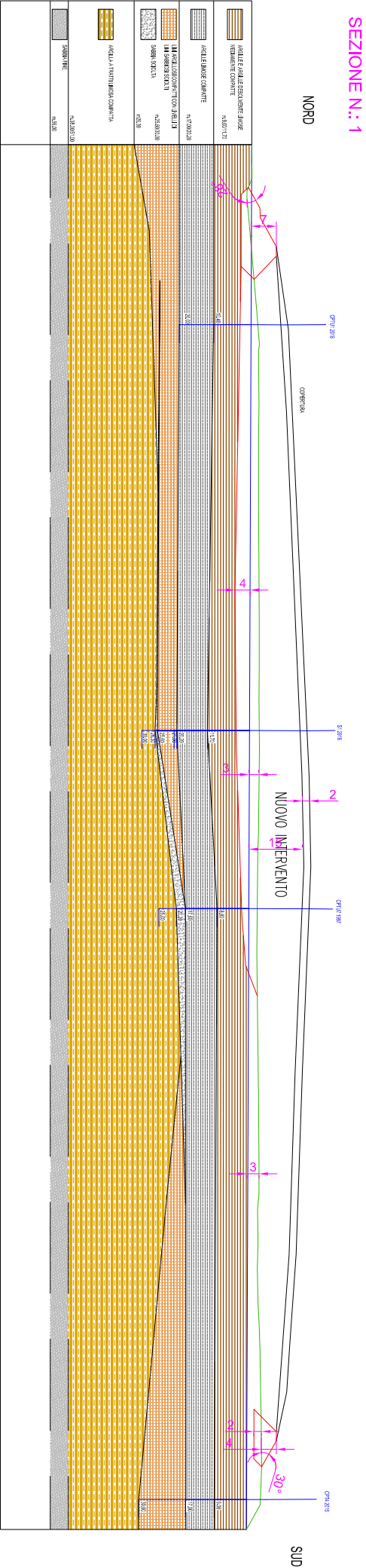
Dott. Geol. RITA BALLISTA

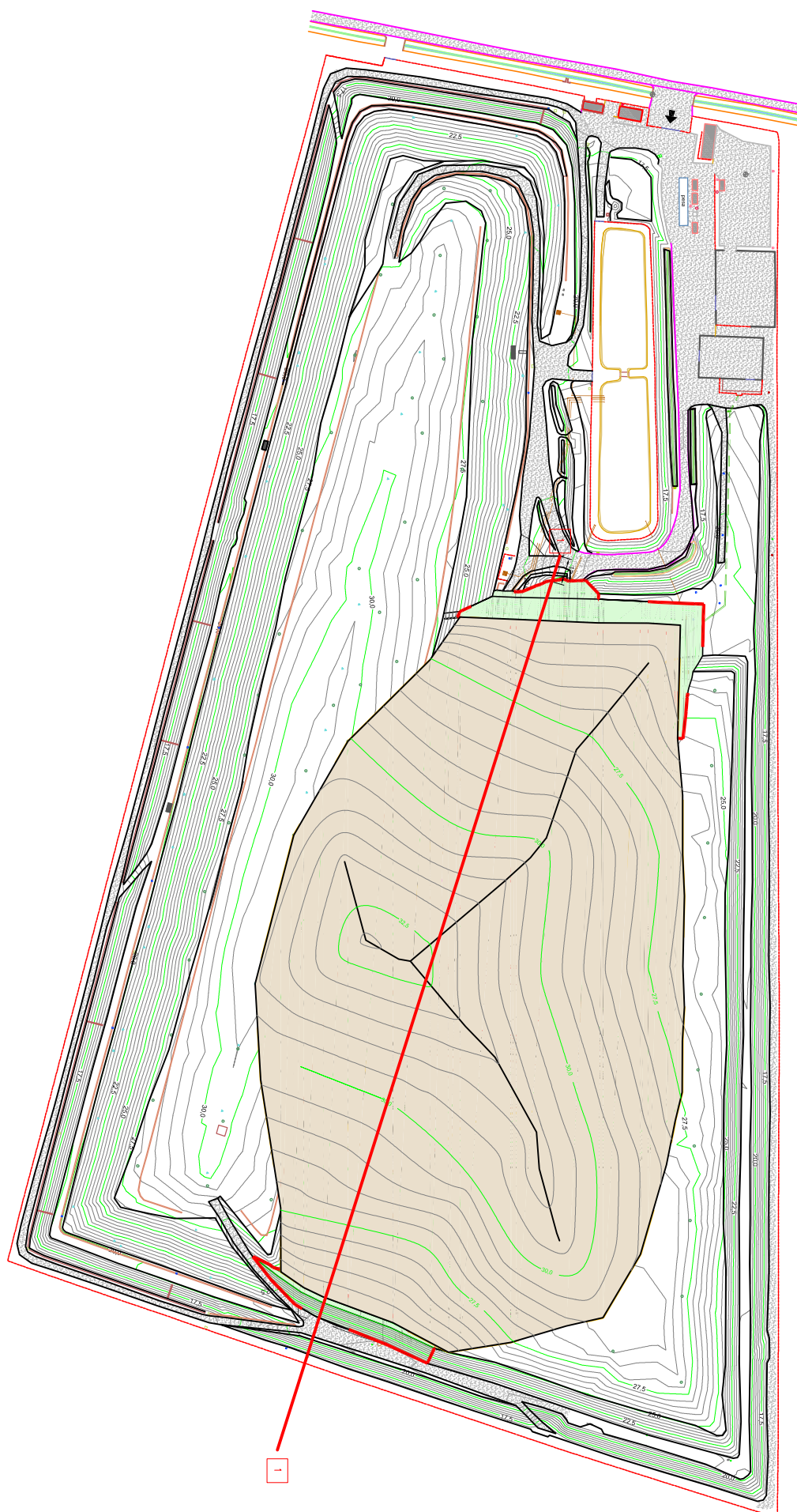


ALLEGATI

- 1) GEOMETRIA IMPIANTO
- 2) UBICAZIONE E SEZIONE CON CALCOLO CEDIMENTI
- 3) UBICAZIONE E SEZIONI N.1-2 E 3 PER VERIFICHE DI STABILITA'
- 4) DEFORMAZIONE FONDO

Dott. Geol. Rita Ballista
 GEOPROGETTI SRL Via Genova 1/8 – 41036 MEDOLLA (MO)
 Tel:0535/47170-Cell.3356250803
 Email:geoprogettisrl@gmail.com – PEC:ballistarita@legalmail.it



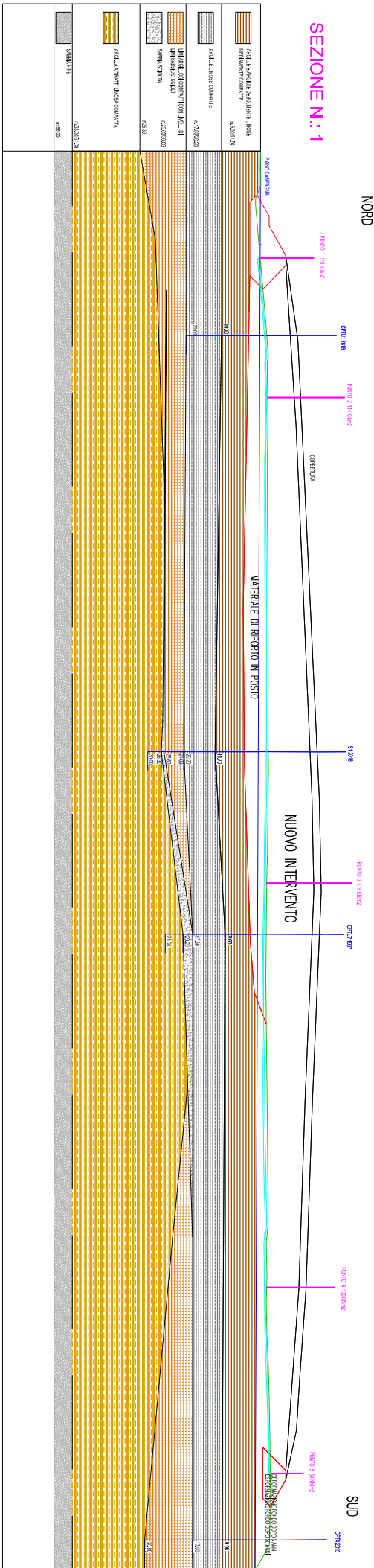


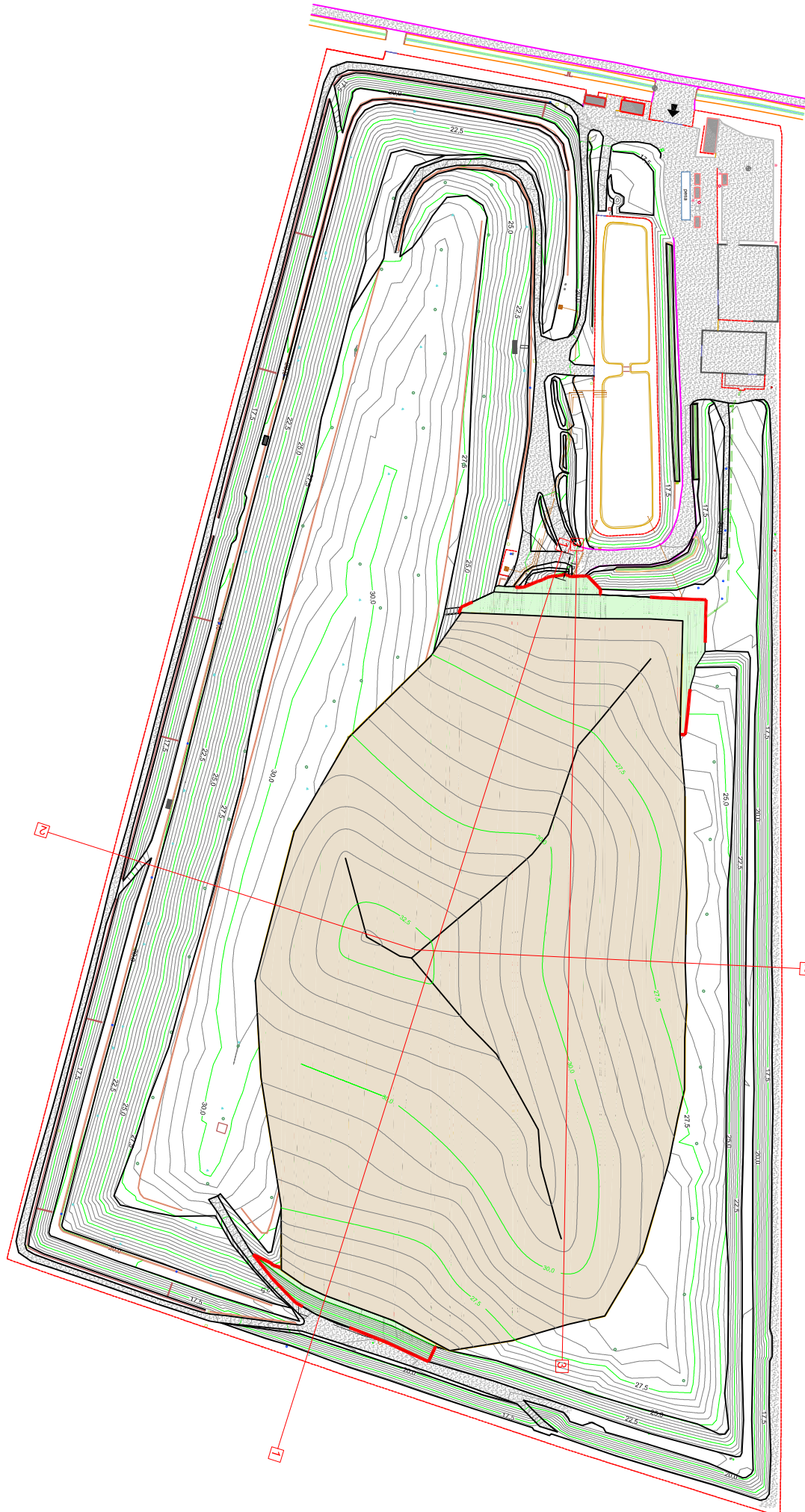


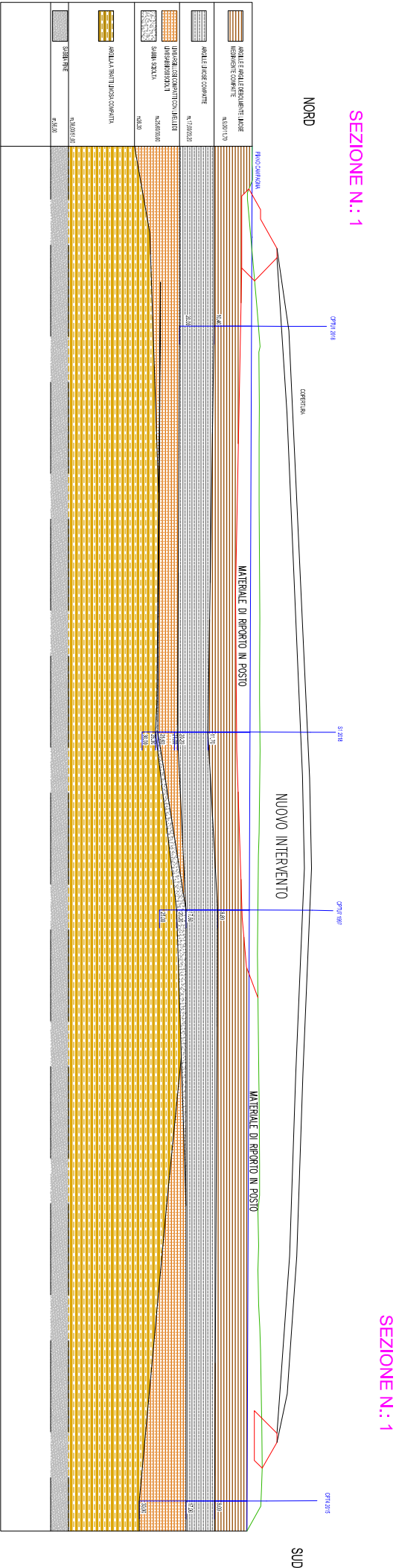
DEFORMAZIONE FONDO

ALL. N.3

DEFORMAZIONE DEL FONDO

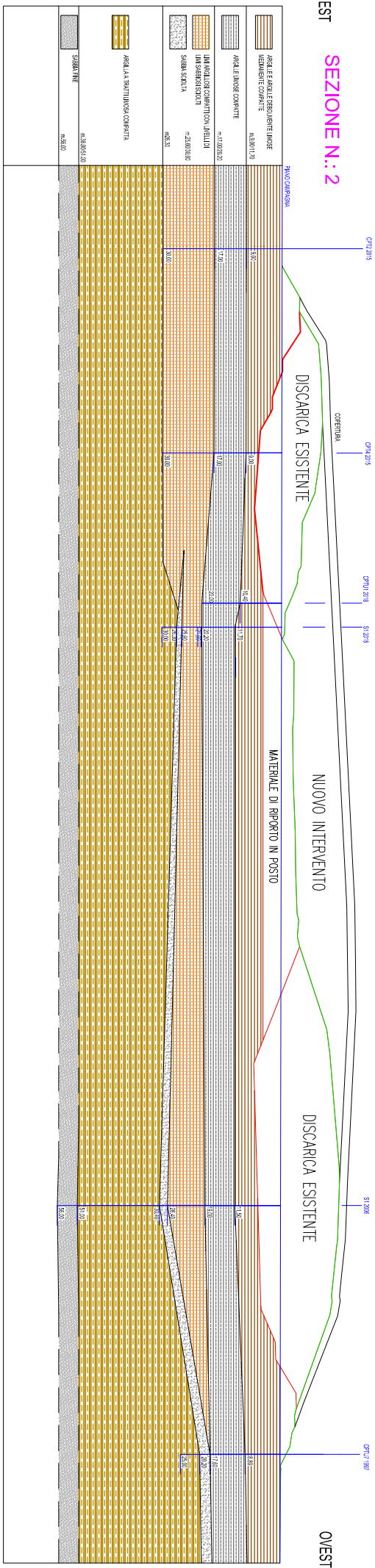






EST

SEZIONE N.:2



SEZIONE N.: 3

