



**Cava di sabbia e ghiaia  
in località “C.na Provvidenza”  
del Comune di Collegno (TO).**

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

**Relazione specialistica sulle matrici ambientali:**

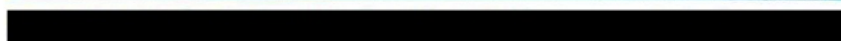
- Geologia (relazione geologica e geotecnica)**
- Acque (relazione idrogeologica)**

Proponenti:

**CAVE DRUENTO S.r.l.**



**ES.CO.GE. S.r.l.**



# INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
1.1. OGGETTO DELLO STUDIO.....	3
1.2. UBICAZIONE E LOCALIZZAZIONE TOPOGRAFICA.....	4
<b>2. GEOLOGIA .....</b>	<b>7</b>
2.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA (RELAZIONE GEOLOGICA) .....	7
2.1.1. <i>Inquadramento geografico nel contesto regionale</i> .....	7
2.1.2. <i>Inquadramento geomorfologico</i> .....	9
2.2. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO .....	11
2.2.1. <i>Inquadramento geologico e stratigrafico generale</i> .....	11
2.2.1.1. Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 .....	11
2.2.1.2. Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 .....	14
2.2.2. <i>Stratigrafia della zona</i> .....	19
2.2.2.1. Assetto stratigrafico a scala locale.....	19
2.2.2.2. Indagini geognostiche in sito .....	37
2.2.3. <i>Natura e distribuzione spaziale dei litotipi</i> .....	44
2.3. LITOLOGIA E GEOMECCANICA (RELAZIONE GEOTECNICA) .....	49
2.3.1. <i>Modello geotecnico del sottosuolo</i> .....	49
2.3.1.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni mediante prove e indagini in sito .....	49
2.3.1.2. Condizioni stratigrafiche .....	49
2.3.1.3. Caratteristiche granulometriche .....	50
2.3.1.4. Risultati delle prove geotecniche in sito .....	52
2.3.2. <i>Caratterizzazione geotecnica dei litotipi</i> .....	53
2.3.2.1. Interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche .....	53
2.3.2.2. Determinazione dei parametri geotecnici.....	57
2.3.3. <i>Caratterizzazione sismica</i> .....	63
2.3.3.1. Inquadramento normativo.....	63
2.3.3.2. Stati limite di riferimento.....	64
2.3.3.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	65
2.3.3.4. Categoria di risposta sismica del sottosuolo.....	68
2.3.3.5. Effetti sismici legati alle condizioni topografiche .....	69
2.3.3.6. Azione sismica locale.....	70
2.4. ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	71
2.4.1.1. Aspetti normativi .....	71
2.4.1.2. Classificazione attribuita al territorio in cui ricade il sito in esame .....	72

2.4.1.3. Caratteristiche di pericolosità geomorfologica dell'area oggetto di intervento.....	75
2.4.1.4. Fasce di rispetto dalla rete idrografica e conclusioni .....	81
2.5. DETERMINAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....	82
2.6. POSSIBILE INDUZIONE DI CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE.....	83
2.6.1. <i>Analisi della problematica (verifiche di stabilità a corredo della relazione geotecnica)</i> .....	83
2.6.2. <i>Verifiche di stabilità durante ed a fine coltivazione</i> .....	84
2.6.2.1. Finalità ed impostazione delle verifiche .....	84
2.6.2.2. Riferimenti normativi.....	85
2.6.2.3. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato.....	85
2.6.2.4. Risultati delle verifiche di stabilità.....	86
<b>3. ACQUE .....</b>	<b>88</b>
3.1. ACQUE SUPERFICIALI .....	88
3.1.1. <i>Rete idrografica della zona</i> .....	88
3.1.2. <i>Analisi del rischio idraulico</i> .....	90
3.2. ACQUE SOTTERRANEE (RELAZIONE IDROGEOLOGICA).....	96
3.2.1. <i>Inquadramento idrogeologico generale</i> .....	96
3.2.2. <i>Assetto idrogeologico locale</i> .....	101
3.2.2.1. Andamento piezometrico ad ampia scala.....	101
3.2.2.2. Assetto piezometrico a scala locale .....	108
3.2.2.3. Regime della falda acquifera.....	110
3.2.2.4. Escursione piezometrica stagionale.....	113
3.2.2.5. Escursione piezometrica a scala pluriennale .....	116
3.2.3. <i>Caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero</i> .....	119
3.2.3.1. Dati di archivio .....	119
3.2.3.2. Prove di permeabilità in sito .....	122
3.3. DETERMINAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....	127
3.4. ALTERAZIONE DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO NELLE AREE DI PROGETTO ED IN QUELLE CIRCOSTANTI .....	128
3.5. MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI .....	130

## 1. PREMESSA

### 1.1. Oggetto dello studio

La presente relazione geologica, geotecnica ed idrogeologica è stata redatta, quale relazione specialistica sulle matrici ambientali “Geologia” ed “Acque” a corredo dell'Istanza presentata, dalla Cave Druento S.r.l. e dalla ES.CO.GE. S.r.l., per l'avvio della Fase di Valutazione di Compatibilità Ambientale, ai sensi delle disposizioni di cui alla L.R. 13/2023 in materia di compatibilità ambientale, del progetto di rinnovo ed ampliamento dell'attività estrattiva, con successivo ritombamento, nella cava di sabbia e ghiaia sita in località “Cascina Provvidenza” del Comune di Collegno (TO).

Più precisamente, la presente relazione ha lo scopo di analizzare, per quanto di competenza nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale sviluppato a corredo del progetto estrattivo, le suddette matrici ambientali, esaminando poi i potenziali impatti generati dall'attività posta in essere sull'ambiente circostante, relativamente alle matrici medesime, al fine di elaborare soluzioni progettuali mirate a minimizzare gli effetti negativi determinati dall'attività prevista e, viceversa, a massimizzare quelli positivi.

Ai fini dello studio di impatto ambientale, l'analisi è stata condotta valutando i possibili impatti delle azioni di progetto sulle matrici ambientali in oggetto, con particolare attenzione agli effetti spazio - temporali e all'intensità degli stessi; da questo punto di vista, l'analisi degli aspetti geomeccanici e relativi all'assetto idrogeologico è stata sviluppata così da considerare, in termini di potenziali impatti, anche la stabilità dei fronti di scavo: ciò al fine di verificare, da un punto di vista geotecnico, la compatibilità dell'intervento estrattivo con la stabilità dell'area interessata, di modo che il presente studio risulta esaustivo anche di quanto richiesto, in merito a tali tematiche, dal Regolamento regionale n. 11/R del 2 ottobre 2017, emanato in attuazione dell'articolo 39 della Legge regionale n. 23 del 17 novembre 2016 in materia di “Disciplina delle attività estrattive: disposizioni in materia di cave”, ai fini della specifica istanza autorizzativa che viene parimenti presentata ai sensi della L.R. in parola.



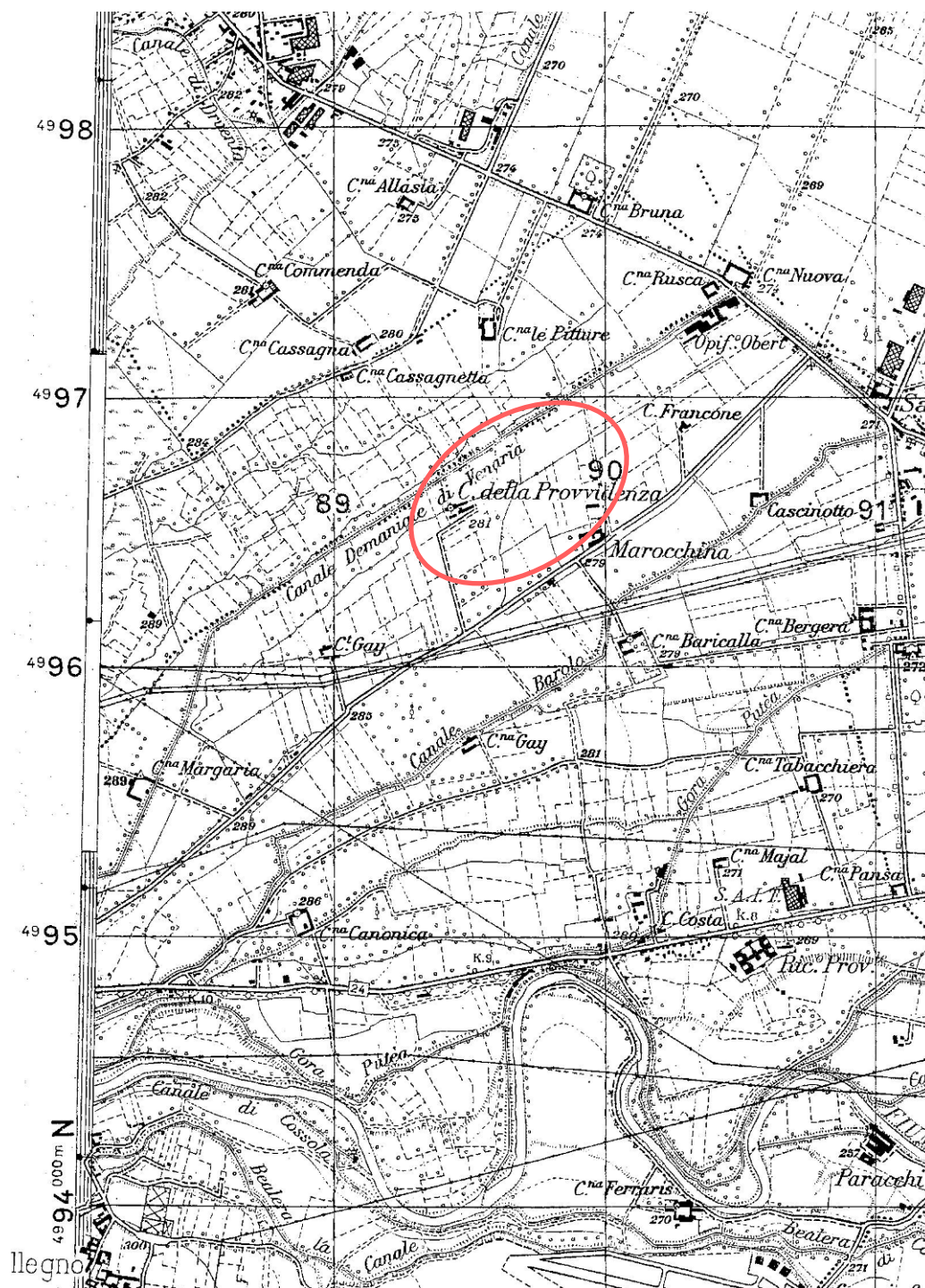
## **1.2. Ubicazione e localizzazione topografica**

L'attività estrattiva in progetto interessa un'area ubicata nel territorio del Comune di Collegno (TO).

L'area in disponibilità è individuabile nella Tavoletta III N.E. "Venaria Reale" del Foglio 56 "Torino" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare e della quale è riportato in allegato un estratto.

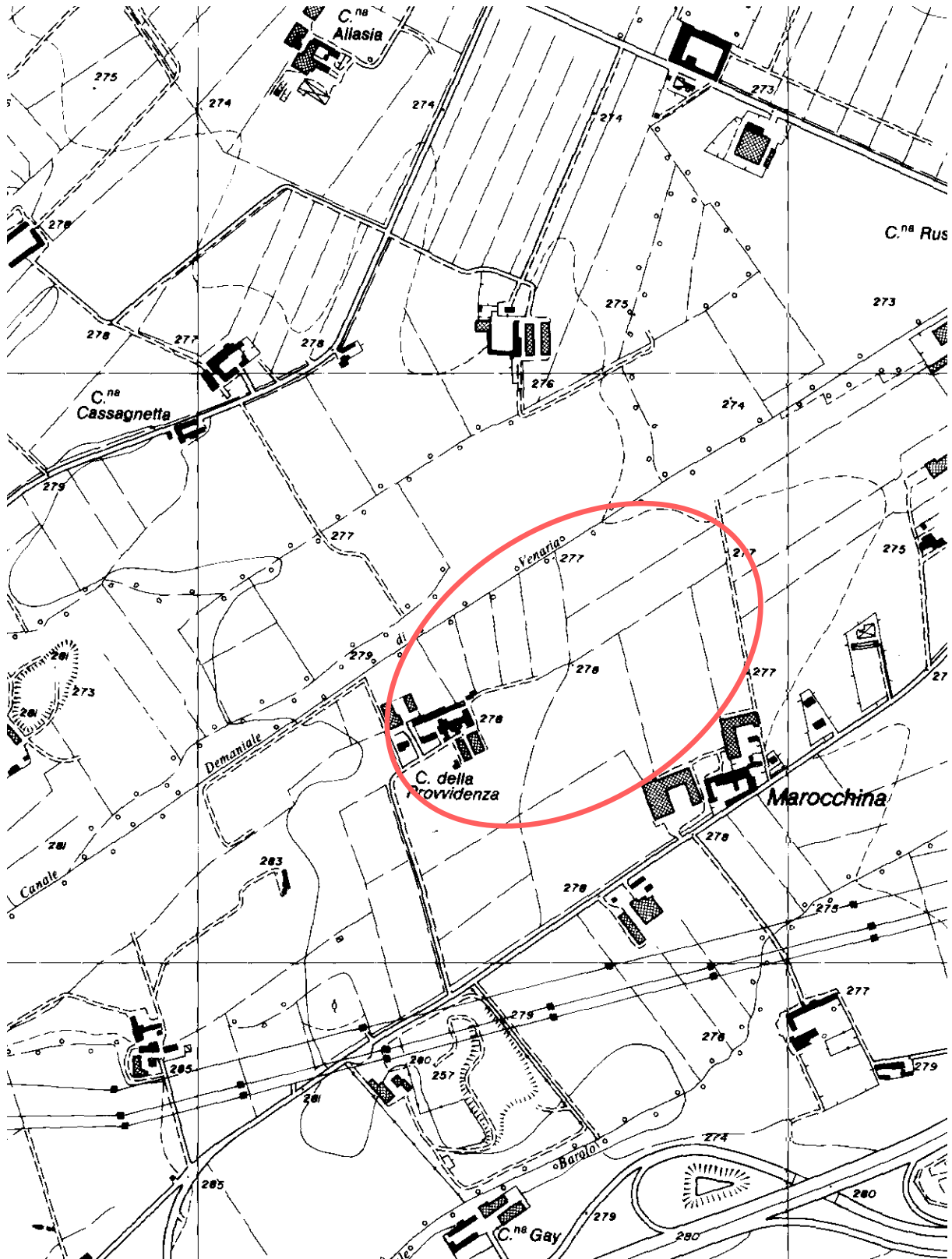
Per un inquadramento topografico più dettagliato si può fare riferimento alla Sezione n. 155.080 della Carta Tecnica Regionale, edita dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte in scala 1:10.000 e della quale è parimenti riportato in allegato un estratto.

La quota assoluta del terreno interessato dagli scavi è, indicativamente, di circa 277 - 278 m s.l.m.; i terreni di cava appartengono ad un territorio caratterizzato da un andamento pressoché pianeggiante, con debole acclività verso est-nord-est.



Estratto I.G.M. Tav. III N.E. "Venaria Reale" del Foglio 56 "Torino".

Scala 1: 25.000



Estratto Carta Tecnica Regionale, Sezione n. 155.080  
Scala 1:10.000

## 2. GEOLOGIA

### 2.1. Geologia e geomorfologia (relazione geologica)

#### 2.1.1. Inquadramento geografico nel contesto regionale

Il semplice esame di una carta geografica del Piemonte mostra l'apparente "anomalia" costituita dalla presenza di un gruppo di rilievi collinari posto nel settore centrale della regione e che, con andamento grossomodo est - ovest, separa la pianura torinese-vercellese, a nord, dal bacino piemontese meridionale.

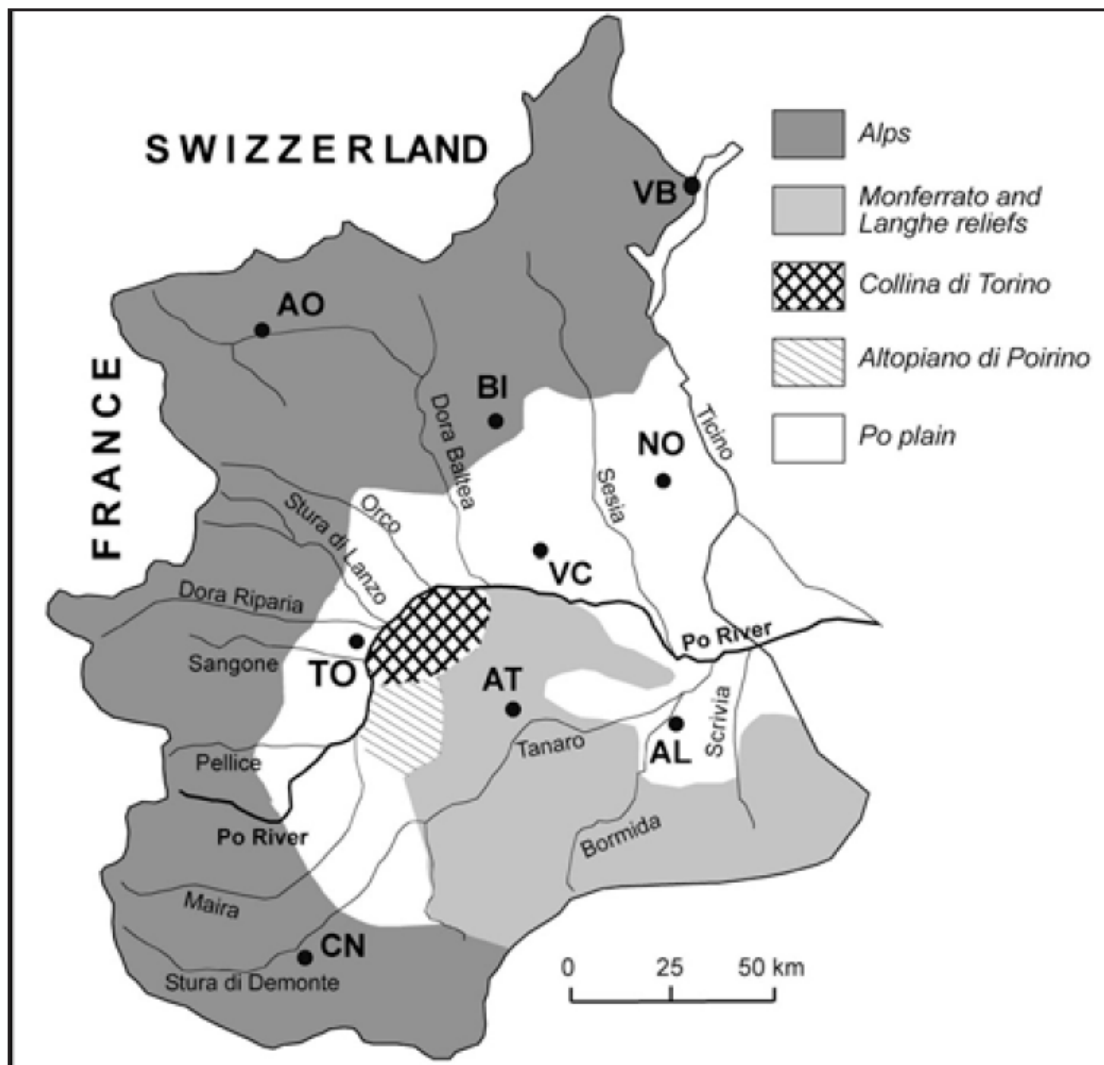
Esaminando con maggiore dettaglio, si può notare come i rilievi collinari presentino un andamento arcuato, risalendo in destra idrografica il corso del f. Po da Casale Monferrato sino a Torino: è l'estremità occidentale dell'arco collinare, infatti, ad essere identificata con il termine convenzionale di "Collina di Torino". Morfologicamente, questa estremità occidentale del rilievo si spinge sino a pochi chilometri dal margine dei rilievi alpini, a costituire il baluardo orientale della cosiddetta "stretta di Moncalieri", ossia dello stretto passaggio che costituisce il collegamento tra la pianura cuneese, a sud, e quella torinese - vercellese a nord, interpretabile come estrema propaggine occidentale della vera e propria pianura padana.

Allo sbocco della valle di Susa, l'Anfiteatro Morenico di Rivoli - Avigliana viene a chiudere ulteriormente la suddetta "stretta"; per di più, la conoide fluvio-glaciale che se ne diparte, con una morfologia che degrada dolcemente verso est e sulla quale è sorto storicamente l'abitato di Torino, ha concorso a "confinare" il tracciato odierno del f. Po ai piedi del rilievo collinare, che il corso d'acqua viene a lambire.

Un analogo condizionamento morfologico è legato alla presenza, a nord di Torino, della conoide alluvionale della Stura di Lanzo, che dal margine dei rilievi alpini, allo sbocco in pianura presso Lanzo, scende verso sud - est sino al piede dei rilievi collinari.

La "stretta di Moncalieri" viene quindi a separare l'estremità occidentale della pianura padana, costituita dalla pianura torinese - vercellese, dal bacino piemontese meridionale, costituito dalla pianura cuneese-torinese e dal cosiddetto "Altopiano di Poirino", ossia dal suo prolungamento verso est, ai piedi del versante meridionale della Collina di Torino.

All'anomalia geografica così descritta si viene ad aggiungere quella riscontrabile nel reticolo idrografico del Piemonte occidentale: nel bacino piemontese meridionale definito in precedenza, i corsi d'acqua provenienti dalle Alpi Cozie (dal Maira al Chisone) mostrano inizialmente una direzione di deflusso verso est; essi descrivono poi un ampio arco, ruotando verso nord e defluendo nel collettore costituito dall'alto corso del f. Po, a monte di Torino, che varca quindi la "stretta di Moncalieri" per costeggiare poi il piede dei rilievi collinari.



Inquadramento geografico della “Collina di Torino” nel contesto regionale <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Cfr.: BOANO P. FORNO M.G. & LUCCHESI S., “Pleistocene deformation of the Collina di Torino inferred from the modelling of their fluvial succession”; *Il Quaternario*, 17 (2/1), 2004.

### 2.1.2. Inquadramento geomorfologico

Da un punto di vista geomorfologico, la zona oggetto di studio, posta nel settore nord - orientale del territorio comunale di Collegno, è situata sull'alto terrazzo fluvioglaciale pleistocenico, che si sviluppa a ovest e nord-ovest di Torino. Questo terrazzo risulta geneticamente legato all'Anfiteatro Morenico di Rivoli - Avigliana, avendo con quest'ultimo un rapporto stratigrafico eteropico verso ovest.

La superficie del deposito fluvioglaciale risulta morfologicamente costituita da un sistema terrazzato, ben distinguibile sul terreno, ed attribuito dalla Carta Geologica d'Italia, F° 56 "Torino", al "*Fluvioglaciale e Fluviale Riss*" per il suo ricollegarsi alle corrispondenti cerchie moreniche.

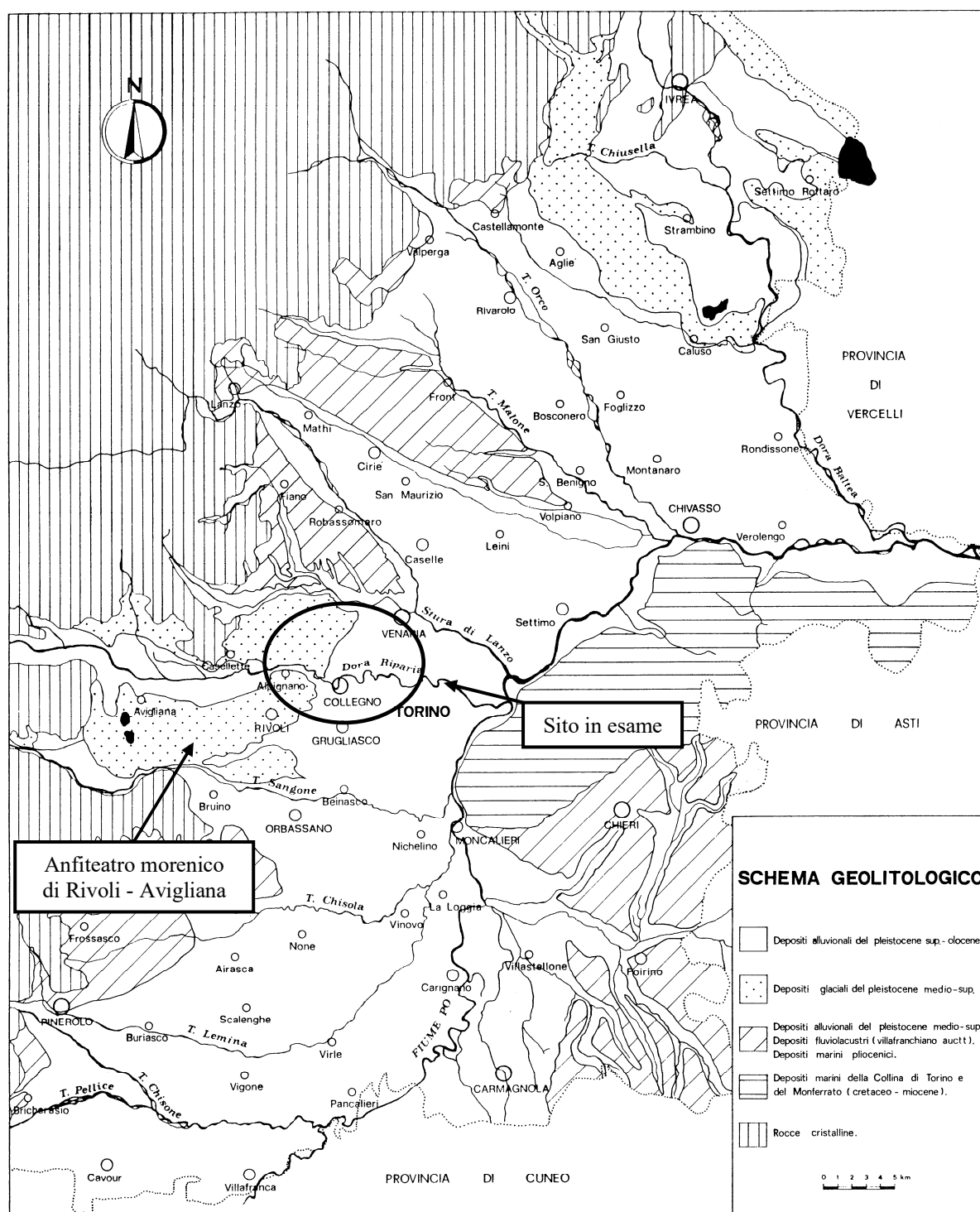
Questo sistema di terrazzi è ben distinguibile nell'ambito del territorio comunale di Collegno, come pure, più in generale, in tutto il settore di pianura a ovest e nord-ovest di Torino: la superficie terrazzata dei depositi fluvioglaciali, corrispondente al cosiddetto "*livello fondamentale della pianura*", è delimitata da scarpate incise e modellate dal sistema idrografico attuale, costituito dal f. Dora Riparia a Sud e dal sistema t. Ceronda - t. Stura di Lanzo a Nord.

Le scarpate suddette sono modellate nei depositi riferibili al sistema sedimentario del Pleistocene medio e superiore, legati alla conoide fluvioglaciale che si dipartiva a raggiera dall'anfiteatro morenico di Rivoli – Avigliana, e la cui espressione morfologica è data dalla superficie sommitale terrazzata sulla quale è sorto storicamente l'abitato di Collegno.

Quest'ultimo, infatti, è nato sulla sommità della pianura terrazzata, sulla sponda meridionale dell'ampia e profonda incisione, larga circa 1 Km e profonda sino ad oltre 20-25 metri, nella quale scorre attualmente la Dora; tale incisione, da un punto di vista morfologico, ha l'effetto di suddividere fisicamente in due porzioni distinte la superficie sommitale della conoide fluvioglaciale.

Nella fascia di divagazione del corso d'acqua posta al piede delle scarpate che delimitano il terrazzo fluvioglaciale, si ritrovano invece i depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi post-glaciali ed attuali, legati geneticamente al sistema idrografico attuale della Dora Riparia.

Per la sua posizione elevata, posta sulla sommità del terrazzo fluvioglaciale, l'area oggetto di studio, situata al margine nord - orientale del territorio comunale di Collegno, risulta storicamente estranea ai processi alluvionali del t. Dora Riparia: morfologicamente, si tratta di una vasta porzione di territorio pianeggiante o movimentato da blande ondulazioni, con debole acclività verso est-nord-est, con un gradiente della superficie topografica pari a circa lo 0,5%.



Schema geolitologico della Provincia di Torino <sup>(2)</sup>, con individuazione del sito in esame, ricadente nell'ambito della pianura alluvionale torinese.

<sup>(2)</sup> Estratto da G.C. BORTOLAMI et alii, "Le acque sotterranee della pianura di Torino – Aspetti e problemi"; Assessorato Ecologia della Provincia di Torino, marzo 1990.



## 2.2. Assetto litostratigrafico e modello geologico

### 2.2.1. Inquadramento geologico e stratigrafico generale

#### 2.2.1.1. Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000

Il terrazzo fluvioglaciale sul quale sorge il sito in esame, modellato in depositi ghiaioso-sabbiosi pleistocenici, corrisponde da un punto di vista morfologico al livello dell'alta pianura torinese che, a Nord-Ovest del capoluogo provinciale, va raccordandosi alle cerchie dell'anfiteatro morenico di Rivoli - Avigliana.

Più in particolare, l'area in esame è posta nel settore nord-orientale della vasta conoide fluvioglaciale che si diparte a ventaglio dall'anfiteatro morenico suddetto, spingendosi verso est sino al corso attuale del f. Po, al piede della collina torinese.

Nel suo settore nord-orientale, l'evoluzione della conoide fluvioglaciale è venuta ad interagire con quella della rete idrografica adiacente, sotto forma del t. Ceronda: quest'ultimo, nelle sue divagazioni, ha in parte smantellato il margine settentrionale della conoide fluvioglaciale, modellando la scarpata di erosione che si estende da S. Gillio verso Venaria, pochi Km a nord-est del sito in esame.

La superficie terrazzata sulla quale sorge l'area di cava in oggetto corrisponde infatti, come si è visto, all'espressione morfologica del potente accumulo di depositi fluvioglaciali che si estende a raggiera a partire dall'anfiteatro morenico, avendo con questi depositi morenici rapporti eteropici.

Questa superficie, morfologicamente elevata, è stata attribuita, da un punto di vista geologico, al “*Fluviale e Fluvioglaciale Riss*”, secondo quanto riportato sul Foglio n. 56 “Torino” della Carta Geologica d'Italia, edita in scala 1:100.000 dal Servizio Geologico e che, nella sua copertura estesa all'intero territorio nazionale, costituisce tuttora la cartografia geologica di riferimento.

Si può ricordare, a questo proposito, che nella cronostratigrafia classica, utilizzata dagli estensori della 2ª edizione della Carta Geologica d'Italia (F° 56 "Torino"), pubblicata alla fine degli anni '60, il Pleistocene, corrispondente alla parte più antica dell'Era Quaternaria, veniva contraddistinto da quella più recente (Olocene) e suddiviso in base alle glaciazioni allora riconosciute, alle quali erano stati attribuiti i nomi di alcuni affluenti bavaresi del Danubio: Gunz, Mindel, Riss e Wurm (in ordine dalla più antica alla più recente)

Come richiamato anche nei più recenti studi svolti dalla Provincia di Torino <sup>(3)</sup>, l'attribuzione cronostratigrafica dei depositi quaternari alle grandi glaciazioni a suo tempo denominate “Mindel” e “Riss” oggi non è più attendibile, in quanto sono state riconosciute almeno 12 grandi glaciazioni pleistoceniche.

<sup>(3)</sup> Cfr.: Provincia di Torino, Aggiornamento e adeguamento del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Assetto geologico e geomorfologico (Elaborato DS1), ottobre 2009.



Il criterio di datazione che utilizza il grado di evoluzione dei suoli permette oggi di dire che i sedimenti originariamente attribuiti al “Mindel” si possono datare al Pleistocene inf., almeno quelli più antichi, e al Pleistocene medio (quelli più recenti). I depositi attribuiti al “Riss” si possono fare risalire invece al Pleistocene medio – superiore, mentre i sedimenti appena alterati, grigiastri, possono essere attribuiti all’Olocene.

La superficie terrazzata in oggetto risulta sospesa sino ad alcune decine di metri rispetto alle sottostanti pianure alluvionali, corrispondenti alle fasce di divagazione olocenica della Dora Riparia (a sud) e del sistema Ceronda - Stura di Lanzo (a nord), ed è caratterizzata dalla presenza, in superficie, di un “*paleosuolo*” costituito da un limo argilloso ossidato, di colore da rossiccio fino a rosso mattone, con presenza di ciottoli silicatici alterati.

Nella situazione che si osserva generalmente nell’ambito della pianura torinese, il paleosuolo si presenta solitamente ricoperto, in superficie, da una coltre di terreno humico vegetale dello spessore di alcuni decimetri, alla base del quale si possono rinvenire lembi di depositi di origine eolica (il cosiddetto “*loess*”) di colore nocciola, con uno spessore decimetrico.

Più precisamente, sul citato Foglio n. 56, di cui si riporta in allegato un estratto, i terreni affioranti in corrispondenza dell’area in esame risultano cartografati come “*fg<sup>R</sup> – depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell’alta pianura, raccordantisi con le cerchie moreniche rissiane (Fluvioglaciale e Fluviale Riss)*”.

Il “*Fluvioglaciale Riss*” è costituito prevalentemente da sedimenti ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbiosa, depositati dagli scaricatori provenienti dall’Anfiteatro Morenico di Rivoli – Avigliana, prima della successiva incisione erosiva di quest’ultimo ad opera di fiumi quali la Dora e il Sangone.

Al crescere della distanza dall’anfiteatro di Rivoli - Avigliana i depositi, più si procede verso est, tendono ad assumere un carattere maggiormente fluviale e quindi una granulometria minore, con sedimenti costituiti in prevalenza da ghiaie e sabbie con ciottoli.



Individuazione del sito in esame (ellisse rossa) su estratto del Foglio n. 56 “Torino” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000. Ingrandimento alla scala 1:80.000 circa.

### Legenda semplificata

- $a^3$  Alluvioni ghiaioso-sabbiose recenti ed attuali.
- $a^2$  Depositi ghiaiosi con lenti sabbioso-argillose, talora debolmente terrazzati (Alluvioni Medio-Recenti).
- $a^1$  Alluvioni sabbioso-ghiaiose postglaciali (Alluvioni Antiche).
- $fl^R$  Depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso arancio, perlopiù terrazzati (Fluvioglaciale e Fluviale Riss).
- $fl^M$  Depositi fluvioglaciali dell’alto terrazzo ondulato raccordantesi coi cordoni morenici mindeliani dell’anfiteatro di Rivoli; depositi fluviali costituenti i lembi relitti delle antiche conoidi della Dora Riparia e della Stura di Lanzo (Fluvioglaciale e Fluviale Mindel).

### 2.2.1.2. Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000

La nuova edizione della Carta Geologica d'Italia è stata predisposta nell'ambito del Progetto CARG (CARTografia Geologica), avviato nel 1988, che prevedeva la realizzazione dei 652 fogli geologici e geotematici alla scala 1:50.000 per la copertura dell'intero territorio nazionale.

Al Progetto hanno collaborato più di 60 strutture fra Enti territoriali, organi del CNR, Dipartimenti ed Istituti Universitari, oltre a tutte le Regioni e le Province Autonome che hanno assicurato, con il loro concorso finanziario, ulteriori risorse necessarie alla produzione dei fogli geologici.

Il Progetto prevedeva la realizzazione di una banca dati dalla quale poter ricavare carte geologiche e geotematiche di maggiore dettaglio per l'utilizzo del dato cartografato in molteplici applicazioni; ciò al fine di rendere disponibili gli strumenti conoscitivi, quali i dati geologici, indispensabili per una corretta pianificazione e gestione del territorio e, più in particolare, per la prevenzione, la riduzione e la mitigazione del rischio idrogeologico.

Il Progetto, successivamente gestito dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ed attualmente sospeso per mancanza di fondi, è stato caratterizzato dall'utilizzo di normative tecniche nazionali, redatte appositamente dal SGI con la collaborazione di esperti e pubblicate nella collana dei Quaderni del Servizio Geologico; esse costituiscono le linee guida di riferimento per il rilevamento, la rappresentazione cartografica e l'informatizzazione sia dei Fogli geologici sia di quelli geotematici, consentendone l'omogeneità a livello nazionale.

Rispetto alla precedente cartografia in scala 1:100.000 (che, per alcuni Fogli, era ancora disponibile solamente nella I<sup>a</sup> edizione, risalente alla prima metà del XX secolo se non addirittura a fine '800), uno dei punti qualificanti ed innovativi del progetto di cartografia geologica alla scala 1:50.000 (Progetto CARG) è la giusta rilevanza che assumono i depositi continentali plio - quaternari nel rilevamento e nella loro rappresentazione cartografica: il nuovo progetto, infatti, riserva ai depositi quaternari, considerati nella tradizione geologica come coperture che impedivano l'osservazione delle rocce sottostanti, la stessa "dignità" del substrato.

D'altra parte, come segnalato sullo stesso sito web dell'ISPRA <sup>(4)</sup>, il rilevamento del Quaternario ha incontrato, nel Progetto CARG, le difficoltà insite proprio nella mancanza, in molti casi, di una cultura geologica adeguata e di una scarsa sperimentazione cartografica, almeno a livello nazionale. Tutto questo si è riflesso, da un lato, nella carenza qualitativa di alcuni prodotti cartografici predisposti, e dall'altro nella confusione a livello normativo e nella mancanza di indicazioni precise che indirizzino in modo univoco gli operatori.

Basti pensare che alcune legende di fogli sono state impostate secondo il criterio litostratigrafico, altre secondo la terminologia allostratigrafica e altre ancora utilizzando le "*Unconformity-bounded stratigraphic units*" (UBSU). In alcuni casi, criteri stratigrafici diversi sono stati utilizzati anche in fogli limitrofi, a testimonianza di una mancanza di coordinamento.

<sup>(4)</sup> Cfr.: [http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/Progetti/Progetto\\_CARG\\_-\\_Cartografia\\_geologica\\_e\\_geotematica](http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/Progetti/Progetto_CARG_-_Cartografia_geologica_e_geotematica).

Le UBSU, la cui unità base, nella stratigrafia dei depositi quaternari, è il “sintema” (suddividibile in “subsintemi”, e raggruppabile invece in “supersintemi”), corrispondono, infatti, a dei corpi rocciosi definiti ed identificati sulla base di superfici di discontinuità che li delimitano a letto ed a tetto; nel campo del Quaternario continentale, tali discontinuità, che possono corrispondere sia a superfici di erosione che di accumulo, rappresentano, rispettivamente, l’evento iniziale e quello conclusivo di un ciclo di sedimentazione (o meglio quello iniziale dell’unità successiva), e come tali non sono delle superfici sincrone nella loro estensione complessiva, così che le UBSU non sono assimilabili a delle unità cronostratigrafiche.

Al tempo stesso, le UBSU non sono assimilabili a delle unità litostratigrafiche, come ad esempio le “Formazioni” che costituivano l’unità adottata nella II<sup>a</sup> edizione della precedente Carta Geologica d’Italia (CGI) in scala 1:100.000; ciò in quanto un corpo roccioso delimitato da due superfici di discontinuità non necessariamente sarà omogeneo al suo interno da un punto di vista litologico.

Da questo punto di vista, e come segnalato anche in sede di dibattito in occasione della presentazione ufficiale dei primi Fogli relativi al territorio piemontese <sup>(5)</sup>, la nuova CGI in scala 1:50.000 è di lettura meno immediata rispetto alla precedente, in quanto il rappresentare cartograficamente che presso un certo sito affiora il “Sintema X” non trasmette automaticamente delle informazioni univoche sulle litologie effettivamente affioranti in quel sito, ossia sulle informazioni di principale interesse nelle tematiche della geologia applicata, come nel caso di progetti di attività estrattiva.

Tra le varie conseguenze associate a tale scelta, ne è derivata, ad esempio, la necessità di ricorrere, nel caso di legende impostate secondo le UBSU (che è il criterio formalmente da seguire, come indicato dall’ISPRA), all’uso di sovrassegni per indicare il tipo di deposito e, quando prevista, anche della tessitura, visto che una unità sintemica, caratterizzata in cartografia da un unico colore di fondo, può contenere varie tipologie di depositi.

Relativamente al sito in esame, si può fare riferimento al Foglio 155 “*Torino Ovest*”, in scala 1:50.000, della Carta Geologica d’Italia, predisposto negli anni trascorsi da parte dell’I.S.P.R.A. (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, in precedenza A.P.A.T. – Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici).

Come evidenziato in precedenza, gli studi condotti per la realizzazione della nuova cartografia geologica (Progetto CARG) hanno portato ad una nuova definizione e caratterizzazione stratigrafica delle formazioni affioranti nel territorio oggetto di studio; in particolare, rispetto a quanto riportato nel preesistente F° 56 “*Torino*” della carta geologica in scala 1:100.000 (redatta, nella II<sup>a</sup> edizione, alla fine degli anni ’60 del XX secolo), i depositi alluvionali affioranti nella pianura torinese sono stati cartografati e studiati mediante l’adozione dei moderni criteri della

<sup>(5)</sup> Convegno organizzato nel giugno 1999, presso il “Lingotto” di Torino, dal Servizio Geologico della Regione Piemonte, in occasione del quale vennero presentate e distribuite le prime copie “di prova” dei Fogli 154 “*Susa*” e 155 “*Bardonecchia*” della CGI in scala 1:50.000.



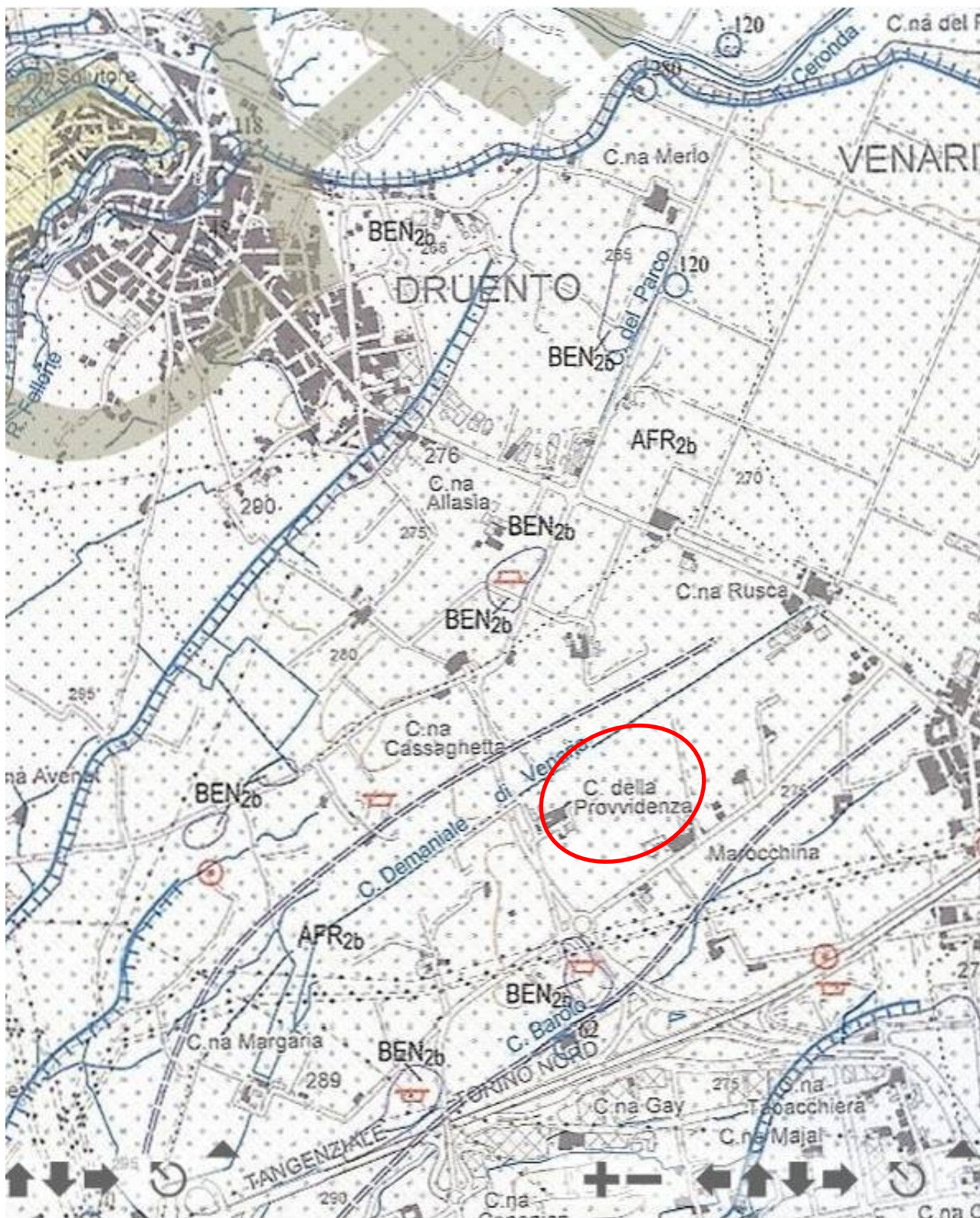
allostratigrafia, basati, per i depositi quaternari, sui criteri di gerarchizzazione delle superfici di discontinuità.

Secondo quanto riportato nell'allegato estratto del Foglio n. 155 "*Torino Ovest*" della nuova cartografia geologica in scala 1:50.000, consultabile anche *on-line* sul sito *web* dell'ISPRA, nella fascia di territorio compresa tra l'incisione della Dora Riparia a sud e quella del t. Ceronda a nord, nel triangolo compreso tra gli abitati di Druento, Pianezza e Venaria, e nella quale sorge il sito in esame, viene riportata la presenza, in affioramento, del "*Subsintema di Col Giansesco*" ("AFR<sub>2</sub>") del "*Sintema di Frassinere*" (Bacino della Dora Riparia), mentre la scala di dettaglio consentita dalla nuova cartografia ha permesso di riportare la presenza, presso le fosse di scavo delle numerose attività estrattive presenti in questa porzione di territorio, del sottostante "*Subsintema di Cascine Vica*" ("BEN<sub>2</sub>") del "*Sintema di Bennale*", che è stato portato alla luce dagli scavi condotti nella cave medesime, e che affiora invece "naturalmente" in superficie sulla sommità della superficie terrazzata visibile più a nord - ovest, sospesa mediante la scarpata morfologica che corre, con direzione SW – NE tra gli abitati di Pianezza e di Druento.

I depositi affioranti in superficie presso il sito in esame, cartografati come "AFR2b", attribuiti al "*Subsintema di Col Giansesco*" del "*Sintema di Frassinere*", vengono descritti nel Foglio "*Torino Ovest*" come costituiti da "*sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con clasti eterometrici di quarziti, serpentiniti, gneiss e subordinatamente di prasiniti, calcescisti*" ed interpretati come "*depositi fluvioglaciali*", attribuendoli cronologicamente alla parte superiore del Pleistocene superiore.

Come descritto nelle "*Note Illustrative*" al Foglio 155, nel settore di pianura, all'esterno dell'anfiteatro morenico di Rivoli – Avigliana, il Subsintema di Col Giansesco comprende i depositi costituenti il conoide fluvioglaciale della Dora Riparia, sul quale è sorta gran parte della città di Torino.

Alla base, esso poggia sul sottostante "*Subsintema di Cascine Vica*" ("BEN<sub>2b</sub>") del "*Sintema di Bennale*", che è stato portato alla luce dagli scavi condotti nelle numerose cave presenti in questa zona; nell'area in esame, questo Subsintema più antico è costituito, secondo quanto riportato sul Foglio "*Torino Ovest*", da "*sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose eterometriche con clasti subarrotondati immersi in una matrice sabbioso – siltosa; i clasti sono costituiti da gneiss, micascisti, quarziti, prasiniti, anfiboliti, eclogiti e gabbri*"; questi depositi vengono interpretati anch'essi come "*depositi fluvioglaciali*", ed attribuiti cronologicamente alla parte superiore del Pleistocene medio.



Individuazione del sito in esame su estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio n. 155 “Torino Ovest”. Ingrandimento alla scala 1:30.000 circa (legenda alla pagina seguente).



## LEGENDA

### SINTEMA DI FRASSINERE

#### Subsintema di Col Giansesco

AFR<sub>2</sub>

Sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con clasti eterometrici di quarziti, serpentiniti, gneiss e subordinatamente di prasiniti, calcescisti e marmi grigi (depositi fluvioglaciali) (AFR<sub>2b</sub>). Sottile copertura di silt sabbiosi e *loess l.s.* e locali accumuli di sabbie grossolane (depositi eolici) (AFR<sub>2d</sub>). Sabbie siltose e silt sabbiosi stratificati con intercalazioni ghiaiose e torbose (depositi lacustri, palustri e di torbiera) (AFR<sub>2e</sub>). Morenico scheletrico sparso (AFR<sub>2c3</sub>). *Diamicton* con clasti e blocchi angolosi e subangolosi, sfaccettati, levigati e striati, immersi in una matrice siltoso-sabbiosa addensata (depositi glaciali di fondo) (AFR<sub>2c4</sub>). *Diamicton* con clasti angolosi e subangolosi e blocchi di dimensioni metriche immersi in una matrice siltoso-sabbiosa (depositi glaciali di ablazione) (AFR<sub>2c5</sub>). I depositi sono complessivamente poco alterati (10-7,5YR). *Parte superiore del PLEISTOCENE SUP.*

### SINTEMA DI BENNALE



BEN

*Diamicton* con clasti da subangolosi a subarrotondati, striati e sfaccettati, immersi in una matrice siltoso-sabbiosa addensata e piuttosto alterata (2,5YR) e con blocchi di dimensioni comprese tra 1 e 2 m costituiti da gneiss occhiadini, quarziti e subordinatamente da serpentiniti, micascisti e prasiniti (depositi glaciali indifferenziati) (BEN<sub>c1</sub>). *PLEISTOCENE MEDIO*

#### Subsintema di Cascine Vica

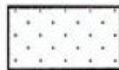
BEN<sub>2</sub>

Sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose eterometriche con clasti subarrotondati immersi in una matrice sabbioso-siltosa; i clasti sono costituiti da gneiss, micascisti, quarziti, prasiniti, anfiboliti, eclogiti e gabbri (depositi fluvioglaciali) (BEN<sub>2b</sub>). Depositi glaciali indifferenziati (BEN<sub>2c1</sub>). *Diamicton* con clasti da subarrotondati a subangolosi, sfaccettati e striati, e blocchi di dimensioni superiori a 2 m immersi in una matrice siltoso-sabbiosa addensata (depositi glaciali di fondo) (BEN<sub>2c4</sub>). *Diamicton* con clasti angolosi e subangolosi e blocchi eterometrici (depositi glaciali di ablazione) (BEN<sub>2c5</sub>). Depositi lacustri (BEN<sub>2e</sub>). I depositi sono complessivamente da mediamente a molto alterati (5YR-10R). *Parte superiore del PLEISTOCENE MEDIO*

### Sovrasimboli delle formazioni superficiali



coltre detritico-colluviale (b2)



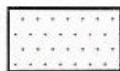
deposito fluviale sabbioso (b)



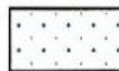
accumulo di frana (a1)



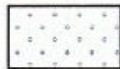
deposito eolico (d)



detrito di falda (a3)



deposito glaciale indifferenziato (c1)



deposito fluviale ghiaioso (b)



morenico scheletrico sparso (c3)

## 2.2.2. Stratigrafia della zona

### 2.2.2.1. Assetto stratigrafico a scala locale

In accordo con le caratteristiche geologiche dell'area, i depositi affioranti nella zona di studio risultano costituiti nei livelli superficiali, come visibile presso i fronti di scavo della esistente fossa di coltivazione, da prevalenti ghiaie eterometriche, a granulometria medio - grossolana e con presenza di ciottoli anche di dimensioni decimetriche ( $\phi$  max 20 – 25 cm), in una matrice sabbiosa debolmente limosa.

In generale, nell'area in esame questi depositi fluvioglaciali sono ricoperti in superficie da un potente suolo limoso-argilloso, di colore marrone rossastro e fortemente evoluto da un punto di vista pedologico (il cosiddetto "paleosuolo"), che può raggiungere nella zona anche spessori di ordine metrico; il "paleosuolo" è costituito da limi argillosi con sabbia fine, cui seguono ghiaie e ciottoli con abbondante matrice sabbioso-limosa.

La frazione grossolana è caratterizzata dalla presenza, nei livelli superficiali, di ciottoli silicatici in avanzata fase di alterazione, con patine di ossidi e di argille di neoformazione, mentre il deposito è caratterizzato nella porzione più corticale, nei primi metri dalla superficie, da un colore più rossastro, dovuto alla pedogenesi esplicatasi con una forte ossidazione dei composti in ferro.

Scavi effettuati in zona negli anni trascorsi, in una situazione “indisturbata” prima dell'avvio dei lavori estrattivi, avevano consentito di rilevare la presenza, in superficie, di un “paleosuolo” costituito da limo argilloso ossidato, dal caratteristico colore marrone rossastro, con uno spessore di circa 1 metro.

Nell'ambito del “paleosuolo” si può distinguere una porzione superficiale che corrisponde al vero e proprio terreno humico vegetale, dello spessore di alcuni decimetri, di natura più marcatamente sabbioso-limosa e priva di frazione scheletrica grossolana, mentre alla base del “paleosuolo” stesso si può localmente distinguere un orizzonte, di spessore pluridecimetrico, caratterizzato da una appariscente tonalità nocciola, a tratti ocracea o brunastra.

La particolare stratigrafia di dettaglio di questa zona è connessa all'intervento antropico, in particolare alle pratiche agronomiche, che hanno comportato, per un intervallo di tempo plurisecolare, l'utilizzo per l'irrigazione di acque derivate dalla Dora Riparia.

Quest'ultima, infatti, è caratterizzata dalla presenza di un abbondante carico solido per sospensione, costituito da minutissime particelle di limo derivanti dall'erosione e dal dilavamento delle rocce del bacino montano, nel quale prevalgono i calcescisti, dal cui disfacimento deriva appunto, per dissoluzione della frazione carbonatica, una cospicua frazione limosa.

L'utilizzo, per l'irrigazione di queste zone, di acque “torbide” per la presenza di questo materiale in sospensione, ne ha comportato la sedimentazione sul terreno, a costituire un livello superficiale limoso-sabbioso la cui età “geologica” può essere in realtà riferita all'intervallo dell'ultimo millennio.

Dal punto di vista della coltivazione mineraria, il vero e proprio giacimento oggetto di interesse estrattivo, oggi visibile in affioramento presso i fronti di scavo esistenti, è costituito dal



sottostante deposito fluvioglaciale, di natura ghiaioso - sabbiosa e ciottolosa, presente a profondità superiore ad 1 m circa e caratterizzato da una colorazione grigiastra, con tonalità più rossastre nei primi metri, per effetto della presenza di argilla e ossidi di ferro nella matrice fine, a denotare gli effetti della pedogenesi che ne ha interessato i livelli più corticali.

Questo deposito si estende, in profondità, sino ad alcune decine di metri dal piano campagna, come visibile presso le scarpate dell'incisione modellata dalla Dora Riparia.

Come elemento di ulteriore caratterizzazione stratigrafica a scala locale, si possono considerare i dati raccolti nell'ambito delle apposite indagini geognostiche effettuate, negli anni trascorsi, a corredo della progettazione e realizzazione dell'impianto di smaltimento controllato di rifiuti sito in località "Cassagna", posto a poche centinaia di metri dal sito di cava in esame.

Dall'esame di questi dati, sotto forma delle stratigrafie relative a sondaggi spinti sino a circa 40 metri dal p.c., si evince che, nella zona in esame, posta in sponda sinistra della Dora Riparia, la conoide fluvioglaciale è costituita da un potente spessore di depositi ghiaioso-sabbiosi e ciottolosi, a granulometria medio - grossolana, frammisti ad una matrice limoso-sabbiosa, con locali intercalazioni sabbioso – limose di spessore da decimetrico a metrico.

Come regola generale (ma con variazioni anche rilevanti da punto a punto), si può notare che nella porzione inferiore dell'accumulo, il deposito presenta sovente un maggiore grado di alterazione, testimoniato dalla presenza di una matrice argillosa e di patine di argilla e di ossidi sui clasti ghiaiosi, che conferiscono una colorazione bruno – rossastra al deposito, mentre la porzione superiore, di età più recente, si presenta poco alterata e di colore grigiastro.

Alla base, l'accumulo fluvioglaciale poggia su dei depositi limoso-argillosi di colore nocciola scuro, con screziature ocracee e rossicce e rari livelli centimetrici di siltite, che possono essere attribuiti alle alternanze ghiaioso-sabbiose e limoso-argillose del "*Villafranchiano*", termine cronostatigrafico con cui viene indicato, in geologia regionale, il passaggio da ambienti deposizionali marini ad altri di tipo continentale, al limite stratigrafico tra Pliocene superiore e Pleistocene inferiore.

Da un punto di vista litostratigrafico, nella pianura piemontese, ed in quella torinese in particolare, i depositi riconducibili al Villafranchiano sono caratterizzati dalla presenza di ripetute alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi, di spessore da metrico a plurimetrico ed intercalati ad altri di tipo limoso-argilloso, spesso con presenza di torba, lignite e resti vegetali; i primi corrispondono ai depositi associati agli antichi corsi d'acqua, i secondi ai depositi che si andavano invece accumulando nei laghi e nelle aree paludose interposte ai corsi d'acqua stessi, come pure nelle lagune costiere.

Le divagazioni ed avulsioni dei corsi d'acqua e dei loro delta comportavano, nel tempo, la sovrapposizione di depositi fluviali, di natura grossolana, ad altri di natura più fine, di ambiente lacustre-palustre.

Nella accezione di utilizzo comune (in senso litostratigrafico) tra i geologi operanti in Piemonte, il “*Villafranchiano*” corrisponde quindi ad una facies caratterizzata da ripetute alternanze limoso-argillose e sabbioso-ghiaiose.

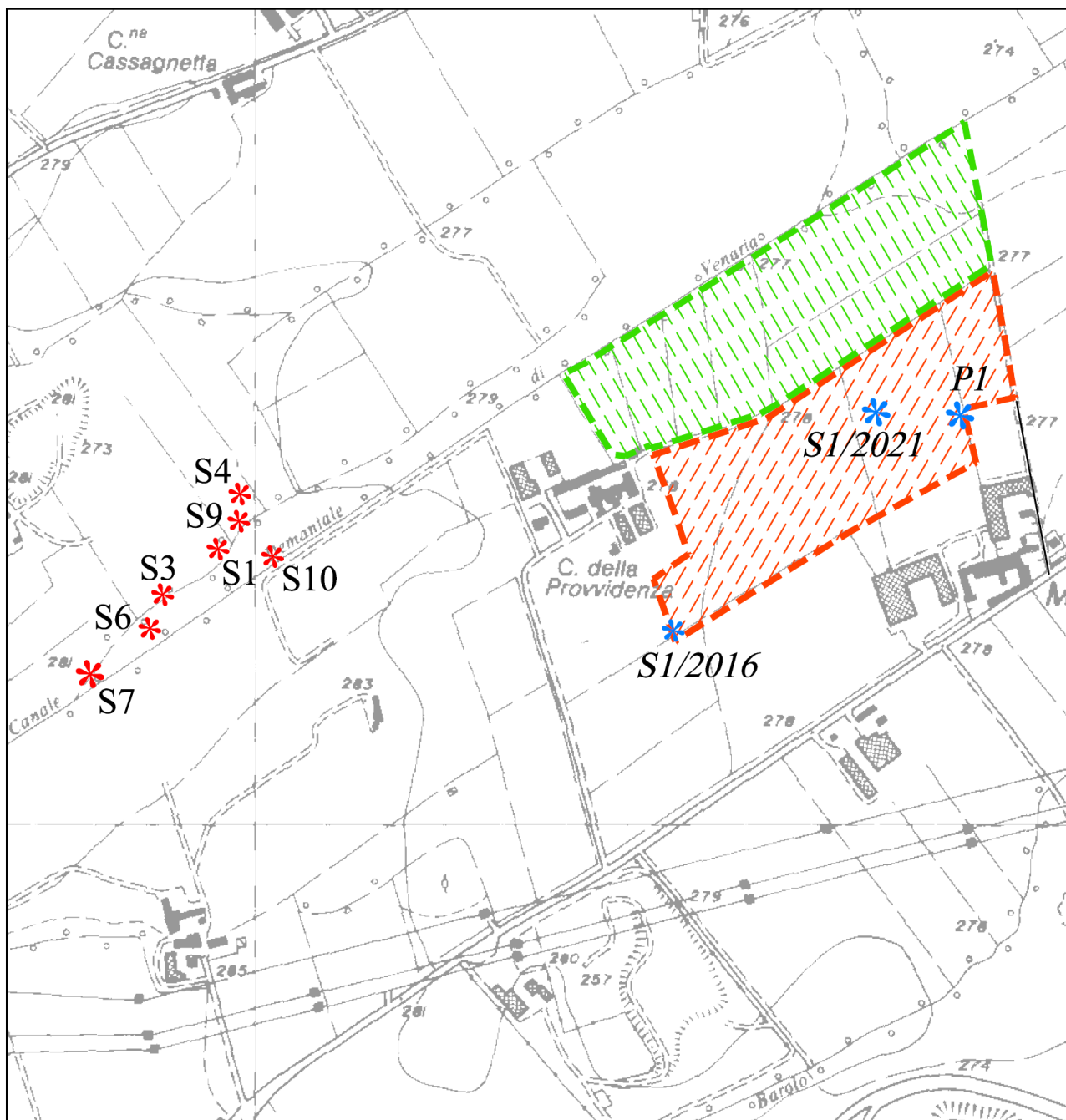
I numerosi sondaggi effettuati presso la limitrofa discarica in loc. Cassagna hanno consentito di raggiungere la base dell’accumulo fluvioglaciale presente in superficie, costituita dal top dei sottostanti depositi “*Villafranchiani*”, che nella zona in oggetto si imposta a profondità di poco meno di 40 m dal p.c..

Si allegano, nel seguito, le stratigrafie dei sondaggi S1, S3, S4, S6, S7, S9 ed S10, effettuati negli anni trascorsi, presso la discarica “Cassagna”, alcune centinaia di metri a ovest dall’area di cava in esame, come pure del sondaggio S1 eseguito, nel novembre 2010, a corredo del progetto di coltivazione mineraria nella cava di sabbia e ghiaia sita in località “Cascina Allasia” del limitrofo Comune di Druento (TO), poco meno di 1 Km a nord del sito in esame <sup>(6)</sup>.

Si riportano altresì, per un inquadramento a più ampia scala, le stratigrafie (reperite mediante la Banca Dati Geotecnica dell’ARPA Piemonte) dei sondaggi S1, S8, S9 ed S10 eseguiti, negli anni trascorsi, in corrispondenza della discarica in loc. “Barricalla” del Comune di Collegno, poco meno di 1 Km a ESE del sito in esame.

<sup>(6)</sup> La stratigrafia del sondaggio in parola risulta inserita, in forma semplificata e con il codice 109105, nella Banca Dati Geotecnica *on line* dell’ARPA Piemonte (<http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa/index.html>).

Individuazione, rispetto al sito in esame (in verde l'area estrattiva di pertinenza della ESCOGE S.r.l., in rosso quella della Cave Druento S.r.l.), dei sondaggi (asterischi rossi) eseguiti presso la discarica "Cassagna" in Comune di Collegno, così come dei nuovi sondaggi (asterischi blu) eseguiti nel 2016 (S1/2016) e nel 2021 (S1/2021 e P1) a corredo della progettazione dell'intervento estrattivo. Scala 1:7.000 circa.



## Stratigrafia del sondaggio S1 (1 di 2)



Committente	CASSAGNA s.r.l.	
Cantiere	CASCINA CASSAGNA	Quota
Località	PIANEZZA	Provincia
Perforazione iniziata il	17/06/1992	Terminata il
Deposito cassette	Scala 1:100	

SONDAGGIO	FOGLIO
N. S1	N. 1
Il compilatore	

PROFONDITA' DAL P.C.	POTENZA DELLO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	FORMAZIONI ATTRAVERSATE DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZZAZIONE DELLE FAUCI	LIVELLO DI ROTTURA E DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CARPAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO TIPO A TUBO APERTO	INCLINOMETRO	SPT Prof. (m) N. Colpi	POCKET PENETR. kg/cm²	VANES TEST kg/cm²	PROFONDITA' PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITA' Prof. (m) K=cm/sec	NOTE
0.00																	
1.00	1.00		Limo e ghiaia con sabbia, colore bruno.														
			Ghiaia sabbiosa con ciottoli, colore bruno-nocciola.														
3.30	2.30		Ghiaia ciottolosa con sabbia limosa colore grigio-bruno.														
8.00	4.70		Ghiaia sabbiosa con rari ciottoli e passate prevalentemente limose colore grigiastro.														
10.00	2.00		Sabbia limoso-ghiaiosa con una debole percentuale di ciottoli sparsi colore variabile da bruno a nocciola.														
18.00	8.00		Ghiaia sabbiosa con rari ciottoli, spesso organizzati in livelli, matrice fine limoso - limoso sabbiosa, colore variabile da bruno a nocciola.														
14.50	6.50		Sabbia ghiaioso-ciottolosa con abbondante frazione limosa, colore bruno.														
7.00	2.50																

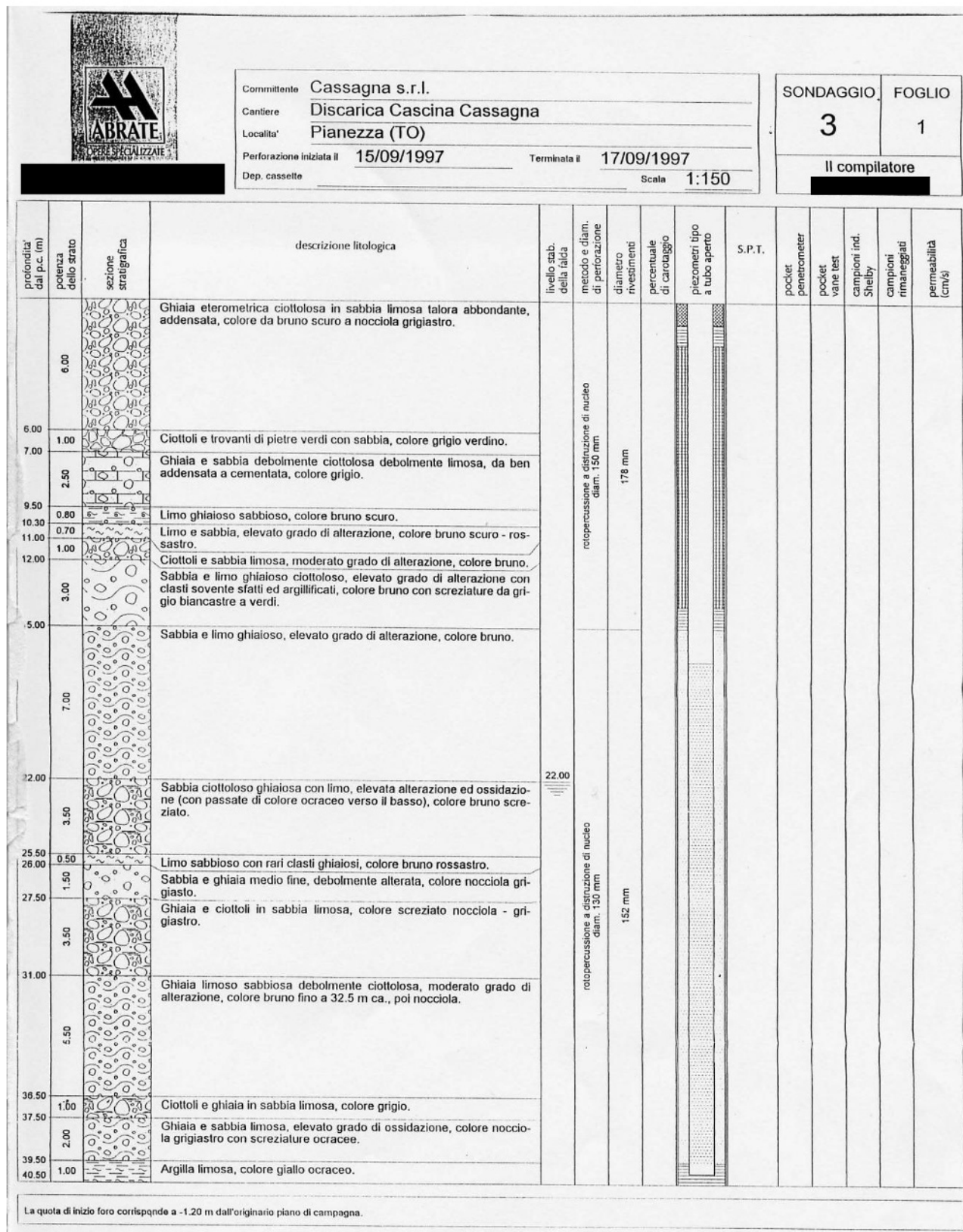
## Stratigrafia del sondaggio S1 (2 di 2)

		Committente <b>CASSAGNA s.r.l.</b>		SONDAGGIO <b>S1</b>		FOGLIO <b>2</b>	
		Cantiere <b>CASCINA CASSAGNA</b>		Quota <b>TORINO</b>		N. <b>2</b>	
Località <b>PIANEZZA</b>		Provincia <b>TORINO</b>		Il compilatore			
Perforazione iniziata il <b>17/06/1992</b>		Terminata il <b>20/06/1992</b>		Deposito cassette			
Scala <b>1:100</b>							

PROFONDITA' DAL P.C.	POTENZA DELLO STRAIO	SEZIONE STRATIGRAFICA	FORMAZIONI ATTRAVERSATE DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZZAZIONE DELLE FALE 1 2	METODO E Ø DI PERFORAZIONE 152	RIVESTIMENTI ELORO Ø	PERCENTUALE DI CARICAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO TIPO A TUBO APERTO 1 2		INCLINOMETRO	SPT Prof. (m) N. Colpi	POCKET PENETR. kg/cm² VANES TEST kg/cm²	PROFONDITA' PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITA' Prof. (m) K=cm/sec	NOTE
									1	2							
27.00																	
28.50	1.50		Sabbia limosa con una debole percentuale ghiaiosa, colore bruno-nocciola.														
35.00	6.50		Limo e sabbia con livelli intercalati ghiaiosi debolmente ciottolosi, colore bruno-astro.														

## Stratigrafia del sondaggio S3





## Stratigrafia del sondaggio S4



Committente	Cassagna s.r.l.		
Cantiere	Discarica Cascina Cassagna		
Località	Pianezza (TO)		
Perforazione iniziata il	18/09/1997	Terminata il	20/09/1997
Dep. cassette		Scala	1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
4	1
Il compilatore	

profondità dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro investimenti percentuale di carotaggio	piezometri tipo a tubo aperto	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilità (cm/s)
6.50	6.50		Ghiaia eterometrica ciottolosa in sabbia limosa talora abbondante, addensata, colore da bruno scuro a nocciola grigiastro.										
11.50	5.00		Ghiaia e sabbia debolmente ciottolosa debolmente limosa, da ben addensata a cementata, colore grigio.		rottopercussione a distribuzione di nucleo diam. 150 mm	178 mm							
13.00	1.50		Limo e sabbia ghiaiosa, elevato grado di alterazione, colore bruno scuro - rossastro.										
20.50	7.50		Sabbia e limo ghiaioso ciottoloso, elevato grado di alterazione con clasti sovente sfatti ed argillificati, colore bruno con screziature da grigio biancastre a verdi.										
25.00	4.50		Sabbia e limo ghiaioso, elevato grado di alterazione, colore bruno.	23.70									
27.00	2.00		Sabbia ciottolosa ghiaiosa con limo, elevata alterazione ed ossidazione, colore bruno screziato ocreo.										
27.50	0.50		Limo sabbioso, colore bruno rossastro.		rottopercussione a distribuzione di nucleo diam. 150 mm	152 mm							
29.50	2.00		Ghiaia e ciottoli in sabbia limosa, colore screziato nocciola - grigiastro.										
31.50	2.00		Ghiaia limosa sabbiosa debolmente ciottolosa, moderato grado di alterazione, colore nocciola brunastro.										
36.00	4.50		Ciottoli e ghiaia in sabbia limosa, discreto grado di alterazione, colore grigio con screziature ocree.										
38.00	2.00		Ghiaia e sabbia limosa, elevato grado di ossidazione, colore nocciola grigiastro con screziature ocree.										
40.00	2.00		Ghiaia ciottolosa in abbondante matrice limosa sabbiosa, discreto grado di alterazione, elevato grado di ossidazione, colore nocciola ocreo.										
40.80	0.80		Sabbia e limo debolmente ghiaioso, ossidato, colore bruno ocreo con screziature rosicce.										
42.00	1.20		Argilla limosa, colore giallo ocreo.										

La quota di inizio foro corrisponde al piano di campagna.

## Stratigrafia del sondaggio S6



Committente	Cassagna s.r.l.		
Cantiere	Impianto di Smaltimento controllato di 1.a categoria		
Località	Pianezza (TO) - località Cascina Cassagna		
Perforazione iniziata il	10/02/2003	Terminata il	10/02/2003
Dip. cantiere	cantiere	Scala	1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
S6	1
Il compilatore	

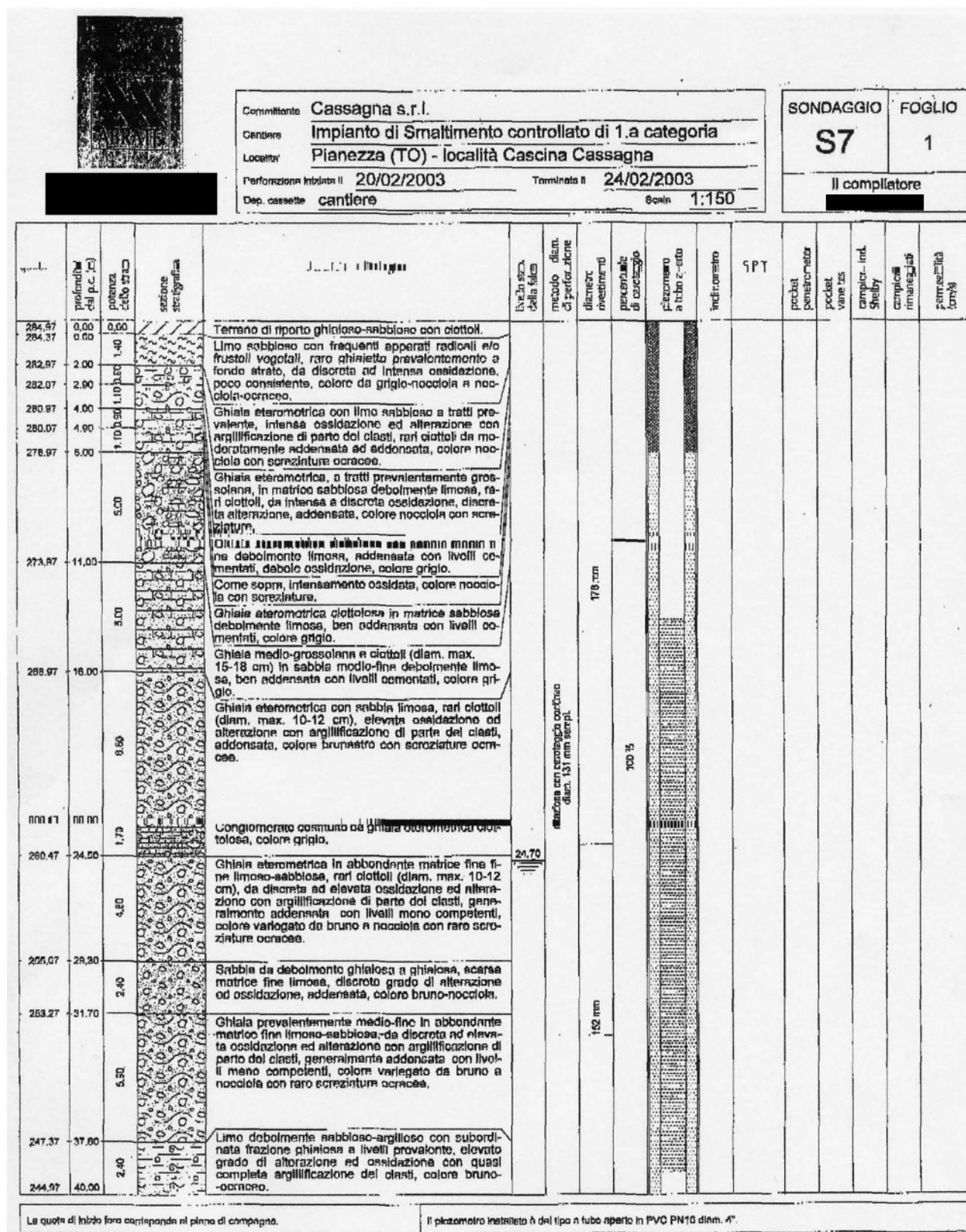
quota	profondità dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro investimenti	percentuale di carotaggio	piezometro a tubo aperto	indicimetro	S.P.T.	piezometro perforatore	piezometro vase test	caricazioni ind. Shelby	caricazioni raccomandate	permeabilità (cm/s)
284.28	0.00	1.50		Terrano di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli o frammenti lateritici centimetrici.												
282.70	1.50	2.50		Ghiala eterometrica in matrice sabbioso-limosa a tratti abbondante, con ciottoli (diam. max. 12-15 cm), intensa ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore bruno-nocciola con screziature ocracee.												
280.29	4.00	4.40		Ciottoli (diam. max. 12-15 cm) e ghiala eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa, da addensata a molto addensata con livelli cementati, colore grigio.												
276.89	8.40	3.50		Ghiala eterometrica con sabbie talora medio-grossolana a tratti prevalente, ciottolosa a fondo strato, subordinati livelli centimetrici siltosi, addensata, colore grigio.												
272.39	11.90	4.40		Ghiala eterometrica ciottolosa con sabbia medio-fina da debolmente limosa a limosa, addensata, colore grigio.												
268.29	18.00	4.30		Ghiala eterometrica, ciottolosa ad inizio strato (diam. max. 10-12 cm), in abbondante matrice limoso-sabbiosa, da moderatamente addensata ad addensata, elevato grado di ossidazione ed alterazione con clasti sovente sfitti e/o argillificati, colore bruno-rosso con screziature ocracee.												
263.99	20.30	1.10		Sabbie medio-fine ghialose, discreta ossidazione, moderatamente addensate, colore nocciola con screziature.												
262.89	21.40	10.10		Ghiala eterometrica in abbondante matrice sabbioso-limosa, talora concentrata in livelli centimetrici, da moderatamente addensata ad addensata, elevato grado di ossidazione ed alterazione con clasti sovente sfitti ed argillificati, colore nocciola con screziature giallastre.												
252.78	31.50	2.50		Ghiala prevalentemente medio-fine con sabbia limosa, rari ciottoli (diam. max. 8-10 cm), discreto grado di alterazione ed ossidazione, colore nocciola-grigiastro.												
249.88	34.40	2.30		Sabbia limosa con ghiala prevalentemente medio-fine a livelli prevalenti, discreto grado di alterazione ed ossidazione, colore da nocciola a grigio-verdognolo.												
247.59	36.70	2.20		Sabbia prevalentemente medio-grossolana con subordinata frazione ghialosa, matrice fine limosa, discreto grado di ossidazione, debole alterazione, colore bruno-nocciola.												
245.39	38.90	1.40		Limo debolmente argilloso, talora con rari ghiaietti sparsi e intercalati subordinati livelli centimetrici sabbioso-limosi, elevato grado di alterazione ed ossidazione, colore nocciola-brunastro con screziature ocracee.												
244.29	40.00															

La quota di inizio foro corrisponde al piano di campagna.


Il piezometro installato è del tipo a tubo aperto in PVC PN16 diam. 4".



## Stratigrafia del sondaggio S7



## Stratigrafia del sondaggio S9


 CASSAGNA TORINESE MONITORING		Committente CASSAGNA s.r.l.										SONDAGGIO		FOGLIO	
		Cantiere Impianto di smaltimento controllato di 1a categoria										S9		1/1	
		Località Pianezza (TO) - loc. Cascina Cassagna										Il geologo			
		Inizio Perforazione 07/06/2005										Fine Perforazione 14/06/05			
		Scala 1:150													













Quota	profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campione ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
282.50	1.30	1.30		Terreno di riporto prevalentemente sabbioso-ghiaioso con frammenti lateritici	carotaggio continuo diam. 131mm		178mm	90-100%								
282.20	1.60	0.30		Limo con frustoli vegetali colore grigio chiaro												
280.80	3.00	1.40		Sabbia medio-fine limoso-ghiaiosa, moderatamente addensata, da discreta a intensa ossidazione, colore bruno-rossiccio.												
		4.10		Sabbia con ghiaia eterometrica, scarsa matrice fine limosa, da moderatamente addensata ad addensata, con tracce di cementazione colore grigio-nocciola.												
276.70	7.10	4.60		Ghiaia eterometrica e ciottoli (diam. max. 15-20cm) con sabbia debolmente limosa, molto addensata, con evidenti tracce di cementazione, colore grigio-nocciola.												
272.10	11.70	3.00		Ghiaia eterometrica con limo sabbioso, discreto grado di alterazione e ossidazione, addensata, colore nocciola-brunastro.												
269.10	14.70	0.30		Limo debolmente argilloso con subordinata frazione ghiaioso-fine, consistente, colore bruno con screziature ocracee da ossidazione.												
268.80	15.00	7.70		Ghiaia eterometrica con sabbia limosa, rari ciottoli, grado di alterazione e ossidazione da discreto a elevato, con argillificazione di parte dei clasti, da moderatamente addensato ad addensato, colore bruno-nocciola con rare screziature ocracee. Tra -21.50m e -22.00m da p.c. limo sabbioso con rara ghiaia sparsa, elevato grado di alterazione, debolmente ossidato, colore nocciola-bruno.												
261.10	22.70	1.10		Ghiaia eterometrica con limo debolmente sabbioso-argilloso, talora abbondante, addensato, colore grigio-nocciola.												
260.00	23.80	9.20		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli sparsi in matrice limoso-sabbiosa e/o sabbioso-limosa a livelli abbondanti (es. da -28.20m a -28.70m da p.c.), discreto grado di ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola-bruno.												
					26.40		152mm									
250.80	33.00	2.00		Sabbia limosa debolmente argillosa con subordinata frazione ghiaiosa medio-fine, discreto grado di ossidazione, colore bruno-nocciola.												
248.80	35.00	4.40		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana in abbondante matrice sabbioso-limosa, debole grado di alterazione e ossidazione che tende ad aumentare con la profondità, addensata, colore nocciola chiaro.												
244.40	39.40	0.60		Limo debolmente argilloso, consistente, colore bruno-ocraceo.												
243.80	40.00															

DEPOSITO CASSETTE: presso cantiere

Il piezometro installato è del tipo a tubo aperto in PVC diam.4"

## Stratigrafia del sondaggio S10

<div><div>CASSAGNA TORRE MONTECASSINO</div></div>					Committente CASSAGNA s.r.l.										SONDAGGIO		FOGLIO	
					Cantiere Impianto di smaltimento controllato di 1a categoria										S10		1/1	
					Località Pianezza (TO) - loc. Cascina Cassagna										Il geologo <div></div>			
					Inizio Perforazione 28/10/2005      Fine Perforazione 03/11/2005													
					Scala 1:150													

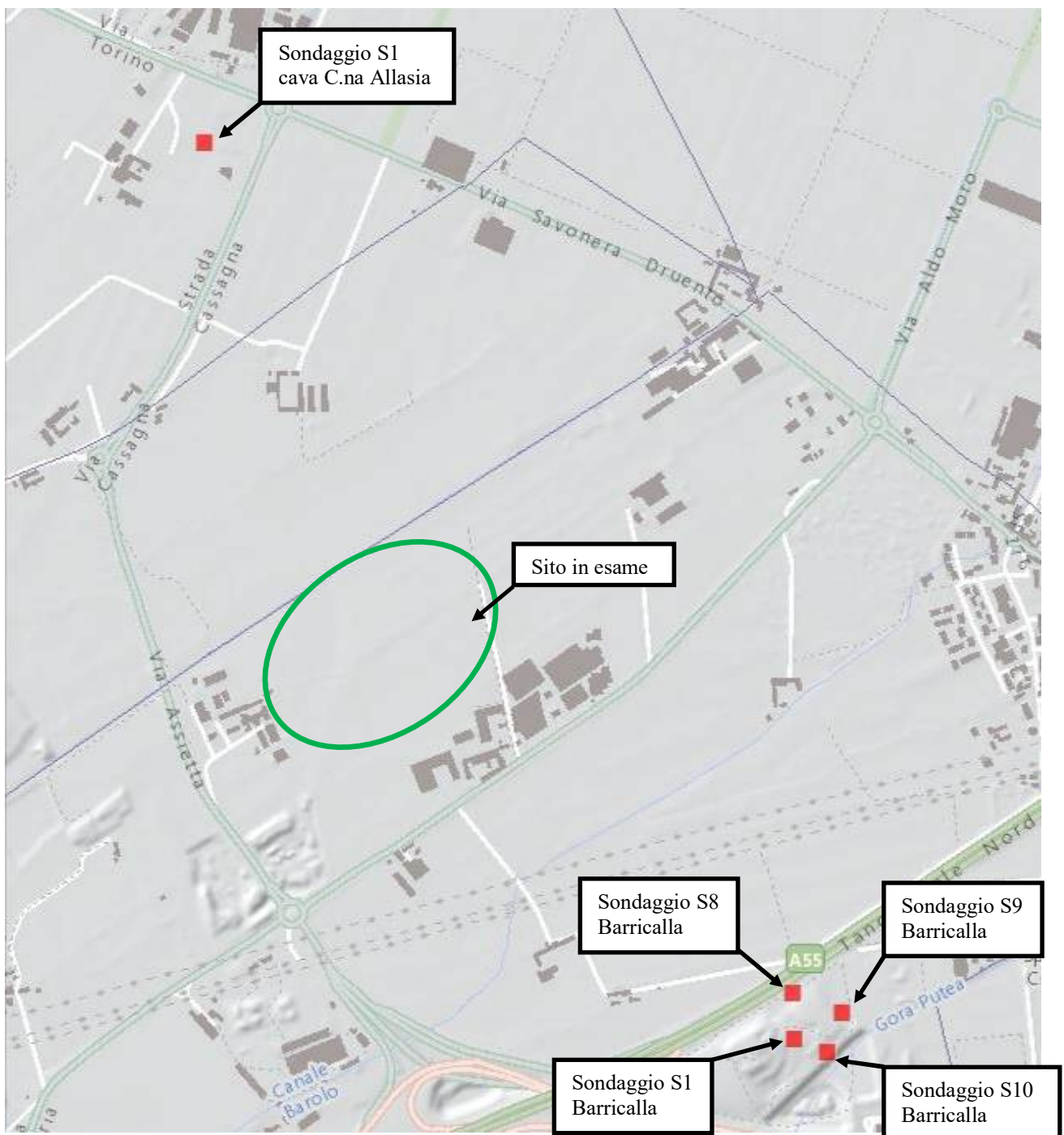
Quota	profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campione ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
283.17	0.00	1.20		Terreno di riporto prevalentemente sabbioso-ghiaioso con frammenti lateritici.												
281.97	1.20	0.50		Limo argilloso, colore bruno-ocraceo.												
281.47	1.70			Sabbia con ghiaia eterometrica, rari ciottoli, scarsa matrice fine limosa, da moderatamente addensata ad addensata, con tracce di cementazione, colore grigio-nocciola.												
		6.10														
275.37	7.80			Ghiaia eterometrica e ciottoli (diam. max. 15-18cm) con sabbia debolmente limosa, molto addensata, con evidenti tracce di cementazione, colore grigio-nocciola.												
		2.80														
272.77	10.40			Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, addensata, colore nocciola-grigiastro.												
		2.00														
270.77	12.40			Ghiaia eterometrica con sabbia limosa, rari ciottoli, grado di alterazione e ossidazione da discreto a elevato, con argillificazione di parte dei clasti, da moderatamente addensato ad addensato, colore bruno-nocciola con evidenti screziature ocracee.												
		10.60														
260.17	23.00			Ghiaia ciottolosa con limo debolmente sabbioso-argilloso, addensato, colore bruno-nocciola.												
		3.80														
256.37	26.80			Sabbia fine limosa con raro ghiaietto sparso, addensata, colore grigio-nocciola.												
255.67	27.50			Ghiaia eterometrica con rari ciottoli sparsi in matrice limoso-sabbiosa e/o sabbioso-limosa a livelli abbondante e/o prevalente, discreto grado di ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola-bruno con rare screziature ocracee.												
		6.70														
248.97	34.20			Sabbia limosa debolmente argillosa con subordinata frazione ghiaiosa, discreto grado di ossidazione, colore nocciola.												
		4.80														
244.17	39.00			Limo debolmente argilloso, consistente, colore bruno-ocraceo.												
243.77	39.40															
243.17	40.00			Argilla consistente, colore bruno-giallastro.												
		0.40														
		0.60														

DEPOSITO CASSETTE: presso cantiere.

Il piezometro installato è del tipo a tubo aperto in PVC diam.4".



Individuazione, rispetto al sito in esame, dei sondaggi eseguiti in loc. “C.na Allasia” del Comune di Druento ed in loc. “Barricalla” del Comune di Collegno. Scala 1:12.500 circa.



Stratigrafia del sondaggio S1 eseguito, nel novembre 2010, a corredo del progetto di coltivazione mineraria nella cava di sabbia e ghiaia sita in località “Cascina Allasia” del limitrofo Comune di Druento (TO).

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimanecciati
0.00	0.60		Terreno di copertura vegetale limoso-argilloso.											
0.60	0.70		Ghiaia prevalentemente medio-fine in matrice limo-sabbiosa, intenso grado di ossidazione e discreto grado di alterazione, moderatamente addensata, colore bruno-nocciola con screziature ocracee da ossidazione.		c.c. diam. 131mm									
1.30	1.70		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa talora abbondante, subordinati ciottoli, discreto grado di ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola-brunastro con deboli screziature ocracee.											
3.00	1.60		Ghiaia ciottolosa (diam. max 12-15cm) con sabbia debolmente limosa, da addensata a molto addensata con subordinati livelli debolmente cementati, colore grigio.			152mm				4.50 28 - RIF. (8cm)				4.50 CR 1 5.00
4.60	1.50		Ciottoli (diam. max 15-18cm) e ghiaia eterometrica con sabbia siltosa talora abbondante, molto addensata con livelli cementati, colore grigio.											
6.10	1.40		Ghiaia ciottolosa (diam. max 8-10cm) in matrice sabbiosa debolmente limosa, discreto grado di ossidazione e debole grado di alterazione, molto addensata con livelli cementati, colore nocciola con screziature ocracee da ossidazione.							9.00 10 - 17 - 25				9.00 CR 2 9.50
7.50	0.80		Ghiaia prevalentemente medio-fine in matrice sabbiosa debolmente limosa talora abbondante e/o prevalente, discreto grado di ossidazione e alterazione, addensata, colore nocciola.											
8.30	1.20		Ghiaia eterometrica in matrice limosa debolmente sabbiosa a livelli prevalente, intenso grado di ossidazione e alterazione, addensata, colore bruno scuro.											
9.50	8.60		Ghiaia eterometrica con sabbia da debolmente limosa a limosa che talora si concentra in livelli pluricentrici, subordinati ciottoli, grado di alterazione e ossidazione da discreto a intenso, addensata, colore nocciola-brunastro con deboli screziature ocracee da ossidazione.		carotaggio continuo diam. 101mm		90-100%			13.50 19 - 29 - RIF. (9cm)				13.50 CR 3 14.00
18.10			Come sopra, maggiore grado di ossidazione, addensata, colore nocciola.	18.40		127mm								
	6.50													
24.60	0.40		Ghiaia prevalentemente fine in abbondante matrice sabbioso-limosa, intenso grado di ossidazione, addensata, colore nocciola con screziature ocracee da ossidazione.											
25.00	1.50		Sabbia prevalentemente medio-fine e ghiaia che talora si concentra in livelli pluricentrici, debole grado di ossidazione, moderatamente addensata, colore nocciola.											
26.50	0.50		Sabbia medio-fine debolmente limosa, moderatamente addensata, colore nocciola.											
27.00														

## Stratigrafia del sondaggio S1, eseguito in loc. “Barricalla” del Comune di Collegno

Profondità (m) <sup>(7)</sup>	Descrizione
1.60	terreno di riporto prevalentemente ghiaioso sabbioso
2.20	ghiaia ciottolosa con sabbia debolmente limosa molto addensata
3.70	ghiaia eterometrica con sabbia limosa rari ciottoli
9.00	sabbia limosa con ghiaia prevalentemente medio fine rari ciottoli addensata
9.60	ghiaia medio fine molto addensata e/o debolmente cementata
11.20	sabbia limosa con ghiaia eterometrica addensata
15.00	sabbia eterometrica moderatamente addensata con ghiaia medio fine in scarsa matrice fine limosa con livelli limoso sabbiosi con ghiaia
16.00	sabbia prevalentemente medio grossolana poco addensata con ghiaietto in subordine
19.20	ghiaia eterometrica e ciottoli in subordine con sabbia limosa addensata
20.40	ghiaia ciottolosa con sabbia limosa addensata
21.60	limo sabbioso con ghiaia in subordine consistente
22.80	ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa da poco a moderatamente addensata
23.90	sabbia medio fine a tratti limosa con ghiaia eterometrica addensata
24.50	sabbia medio grossolana debolmente ghiaiosa moderatamente addensata
25.00	limo argilloso moderatamente consistente con presenza di livelli ossidati

<sup>(7)</sup> Nella banca dati predisposta dall'ARPA Piemonte, la profondità, nelle colonne stratigrafiche, è riferita convenzionalmente alla base del singolo strato, quantificandola in metri dal p.c..

## Stratigrafia del sondaggio S8, eseguito in loc. “Barricalla” del Comune di Collegno

Profondità (m)	Descrizione
2.80	terreno di riporto ghiaia con limo debolmente sabbioso e ciottoli in subordine con frammenti di laterizi in matrice
9.60	ghiaia eterometrica con ciottoli con limo debolmente sabbioso molto addensata con tracce di ossidazione
14.20	ghiaia prevalentemente medio fine con matrice sabbiosa addensata con livelli di cementazione in subordine
14.60	limo argilloso debolmente ghiaioso con ciottoli consistente
15.40	ghiaia media con sabbia debolmente limosa da debolmente cementata a cementata
17.70	ghiaia prevalentemente medio fine con limo debolmente sabbioso moderatamente addensato alterato con ciottoli
25.20	limo con sabbia addensato e/o molto consistente con ghiaia prevalentemente fine
25.70	limo debolmente ghiaioso moderatamente consistente
27.50	ghiaia medio grossolana molto addensata con ciottoli in subordine con tracce di cementazione
34.10	sabbia fine limoso ghiaiosa molto addensata con rari ciottoli
35.00	sabbia medio fine debolmente limosa poco addensata con ghiaia in subordine

## Stratigrafia del sondaggio S9, eseguito in loc. “Barricalla” del Comune di Collegno

Profondità (m)	Descrizione
3.50	terreno di riporto ghiaia media e medio fine in matrice limoso sabbiosa con tracce di laterizi in frammenti rari ciottoli moderatamente addensata
6.00	ghiaia medio grossolana con ciottoli in matrice sabbiosa debolmente limosa con tracce di cementazione clasti alterati ossidati molto addensata
6.80	ghiaia medio fine con sabbia grossolana debolmente limosa con clasti localmente argillificati molto addensata
10.80	ghiaia grossolana con ciottoli in matrice limoso sabbiosa con clasti argillificati ossidati
12.00	ghiaia eterometrica e ciottoli con tracce di cementazione in matrice limoso sabbiosa
13.20	sabbia limosa con ghiaia fine media molto addensata
16.10	ghiaia eterometrica grossolana in matrice sabbioso limosa con ciottoli clasti localmente alterati argillificati addensata
26.90	ghiaia eterometrica prevalentemente grossolana in matrice limosa debolmente sabbiosa con clasti argillificati ossidati con alcuni ciottoli addensata
30.10	ghiaia medio fine con limo e sabbia debolmente argillosa moderatamente addensata clasti argillificati
31.10	sabbia media con ghiaia medio grossolana debolmente limosa moderatamente addensata
33.00	sabbia con limo e ghiaia eterometrica con clasti localmente alterati argillificati moderatamente addensata
33.80	sabbia medio grossolana con ghiaia debolmente limosa clasti localmente ossidati e alterati moderatamente addensata
35.00	sabbia fine limosa con ghiaia media clasti ossidati e alterati molto addensata



## Stratigrafia del sondaggio S10, eseguito in loc. “Barricalla” del Comune di Collegno

Profondità (m)	Descrizione
1.00	terreno vegetale limoso sabbioso con rari clasti ghiaiosi consistente
2.50	ghiaia ciottolosa limoso sabbiosa alterata molto addensata con tracce di cementazione
10.60	ghiaia eterometrica ciottolosa sabbiosa debolmente limosa molto addensata con tracce di cementazione
22.80	ghiaia eterometrica sabbiosa debolmente limosa con rari ciottoli alterati con intercalazioni di limo sabbioso
23.90	ghiaia media debolmente ciottolosa sabbiosa debolmente limosa con tracce di cementazione
25.10	sabbia e ghiaia medio grossolana debolmente limosa addensata con presenza di ciottoli alterati
34.70	ghiaia eterometrica debolmente ciottolosa sabbioso limosa alterata e debole ossidazione addensata con presenza di clasti
35.00	limo argilloso moderatamente consistente

### 2.2.2.2. Indagini geognostiche in sito

Per una migliore definizione della modellazione geologica del sito, negli anni trascorsi si era provveduto, a corredo della predisposizione del progetto estrattivo presentato nel 2016, ad effettuare un apposito sondaggio, eseguito a carotaggio continuo e spinto sino ad una profondità di 33 m dal p.c.; come illustrato nell'estratto cartografico allegato in precedenza, il sondaggio (indicato sul medesimo come "S1/2016") era stato effettuato all'estremità sud – occidentale dell'area interessata dal progetto estrattivo, relativamente alla porzione di competenza della Cave Druento S.r.l..

La profondità raggiunta (33 m dal p.c.) era pari a circa il doppio di quella prevista in termini di massimo sviluppo verticale degli scavi (pari a 15 metri dal p.c., valore mantenuto e confermato nel presente progetto di ampliamento), ed aveva consentito, in conseguenza della quota topografica del p.c. presso il punto di effettuazione, di raggiungere una quota assoluta pari a circa 247 m s.l.m..

Per la definizione di una stratigrafia significativa per l'area di interesse, si può quindi fare riferimento all'esame dei dati litostratigrafici ottenuti mediante l'indagine geognostica appositamente eseguita, presso il sito in esame, nel luglio 2016 ed i cui risultati, in termini di colonna litostratigrafica, sono riportati in allegato nel seguito.

Il sondaggio geognostico, realizzato a cura della Compagnia Torinese Monitoraggi e denominato S1 (nel seguito della trattazione, si adotterà il codice "S1/2016", per distinguerlo dal successivo, omonimo sondaggio effettuato nel marzo 2021, indicato a sua volta come "S1/2021"), la cui stratigrafia di dettaglio è riportata in allegato, era stato eseguito con perforazione a carotaggio continuo ed era stato spinto sino a 33 m dal p.c..

Il sondaggio S1 era stato eseguito in corrispondenza di un'area mai interessata in precedenza da interventi di urbanizzazione o di antropizzazione, come testimoniato dalla presenza, in superficie, di 70 cm circa di terreno di copertura vegetale, limoso – debolmente sabbioso fine, di colore grigiastro.

Alla base della copertura pedologica si era rinvenuto un livello, dello spessore di circa 40 cm, di limo argilloso – debolmente sabbioso fine, di colore nocciola brunastro.

In modo del tutto analogo a quanto riscontrato in passato in aree limitrofe, da 1,10 sino a circa 3,30 m dal p.c. la colonna stratigrafica risultava caratterizzata dalla presenza di un primo livello (da 1,10 a 2,00 m dal p.c.) di ghiaia eterometrica, immersa in una matrice limoso – debolmente sabbioso fine a tratti prevalente, di colore nocciola con screziature ocracee di ossidazione: si tratta della porzione più corticale del deposito fluvioglaciale, interessata dagli effetti della pedogenesi, come evidenziato dalla matrice limoso – terrosa e dal colore.

L'orizzonte inferiore (da 2,00 a 3,30 m dal p.c.) era caratterizzato invece da una matrice più ridotta, sotto forma di una sabbia siltosa presente in un livello "intermedio" in termini di effetti della pedogenesi, essendo costituito da una ghiaia eterometrica, ciottolosa, di colore grigio nocciola.

Oltre i 3,30 m dal p.c., il sondaggio aveva raggiunto il vero e proprio deposito fluvioglaciale inalterato, sottostante i livelli corticali pedogenizzati, sotto forma di un potente spessore di ghiaia

eterometrica, da medio – fine a grossolana, con un diametro massimo dei clasti variabile da 3 - 4 sino a 7 - 8 cm, in matrice sabbiosa, localmente abbondante.

Il deposito, interpretabile come “fluvioglaciale”, mostra prevalente colorazione grigiastra, senza particolari forme di ossidazione e/o alterazione, anche se localmente, presso i fronti di scavo, si possono osservare clasti maggiormente alterati e/o “cariati”.

Nel marzo 2021, al fine di caratterizzare l’assetto stratigrafico dell’area di ampliamento dell’intervento estrattivo, era poi stato eseguito, sempre a cura della Citiemme S.r.l. di Torino, un nuovo sondaggio, realizzato nel settore orientale dell’ara estrattiva e spinto sino a 15 metri dal p.c..

Come evidenziato all’allegata stratigrafia, il nuovo sondaggio, individuato con il codice “S1/2021”, aveva fatto riscontrare la presenza in superficie, di un livello, dello spessore di 1,00 metri, di terreno vegetale limoso – argilloso, di colore grigio – brunastro, cui seguono 70 cm di limo argilloso di colore bruno nocciola, a conferma dell’assetto pedologico della zona (quale esso si presenta nelle aree non disturbate da pregressi interventi antropici).

Si passa quindi al deposito fluvioglaciale, costituito, in un primo livello superficiale (che si estende da 1,70 a 6,00 m dal p.c.) da una ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa e debolmente limosa, a tratti abbondante; similmente a quanto osservato nel sondaggio S1/2016, questa prima porzione corticale del deposito fluvioglaciale testimonia gli effetti della pedogenesi, evidenziata dal colore nocciola brunastro, con screziature ocracee.

A circa 6 metri di profondità, la stratigrafia del sondaggio S1/2021 evidenzia invece il passaggio alla sottostante porzione inalterata del deposito fluvioglaciale, costituita da una ghiaia eterometrica a ciottoli (con diametro massimo sui 10 – 12 cm), mista a sabbia debolmente limosa, a tratti prevalente a definire singoli livelli sabbiosi; questo livello più profondo, che si estende sino alla massima profondità raggiunta dal sondaggio (pari a 15 m dal p.c., ossia alla prevista profondità massima di scavo), è caratterizzato da un colore grigio, e dalla presenza di un forte addensamento e di locali forme di cementazione, anche se debole.

Nel mese di aprile 2021, era stato poi eseguito un ulteriore sondaggio geognostico: il nuovo sondaggio, individuato come “P1”, era stato effettuato, sempre da parte della Citiemme s.r.l., presso l’estremità sud – orientale dell’area di previsto ampliamento dell’intervento estrattivo, rivolto verso la “C.na Marocchina”.

Come evidenziato nella specifica colonna stratigrafica, riportata in allegato nel seguito, il sondaggio P1 era stato spinto sino ad una profondità di 40 m dal p.c.: ciò aveva consentito di raggiungere la base dell’accumulo fluvioglaciale presente in superficie, costituita dal top dei sottostanti depositi “Villafranchiani”, che nella zona in oggetto si imposta a profondità dell’ordine dei 40 m dal p.c..

Ad una profondità di poco più di 39 m dal p.c., il nuovo sondaggio P1 aveva infatti raggiunto un livello di limo sabbioso debolmente argilloso, ossidato e di colore bruno – nocciola, che per caratteristiche litologiche e profondità può essere fatto corrispondere, in piena analogia con

quanto riscontrato in passato in aree limitrofe, al top dei depositi in facies “villafranchiana” su cui poggia l’accumulo fluvioglaciale affiorante in superficie.

Relativamente a quest’ultimo, a fronte di un livello superficiale, di spessore metrico, di terreno vegetale limoso – sabbioso, esso risulta costituito da un primo livello, che si estende da 1,00 a 2,20 m dal p.c., di ghiaia eterometrica, in abbondante matrice fine, siltoso – sabbiosa, in cui gli effetti della pedogenesi si manifestano con una intensa ossidazione, conferendo a questo primo livello del deposito fluvioglaciale un colore nocciola brunastro.

Si passa quindi ad un potente livello, che si estende da 2,20 a 18,70 m dal p.c. (e nel quale si svilupperà pertanto la coltivazione mineraria) e che risulta costituito da ghiaia eterometrica e ciottoli (con un diametro massimo sui 13 – 15 cm), frammista a sabbia debolmente limosa, a tratti prevalente; il deposito si presenta molto addensato o con deboli forme di cementazione, a volte più evidenti in singoli livelli isolati.

Il deposito si presenta di colore grigio, a indicare l’assenza di forme significative di alterazione, a differenza di quello presente a maggiori profondità: oltre i 18,70 m dal p.c. si passa infatti a dei livelli, sempre a granulometria grossolana, caratterizzati da diffuse e generalizzate forme di intensa alterazione ed ossidazione, che hanno conferito al deposito un colore nocciola o nocciola brunastro, con screziature ocracee.

Tra i 18,70 ed i 29,60 m dal p.c. il sondaggio ha infatti interessato un livello di ghiaia eterometrica in matrice sabbioso – limosa, a tratti abbondante o prevalente e con presenza di subordinati ciottoli, in cui l’alterazione ha interessato anche parte dei clasti; si passa poi, tra i 29,60 ed i 39,30 m dal p.c., ad un livello di analoghe caratteristiche, anche se a granulometria meno grossolana, come evidenziato dalla scomparsa della frazione ciottolosa.

Nel complesso, i nuovi sondaggi eseguiti presso l’area estrattiva nel trascorso 2021, ed in particolare il sondaggio P1, che è stato spinto ad una significativa profondità (40 m dal p.c.), hanno consentito di inquadrare con maggiore precisione l’assetto locale nel contesto stratigrafico generale descritto in precedenza, caratterizzato ad esempio dai numerosi sondaggi eseguiti nelle limitrofe discariche “Cassagna” e “Barricalla” e già in buona parte confermato dal sondaggio S1/2016.

Dall’analisi dei diversi sondaggi eseguiti, si riscontra una situazione che caratterizza peraltro ampi settori dell’areale torinese, con una differenziazione tra la porzione superiore dell’accumulo e quella inferiore proprio in termini di alterazione.

Nella porzione inferiore attraversata, a profondità superiori ai 18 m circa dal p.c., i sondaggi in parola (S1/2016 e P1) hanno fatto riscontrare, infatti, un livello di alterazione decisamente superiore a quello della porzione più superficiale: la principale “discontinuità” riscontrata in termini stratigrafici, è infatti associabile ad un livello, presente tra i 18 ed i 39 m circa dal p.c., costituito da ghiaia ciottolosa con sabbia limoso – argillosa in varia proporzione, a tratti prevalente o con presenza di ciottolame, caratterizzato non solo da un generale addensamento, ma anche e soprattutto da un colore nocciola brunastro, con evidenti screziature ocracee di ossidazione.

La maggiore età geologica di questa porzione inferiore dell'accumulo si manifesta, infatti, non solo con un generale maggiore addensamento, ma anche con una diffusa alterazione ed ossidazione, a tratti intensa e spinta anche ad interessare parte dei clasti, che conferisce una colorazione nocciola – brunastra al deposito.

Come anticipato, il successivo sondaggio effettuato nell'aprile 2021 (P1), spinto sino a 40 m dal p.c., ha consentito di raggiungere la base dell'accumulo fluvioglaciale presente in superficie, costituita dal top dei sottostanti depositi "Villafranchiani", che può essere individuato in un livello di limo sabbioso – argilloso di colore bruno nocciola: questo dato si inquadra in modo significativo con quanto riscontrati negli anni trascorsi nelle limitrofe località "Cassagna" e "Barricalla", confermando che, in tutto questo settore di pianura a NW dell'abitato torinese, il top del substrato villafranchiano si imposta a profondità dell'ordine di poco meno di 40 m dal p.c..



Stratigrafia del sondaggio S1/2016, eseguito preso il sito in esame nel luglio 2016.

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.70		Terreno vegetale organico limoso-debolmente sabbioso fine, colore grigiastro.	falda	carotaggio continuo 131 mm semplice	152 mm	90-100 %			3.00 20-31-R (4cm)					
-0.70	0.40		Limo argilloso-debolmente sabbioso fine, poco consistente, colore nocciola-brunastro.												
-1.10	0.90		Ghiaia eterometrica in matrice limoso-debolmente sabbiosa fine a livelli prevalente, intensa ossidazione ed alterazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola con screziature ocracee d'ossidazione.												
-2.00	1.30		Ghiaia eterometrica con sabbia siltosa a tratti abbondante, ciottolosa, da addensata a molto addensata, colore grigio-nocciola.												
-3.30			Ghiaia eterometrica con subordinate passate pluricentriche medio-grossolane e ciottoli (diam max 12-15 cm) in matrice sabbioso-siltosa a tratti abbondante e/o prevalente, molto addensata con livelli cementati, colore grigio.												
-15.00															
-18.30			Ghiaia ciottolosa con sabbia limoso-argillosa, generalmente addensata, colore bruno-nocciola con evidenti screziature ocracee d'ossidazione.	falda	cardaggio continuo 101 mm semplice	127 mm				6.00 R (5cm)					
-26.00			Ghiaia eterometrica debolmente ciottolosa in matrice limoso-sabbiosa a livelli abbondante e/o prevalente a fondo strato, discreto grado di ossidazione ed alterazione a tratti intenso, generalmente addensata, colore nocciola-bruno con evidenti screziature ocracee d'ossidazione.												
-33.00	7.00									9.00 29-R (3cm)					
										12.00 25-39-R (2cm)					
										15.00 R (2cm)					
										18.00 22-26-30					

## Stratigrafia del sondaggio S1/2021, eseguito preso il sito in esame nel marzo 2021.

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimanecciati	permeabilità [m/s]
0.00	1.00		Terreno vegetale limoso-argilloso con rari clasti minuti sparsi, colore grigio-brunastro.												
1.00	0.70		Limo argilloso discretamente ossidato, poco consistente, colore bruno-nocciola.												
1.70	4.30		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-debolmente limosa, talora limosa a tratti abbondante, intensa ossidazione e debole alterazione, da addensata a molto addensata con la profondità, colore nocciola-brunastro con screziature ocracee d'ossidazione.												
6.00	9.00		Ghiaia eterometrica e ciottoli (diam max 10-12 cm) con sabbia debolmente limosa a livelli prevalente, molto addensata e/o debolmente cementata, colore grigio.												
15.00															

## Stratigrafia del sondaggio P1, eseguito preso il sito in esame nell'aprile 2021.

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimanecciati	permeabilità [m/s]
0.00	1.00		Terreno vegetale limoso-sabbioso con cotica erbosa superficiale.												
1.00	1.20		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine silto-sabbiosa, subordinati ciottoli, da discreta ad intensa ossidazione, da addensata a molto addensata, colore nocciola-brunastro.							3.00					
2.20	16.50		Ghiaia eterometrica e ciottoli (diam max 13-15 cm) con sabbia debolmente limosa a livelli prevalente, molto addensata e/o debolmente cementata con frequenti livelli cementati, colore grigio.		carotaggio continuo 131 mm semplice	152 mm				36-43-R (4cm)					4.00 <b>9,34E-07</b> 5.00
										6.00					
										35-R (2cm)					
										9.00					
										25-30-36					
										12.00					11.00 <b>3,53E-07</b> 12.00
										30-32-R (5cm)					
										15.00					14.00 <b>3,24E-06</b> 15.00
										40-46-R (3cm)					
										18.00					
18.70	10.90		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa a tratti abbondante e/o prevalente, subordinati ciottoli, intensa ossidazione ed alterazione di parte dei clasti, molto addensata, colore nocciola-brunastro con screziature ocracee d'ossidazione.				90-100 %			25-29-41					
	28.30														
					carotaggio continuo 101 mm semplice	127 mm									
29.60	9.70		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa a tratti limosa a livelli prevalente, intensa alterazione e discreta ossidazione talora intensa, molto addensata, colore nocciola con screziature ocracee d'ossidazione.												
39.30															
40.00	0.70		Limo sabbioso-debolmente argilloso ossidato, consistente, colore bruno-nocciola.												

### 2.2.3. Natura e distribuzione spaziale dei litotipi

La superficie terrazzata sulla quale sorge il sito in esame costituisce l'espressione morfologica di un potente accumulo di depositi fluvioglaciali, di prevalente natura ghiaioso-sabbiosa e ciottolosa.

Questi depositi si estendono, in profondità, sino ad alcune decine di metri dal piano campagna, come visibile presso le scarpate dell'incisione modellata dalla Dora Riparia, che si è approfondita maggiormente rispetto a quella modellata, sul lato nord, dal t. Ceronda.

A tale proposito, i dati stratigrafici disponibili indicano che la conoide fluvioglaciale su un cui lembo terrazzato sorge il sito in esame è costituita da un potente spessore di depositi ghiaioso-sabbiosi e ciottolosi, a granulometria grossolana, frammisti ad una matrice limoso-sabbiosa, con locali intercalazioni sabbioso – limose di spessore da decimetrico a metrico.

Il modello litostratigrafico del sottosuolo, nell'area in oggetto, può quindi essere ricostruito, oltre che sulla base del rilevamento geologico di terreno, mediante l'esame dei dati bibliografici e d'archivio, grazie ai quali è possibile ricostruire la natura e la distribuzione spaziale dei litotipi all'interno del corpo della conoide fluvioglaciale terrazzata che dall'Anfiteatro Morenico di Rivoli Avigliana scende verso Torino.

La natura composita della conoide fluvioglaciale è testimoniata dalla diversa evoluzione pedologica delle successive porzioni, che è funzione diretta della loro età geologica: la presenza, in superficie, di suoli maggiormente evoluti (ossia con più intensi fenomeni di alterazione ed ossidazione) a ricoprire le porzioni più antiche, è alla base della sua suddivisione in più unità stratigrafiche riportata nel citato Foglio 155 "Torino Ovest".

A prescindere dall'evoluzione pedologica e dai rapporti di sovrapposizione e/o terrazzamento riconoscibili in superficie, da un punto di vista litostratigrafico le diverse formazioni riconosciute a livello cartografico ufficiale sono caratterizzate da una generale similarità in termini sedimentologici e granulometrici, in conseguenza della comune genesi, sempre riferibile a corsi d'acqua con elevata capacità di trasporto; ne deriva peraltro, a livello di indagini di sottosuolo, la difficoltà di individuare con precisione ed immediatezza i limiti tra le diverse formazioni.

Relativamente alla porzione settentrionale della conoide fluvioglaciale, a nord dell'incisione della Dora Riparia (ossia in sponda sinistra di quest'ultima) che l'ha dissecata, i dati stratigrafici disponibili hanno messo in evidenza la diffusa presenza, a profondità che dai circa 10-12 metri dal p.c. del settore ovest (zona lungo la congiungente Collegno – Venaria) salgono sino a 15 - 20 m dal p.c. (Torino), di un orizzonte discontinuo maggiormente alterato, a probabile testimonianza di un momento di stasi negli apporti sedimentari che, alimentati dalla fronte glaciale in corrispondenza all'arco morenico, davano origine al progressivo accrescimento della conoide fluvioglaciale.

Come regola generale, si può notare che nella porzione inferiore dell'accumulo, il deposito presenta solitamente un maggiore grado di alterazione, testimoniato dalla presenza di una più abbondante matrice fine e di patine di argilla e di ossidi sui clasti ghiaiosi, che conferiscono una

colorazione più rossastra al deposito, mentre la porzione superiore, di età più recente, si presenta meno alterata e di colore grigiastro.

Per contro, all'interno delle singole formazioni (o meglio ancora dei sintemi individuati nella cartografia più recente), a livello di distribuzione spaziale dei litotipi, la comune genesi fluviale e fluvioglaciale determina una certa omogeneità laterale degli orizzonti stratigrafici, spesso con l'assenza di discontinuità tessiturali di evidenza tale da mettere in evidenza i singoli strati: ciò è riferibile ai continui rimaneggiamenti dei depositi causati dalle ripetute divagazioni dei corsi d'acqua di tipo “*braided*” <sup>(8)</sup> (ossia ad alveo-tipo pluricursale, a canali multipli intrecciati) che si dipartivano dalla fronte dell'Anfiteatro Morenico per scendere verso est, ed ai quali era tipicamente associato un prevalente trasporto solido grossolano, che si riflette nella preponderante granulometria ghiaioso – sabbiosa del deposito.

In un tale contesto sedimentologico-stratigrafico, le intercalazioni a granulometria fine sono interpretabili come il prodotto di temporanee fasi di sedimentazione in ambiente a bassa energia, testimoniate da corpi lentiformi (di spessore da decimetrico a metrico), che si depositavano nei periodi compresi tra episodi parossistici di sedimentazione fluviale grossolana.

Più che a livello del singolo sondaggio, è quindi la presenza concomitante di livelli ed intercalazioni fini in determinati orizzonti stratigrafici che consente di riconoscere ed individuare dei *marker* stratigrafici utili per differenziare le diverse unità formazionali sovrapposte, in particolare se il maggior grado di alterazione dei livelli a granulometria più fine consente di ipotizzare che, alla stasi (o quantomeno alla drastica riduzione) negli apporti deposizionali si sia poi accompagnato un periodo di pedogenesi “indisturbata”, in cui si sono potuti sviluppare suoli più o meno evoluti, successivamente sepolti (e spesso preventivamente in parte erosi o “decapitati”) da una nuova ripresa negli apporti deposizionali.

Al limite tra le diverse unità, infatti, la ripresa dei processi deposizionali che è all'origine della sovrapposizione dell'unità più recente su quella sottostante, più antica, è stata in genere preceduta da una fase di erosione, che ha comportato la parziale asportazione dell'unità precedente, soprattutto a livello dei suoli che vi si erano sviluppati al termine della corrispondente fase di sedimentazione.

Ne consegue che, trattandosi di una superficie di erosione, spesso di natura poligenica in quanto riferibile all'azione di uno o più corsi d'acqua che, in momenti diversi, hanno eroso ed asportato parte dei depositi precedenti, la superficie che separa due successive unità litostratigrafiche è caratterizzata da una geometria marcatamente irregolare a piccola scala, con la presenza di avvallamenti (veri “paleoalvei” sepolti) e di “dossi”, spesso allungati in direzione parallela a quella secondo la quale defluivano i corsi d'acqua che l'hanno modellata, ossia tendenzialmente in direzione radiale rispetto alla conoide fluvioglaciale.

<sup>(8)</sup> Cfr.: REINECK H. & SINGH W., “*Depositional sedimentary environments*”, Springer-Verlag, Berlino, 1987.



Al tempo stesso, dal momento che l'entità di questa fase preliminare di erosione non è stata omogenea a livello areale, ne deriva la locale presenza di lembi relitti di paleosuoli, sotto forma di veri "suoli sepolti", spesso decapitati con l'asportazione più o meno totale degli orizzonti sommitali a granulometria più fine, mentre in altri casi non sono individuabili (a livello di sondaggi geognostici) dei "marker" stratigrafici utili per individuare il top dell'unità inferiore.

A livello di dati di sottosuolo, il riscontrare, nelle colonne stratigrafiche dei sondaggi, il passaggio, all'aumentare della profondità, a livelli con una marcata differenza in termini di colorazione e/o di pedogenesi rispetto a quelli soprastanti, può essere pertanto utilizzato come indicatore diagnostico al fine di riconoscere il passaggio all'unità litostratigrafica sottostante.

Da questo punto di vista, presso il sito in esame la porzione superiore dello spessore attraversato dai sondaggi eseguito presso il sito in esame, sino a circa 18 m dal p.c., costituita da materiali a granulometria grossolana, e caratterizzati da un livello di evoluzione pedologica inferiore, a denotare un "ringiovanimento" degli apporti sedimentari, può essere attribuita al "*Subsintema di Col Giansesco*" ("AFR<sub>2</sub>") del "*Sintema di Frassinere*" (Bacino della Dora Riparia).

Per contro, la porzione inferiore dello spessore indagato dai sondaggi, a profondità superiori ai 18 metri, è costituita anch'essa da materiali grossolani, ma con tracce più intense e diffuse di alterazione ed ossidazione, con la presenza di matrice arricchita in argilla o di patine di ossidi e di argilla sulla superficie dei clasti, a conferire al deposito tonalità più brunastre e nocciola, così che la medesima può essere attribuita al sottostante "*Subsintema di Cascine Vica*" ("BEN<sub>2</sub>") del "*Sintema di Bennale*", che affiora in superficie sulla sommità della superficie terrazzata visibile più a nord - ovest, sospesa mediante la scarpata morfologica che corre, con direzione SW – NE tra gli abitati di Pianezza e di Druento.

A livello di distribuzione spaziale dei litotipi, indipendentemente dall'attribuzione formale alle singole unità allostratigrafiche, questo complesso fluviale e fluvio-glaciale risulta sostanzialmente omogeneo, anche se a scala locale esso mostra una certa discontinuità laterale degli orizzonti stratigrafici, riferibile, come già segnalato, ai continui rimaneggiamenti dei depositi causati dalle ripetute divagazioni dei corsi d'acqua che li hanno accumulati.

Questi corsi d'acqua, infatti, erano caratterizzati da un ambiente deposizionale di tipo "*braided*", ossia ad alveo - tipo pluricursale, a canali multipli intrecciati, con un prevalente trasporto solido grossolano; in un tale contesto sedimentologico-stratigrafico, le occasionali intercalazioni a granulometria fine sono interpretabili come il prodotto di temporanee fasi di sedimentazione in ambiente a bassa energia, testimoniate da corpi lentiformi (di spessore da decimetrico a metrico), che si depositavano nelle "zone d'ombra" tra le barre ghiaiose, oppure nei periodi compresi tra episodi parossistici di sedimentazione fluviale grossolana.

Alla base, ad una profondità variabile da punto a punto, e dell'ordine nella zona in esame di una quarantina di metri circa, l'accumulo fluvio-glaciale poggia su dei depositi a granulometria più fine, riferibili ad un diverso contesto sedimentologico e paleoambientale.

In prossimità della fascia di divagazione olocenica del f. Po, al piede delle colline torinesi, sono infatti presenti nel sottosuolo dei depositi di origine marina di età terziaria, costituiti da marne, arenarie ed argille, che in corrispondenza dei rilievi collinari stessi affiorano in superficie; queste rocce, che costituiscono il cosiddetto “substrato terziario”, possono essere rinvenute, nel sottosuolo, al disotto di una debole copertura di depositi alluvionali, a costituire una struttura a “platea” che, dal piede dei rilievi collinari, si prolunga verso ovest nel sottosuolo della pianura, spingendosi anche in sponda sinistra del f. Po. A distanze superiori a pochi Km dal corso d’acqua, la struttura a “platea” perde però la sua conformazione, così che il “substrato terziario” si localizza a profondità via via maggiori, tanto da raggiungere valori superiori al centinaio di metri; in concomitanza al progressivo approfondimento del “substrato terziario” sotto la pianura, si riscontra la presenza di uno spessore sempre maggiore di sedimenti pliocenico - quaternari.

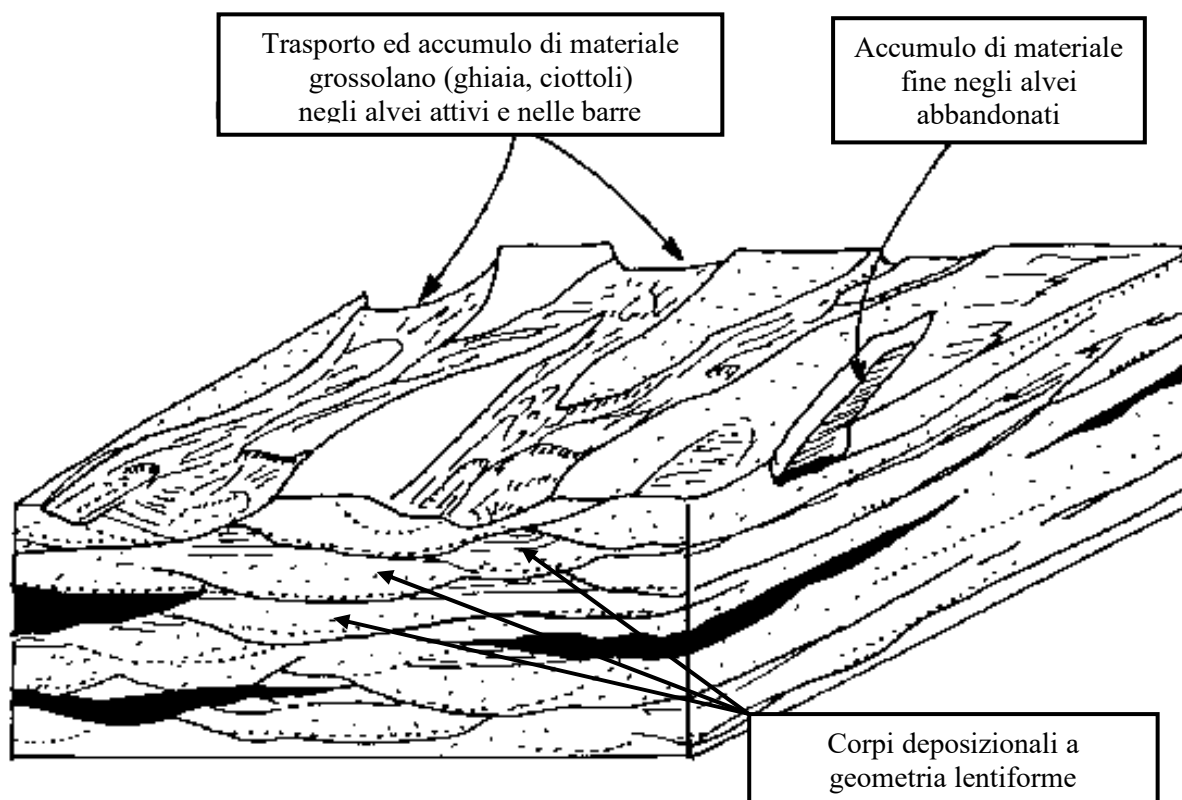
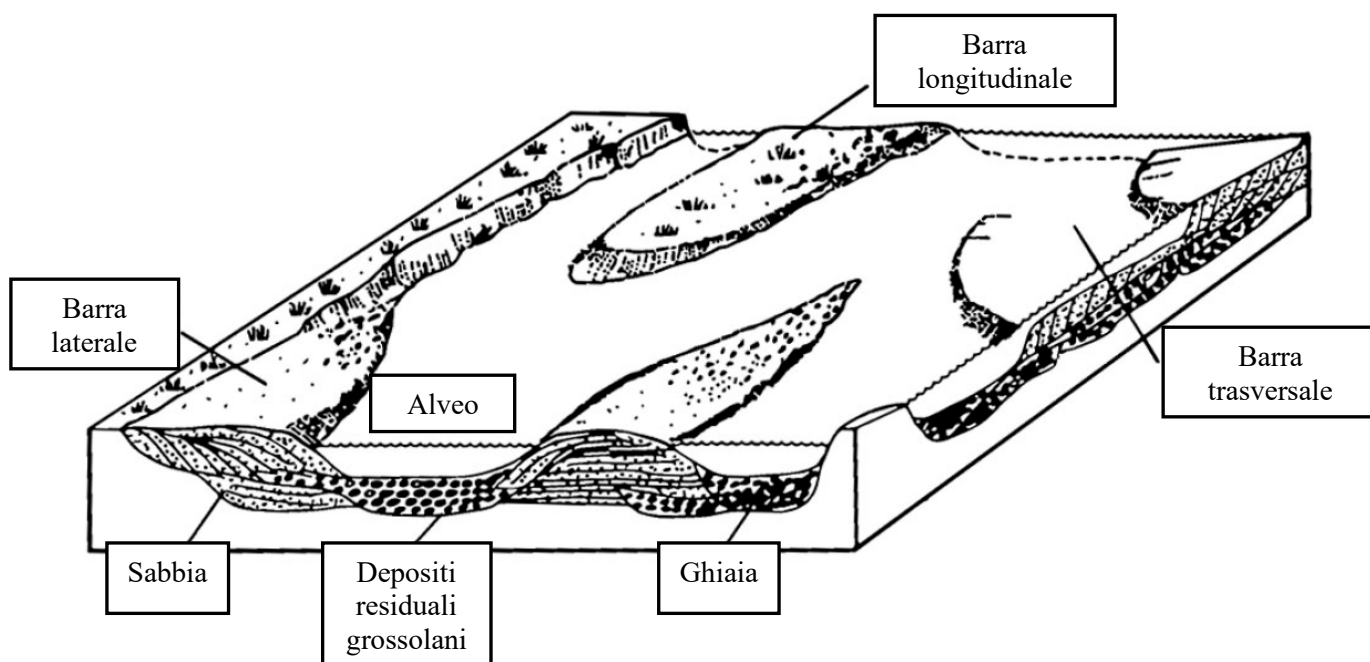
Tra questi ultimi può essere distinto un corpo deposizionale superiore, di età propriamente quaternaria e di origine prettamente continentale: si tratta dei depositi fluviali e fluvioglaciali descritti in precedenza, e che costituiscono l’accumulo della conoide fluvioglaciale che si diparte dall’Anfiteatro Morenico di Rivoli – Avigliana; questo corpo deposizionale superiore, costituito da litotipi a prevalente granulometria grossolana (ghiaie e sabbie), con subordinate intercalazioni limoso – sabbiose, ha uno spessore che si mantiene tendenzialmente costante (anche se con locali variazioni), mentre il livello inferiore si inspessisce allontanandosi verso ovest dal piede dei rilievi collinari: esso è costituito da ripetute alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi, di spessore da metrico a plurimetrico ed intercalati ad altri di tipo limoso-argilloso, spesso con presenza di torba, lignite e resti vegetali. Questo complesso stratigrafico, comunemente noto in letteratura con il termine di “Villafranchiano”, viene attribuito al passaggio Pliocene-Quaternario, e testimonia la transizione da un ambiente di deposizione marino ad uno continentale: si tratta di un complesso di depositi in facies fluvio-lacustre e deltizio-lagunare che si sono accumulati nel sottosuolo piemontese in tale intervallo cronostratigrafico; la natura di tale complesso vede prevalere, di volta in volta, i depositi limoso-argillosi o quelli ghiaioso-sabbiosi (che, come regola generale, tendono ad infittirsi e ad inspessirsi avvicinandosi al margine alpino).

Tralasciando le esatte attribuzioni cronostratigrafiche e sedimentologiche, che esulano dalle finalità del presente studio, questi depositi a granulometria fine costituiscono comunque la base del corpo deposizionale fluvioglaciale affiorante in superficie.

A livello di disposizione spaziale dei litotipi, si deve però considerare che il tetto del complesso Villafranchiano è definito dalla superficie di appoggio basale della successione quaternaria, ossia è costituito da una superficie di erosione poligenica, modellata dai precursori dei corsi d’acqua quaternari prima di iniziare a deporre il potente complesso di depositi alluvionali e fluvioglaciali presente in superficie.

Si tratta quindi di una superficie con andamento geometrico estremamente irregolare nelle tre dimensioni, soprattutto a piccola scala, e la cui estrapolazione laterale deve essere condotta con estrema cautela.

## Modello deposizionale di un corso d'acqua di tipo "braided"

Sezione - tipo di un corso d'acqua con alveo *braided*, con indicazione dei principali accumuli di sedimento

## **2.3. Litologia e geomeccanica (relazione geotecnica)**

### **2.3.1. Modello geotecnico del sottosuolo**

#### **2.3.1.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni mediante prove e indagini in sito**

Secondo quanto previsto dal par. 6.2.2 delle NTC, ai fini della caratterizzazione geotecnica i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito.

A tale proposito, relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti presso il sito in esame, in cui saranno modellati i fronti di scavo nella cava in progetto, si è fatto riferimento alle risultanze delle indagini geognostiche appositamente effettuate, in occasione delle quali si è provveduto all'effettuazione di indagini in sito (sotto forma di prove penetrometriche) ed al prelevamento di campioni di terreno, sottoposti poi ad analisi di laboratorio.

#### **2.3.1.2. Condizioni stratigrafiche**

Sulla base di quanto discusso in precedenza, i terreni presenti presso il sito in esame sono costituiti da un deposito fluvioglaciale, sotto forma di una prevalente ghiaia eterometrica poligenica, arrotondata e con ciottoli che possono arrivare ad un diametro massimo di 20 – 25 cm, frammista a sabbia limosa.

Si possono richiamare, infatti, le risultanze dei sondaggi S1/2016 e P1, eseguiti a carotaggio continuo e spinti sino ad una profondità pari, rispettivamente, a 33 e 40 m dal p.c..

I sondaggi, eseguiti in corrispondenza di aree mai interessate in precedenza da interventi di urbanizzazione o di antropizzazione, hanno evidenziato la presenza, in superficie, di uno spessore di ordine metrico di terreno vegetale di copertura, limoso – debolmente sabbioso fine, alla cui base si rinviene localmente un livello di limo argilloso.

Si passa quindi alla porzione più corticale del deposito fluvioglaciale, interessata dagli effetti della pedogenesi, come evidenziato dalla matrice limoso – terrosa e dal colore: si ha un primo livello (di spessore da metrico a plurimetrico, variabile da punto a punto) di ghiaia eterometrica, immersa in una matrice limoso – debolmente sabbiosa fine a tratti prevalente, di colore da nocciola a brunastro.

Si passa poi al vero e proprio deposito fluvioglaciale inalterato, sottostante i livelli corticali pedogenizzati, sotto forma di un potente spessore di ghiaia eterometrica, da medio – fine a grossolana, con ciottoli, in matrice sabbiosa, a tratti abbondante, molto addensata e con locali forme di cementazione (visibili anche in affioramento presso gli esistenti fronti di scavo), con prevalente colorazione grigiastra.

I risultati dei sondaggi eseguiti negli anni trascorsi (in particolare S1/2016 e P1) confermano l'assetto locale rispetto al contesto stratigrafico generale della zona, in cui si riscontra una

differenziazione tra la porzione superiore dell'accumulo fluvioglaciale e quella inferiore proprio in termini di alterazione.

Nella porzione inferiore attraversata, da circa 18 a quasi 40 m dal p.c., i sondaggi hanno fatto riscontrare, infatti, un grado di alterazione superiore a quello della porzione più superficiale: si ha infatti un livello inferiore dell'accumulo fluvioglaciale, che si estende tra i 18 ed i 39 m circa dal p.c., costituito da materiale grossolano (ghiaia eterometrica e ciottolosa con sabbia limoso – argillosa), caratterizzato non solo da un generale addensamento, ma anche da un diffuso colore bruno – nocciola, con screziature ocracee di ossidazione e forme di alterazione che hanno interessato anche i clasti.

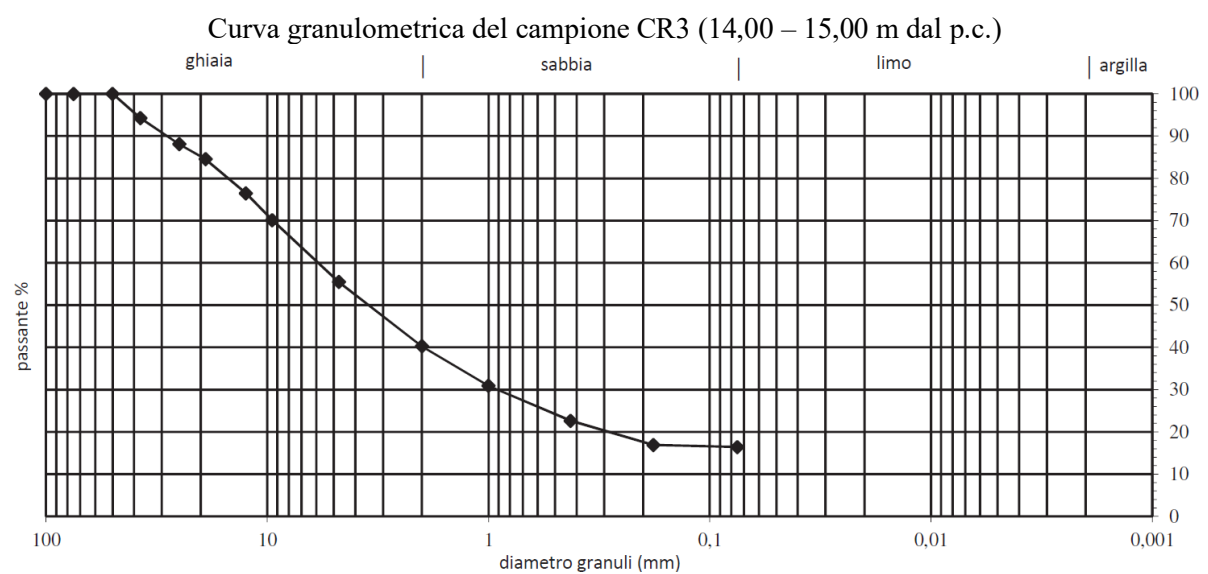
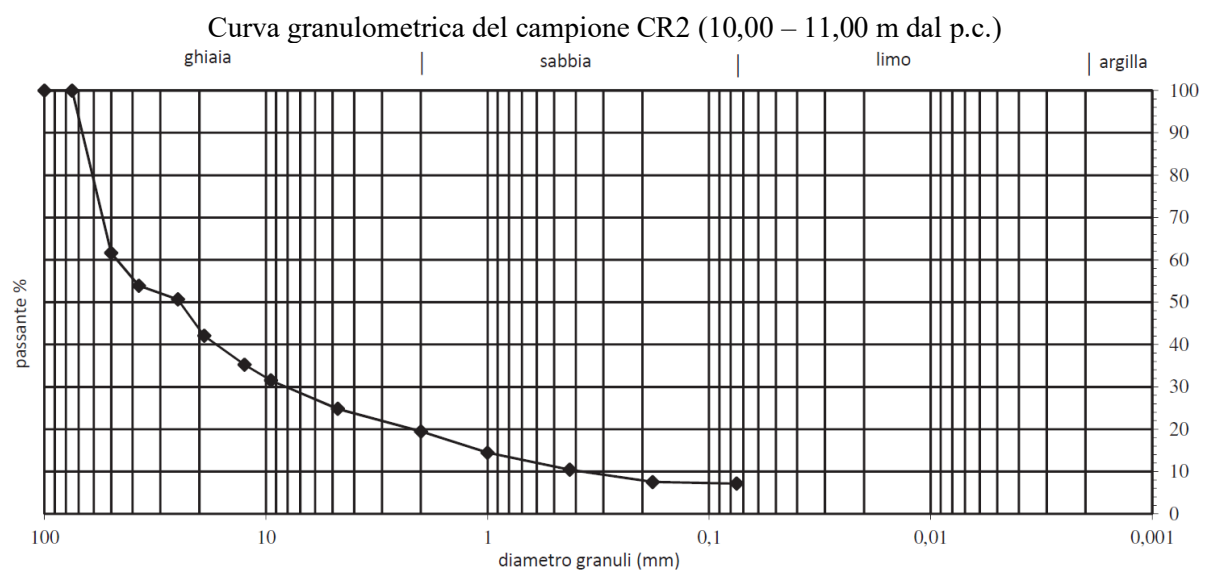
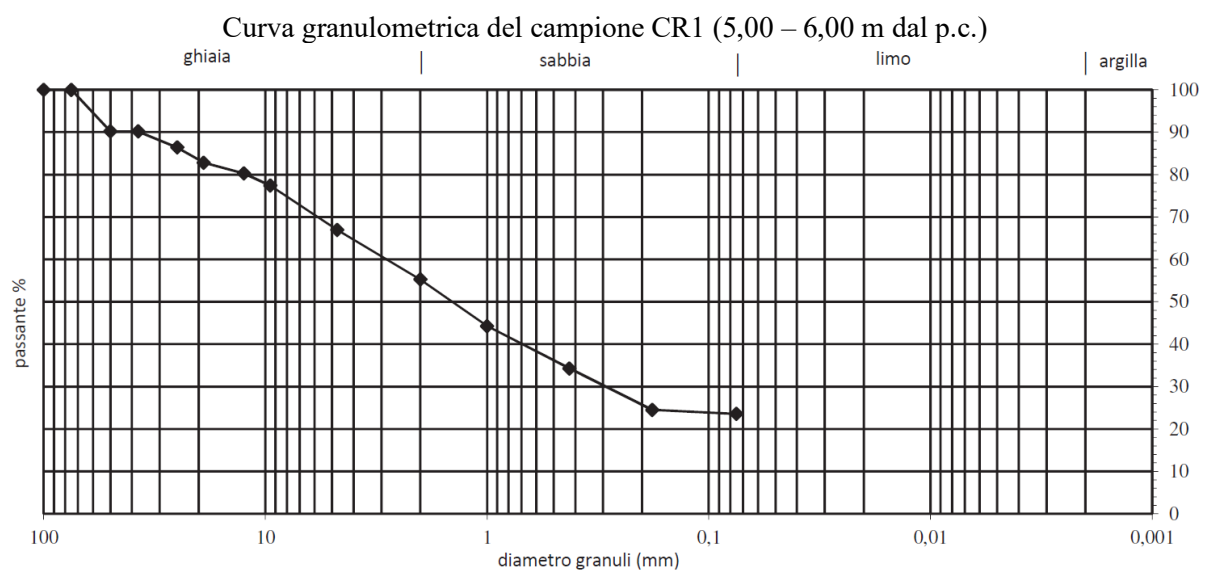
Il sondaggio eseguito nell'aprile 2021 (P1), spinto sino a 40 m dal p.c., ha consentito di raggiungere la base dell'accumulo fluvioglaciale presente in superficie, costituita dal top dei sottostanti depositi “Villafranchiani”, in pieno accordo (sia litologico che di profondità) con quanto evidenziato dai numerosi sondaggi effettuati negli anni trascorsi presso le limitrofe discariche in loc. Cassagna e Barricalla.

### **2.3.1.3. Caratteristiche granulometriche**

Durante l'effettuazione del sondaggio S1/2016, si era provveduto al prelevamento di tre campioni di terreno, rispettivamente alle profondità di 5,00 – 6,00 m, 10,00 – 11,00 m e 14,00 – 15,00 m dal p.c., ossia in corrispondenza dei livelli interessati dalla coltivazione mineraria ed in cui saranno modellati i fronti di scavo nella cava in progetto.

Si riportano in allegato nel seguito, in forma sintetica, i risultati delle analisi granulometriche effettuate su tali campioni, svolte presso i laboratori certificati della Servizi Geotecnici Liguri di Vado Ligure (SV), dai quali si evince come lo spessore interessato dalla coltivazione mineraria sia classificabile come una prevalente ghiaia sabbiosa (campioni CR2 e CR3), localmente come sabbia ghiaiosa nei livelli più superficiali (campione CR1), e con una percentuale di fine ( $< 0,075$  mm) variabile dal 7 al 23% circa.





#### **2.3.1.4. Risultati delle prove geotecniche in sito**

Durante l'effettuazione dei sondaggi S1/2016 e P1 si è provveduto all'effettuazione di indagini in sito, sotto forma di prove penetrometriche di tipo SPT.

Durante l'esecuzione delle prove di questo tipo vengono contati i colpi  $N$  del maglio (di peso ed altezza di caduta standardizzate) necessari ad infiggere il campionatore nel terreno, al fondo del foro di sondaggio, così da farlo avanzare di tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno, ottenendo così una terna di valori ( $N_1$ ,  $N_2$  ed  $N_3$ ).

Ai fini dell'interpretazione delle prove viene considerato, convenzionalmente, il valore di  $N_{SPT}$  dato dalla somma degli ultimi due tratti ( $N_2 + N_3$ ), ipotizzando che nei primi 15 cm il terreno risenta ancora dell'effetto di "disturbo" associato alla precedente terebrazione condotta sino a quella quota.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi  $N$ , per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione (che viene indicato sulle stratigrafie come "R" o "RIF") e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

I valori di  $N_{SPT}$  in colpi/piede (n. di colpi per un avanzamento di 1 piede, unità di misura anglosassone pari a circa 30 cm) rappresentano il valore maggiormente utilizzato nelle correlazioni, reperibili in bibliografia, per la determinazione dei diversi parametri di resistenza e deformabilità del terreno.

Nel caso in oggetto, in ciascun sondaggio sono state eseguite 6 prove penetrometriche, distanziate tra loro di 3 metri, a profondità comprese tra i 3 ed i 18 m dal p.c., così da caratterizzare da un punto di vista geotecnico tutto lo spessore interessato dalla coltivazione mineraria in progetto.

I risultati delle prove sono indicati nelle colonne stratigrafiche allegate in precedenza.

## 2.3.2. Caratterizzazione geotecnica dei litotipi

### 2.3.2.1. Interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche

Per la caratterizzazione geotecnica dei litotipi in cui saranno modellati i fronti di scavo (peraltro, giova ricordare, di natura temporanea e provvisoria) nella cava in progetto, si è provveduto all'interpretazione dei dati ottenuti mediante le prove SPT effettuate nell'ambito dei citati sondaggi S1/2016 e P1.

Durante l'esecuzione delle prove di questo tipo, come si è visto in precedenza, vengono contati i colpi  $N$  del maglio (di peso ed altezza di caduta standardizzate) necessari ad infiggere il campionatore nel terreno, al fondo del foro di sondaggio, così da farlo avanzare di tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno, ottenendo così una terna di valori ( $N_1$ ,  $N_2$  ed  $N_3$ ).

Ai fini dell'interpretazione delle prove viene considerato, convenzionalmente, il valore di  $N_{SPT}$  dato dalla somma degli ultimi due tratti ( $N_2 + N_3$ ), ipotizzando che nei primi 15 cm il terreno risenta ancora dell'effetto di "disturbo" associato alla precedente terebrazione condotta sino a quella quota.

Per procedere all'interpretazione dei risultati delle prove in sito, si deve considerare che, tra i principali parametri geotecnici utilizzati per quantificare le proprietà di un terreno, vi è innanzitutto la *densità relativa* ( $Dr$ ): si tratta di un parametro che quantifica l'addensamento di un terreno sotto forma di un valore percentuale rispetto all'addensamento massimo che potrebbe essere conferito, a quel terreno, mediante costipamento con mezzi meccanici, o che il terreno stesso verrebbe progressivamente ad assumere, in natura, durante la sua storia geologica, per effetto del peso degli strati di terreno che lo sovrastano.

A tale scopo, per il calcolo della densità relativa si può utilizzare il diagramma di Gibbs e Holtz, allegato nel seguito, utilizzando come dati di *input* i risultati delle prove penetrometriche effettuate nel sondaggio citato in precedenza, sotto forma dei valori del parametro  $N_{SPT}$  quantificati per gli orizzonti attraversati durante la penetrazione.

Nelle tabelle riportate nel seguito, i valori di  $N_{SPT}$  ottenuti nelle prove geotecniche in sito eseguite nei citati sondaggi S1/2016 e P1, sono stati normalizzati in base alla tensione litostatica efficace: i valori di  $N_{SPT}$  derivanti dalle prove penetrometriche dinamiche sono stati cioè messi in correlazione con la pressione verticale litostatica che si ha, alla corrispondente profondità, per effetto del peso della colonna di terreno soprastante.

Questa pressione, indicata come  $\sigma_v$  e misurata in  $t/m^2$ , è data dal prodotto della profondità  $z$ , ossia dell'altezza della colonna di terreno soprastante, espressa in metri, per il peso di volume del terreno stesso.

Per poter calcolare il *carico litostatico* ( $\sigma_v$ , espresso in  $t/m^2$ ) agente alla profondità relativa in ogni punto di misura ( $Z$ , espressa in m dal p.c.), in prima approssimazione è stato assegnato al deposito fluvio-glaciale un *peso di volume* ( $\gamma$ ) di  $1,9 t/m^3$ .

Per una correlazione più accurata, occorrerebbe sottrarre alla pressione verticale così calcolata la spinta idrostatica  $U$ , associata alla presenza della falda acquifera, così da ottenere la pressione verticale efficace, indicata come  $\sigma'_v$  e misurata anch'essa in  $t/m^2$ , e quantificata sulla base del livello piezometrico della falda freatica.

Nel caso in esame, tuttavia, le prove geotecniche sono state eseguite unicamente nei livelli superficiali insaturi del deposito fluvioglaciale, che sono quelli in cui saranno modellati i fronti di scavo nella cava in progetto, in assenza cioè di falda acquifera <sup>(9)</sup> e di conseguenza di spinta idrostatica ( $U = 0$ ), per cui la tensione verticale efficace risulta uguale a quella litostatica.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nelle seguenti tabelle:

Sondaggio S1/2016

Z(m)	$\sigma_v(t/m^2)$	U ( $t/m^2$ )	$\sigma'_v(t/m^2)$	N <sub>spt</sub>	Dr
3,00	5,70	0,00	5,70	R	>95%
6,00	11,4	0,00	11,4	R	>95%
9,00	17,1	0,00	17,1	R	>95%
12,00	22,8	0,00	22,8	R	>95%
15,00	28,5	0,00	28,5	R	95%
18,00	34,2	0,00	34,2	30	60%

Sondaggio P1

Z(m)	$\sigma_v(t/m^2)$	U ( $t/m^2$ )	$\sigma'_v(t/m^2)$	N <sub>spt</sub>	Dr
3,00	5,70	0,00	5,70	R	>95%
6,00	11,4	0,00	11,4	R	>95%
9,00	17,1	0,00	17,1	66	>95%
12,00	22,8	0,00	22,8	R	>95%
15,00	28,5	0,00	28,5	R	95%
18,00	34,2	0,00	34,2	70	60%

Riportando sul diagramma di Gibbs & Holtz, allegato nel seguito, le diverse coppie di valori N<sub>spt</sub>/pressione verticale efficace, si ottengono i corrispondenti valori del parametro densità relativa Dr; a tale proposito, i valori ottenuti nel caso di “rifiuto” alla penetrazione sono stati riportati nel grafico equiparandoli, cautelativamente, ad un valore N<sub>spt</sub> = 80 colpi/piede.

I valori ottenuti sono molto elevati, caratterizzati da densità relative che raggiungono, soprattutto nei livelli interessati dalla coltivazione, punte superiori al 90 - 95%, con l'unica eccezione della prova eseguita, nel sondaggio S1/2016, a 18 m dal p.c..

<sup>(9)</sup> Come indicato nelle stratigrafie allegate in precedenza, in occasione dell'effettuazione di entrambi i sondaggi la falda acquifera si livellava ad una profondità dell'ordine dei 28 metri circa dal p.c..

Al riguardo, si deve considerare che, alla luce di quanto discusso in precedenza relativamente all'assetto stratigrafico del sito, la prova in oggetto (che aveva indagato in realtà l'intervallo tra i 18,00 ed i 18,45 m) era andata ad interessare i livelli sommitali del sottostante corpo deposizionale più profondo, caratterizzati da più significativi processi di alterazione ed ossidazione per effetto della maggiore età geologica: il minor valore di resistenza alla penetrazione riscontrato in tale occasione può anzi essere associato proprio agli effetti dell'alterazione, che con l'alterazione e l'argillificazione comportano un "decadimento" delle caratteristiche del deposito.

Nel caso del sondaggio P1, eseguito nell'aprile 2021 e nel quale il livello profondo a maggiore alterazione si rinviene a partire dai 18,70 m dal p.c., la prova SPT eseguita a 18 metri di profondità aveva ancora interessato la soprastante porzione del deposito fluvioglaciale, a minor grado di alterazione, come testimoniato da un valore di  $N_{SPT}$  di 70 colpi/piede, congruente con i valori che caratterizzano tale livello.

Sulla base di questa quantificazione, si può procedere alla determinazione dell'*angolo di resistenza al taglio* (o *angolo di attrito interno*), comunemente indicato con la lettera greca  $\phi$  ("phi"), e che verrà sviluppata nel seguito: esso è definito, sperimentalmente, come l'angolo compreso tra l'ascissa e la tangente alla curva che rappresenta la relazione tra la resistenza al taglio e gli sforzi normali agenti all'interno del terreno.

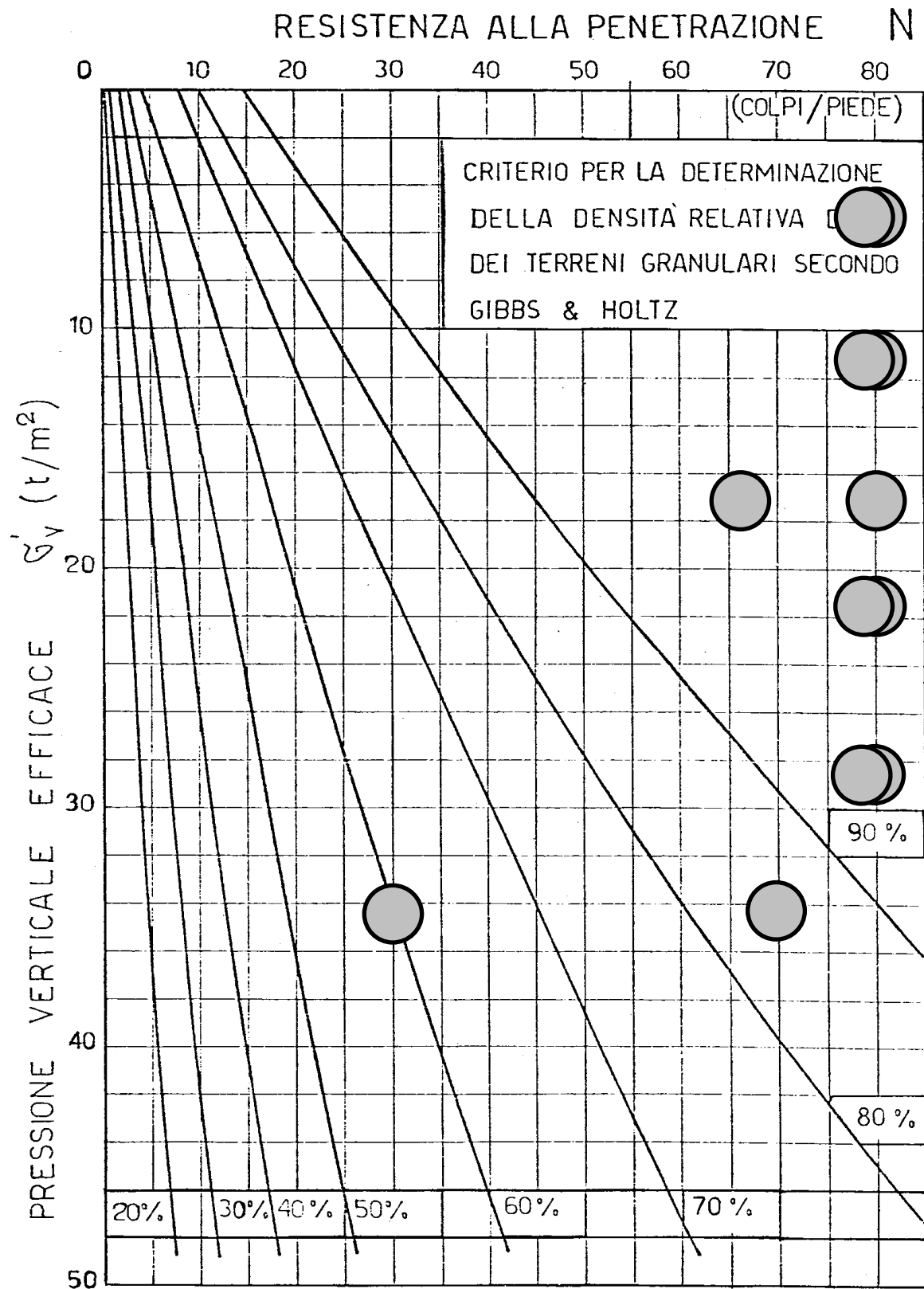


Diagramma di Gibbs & Holtz

### 2.3.2.2. Determinazione dei parametri geotecnici

Per la determinazione del parametro  $\phi$ , ossia dell'angolo di attrito interno, che nel caso in esame rappresenta quello più significativo per i depositi fluvioglaciali presenti in sito e nei quali risulteranno modellati i fronti di scavo della cava in progetto, si è partiti dall'interpretazione, svolta nel paragrafo precedente, dei dati ottenuti mediante le prove SPT effettuate nell'ambito dei sondaggi eseguiti negli anni trascorsi nell'ambito del sito di cava (S1/2016 e P1).

A tale scopo, utilizzando il metodo di Schmertmann, mediante un apposito foglio di calcolo *Excel*<sup>TM</sup> allegato al testo “*Ingegneria geotecnica e geologia applicata*” del dott. geol. Faustino Cetraro, edito nel 2007 dalla EPC Libri di Roma, si è provveduto a calcolare l'angolo di attrito del materiale in esame partendo dal numero di SPT e dalla  $D_r$ .

I risultati ottenuti, riportati nel seguito, confermano quanto a suo tempo ottenuto mediante l'elaborazione dei risultati delle prove eseguite nel 2016, ed indicano che il valore dell'angolo di attrito è dell'ordine dei  $45^\circ$  o anche più, con un valore medio di circa  $\phi = 45,25^\circ$  (approssimato a  $45,2^\circ$  nelle verifiche di stabilità), che salgono a quasi  $45,5^\circ$  se si esclude il risultato ottenuto in S1/2016 a 18 m dal p.c., conseguente ad una prova eseguita in corrispondenza ad una formazione più profonda e sensibilmente più pedogenizzata, e che non verrà interessata dagli scavi estrattivi.

Si tratta di un valore in sostanziale accordo con quanto può essere ottenuto a livello più qualitativo, sempre utilizzando i valori di *densità relativa* ( $D_r$ ) ottenuti in precedenza, riportandoli nel diagramma sperimentale NAV-FAC riportato nel seguito <sup>(10)</sup>: a tale scopo, il deposito fluvioglaciale presente nel sottosuolo dell'area in esame può essere assimilato, complessivamente, ad una “*ghiaia a granulometria uniforme*” (“GW”), così da ricavare, per valori di densità relativa dell'ordine del 95%, un angolo di resistenza al taglio decisamente superiore ai  $40^\circ$ .

Dal grafico “NAV-FAC” riportato in allegato si può individuare inoltre un *peso di volume* “*secco*” dell'ordine di oltre  $2 \text{ t/m}^3$ , superiore quindi al valore di quest'ultimo ipotizzato in precedenza per l'interpretazione delle prove SPT ( $1,9 \text{ t/m}^3$ ): nelle verifiche che verranno svolte nel seguito, si adotterà pertanto un valore intermedio di  $2,0 \text{ t/m}^3$ .

Cautelativamente, il valore della coesione del terreno in esame può invece essere considerato nullo ( $c = 0$ ), anche se la presenza di una matrice limosa, con forme di cementazione, suggerirebbe di tenere conto, più correttamente da un punto di vista scientifico ed applicativo <sup>(11)</sup>, anche della componente coesiva della resistenza al taglio del materiale, e non solo di quella attritiva.

<sup>(10)</sup> Si tratta di un diagramma di correlazione elaborato dall'U.S. Naval Publ. and Forms Center di Philadelphia, comunemente noto come “NAV-FAC”.

<sup>(11)</sup> W.C.B. GATES, Jacobs Associates; “*Practical estimation of Mohr – Coulomb shear strength for cemented conglomeratic deposits in the arid western United States*”; 63rd Highway Geology Symposium, 2012.



Quantificazione dell'angolo di attrito mediante metodo di Schmertmann  
 Sondaggio S1/2016 – Prove eseguite a 3,00 – 6,00 – 9,00 m dal p.c.

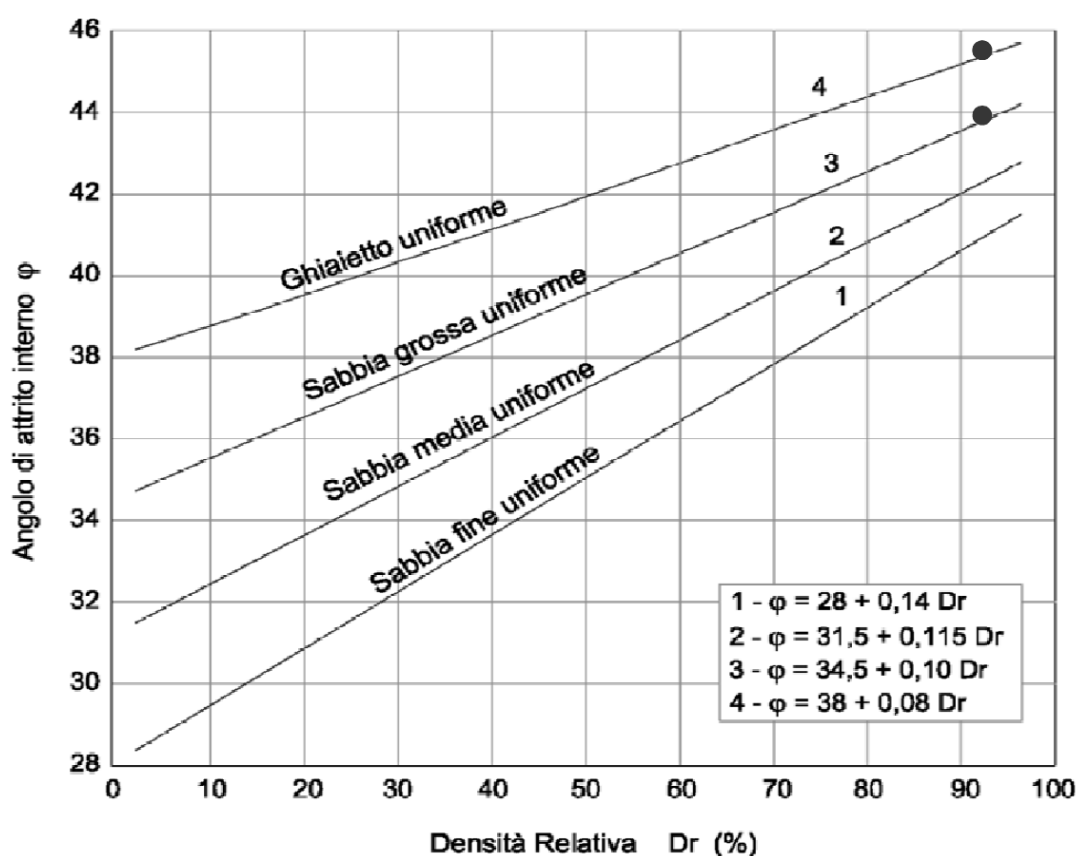
Profondità [m]	Dr [%]	$\phi$ [gradi]	LITOLOGIA			
			1	2	3	4
3,00	95%	46				x
6,00	95%	44			x	
9,00	95%	46				x

1 = sabbia fine

3 = sabbia grossa

2 = sabbia media

4 = ghiaie



Quantificazione dell'angolo di attrito mediante metodo di Schmertmann  
 Sondaggio S1/2016 – Prove eseguite a 12,00 – 15,00 – 18,00 m dal p.c.

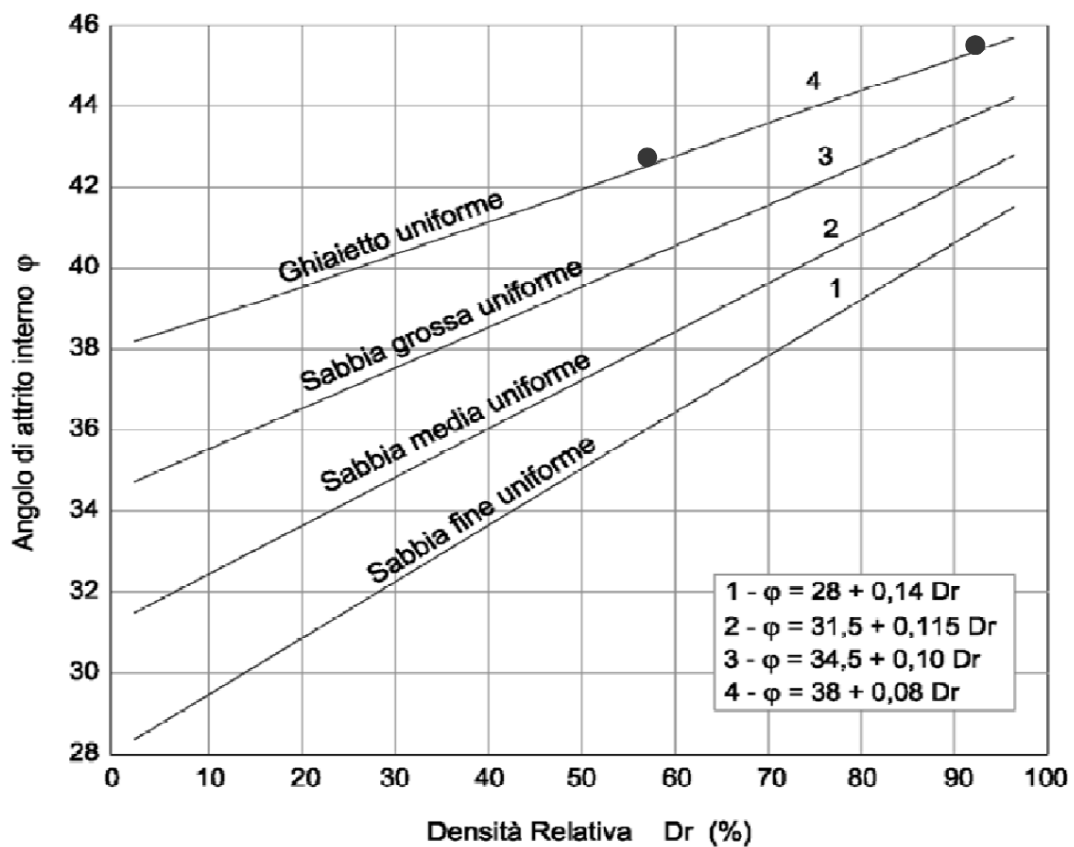
Profondità [m]	Dr [%]	$\phi$ [gradi]	LITOLOGIA			
			1	2	3	4
12,00	95%	46				X
15,00	95%	46				X
18,00	60%	43				X

1 = sabbia fine

3 = sabbia grossa

2 = sabbia media

4 = ghiaie



Quantificazione dell'angolo di attrito mediante metodo di Schmertmann  
 Sondaggio P1 – Prove eseguite a 3,00 – 6,00 – 9,00 m dal p.c.

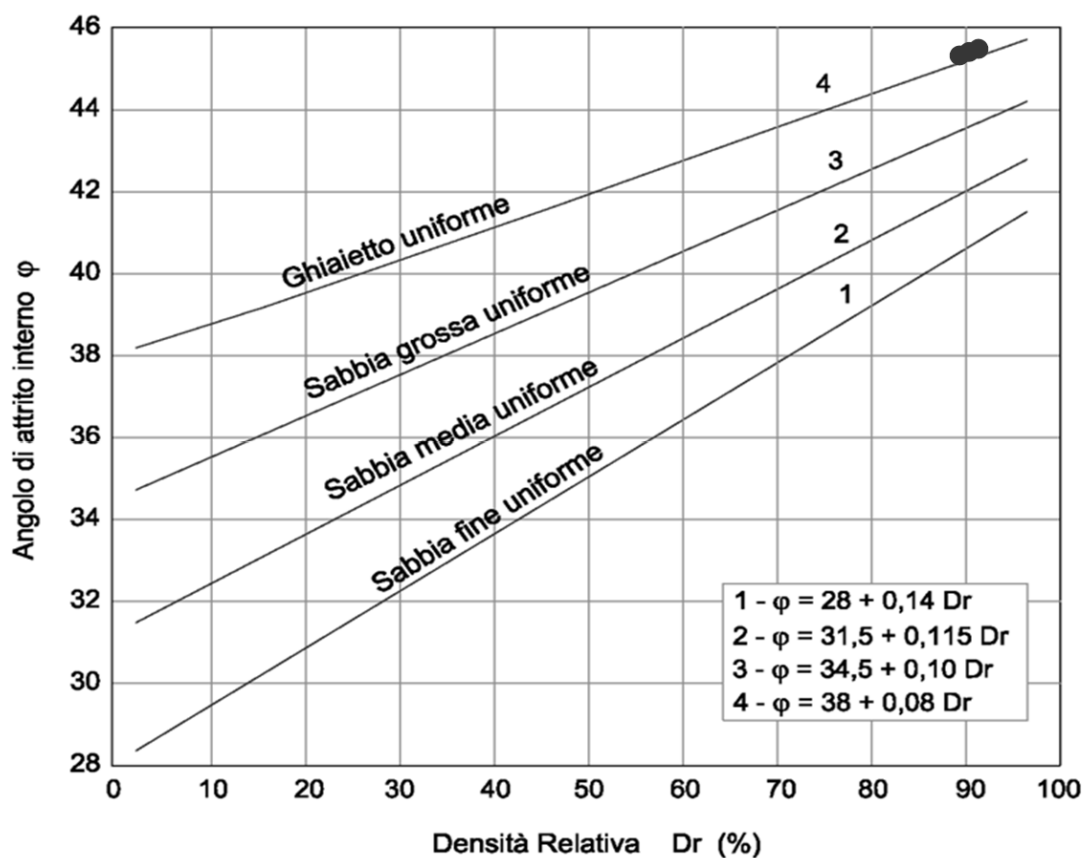
Profondità [m]	Dr [%]	$\phi$ [gradi]	LITOLOGIA			
			1	2	3	4
3,00	94%	46				X
6,00	93%	45				X
12,00	92%	45				X

1 = sabbia fine

3 = sabbia grossa

2 = sabbia media

4 = ghiaie



Quantificazione dell'angolo di attrito mediante metodo di Schmertmann  
 Sondaggio P1 – Prove eseguite a 12,00 – 15,00 – 18,00 m dal p.c.

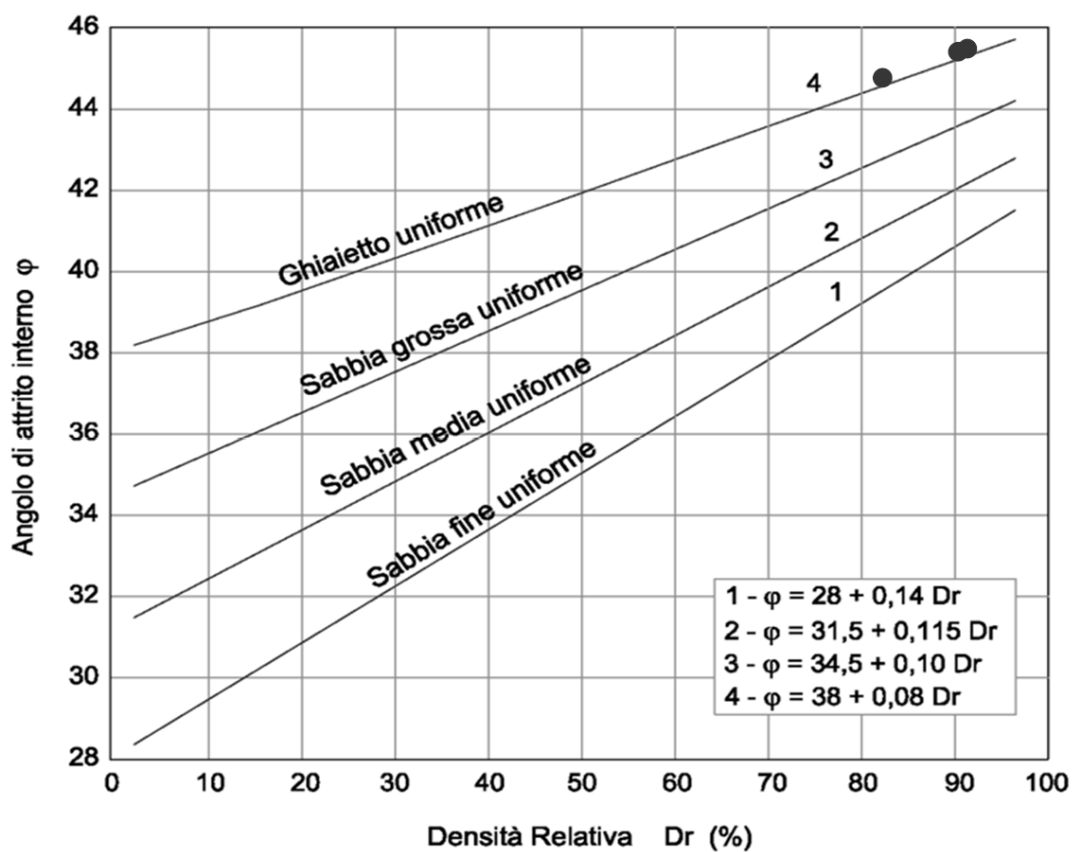
Profondità [m]	Dr [%]	$\phi$ [gradi]	LITOLOGIA			
			1	2	3	4
12,00	94%	46				X
15,00	93%	45				X
18,00	85%	45				X

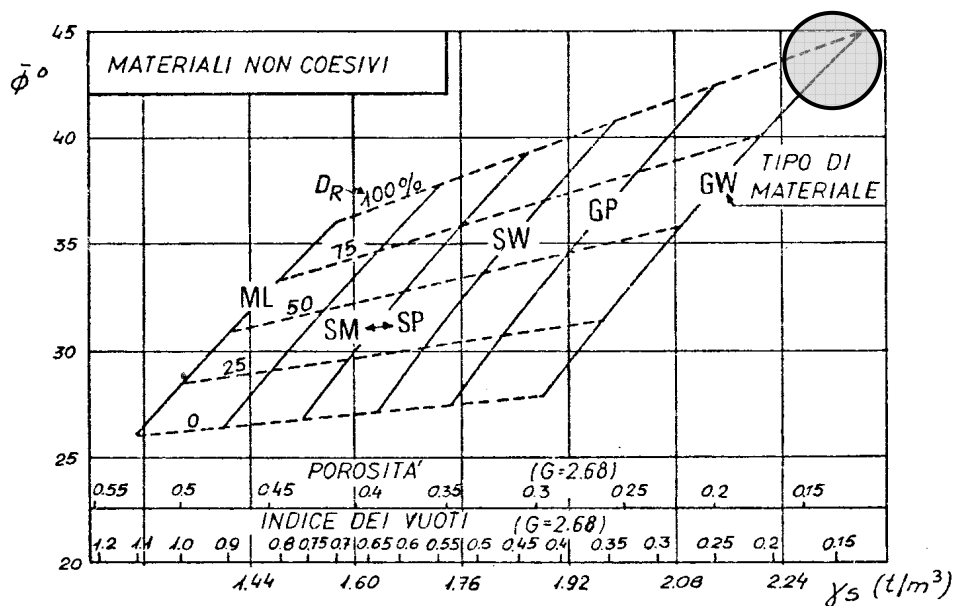
1 = sabbia fine

2 = sabbia media

3 = sabbia grossa

4 = ghiaie





### VALORI DI $\bar{\phi}$ PER VARI TIPI DI TERRENO (navfac-1971)

- ML – limi inorganici, sabbie limose molto fini
- SM – sabbie limose
- SP – sabbie, sabbie ghiaiose con granulometria uniforme
- SW – sabbie a granulom. mista, sabbia ghiaiosa
- GP – ghiaia a granulom. uniforme
- GW – ghiaia a granulom. mista, misto ghiaia e sabbia

Diagramma NAV-FAC

### 2.3.3. Caratterizzazione sismica

#### 2.3.3.1. Inquadramento normativo

La normativa sismica di riferimento, per l'intervento in progetto, è costituita dal Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” (c.d. “NTC2018”), pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 22.02.2018 (Suppl. Ordinario n. 8), che ha aggiornato ed integrato le norme di cui al precedente D.M. 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC), con la relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*” (G.U. n. 47 del 26.02.2009).

Tali norme disciplinano la progettazione di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni.

Lo scopo delle norme è di assicurare che, in caso di terremoto, sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile.

Per effetto delle modifiche e degli aggiornamenti introdotti già dal precedente D.M. 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC), l'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, procedendo all'analisi sito per sito e costruzione per costruzione, e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva invece in precedenza.

Diversamente dalle 4 zone previste in precedenza, la pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Nelle NTC tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “*periodo di riferimento*” (VR) e la probabilità di accadimento è denominata “*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*” (PvR).

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è quindi definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PvR:

- $a_g$  = accelerazione massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di  $a_g$  è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento (attualmente fornita dallo INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), mentre  $F_o$  e  $T_c^*$  sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  sono riportati nell'allegato B alle NTC, nel quale di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno ( $T_R$ ) per l'intero territorio nazionale.

### 2.3.3.2. Stati limite di riferimento

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC 2018, gli stati limite di riferimento nei confronti delle azioni sismiche, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Le modifiche apportate, rispetto alle precedenti disposizioni, dalle NTC del 2008, confermate e riprese nelle nuove norme di cui al D.M. 17.01.2018, sono state definite in un quadro operativo finalizzato a sfruttare al meglio la puntuale definizione della pericolosità di cui si dispone, hanno portato a fare riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica.

Sono stati dunque portati a due gli Stati Limite di Esercizio (SLE), facendo precedere lo Stato Limite di Danno (SLD) - ridefinito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee nelle condizioni postsismiche - dallo Stato Limite di immediata Operatività (SLO), particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono restare operative durante e subito dopo il terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc.), in tal modo articolando meglio le prestazioni della struttura in termini di esercizio.

Gli stati limite di esercizio sono così definiti:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

In modo analogo, sono stati portati a due gli Stati Limite Ultimi (SLU) facendo seguire allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), individuato definendo puntualmente lo stato limite



ultimo, lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC), particolarmente utile come riferimento progettuale per alcune tipologie strutturali (strutture con isolamento e dissipazione di energia) e, più in generale, nel quadro complessivo della progettazione antisismica.

Più precisamente, gli stati limite ultimi sono così definiti:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

I quattro stati limite così definiti consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (SLO, SLD, SLV, SLC), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi “continuo” le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

Ai quattro stati limite sono stati attribuiti (Cfr.: Tabella 3.2.I delle NTC 2018) valori della probabilità di superamento  $P_{VR}$  pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati qualunque sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento  $V_R$  proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

**Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato**

Stati Limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

### 2.3.3.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

Ai sensi del par. 2.4.3. delle NTC 2018, le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ .

A tale proposito, la vita nominale  $V_N$  di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali, così da poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC 2018.

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso in esame, la problematica da affrontare è decisamente specifica ed in qualche modo “anomala” rispetto al contesto per cui sono state concepite e definite le normative sismiche, in quanto non si tratta di una “costruzione”, ossia di un'opera artificiale destinata ad ospitare persone e/o strutture ed impianti, bensì di una cava, ossia di un sito in cui viene asportata, da parte dell'uomo, una porzione di “geomassa” naturale rappresentata dal giacimento estrattivo.

Diversamente dalle cave “ordinarie”, che non prevedono il ritombamento della fossa di scavo e nelle quali, pertanto, i fronti di scavo, relativamente al profilo finale che verrà raggiunto dalla coltivazione mineraria, sono destinati a rimanere in posto in modo definitivo, una volta raggiunta la loro conformazione di progetto, nel caso in oggetto i fronti di scavo sono invece destinati non solo ad essere progressivamente arretrati per effetto del progredire degli scavi, ma anche oblitterati in quanto, man mano che avanza la coltivazione mineraria, i settori già scavati e coltivati verranno ritombati: a fronte della durata complessiva dell'intervento estrattivo, la durata media di “mantenimento in vita” delle singole porzioni del fronte di scavo e delle scarpate perimetrali sarà pertanto decisamente più ridotta.

Dal punto di vista della “vita nominale”, nella cava in progetto i fronti di scavo sono stati attribuiti, cautelativamente, alla tipologia individuata dalle NTC come riferita alle “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”; quale vita nominale dei fronti di coltivazione della cava in progetto si è pertanto adottato un valore di  $V_N = 50$  anni.

Per quanto riguarda invece la classe d'uso, in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise, secondo le NTC, in classi d'uso così definite:

- *Classe I*: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II*: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in

Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

- *Classe III*: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- *Classe IV*: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nell'allegata Tab. 2.4.II delle NTC 2018:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame, l'intervento oggetto di studio può essere attribuito alla classe d'uso I, dal momento che l'intera area estrattiva sarà anzi recintata, con l'espressa finalità di impedire l'accesso di estranei, mentre al suo interno sarà presente solo il ridotto personale impegnato nelle attività di scavo, per cui si può adottare un valore di  $C_U = 0,7$ .

Il periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava risulta quindi pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 0,7 = 35 \text{ anni.}$$

Una volta valutato il periodo di riferimento  $V_R$  della costruzione (espresso in anni), ottenuto come prodotto tra la vita nominale  $V_N$  fissata all'atto della progettazione ed il coefficiente d'uso  $C_U$  che compete alla classe d'uso nella quale la costruzione ricade (par. 2.4 delle NTC 2018), si ricava poi, per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma.

Si utilizza a tal fine la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U \times V_N / \ln(1 - P_{VR}).$$

#### 2.3.3.4. Categoria di risposta sismica del sottosuolo

In assenza di indagini di microzonazione sismica a scala di pianificazione territoriale, al momento non ancora disponibili per l'area in esame, in base alle NTC 2018, per la definizione dell'azione sismica si deve fare riferimento alla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione; le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, sono funzione infatti delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Le nuove NTC di cui al D.M. 17.01.2018 consentono di fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

Le condizioni di riferimento rigido citate in precedenza, infatti, non corrispondono in generale a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della “risposta sismica locale”, termine con il quale si intende l'azione sismica quale essa emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido a causa di effetti stratigrafici e topografici.

Dal punto di vista degli effetti stratigrafici, ai fini della classificazione dell'azione sismica di progetto, già prevista ai sensi della precedente O.P.C.M. 20.03.2003 n. 3274 ed aggiornata dalle NTC del 2008, poi ripresa ed aggiornata dalle più recenti NTC 2018, si definiscono delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

Più dettagliatamente, la nuova normativa distingue le seguenti 5 categorie di terreni di fondazione (Tab. 3.2.II delle NTC 2018):

- A. 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;
- B. 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;
- C. Depositati 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;
- D. Depositati 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;

- E. 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.

Nel caso in oggetto, per individuare la categoria di terreno ai fini della risposta sismica locale si può fare riferimento all'assetto stratigrafico della zona, descritto al precedente par. 2.1.1, come pure ai risultati di prove penetrometriche di tipo  $N_{SPT}$  realizzate nei sondaggi, descritti in precedenza, effettuati presso il sito in oggetto o in aree limitrofe al medesimo: si possono richiamare, infatti, i principi enunciati nelle precedenti NTC2008, in cui l'attribuzione di un'area alle diverse categorie di sottosuolo descritte in precedenza veniva condotta anche sulla base delle caratteristiche di addensamento (quantificate appunto mediante prove penetrometriche) dei terreni di fondazione.

Considerando quanto descritto in precedenza, per i depositi fluvioglaciali che costituiscono il terreno presente nel sottosuolo del sito in esame si può fare riferimento a dei valori medi di  $N_{SPT}$  compresi in un *range* superiore ai 50 colpi/piede.

Cautelativamente, per la classificazione sismica del terreno di fondazione i terreni oggetto del presente studio possono quindi essere classificati come appartenenti alla categoria “C”.

### 2.3.3.5. Effetti sismici legati alle condizioni topografiche

Per quanto riguarda gli effetti sismici connessi alle condizioni topografiche, nel caso di configurazioni superficiali semplici, come quella in esame, si può adottare la classificazione riportata nella Tab. 3.2.III delle NTC 2018:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Nel caso del sito in esame, la categoria topografica è stata attribuita, cautelativamente, alla categoria T2, ossia assimilando le scarpate perimetrali che delimiteranno la fossa di scavo ad un'area su pendio.

### 2.3.3.6. Azione sismica locale

Come si è visto in precedenza, la pericolosità sismica del territorio nazionale è stata definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica  $P_{VR}$ :

$a_g$  = accelerazione massima al sito;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di  $a_g$  è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento (attualmente fornita dallo INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), mentre  $F_0$  e  $T_c^*$  sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  sono riportati in forma tabellare nell'allegato B alle NTC, nel quale di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno ( $T_R$ ) per l'intero territorio nazionale: i parametri in questione sono stati infatti calcolati per una maglia di “punto nodali” disposti a coprire l'intero territorio nazionale (il cosiddetto “reticolo di riferimento”).

Oltre alle tabelle allegate alle NTC, sono disponibili appositi programmi di calcolo, alcuni dei quali consultabili *on line*, che procedono automaticamente, sulla base dell'esatta ubicazione di un sito, espressa mediante le sue coordinate geografiche con i dati di latitudine e longitudine, ad una quantificazione delle sollecitazioni sismiche locali, interpolando opportunamente i dati relativi ai punti nodali tra i quali viene a ricadere il sito stesso.

Nel caso in esame, l'estrapolazione dei dati relativi all'azione sismica locale, presso il sito in esame, viene svolta in automatico dal software utilizzato per le verifiche di stabilità.

## 2.4. Assetto idrogeologico

### 2.4.1.1. Aspetti normativi

Nell'ambito della presente analisi, la componente ambientale "Assetto idrogeologico" è da intendersi come relativa alla stabilità dell'area ed ai processi morfologici e dissestivi in atto o potenziali che la interessano, dal momento che la trattazione degli aspetti effettivamente di carattere "idrogeologico", ossia legati alla circolazione delle acque sotterranee, verrà sviluppata nell'ambito della matrice ambientale "Acque".

A tale proposito, l'area oggetto dell'intervento in progetto non risulta sottoposta a vincoli per fini idrogeologici, ai sensi della L.R. n. 45/89 *"Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici"*; essa non ricade, inoltre, all'interno di aree in dissesto e/o delimitate dalle fasce fluviali definite nel PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

A livello normativo, l'attuazione del PAI nella pianificazione urbanistica (soprattutto a livello di territori comunali) si configura come "piano – processo", che vede la sua progressiva attuazione nella dimensione dei Piani redatti dalle Amministrazioni locali (Piani territoriali, Strumenti urbanistici o PRG, Piani di settore) che, attraverso la "verifica di compatibilità" (che si traduce, di fatto, in un'analisi a scala locale di dettaglio del quadro del rischio idrogeologico), ne realizzano un aggiornamento continuo.

La specifica natura di "piano processo" del PAI si è attuata pertanto attraverso il meccanismo delle *"verifiche della compatibilità delle previsioni urbanistiche con il quadro del dissesto idrogeologico"*: nell'ambito di tali procedure, gli studi geologici di dettaglio condotti a corredo dei singoli P.R.G., una volta verificati e convalidati da parte degli specifici Uffici della Regione Piemonte, vengono ad assumere carattere sostitutivo delle perimetrazioni del quadro del dissesto riportato negli elaborati originali del PAI.

Nel caso del sito in esame, il suddetto meccanismo di "piano processo" ha trovato attuazione con la Deliberazione del C.C. n. 20 del 17.03.2021, con la quale il Comune di Collegno ha approvato il Progetto definitivo della Variante n. 16, strutturale, al vigente P.R.G.C, ai sensi dell'art.17, comma 4, della Legge regionale 5/12/1977 n. 56 e s.m.i, finalizzata all'aggiornamento del quadro del dissesto in approfondimento locale del grado di pericolosità e dei livelli potenziali di rischio idraulico e idrogeologico connessi a eventi alluvionali.

Nell'ambito di tale variante, la classificazione del territorio comunale in zone omogenee dal punto di vista della pericolosità geomorfologica ed idrogeologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica è stata svolta secondo quanto previsto dalle normative regionali in materia all'epoca vigenti (Circolare P.G.R. n. 7/LAP e successiva Nota Tecnica Esplicativa).



Queste disposizioni normative, la cui impostazione è stata ripresa e confermata dai più recenti aggiornamenti in materia <sup>(12)</sup> sono incentrate su una articolazione in tre classi diverse: devono essere individuate nella “Classe I” quelle porzioni di territorio in cui le condizioni di pericolosità sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche, e sono quindi liberamente urbanizzabili ed edificabili, nel rispetto delle normative urbanistiche e fatta salva l’assenza di altri vincoli; devono invece essere individuate come “Classe II” le aree caratterizzate da una “moderata pericolosità”, superabile con “modesti accorgimenti tecnici” a livello del singolo lotto esecutivo.

Sono da attribuirsi, infine, alla “Classe III” quelle aree nelle quali i diversi possibili elementi di pericolosità geomorfologica e idrogeologica sono tali da renderle “inidonee a nuovi insediamenti”, ossia inedificabili; la Classe III deve poi essere ulteriormente distinta in base al fatto che le aree così delimitate risultino prive di insediamenti umani (Classe IIIa), o, viceversa, risultino alla data attuale già edificate (Classe IIIb).

#### **2.4.1.2. Classificazione attribuita al territorio in cui ricade il sito in esame**

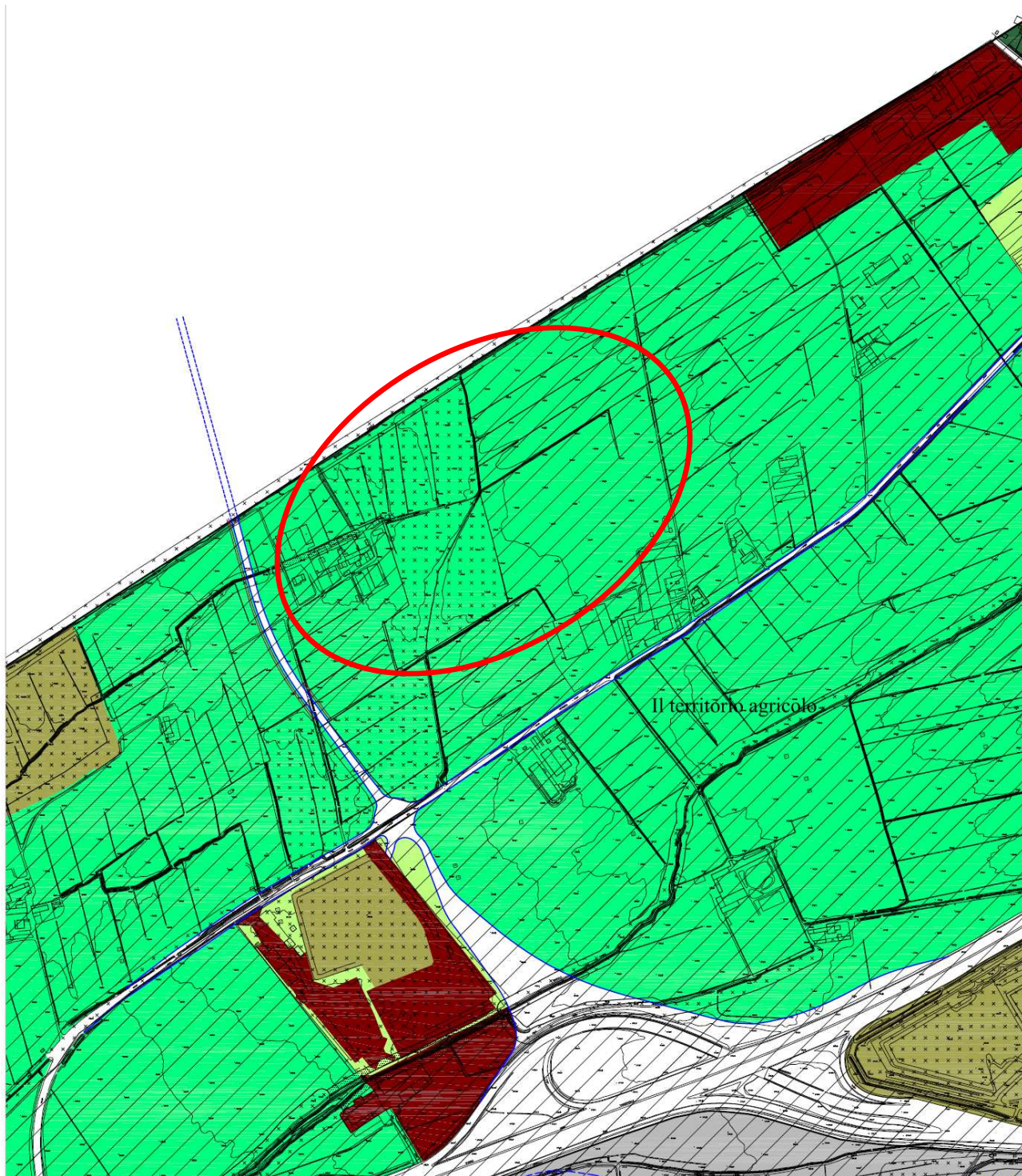
Nel caso in oggetto, facendo riferimento agli elaborati della citata Variante al PRGC, integrati con le Varianti e le modifiche al P.R.G.C. approvate e/o ratificate alla data del 30/06/2025 e consultabili mediante l’apposita pagina del sito web dell’Amministrazione Comunale <sup>(13)</sup>, e più precisamente alla Tav. 11.7.2 – Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica, suddivisa nelle tavole GEO OVEST e GEO EST di cui si riporta in allegato un estratto, l’area oggetto del presente studio ricade per la maggior parte in una porzione del territorio comunale attribuita alla “*Classe I - pericolosità geomorfologica bassa*”, ossia alle “*Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche. Gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto del D.M. 17 gennaio 2018*”.

A fronte di tale attribuzione, l’area già oggetto di attività estrattiva risulta invece attribuita alla “*Classe IIIa*”, ossia alle “*Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio derivanti questi ultimi dall’urbanizzazione dell’area, sono tali da impedirne l’utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente*”; gli elaborati del P.R.G.C. segnalano poi che “*pertanto le aree che rientrano in questa classe sono da considerarsi attualmente inedificabili*”.

Nello specifico, risultano attribuite alla Classe IIIa non solamente l’area corrispondente alla porzione occidentale dell’area estrattiva, sul lato rivolto verso la C.na Provvidenza, oggi in buona parte già ritombata o in fase di ritombamento, ma anche una fascia di territorio incentrata sul “Canale demaniale di Venaria”, che delimita verso nord l’area estrattiva.

<sup>(12)</sup> Cfr.: Deliberazione della Giunta Regionale 24 marzo 2025, n. 8-905 “Legge regionale n. 56/1977. Approvazione dei “Criteri e indirizzi in materia di difesa del suolo e pianificazione territoriale e urbanistica”, quale documento unico di aggiornamento e sostituzione dei vigenti atti e provvedimenti adottati sul tema a livello regionale”.

<sup>(13)</sup> Cfr.: [https://www.comune.collegno.to.it/area\\_tematica/pianificazione-urbana/piano-regolatore-comunale/elenco-tavole/](https://www.comune.collegno.to.it/area_tematica/pianificazione-urbana/piano-regolatore-comunale/elenco-tavole/).



Individuazione dell'area oggetto di studio (ellisse rossa) su estratto della Tav. 11.7.2 – “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica” redatta a corredo del PRGC del Comune di Collegno. Scala 1:9.000 circa. Legenda alla pagina successiva.

## LEGENDA



**Classe I** - Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del Decreto Ministeriale MISE 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018).

**Classe II** - Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al Decreto Ministeriale MISE 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018) e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.

In particolare si distinguono due sottoclassi (nel caso più retini si sovrappongono, anche le prescrizioni si sommano):



**Classe IIa** - porzioni di territorio senza segni di intabilità per le quali, a causa di bruschi cambi di acclività, occorre attuare modesti accorgimenti tecnici al fine di preservare la stabilità del singolo lotto e della zona circostante.



**Classe IIb** - porzioni di territorio caratterizzate da possibili allagamenti in seguito ad eventi meteorici eccezionali con flussi d'acqua a bassa energia.

**Classe III** - distinta ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale 7 aprile 2014, n 64-7417 in:



**Classe IIIa** - Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili, aree alluvionabili da acque di esodazione ad elevata energia).

**Classe IIIb** - Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica ed di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. Per tale casistica sono previste le seguenti sottoclassi:



**Classe IIIb2** - A seguito della realizzazione delle opere sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti (IIIb s.s.).



**Classe IIIb3** - A seguito della realizzazione delle opere di riassetto sarà possibile solo un modesto incremento del carico antropico (vedi punto 7.3 N.T.E. alla circolare 7/LAP del Dicembre 1999). Da escludersi nuove unità abitative e complementari.



**Classe IIIb4** - Anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico.



### 2.4.1.3. Caratteristiche di pericolosità geomorfologica dell'area oggetto di intervento

In merito alla classificazione attribuita all'area interessata dall'intervento in progetto, ed alle considerazioni in termini di compatibilità dell'intervento medesimo, si deve osservare che la zonizzazione del territorio comunale in classi di pericolosità geomorfologica, per molti anni normata in Piemonte dalla citata Circolare P.G.R. n. 7/LAP e dalla N.T.E. (che erano state formalmente individuate dalla Regione Piemonte come strumento operativo per procedere alla verifica di compatibilità al P.A.I. degli strumenti urbanistici) è finalizzata esclusivamente a valutare l'idoneità delle diverse porzioni del territorio comunale ai fini della loro utilizzazione urbanistica per finalità residenziali, commerciali o produttive, mentre non ha attinenza in merito all'insediamento di attività estrattive.

Per valutare l'idoneità all'utilizzazione urbanistica delle singole, diverse porzioni del territorio comunale, vale anzi il principio opposto: la citata N.T.E. alla Circolare P.G.R. n. 7/LAP prevedeva infatti (Cfr.: par. 14.2 - *Individuazione di siti compromessi dalle attività antropiche; siti con peculiari aspetti ambientali*), nell'ambito degli studi geologici a corredo degli strumenti urbanistici, finalizzati alla redazione della "Carta di sintesi", *"la necessità di operare un accertamento delle condizioni ambientali dei siti interessati dallo strumento urbanistico oggetto di revisione o nuova elaborazione"*.

A tale scopo, la N.T.E. prevedeva che dovessero essere individuati sul territorio comunale i *"siti compromessi o potenzialmente compromessi da attività antropiche che nel passato e/o nel presente abbiano modificato o comunque condizionato il suolo, il sottosuolo e le acque sotterranee (es: discariche, cave, miniere, dighe, aree ricorrentemente interessate da incendi boschivi ecc...)"*.

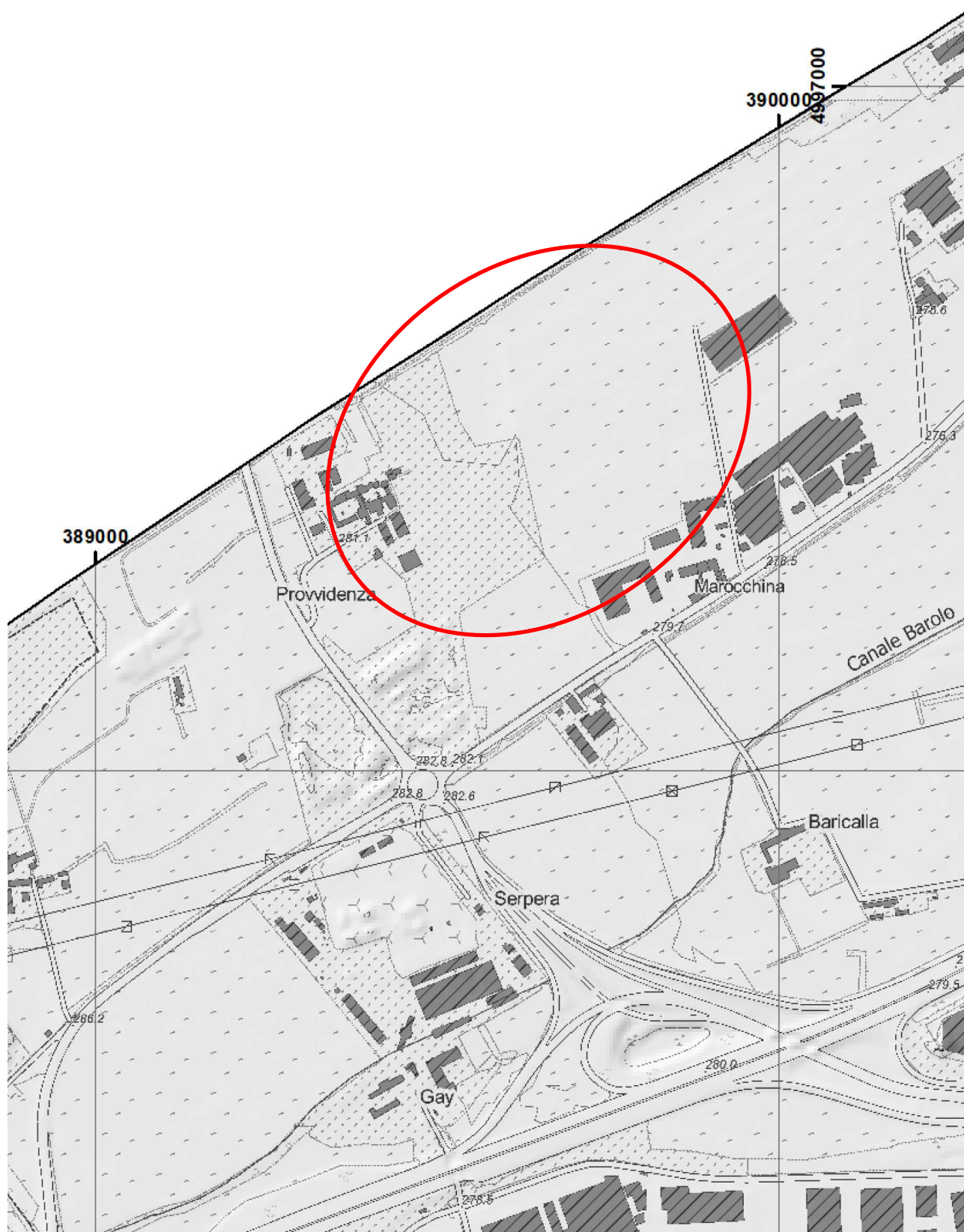
Ciò in ottemperanza anche di quanto indicato al punto 3 della N.T.E., in cui *"si esclude che possano essere inseriti in Classe I [...] le aree condizionate da evidenti problematiche ambientali di origine naturale (es: carsismo, radioattività, ecc.) o antropica (cave, discariche, aree compromesse da fenomeni d'inquinamento)"*.

Dal momento che gli elaborati tematici di carattere geologico redatti a corredo del PRGC di Collegno non riportano, presso l'area oggetto di esame, la presenza di aree in dissesto attivo o quiescente (la cui perimetrazione, secondo quanto formalmente previsto ed esplicitato dalla N.T.E., deve essere riportata anche sulla "Carta di sintesi"), si può pertanto ritenere che l'attribuzione di tale area alla "Classe IIIa" sia conseguenza non di una qualche situazione di oggettiva ed effettiva "pericolosità geomorfologica", bensì della semplice presenza della fossa di coltivazione della cava esistente (e delle limitrofe aree di pertinenza della medesima), che concorre a rendere l'area non idonea nei confronti di una qualche attuale o futura utilizzazione urbanistica.

Si rimanda, a tale proposito, all'allegato estratto della Tav. 11.3 – *"Carta geomorfologica"*, redatta a corredo del PRGC, dal quale si evince come tutta la porzione settentrionale del territorio comunale posta a nord dell'incisione della Dora, in cui ricade il sito oggetto di studio, sia cartografata e classificata tra le *"aree caratterizzate da scarsa probabilità di eventi alluvionali (EmA)"* (retino grigio).





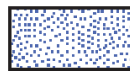



Così pure, si può fare riferimento all'allegato estratto della Tav. 11.8 – “*Carta della pericolosità e del rischio alluvione*”, dal quale si evince come l'elaborato in parola, pur riportando con precisione e completezza la presenza di una diffusa rete di “canali e bealere” (cartografati con apposito graficismo), classifica l'area oggetto di intervento e, più in generale, tutta la porzione settentrionale del territorio comunale di Collegno, esternamente agli “*Scenari di alluvione (pericolosità)*” o agli “*Scenari di rischio*”, la cui perimetrazione e delimitazione è invece limitata alla fascia perifluviale della Dora Riparia, sul fondo dell'incisione modellata da quest'ultima.

Anche l'elaborato Tav. 11.9 – “*Carta dei punti critici e degli elementi esposti*” riporta unicamente settori e porzioni di territorio comunale posti nella immediata fascia perifluviale della Dora Riparia.

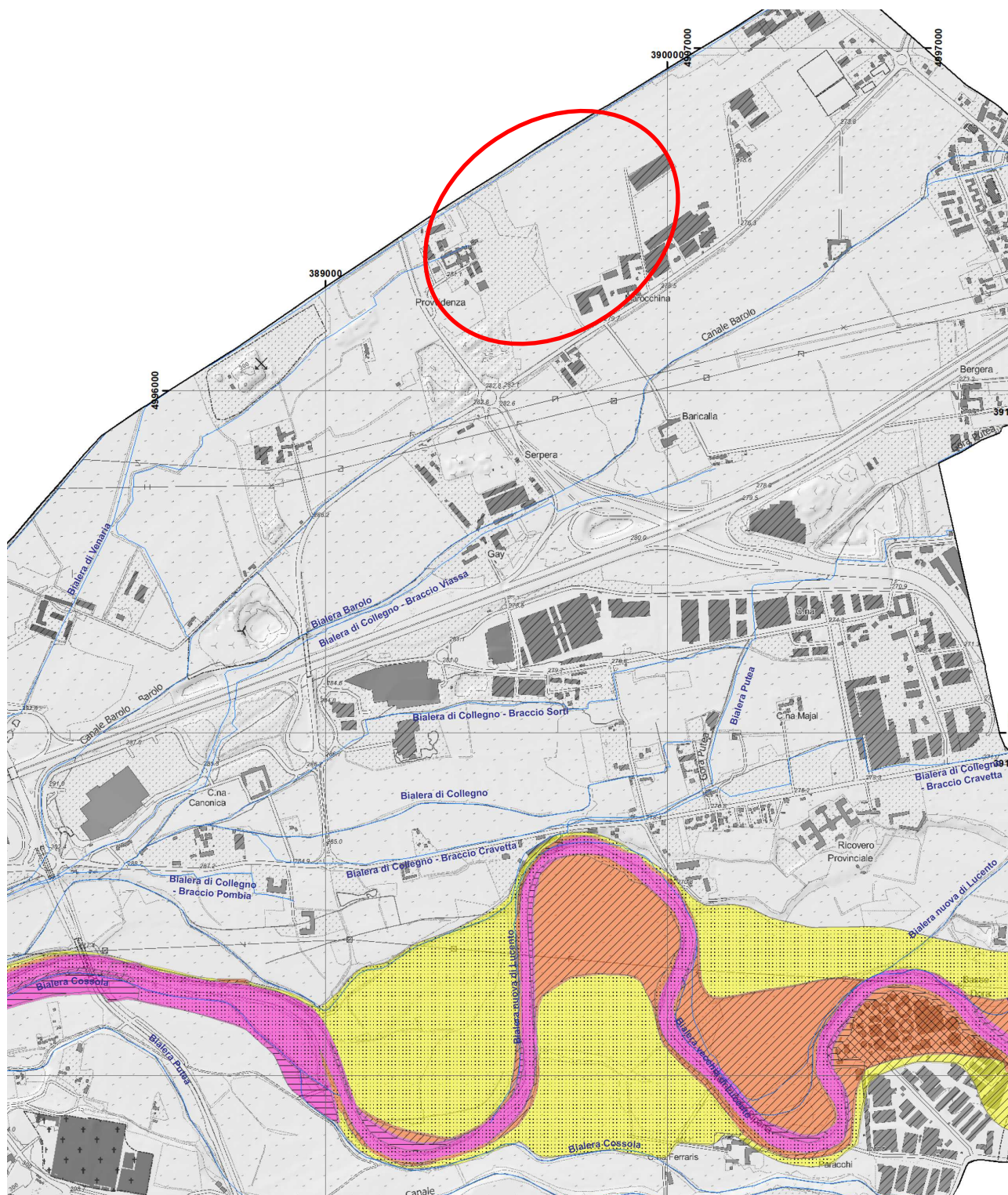


Individuazione dell'area oggetto di studio (ellisse rossa) su estratto della Tav. 11.3 – “Carta geomorfologica” redatta a corredo del PRGC del Comune di Collegno. Scala 1:8.000 circa. Legenda alla pagina successiva.

## LEGENDA

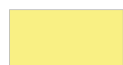
**Elementi geomorfologici** Orlo di scarpata superiore ai 3 [m] Orlo di scarpata inferiore ai 3 [m]**Dissesti puntuali** Battute di sponda Scavernamenti**Dissesti lineari** Tratto in erosione a seguito dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000 Linea preferenziale di deflusso in caso di piena eccezionale**Dissesti areali** Aree caratterizzate da scarsa probabilità di eventi alluvionali [EmA] Aree interessate dalle piene stagionali [EeA] Aree allagabili in caso di piene eccezionali [EeA] Aree allagate nel corso dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000 [EbA]**Altri dati** Tratti di corso d'acqua con vegetazione ad alto fusto





Individuazione dell'area oggetto di studio (ellisse rossa) su estratto della Tav. 11.8 – “Carta della pericolosità e del rischio alluvione” redatta a corredo del PRGC del Comune di Collegno. Scala 1:15.000 circa. Legenda alla pagina successiva.

## LEGENDA

**Scenari di alluvione (pericolosità)**

Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500) (L-Rara)



Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200) (M-Poco Frequente)



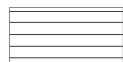
Probabilità di alluvioni elevata (tr. 20/50) (H-Frequente)

**Scenari di rischio**

R1 - Rischio moderato



R2 - Rischio medio



R3 - Rischio elevato



R4 - Rischio molto elevato

**Sistema di raccolta delle acque**

Canali e bealere

La Giunta della Regione Piemonte (con DGR n. 8-2588 del 14.12.2015) ha preso atto del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) e ha approvato gli elaborati di propria competenza.

La DGR è pubblicata su BUR n. 50 Suppl.Ord. n.1 del 17.12.2015.

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po ha adottato il PGRA nella seduta del 17.12.2015.

Classi di Danno

Classi di Pericolosità		D1	D2	D3	D4
	L	R1	R1	R2	R2
	M	R1	R2	R3	R4
	H	R1	R3	R4	R4

#### 2.4.1.4. Fasce di rispetto dalla rete idrografica e conclusioni

La fascia attribuita alla Classe IIIa incentrata sul “Canale demaniale di Venaria”, che delimita verso nord l’area estrattiva oggetto di indagine, può essere correttamente inquadrata sulla base di quanto illustrato nelle “*Norme geologico-tecniche di attuazione*”, predisposte come “Allegato 1” agli “*Studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici*” predisposti a corredo del PRGC, in cui si specifica (Cfr.: “Norme di attuazione relative alle fasce di rispetto della rete idrica secondaria”, pag. 4) che *“lungo le sponde dei canali (individuati sul Piano Regolatore alla tavola 11.4 - Carta del reticolato idrografico, delle opere di difesa idraulica e delle fasce fluviali e alle tavole GEO OVEST e GEO EST – Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione urbanistica) si applicano le seguenti norme: per tutti i canali irrigui al di fuori dell'edificato si impone una fascia di rispetto di 12,5 metri per lato in cui si applicano i vincoli d'uso della classe IIIa; tale fascia si calcola dalla sponda dell'alveo inciso o dall'asse del condotto nei tratti intubati”*.

A fronte dei corsi d’acqua principali, per i quali l’individuazione delle fasce di rispetto è conseguente a specifici studi idraulici, dai quali deriva la sussistenza di fasce di ampiezza variabile nei singoli tratti, nel caso in oggetto, alla luce di quanto discusso ed illustrato, al paragrafo precedente, in merito alle effettive condizioni di pericolosità geomorfologica che caratterizzano l’area in esame, si può pertanto ritenere che l’attribuzione alla Classe IIIa della suddetta fascia sia conseguente non alla presenza di processi dissestivi o di pericolosità geomorfologica e/o idraulica (che, diversamente, sarebbero stati segnalati e cartografati sui pertinenti elaborati tematici del P.R.G.C.), bensì alla finalità di esplicitare in tal modo l’applicazione di “vincoli d’uso” alle fasce di rispetto della rete idrica secondaria, così da risultare funzionale e cogente, da un punto di vista normativo, per assicurarne la formale inedificabilità.

Si può pertanto ritenere che non sussistano problematiche in termini di compatibilità dell’intervento estrattivo in progetto rispetto alle indicazioni del P.R.G.C. in merito alle caratteristiche di pericolosità geomorfologica del territorio.

Come illustrato nell’ambito degli elaborati progettuali, nella porzione settentrionale dell’area estrattiva, sul lato della medesima rivolto verso il citato “Canale demaniale di Venaria”, il progetto di coltivazione mineraria prevede comunque il mantenimento di un franco di rispetto di 20 metri dal corso d’acqua in parola, pari cioè a quasi il doppio della larghezza della fascia di rispetto prevista invece dal PRGC (12,5 metri), che non sarà pertanto interessata dalle operazioni di coltivazione mineraria.

## **2.5. Determinazione e valutazione degli impatti**

Facendo riferimento allo schema adottato nel “Quadro Ambientale” implementato nell’ambito dello Studio di Impatto Ambientale, si evidenzia che le azioni di impatto potenziale sulla matrice ambientale “Geologia” sono identificabili con le azioni di progetto:

- attività di scavo.

Sono invece da considerarsi elementi intrinseci di mitigazione ambientale le azioni di progetto:

- riassetto morfologico (ritombamento della fossa di scavo).

Le linee di impatto che potenzialmente si ripercuotono sulla presente matrice ambientale sono identificabili con la voce:

- possibile induzione di criticità idrogeologiche.

Di seguito, viene analizzata tale interferenza.

## **2.6. Possibile induzione di criticità idrogeologiche**

### **2.6.1. Analisi della problematica (verifiche di stabilità a corredo della relazione geotecnica)**

Nel presente capitolo, la tematica relativa alle possibili “criticità idrogeologiche” deve essere considerata in termini di stabilità e fenomeni dissestivi connessi all’assetto idrogeologico, in quanto gli aspetti relativi alla vera e propria circolazione idrica sotterranea verranno esaminati nello specifico capitolo.

Al riguardo, non sussistono condizioni tali da richiedere interventi particolari, in quanto le caratteristiche geomorfologiche che il sito assumerà progressivamente durante lo sviluppo delle fasi di coltivazione non comporteranno particolari rischi per la stabilità dei terreni circostanti.

Le scarpate di scavo, già in fase di coltivazione, risulteranno infatti modellate secondo una conformazione a gradoni con un’altezza ed acclività dei singoli gradoni tali da garantire adeguati fattori di sicurezza.

A tale proposito, si è provveduto a verificare, da un punto di vista geotecnico, la compatibilità dell’intervento estrattivo con la stabilità e l’assetto idrogeologico dell’area interessata, di modo che il presente studio risulti esaustivo anche di quanto richiesto dal Regolamento regionale n. 11/R del 2 ottobre 2017, emanato in attuazione dell’articolo 39 della Legge regionale n. 23 del 17 novembre 2016 in materia di “Disciplina delle attività estrattive: disposizioni in materia di cave”, ai fini della specifica istanza autorizzativa che viene parimenti presentata ai sensi della L.R. in parola.

Nel presente studio si è infatti provveduto ad effettuare apposite verifiche di stabilità, che sono state condotte sulla base della configurazione proposta in progetto per i fronti di scavo.

Il progetto estrattivo è stato infatti impostato (come illustrato negli appositi elaborati predisposti dalla ESAGON s.a.s.) in modo tale che l’inclinazione del fronte dei singoli gradoni venga mantenuta mai superiore ai 35 gradi sessagesimali, in modo da ottenere un inviluppo dell’intero fronte pari a circa 26 gradi sessagesimali.

Nel seguito del presente capitolo, sulla sezione – tipo così individuata e caratterizzata in termini geometrici, sono state svolte le verifiche analitiche di stabilità.

## 2.6.2. Verifiche di stabilità durante ed a fine coltivazione

### 2.6.2.1. Finalità ed impostazione delle verifiche

La verifica numerica di stabilità delle scarpate derivanti dall'attività estrattiva è stata effettuata ipotizzando la situazione morfologica e geomeccanica in cui esse si verranno a trovare durante la coltivazione, in fase di massimo scavo, prima del successivo ritombamento.

In fase di coltivazione, il materiale in posto, da un punto di vista scientifico ed applicativo (<sup>14</sup>), dovrebbe essere caratterizzato anche mediante un qualche valore di coesione, per quanto ridotto, in quanto l'effetto dell'addensamento naturale del giacimento, assieme alla presenza di frazione fine, per di più con forme di vera e propria cementazione, riscontrate anche in sede di effettuazione dei sondaggi geognostici, consentono di attribuire al deposito una certa pseudo - coesione: dal punto di vista operativo, come prassi normale nelle attività estrattive di questo tipo, ciò consente di mantenere temporaneamente fronti di scavo di maggiore acclività, che sono comunque destinati ad un progressivo arretramento, per effetto del procedere della coltivazione.

Cautelativamente, il valore della coesione del terreno in esame verrà però considerato nullo ( $c = 0$ ), considerando cioè soltanto la componente attritiva della resistenza al taglio del materiale.

Nel caso in esame, alla fine della coltivazione mineraria il completo ritombamento dello scavo eliminerà invece le scarpate residue della coltivazione e, con esse, qualunque potenziale problematica connessa alla stabilità generale del sito.

Cautelativamente, tuttavia, sono state effettuate le verifiche di stabilità delle scarpate di scavo, nella condizione temporanea di massimo approfondimento degli scavi, modellate su gradoni sovrapposti, ciascuno sagomato con una pendenza massima non superiore ai 35°: la verifica è stata effettuata su una sezione – tipo rappresentativa della geometria secondo la quale verranno modellate le scarpate di scavo previste nella cava in progetto, come illustrate negli elaborati grafici progettuali.

Cautelativamente, la sezione oggetto di verifica è stata considerata nella situazione di massimo approfondimento degli scavi durante la coltivazione mineraria, con un dislivello ripartito tra più gradoni sovrapposti, separati da due “pedate” orizzontali larghe 5 metri e sagomati con una pendenza massima di 35°.

La sezione oggetto di verifica, tracciata perpendicolarmente al fronte di scavo così da rappresentarne fedelmente l'effettiva inclinazione, è rappresentativa altresì della situazione maggiormente critica in termini di dislivello massimo in fase di scavo: essa è stata infatti individuata nel settore sud – orientale dell'area estrattiva, nella porzione di competenza della Cave Druento S.r.l., in prossimità della sezione di progetto 3-3.

(<sup>14</sup>) W.C.B. GATES, Jacobs Associates; “*Practical estimation of Mohr – Coulomb shear strength for cemented conglomeratic deposits in the arid western United States*”; 63rd Highway Geology Symposium, 2012.

### 2.6.2.2. Riferimenti normativi

Nel presente studio, l'analisi di stabilità delle scarpate perimetrali che delimiteranno la fossa di scavo nella cava in esame è stata sviluppata facendo riferimento alla normativa vigente in materia, sotto forma del D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) e della relativa Circolare Applicativa del D.M. stesso, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 11.02.2019.

Per il dettaglio dei coefficienti di sicurezza applicati, delle azioni sismiche di riferimento e dei calcoli in forma integrale si rimanda alle relazioni di calcolo riportate in allegato alla presente relazione.

In sintesi, la normativa in parola prevede due distinti approcci di calcolo, uno in condizioni statiche ed uno in condizioni sismiche: relativamente al primo caso, si tiene conto dei coefficienti riduttivi parziali da applicare ai parametri geotecnici caratteristici (che vengono applicati automaticamente, dal software utilizzato, così da passare dai parametri caratteristici a quelli di progetto), e di un coefficiente di stabilità globale pari a 1,1.

Nell'analisi condotta in condizioni sismiche, i coefficienti parziali sono invece unitari ed il coefficiente di stabilità globale è pari a 1,2.

La verifica numerica di stabilità è stata effettuata mediante l'ausilio del programma di calcolo DOLMEN, prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN S.r.l., con sede in Torino, via Drovetti 9/F. In particolare, l'applicativo utilizzato è denominato "ISGeopendii".

Tale software permette di eseguire il calcolo del fattore di sicurezza di un pendio mediante l'applicazione del c.d. "metodo delle strisce", il quale prevede la suddivisione del volume di terreno considerato in blocchi di spessore finito, di cui è possibile definire le equazioni di equilibrio.

Per l'effettuazione delle verifiche di stabilità oggetto del presente studio, il software utilizzato applica, preventivamente, ai parametri geotecnici immessi come input (che vengono ancora nominalmente riportati come tali nei tabulati di calcolo e negli output grafici), gli appropriati fattori di riduzione previsti dalle NTC.

Per i parametri geotecnici utilizzati per il calcolo, si è fatto riferimento, pertanto, a quelli definiti e quantificati in precedenza, che possono essere così riassunti:

- coesione:  $c = 0 \text{ kPa}$ ;
- angolo di resistenza al taglio:  $\phi_k = 45,2^\circ$ ;
- peso di volume naturale:  $\Gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (} 2,0 \text{ t/m}^3 \text{)}$ .

I parametri sismici da utilizzare nel calcolo sono stati definiti sulla base della vigente normativa di riferimento per le costruzioni, ovvero seguendo quanto previsto dal citato D.M. 17.01.2018, come illustrato al precedente par. 2.3.3. (Caratterizzazione sismica).

### 2.6.2.3. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato

La verifica numerica di stabilità è stata effettuata mediante l'ausilio del programma di calcolo "ISGEOPENDII" della casa produttrice CDM Dolmen, che consente un'analisi di tipo



iterativo, per approssimazioni successive, dell'elevato numero di superfici di tentativo che devono essere prese in considerazione secondo il metodo dell'equilibrio limite globale.

L'analisi viene effettuata nell'ipotesi che le superfici di scivolamento possano essere schematizzate attraverso sviluppi cilindrici, e quindi i calcoli sono effettuati per uno spessore unitario nella direzione del fronte.

Il metodo applicato prevede che la scarpata in esame sia suddivisa in un numero prefissato di conci o "strisce" verticali, a ciascuno dei quali, note le caratteristiche geometriche, si attribuiscono gli appropriati parametri fisico - meccanici.

Relativamente al metodo di calcolo, i metodi generalmente utilizzati per le analisi di stabilità dei pendii si differenziano tra loro per le diverse ipotesi statiche effettuate: lo studio globale di un pendio suddiviso in conci costituisce un problema iperstatico, in quanto non è possibile conoscere a priori le direzioni ed i punti di applicazione delle forze all'interfaccia dei conci.

Senza considerare la deformabilità dei materiali interessati dal potenziale fenomeno di instabilità, si presuppone la conoscenza, nel corpo del pendio, della potenziale superficie di scivolamento; tale superficie è ricercata tra quelle di una famiglia di superfici circolari che presenta il fattore di sicurezza minimo: tale fattore è definito come rapporto tra le massime forze resistenti mobilitabili sulla superficie di scivolamento stessa e le forze realmente mobilitate.

Pertanto gli unici parametri fisico - meccanici che concorrono alla definizione del fenomeno sono:

- peso di volume del materiale;
- caratteristiche di resistenza al taglio del materiale;
- condizioni della falda;
- caratteristiche geometriche del pendio;
- sollecitazioni sismiche.

La verifica globale della scarpata è stata effettuata per mezzo del suddetto programma di calcolo iterativo, che procede alla ricerca automatica della superficie di scivolamento più critica, determinandone il relativo fattore di sicurezza.

Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della eventuale presenza di falda, dei carichi e delle sollecitazioni sismiche.

#### **2.6.2.4. Risultati delle verifiche di stabilità**

La verifica è stata effettuata su una sezione – tipo rappresentativa della geometria secondo la quale verranno modellate le scarpate di scavo previste nella cava in progetto, come illustrate negli elaborati grafici progettuali, nella situazione in cui la scarpata medesima presenterà il massimo possibile dislivello altimetrico tra il fondo scavo ed il piano campagna circostante.

A fronte dell'uniformità della geometria con la quale verranno sagomate le scarpate perimetrali di scavo in tutto il loro sviluppo, la sezione oggetto di verifica è stata infatti considerata nella situazione di massimo approfondimento degli scavi durante la coltivazione mineraria, con un

dislivello ripartito su più gradoni sovrapposti, separati da “pedate” orizzontali larghe 5 metri e sagomati con una pendenza massima di  $35^\circ$ .

Quale ulteriore cautela, si è considerato un ipotetico innalzamento della falda acquifera sino a raggiungere una situazione simile a quella riscontrata nell'autunno 1994, con il pelo libero della falda che viene ad impostarsi ad una profondità di 2 m dal piano di fondo scavo.

La maglia dei centri delle superfici di potenziale scivolamento è stata poi impostata in modo tale da considerare cinematismi in grado di coinvolgere non solamente il singolo gradone, ma anche l'intero sviluppo in altezza del fronte di scavo, espandendosi verso monte sino a raggiungere il piano campagna alle spalle del ciglio superiore.

Il calcolo iterativo, sviluppato sia in condizioni statiche che sismiche dal software utilizzato, ha portato all'individuazione di un fattore di sicurezza minimo pari, rispettivamente, ad  $F_s = 1,154$  in condizioni statiche ed a  $F_s = 1,315$  in condizioni sismiche.

In entrambe le situazioni considerate, esso risulta superiore ai valori minimi di legge, ad indicare soddisfacenti condizioni di stabilità a livello dell'intero fronte di scavo globale, nella situazione (temporanea) di massimo approfondimento della coltivazione mineraria.

A fronte della conferma della stabilità geotecnica dei fronti di scavo nel loro complesso, le verifiche hanno evidenziato che la tipologia di instabilità più significativa che potrebbe interessare i gradoni in cui saranno modellati i fronti stessi è connessa non tanto ad un “collasso” di un intero gradone, bensì a fenomeni di tipo corticale, tali da coinvolgere una ridotta porzione del “fronte” del singolo gradone, su porzioni di materiale di spessore decimetrico, più che metrico.

### 3. ACQUE

#### 3.1. Acque superficiali

##### 3.1.1. Rete idrografica della zona

La rete idrografica naturale della pianura alluvionale sulla quale sorge il territorio comunale di Collegno è costituita dal t. Dora Riparia, che scorre circa 1,5 Km a sud del sito oggetto di studio.

Come descritto relativamente alla geologia dell'area in esame, quest'ultima sorge però sulla sommità di un lembo di superficie terrazzata, legata geneticamente alle formazioni continentali pleistoceniche, e più precisamente alla conoide fluvioglaciale che si diparte dall'Anfiteatro Morenico di Rivoli.

Il settore di conoide fluvioglaciale sulla quale sorge il sito in esame è delimitato verso sud dall'incisione della Dora Riparia, che scorre descrivendo una serie di ampi meandri a poco più di 1,5 Km, in linea d'aria, dal sito in esame, mentre verso nord il limite morfologico è definito, lungo l'allineamento Druento – Venaria - Torino, dal t. Ceronda e dalla Stura di Lanzo, nella quale il Ceronda stesso confluisce presso Venaria.

Il sito in esame risulta pertanto estraneo ai processi associati alla rete idrografica naturale, costituita dai succitati corsi d'acqua, rispetto ai quali risulta sospeso altimetricamente di circa 15 metri rispetto alla Dora Riparia e di circa 25 – 30 m rispetto al t. Ceronda, che scorre circa 2 Km più a nord.

Come visibile sull'estratto di cartografia I.G.M. allegato in precedenza, sulla superficie sommitale del terrazzo fluvioglaciale sulla quale sorge l'area in esame, nella porzione nord - orientale del territorio comunale di Collegno, non si ha una vera e propria rete idrografica naturale, che risulta sostituita invece da una fitta rete di fossi, cavi e “*bealere*” irrigue.

Si tratta di una serie di corsi d'acqua di origine artificiale, derivanti dalla estesa modifica antropica operata nel corso dei secoli su una preesistente rete idrografica naturale, ove presente, costituita da embrionali assi di deflusso associati ad un precedente modellamento fluvioglaciale di tipo pluricursale, riferibile al modellamento pleistocenico della zona.

Nel caso in esame, l'andamento planimetrico della rete idrografia artificiale, caratterizzato da lunghi tratti marcatamente rettilinei, indica che questa rete idrografica secondaria è nata essenzialmente per un utilizzo di tipo irriguo; in particolare, nella zona in esame, vista la conformazione profondamente incassata della rete idrografica naturale, si tratta di una serie di canalizzazioni alimentate dalla Dora Riparia, mediante derivazioni poste tra Alpignano e Collegno.

Oltre all'utilizzo irriguo, nei secoli scorsi, e sino almeno al secondo dopoguerra, fossi e “*bealere*” venivano anche utilizzati come fonte di energia motrice, in particolare per l'alimentazione di mulini ed opifici.

Allo stato attuale, questi corsi d'acqua artificiali risultano peraltro profondamente modificati dall'urbanizzazione intercorsa negli ultimi decenni, che ne ha determinato la copertura artificiale su lunghi tratti, in corrispondenza all'attraversamento dei centri abitati, a seguito anche della loro progressiva perdita di importanza quale fonte di energia motrice per le industrie e, anche se in misura minore, come fonte di approvvigionamento idrico a scopi irrigui.

Anche nel contesto agricolo, la rete irrigua ha progressivamente assunto minore importanza, per il maggiore utilizzo di emungimenti da pozzo per soddisfare le esigenze agricole.

Presso il sito in esame, come riportato sugli elaborati progettuali, la principale rete idrografica artificiale è rappresentata dal “*Canale demaniale della Venaria*” (toponimo riportato sulle mappe catastali), che scorre sul margine nord – occidentale dell'area di cava, individuando fisicamente il confine amministrativo con il limitrofo Comune di Pianezza.

### 3.1.2. Analisi del rischio idraulico

A fronte di quanto discusso in precedenza relativamente alla sostanziale mancanza, nella zona in esame, di una qualche forma di rete idrografica naturale, ne deriva la conseguente assenza di rischio idraulico associato ai corsi d'acqua: nel contesto torinese, quest'ultimo è infatti associato agli eventi idrologici estremi, in corrispondenza ad eventi di piena con diverso tempo di ritorno, che possono interessare il f. Po ed i suoi affluenti, tra i quali la Dora Riparia.

A tale riguardo, si può fare riferimento agli studi condotti dall'Autorità di Bacino del F. Po, con sede a Parma, nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) e del successivo Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è stato redatto, ai sensi dell'art. 17, c.6/ter, della L. 18 maggio 1989, n. 183, dall'Autorità di Bacino del f. Po, con sede a Parma, ed approvato con D.P.C.M. del 24.07.1998 (G.U. n. 262 del 9/11/1998); esso è lo strumento per la delimitazione della regione fluviale, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (a fini insediativi, agricoli e industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali e ambientali.

L'ambito territoriale di riferimento del piano stralcio è costituito dal sistema idrografico dell'asta del Po e dei suoi affluenti; la classificazione delle Fasce Fluviali, evidenziata da apposito segno grafico nelle tavole grafiche appartenenti al piano stralcio stesso, è la seguente:

- Fascia di deflusso della piena (*"Fascia A"*), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento (per la quale viene assunto un tempo di ritorno  $Tr = 200$  anni), ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (*"Fascia B"*), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento; il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ( $Tr = 200$  anni) ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento); con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo;
- Area di inondazione per piena catastrofica (*"Fascia C"*), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento; con riferimento ai corsi d'acqua per cui sono state delimitate le fasce, la piena di riferimento per la Fascia C è stata assunta come segue:
  - asta del Tanaro, evento di piena del novembre 1994,

- restante parte dei corsi d'acqua principali nel sottobacino sotteso alla confluenza con il Tanaro: piena teorica con tempo di ritorno 500 anni.

In relazione alla rappresentazione grafica adottata sulla cartografia allegata al P.S.F.F., redatta all'origine in scala 1:25.000, nei casi in cui le linee di delimitazione delle fasce A e B coincidono, viene rappresentato convenzionalmente solamente il limite della Fascia B.

Così pure, nei casi in cui, in ragione dell'andamento topografico del terreno il limite esterno della Fascia C coincide con quello della B, viene rappresentato convenzionalmente solamente il limite della Fascia B.

Il successivo Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po, denominato anche P.A.I., adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del F. Po con la Deliberazione n. 1/99, nella seduta dell'11.05.1999, disciplina invece:

- le azioni riguardanti la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del Po, con contenuti interrelati con quelli del primo e secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali;
- l'estensione della delimitazione e della normazione ora detta ai corsi d'acqua della restante parte del bacino, assumendo in tal modo i caratteri e i contenuti di secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Relativamente al f. Po ed ai suoi affluenti, le fasce fluviali sono state delimitate dall'Autorità di Bacino, nell'ambito del PSFF e del successivo PAI, in funzione degli elementi conoscitivi (caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali, ambientali, culturali e i vincoli amministrativi) che caratterizzano la regione fluviale di ciascun corso d'acqua.

Da un punto di vista idrologico, le portate di riferimento per la delimitazione delle fasce fluviali sono state determinate dall'Autorità di Bacino nell'ambito del Sottoprogetto 1 del Piano di Bacino del Po, denominato *“Piene e naturalità degli alvei fluviali”*; tale studio ha analizzato le caratteristiche di piena dei corsi d'acqua principali del bacino del Po, sui quali sono poi state costruite le fasce di riassetto fluviale nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali; i risultati dello studio SP.1 sono poi stati riorganizzati ed omogeneizzati nell'ambito della *“Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”* emanata dall'Autorità di Bacino del Po, con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001, nell'ambito dell'approvazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Questi studi, redatti dall'Autorità di Bacino nell'ambito della stesura del P.S.F.F. e dei suoi allegati, hanno consentito di quantificare le portate di piena, per eventi con specifico tempo di ritorno, che sono poi state utilizzate per la perimetrazione delle fasce fluviali del f. Po nell'ambito del P.S.F.F..

Nell'implementazione di quest'ultimo, infatti, le portate stesse, riferite a specifiche sezioni di deflusso, hanno consentito di ricostruire il profilo di piena dei corsi d'acqua oggetto di perimetrazione, ricavando per ciascuna specifica sezione di deflusso l'altezza idrometrica associata

alla portata idrica di riferimento; l'altezza idrometrica così calcolata, raffrontata alle quote del piano campagna nelle zone circostanti l'alveo, ha consentito il tracciamento delle fasce fluviali.

Come illustrato nell'allegato estratto di cartografia, tratta dall'apposito visualizzatore *web* predisposto dalla Regione Piemonte <sup>(15)</sup>, l'area oggetto del presente studio ricade esternamente alla perimetrazione delle fasce fluviali del f. Dora Riparia; si rimanda altresì, a tale proposito, a quanto discusso al precedente par. 2.1.3 relativamente alla pericolosità geomorfologica locale.

Per un riferimento più aggiornato, si possono considerare le mappe della pericolosità e del rischio redatte nell'ambito del “*Piano di gestione del rischio di alluvioni*” (PGRA) predisposto dall'Autorità di Bacino del f. Po in adempimento del D.Lgs. 49/2010 e della Direttiva Europea 2007/60/CE (c.d. “Direttiva Alluvioni”).

Dall'esame delle cartografie (mappe di pericolosità e di rischio) allegate al suddetto PGRA, di cui si riporta in allegato un estratto, si può riscontrare un quadro conoscitivo significativamente implementato rispetto a quanto riportato nei precedenti strumenti di pianificazione a scala di bacino (P.S.F.F. e P.A.I.), in particolare per quanto riguarda l'estensione delle aree di esondazione associate ad eventi di piena non solo del t. Dora Riparia, ma anche del reticolo idrografico secondario.

Come si evince dall'estratto di cartografia allegato nel seguito, sulla base di tali cartografie, consultabili mediante il citato visualizzatore *web* predisposto dalla Regione Piemonte, l'area in esame ricade esternamente non solo alla perimetrazione delle aree caratterizzate da “*probabilità di alluvioni media (M - poco frequente)*”, ma anche alla perimetrazione delle aree caratterizzate da “*probabilità di alluvioni scarsa (L – rara)*”.





(15) Cfr.: <https://www.geoportale.piemonte.it/visregpigo/>.

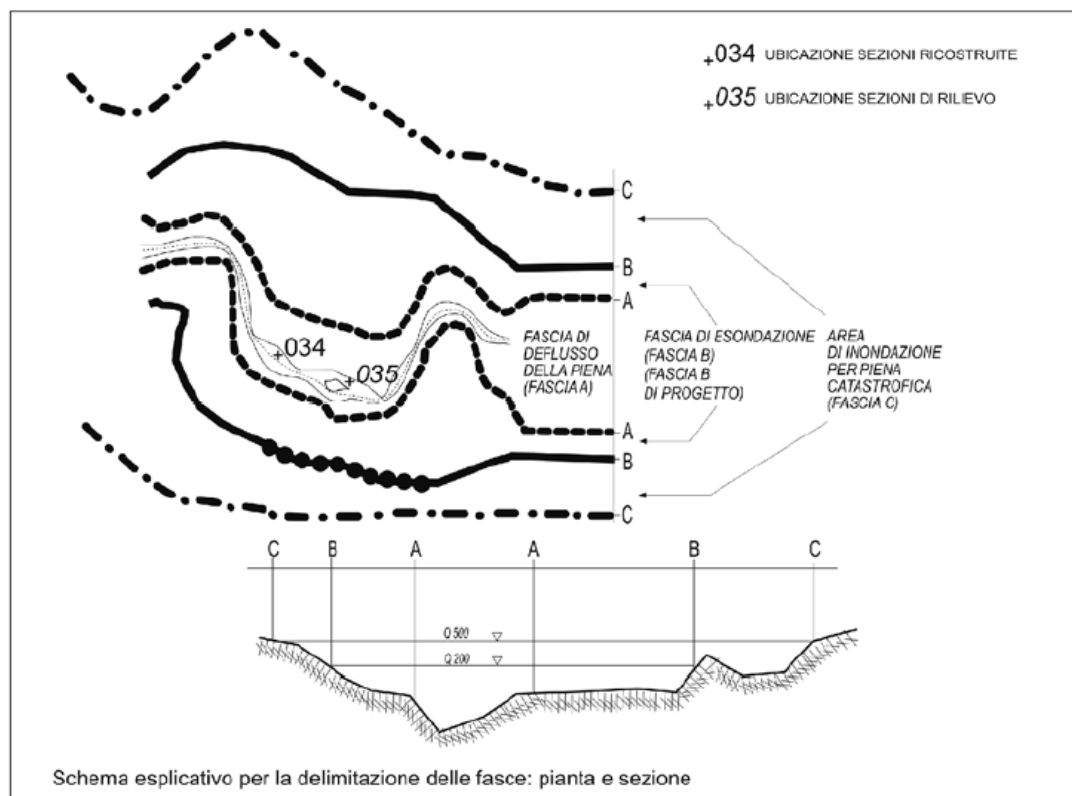




Individuazione dell'area oggetto di studio (ellisse rossa) rispetto alla perimetrazione delle fasce fluviali del t. Dora Riparia. Scala 1:20.000 circa. Legenda alla pagina seguente.

## LEGENDA

	limite (*) tra la Fascia A e la Fascia B
	limite (*) tra la Fascia B e la Fascia C
	limite (*) esterno della Fascia C
	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C







Individuazione del sito in esame (ellisse rossa) su estratto delle mappe della pericolosità da alluvioni redatte nell'ambito del "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni". Scala 1:25.000 circa.

Fonte: <https://www.geoportale.piemonte.it/visregpigo/>.

#### LEGENDA

##### Scenari di alluvioni - Pericolosità - 2019

- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
- Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)

## 3.2. Acque sotterranee (relazione idrogeologica)

### 3.2.1. Inquadramento idrogeologico generale

L'assetto idrogeologico della pianura a nord-ovest di Torino è quello tipico della maggior parte della pianura piemontese; si possono infatti riconoscere, dall'alto verso il basso, tre serie o "complessi" idrogeologici sovrapposti, ciascuno con caratteristiche litologiche e soprattutto idrogeologiche distinte.

La serie idrogeologica più superficiale ("Complesso I") è costituita dai sedimenti di origine continentale: si tratta di sedimenti grossolani (ghiaie e sabbia) con un'elevata permeabilità per porosità, di origine fluvioglaciale e fluviale.

Al di sotto di questi depositi è presente la cosiddetta *serie idrogeologica dei depositi di transizione* ("Complesso II"); si tratta delle alternanze ghiaioso-sabbiose e limoso-argillose del "Villafranchiano", termine cronostratigrafico con cui in geologia regionale viene indicato il passaggio da ambienti deposizionali marini ad altri di tipo continentale, al limite stratigrafico tra Pliocene superiore e Pleistocene inferiore: nella pianura piemontese, ed in quella torinese in particolare, i depositi riconducibili al Villafranchiano sono caratterizzati dalla presenza di ripetute alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi, di spessore da metrico a plurimetrico ed intercalati ad altri di tipo limoso-argilloso, spesso con presenza di torba, lignite e resti vegetali.

Nella accezione di utilizzo comune (in senso litostratigrafico) tra i geologi operanti in Piemonte, il "Villafranchiano" corrisponde quindi ad una facies caratterizzata da ripetute alternanze limoso-argillose e sabbioso-ghiaiose. Da un punto di vista idrogeologico, il "Villafranchiano" corrisponde invece ad un complesso multifalda, in quanto i livelli ghiaioso - sabbiosi, di natura permeabile, ospitano altrettante falde acquifere, separate tra loro da parte dei livelli limoso - argillosi, di natura impermeabile o scarsamente permeabile, che nella zona in esame costituiscono anche la base impermeabile della falda acquifera superficiale, impostata nel potente spessore di depositi fluvioglaciali del soprastante Complesso I.

Al di sotto dei livelli che costituiscono il complesso multifalda *Villafranchiano* si trovano poi i sedimenti che costituiscono la *serie dei depositi marini pliocenici* ("Complesso III"), costituiti da argille e silts argillosi, marne e marne sabbiose, che hanno comportamenti idrogeologici tipo *acquiclude*, e nei quali la presenza di falde idriche (in pressione) è limitata ai livelli sabbiosi intercalati ai sedimenti fini.

In prossimità della fascia di divagazione olocenica del f. Po, al piede delle colline torinesi, il complesso quaternario superficiale poggia direttamente sui depositi di origine marina di età terziaria, costituiti da marne, arenarie ed argille, che affiorano in superficie in corrispondenza dei rilievi collinari stessi: queste rocce, che costituiscono il cosiddetto "substrato terziario", possono infatti essere rinvenute, nel sottosuolo, al disotto di una debole copertura di depositi alluvionali, a costituire una struttura a "platea" che, dal piede dei rilievi collinari, si prolunga verso ovest nel sottosuolo della pianura, spingendosi anche in sponda sinistra del f. Po.

Allontanandosi dal corso d'acqua, la struttura a “platea” perde però la sua conformazione, così che il “substrato terziario” si localizza a profondità via via maggiori, tanto da raggiungere valori superiori al centinaio di metri; in concomitanza al progressivo approfondimento del “substrato terziario”, sotto la pianura, tra il complesso alluvionale e fluvio-glaciale quaternario ed i depositi marini terziari si interpone un “cuneo” di depositi riferibili al succitato complesso “Villafranchiano”, che si inspessisce allontanandosi verso ovest dal piede dei rilievi collinari.

Secondo quanto riportato nella “*Carta della base dell’acquifero superficiale*”, predisposta dalla Regione Piemonte e di cui è riportato in allegato un estratto <sup>(16)</sup>, in corrispondenza al sito in esame il tetto del complesso “Villafranchiano” si imposta ad una quota assoluta di circa 235 m s.l.m., che corrispondono ad una profondità di circa 40 metri dal p.c., a conferma di quanto illustrato, in precedenza, nell’analizzare le caratteristiche litostratigrafiche della zona.

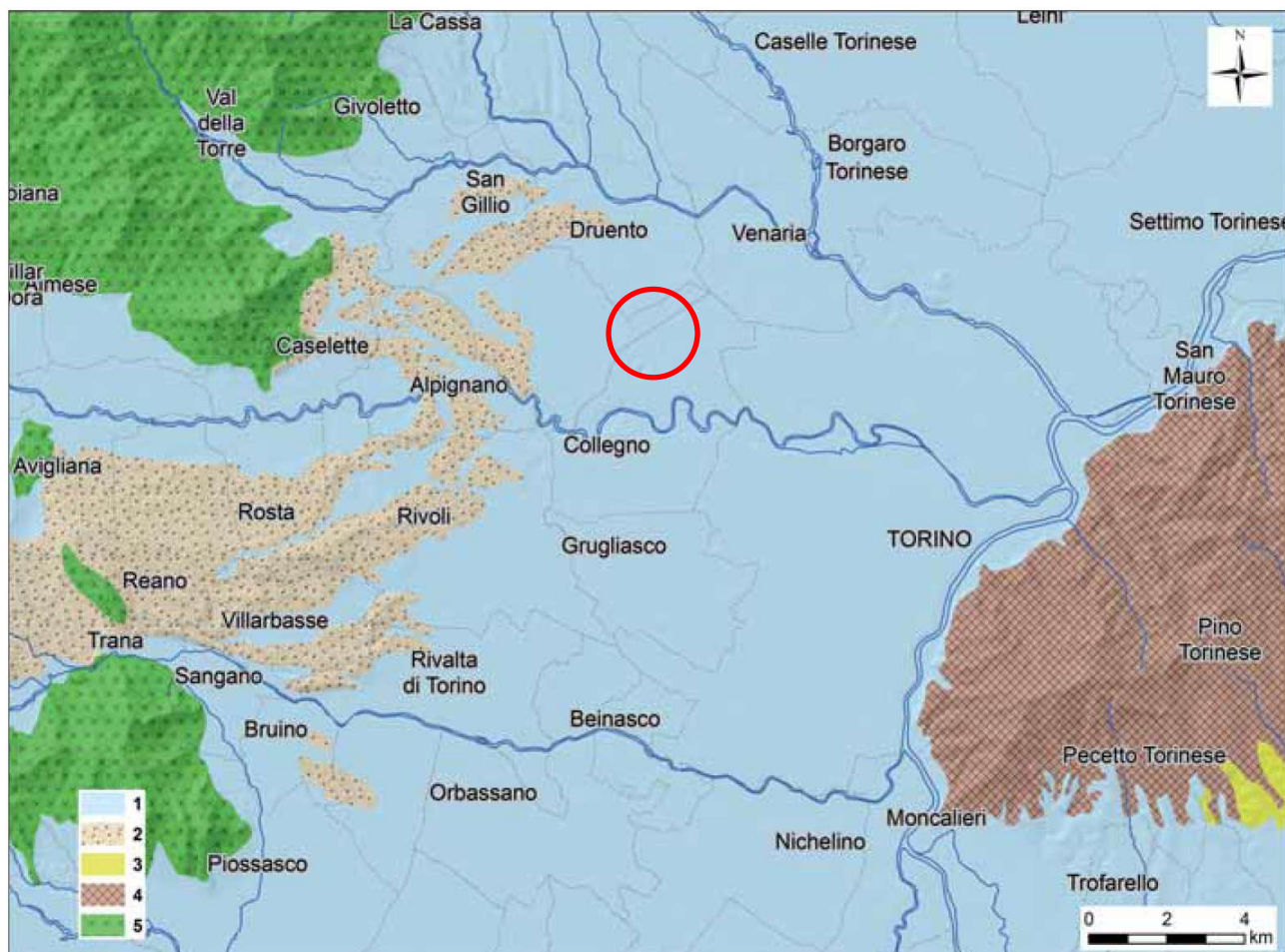
Come già segnalato, i più profondi tra i sondaggi eseguiti nell’ambito della limitrofa discarica “Cassagna”, spinti sino a circa 40 m dal p.c., avevano consentito di raggiungere la base dell’accumulo fluvio-glaciale presente in superficie, costituita dal top dei sottostanti depositi “Villafranchiani”, che nella zona in oggetto si imposta a profondità dell’ordine di poco meno di 40 m dal p.c., e che può essere individuato nei livelli argillosi e limosi, di colore ocreo o bruno giallastro, rinvenuti nei sondaggi a profondità di circa 39 – 40 m dal p.c..

Questi dati sono stati confermati dalle indagini geognostiche effettuate presso il sito in esame: come anticipato nel descrivere l’assetto litostratigrafico della zona, il sondaggio P1, eseguito nell’aprile 2021 e spinto sino a 40 m dal p.c., ha infatti raggiunto, ad una profondità di poco più di 39 metri, un livello di limo sabbioso debolmente argilloso, ossidato e di colore bruno – nocciola, che per caratteristiche litologiche e profondità può essere fatto corrispondere, in piena analogia con quanto riscontrato in passato in aree limitrofe, al top dei depositi in facies “villafranchiana” su cui poggia l’accumulo fluvio-glaciale affiorante in superficie.

Relativamente alle falde acquifere profonde, ospitate cioè nel complesso “Villafranchiano” o nei sottostanti depositi marini pliocenici, il sito interessato dall’intervento in progetto, secondo quanto riportato nella “*Carta delle aree di ricarica degli acquiferi profondi della pianura piemontese*”, predisposta dalla Regione Piemonte di concerto con l’Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra (Cfr.: D.D. 21 Luglio 2016, n. 268, “*Aree di ricarica degli acquiferi profondi - attuazione del comma 4 dell’articolo 24 delle Norme del Piano di Tutela della Acque. Approvazione della metodologia utilizzata e della delimitazione a scala 1:250.000*”, Bollettino Ufficiale n. 41 del 13/10/2016), ricade esternamente delle aree individuate, nella cartografia in parola, come “*aree di ricarica degli acquiferi profondi della pianura piemontese*”.

<sup>(16)</sup> I dati geografici della “*Carta della base dell’acquifero superficiale*”, nel più recente aggiornamento predisposto dalla Regione Piemonte, sono stati scaricati in formato shapefile tramite il Geoportale Piemonte e sovrapposti, per un più agevole riferimento, alla cartografia CTR in versione vettoriale.



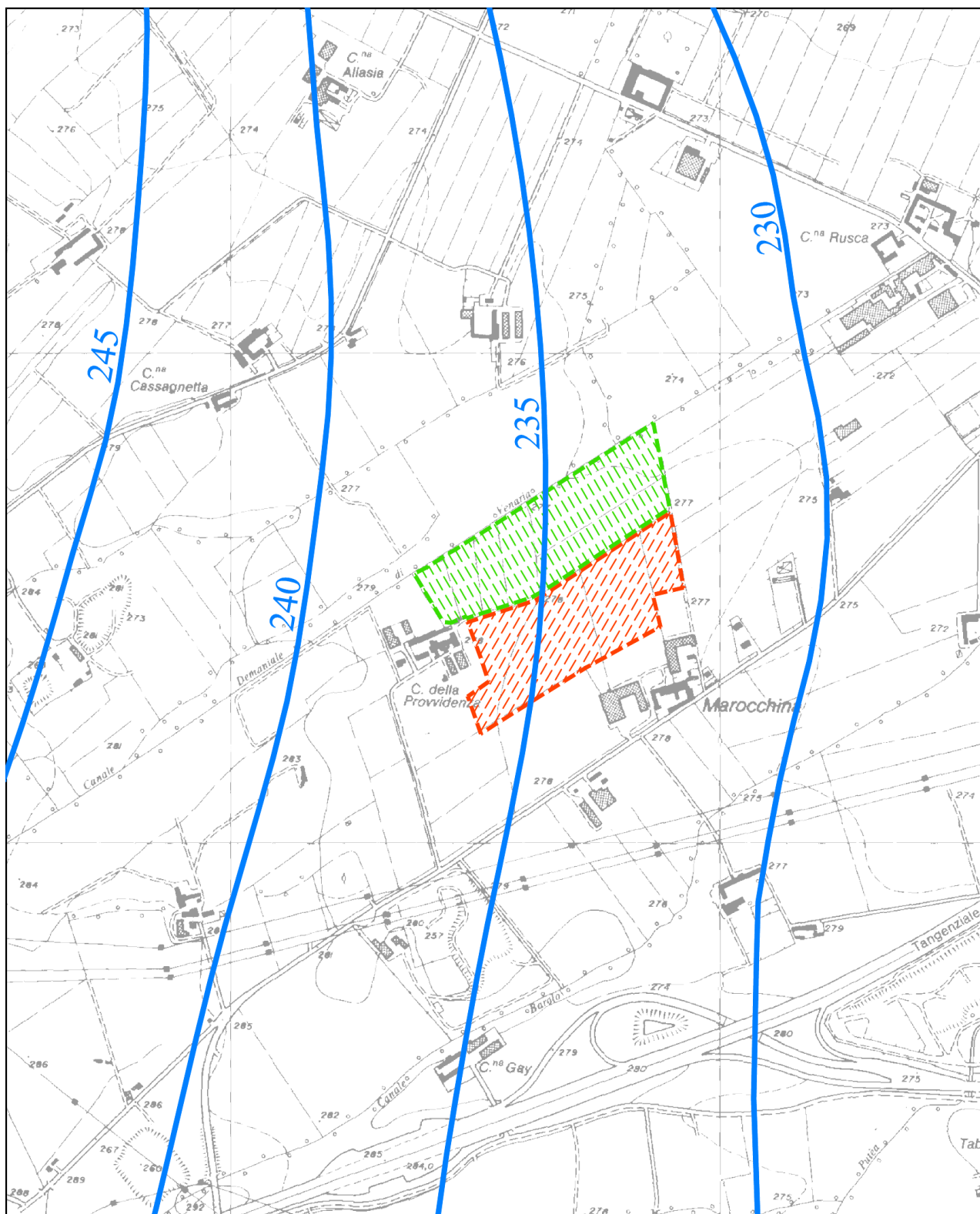


Inquadramento idrogeologico del “corridoio torinese”, tra i rilievi della Collina di Torino (a est) e l’Anfiteatro Morenico di Rivoli – Avigliana (a ovest) <sup>(17)</sup>, con individuazione del sito in esame (cerchio rosso):

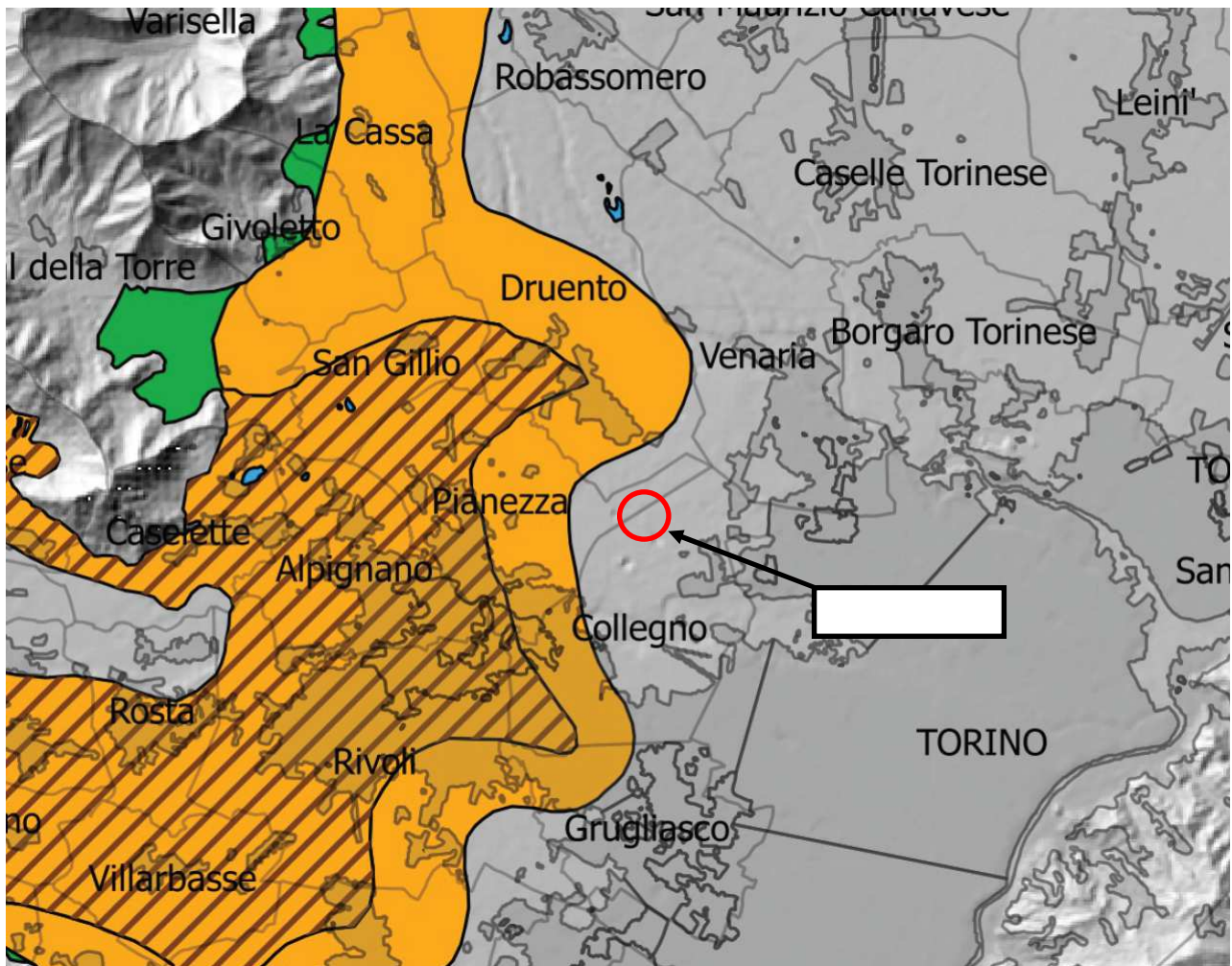
- 1) Complesso dei depositi fluviali e fluvioglaciali della pianura torinese;
- 2) Complesso dei depositi glaciali dell’Anfiteatro Morenico di Rivoli - Avigliana;
- 3) Complesso dei depositi marini pliocenici sabbiosi della Collina di Torino;
- 4) Complesso dei depositi marini pre - pliocenici della Collina di Torino;
- 5) Complesso delle rocce cristalline del bordo interno della catena alpina.

<sup>(17)</sup> Cfr.: DEL LUCA D.A., OSSELLA L., “*Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland*”, Atti del simposio “Geologia urbana di Torino”, Geologia dell’Ambiente, Supplemento al. Num. 1/2014.

Individuazione del sito in esame (in verde l'area estrattiva di pertinenza della ESCOGE S.r.l., in rosso quella della Cave Druento S.r.l.) su estratto della “Carta della base dell'acquifero superficiale” della Regione Piemonte (quote in m s.l.m.) sovrapposta alla cartografia CTR. Scala 1:10.000.







Estratto della “*Carta delle aree di ricarica degli acquiferi profondi della pianura piemontese*”, Regione Piemonte, Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra, (2016). Il cerchio rosso evidenzia l’ubicazione dell’area in esame.

#### LEGENDA

	Corsi d'acqua		Aree di ricarica degli acquiferi profondi della pianura piemontese
	Confine della regione Piemonte		Aree di potenziale ricarica degli acquiferi profondi della pianura piemontese in corrispondenza degli anfiteatri morenici
	Limiti amministrativi comunali		Fascia tampone delle aree di ricarica degli acquiferi profondi della pianura piemontese
	Centri abitati		
	Laghi		

### 3.2.2. Assetto idrogeologico locale

#### 3.2.2.1. Andamento piezometrico ad ampia scala

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, si può dire che l'andamento dei deflussi sotterranei nella zona in esame si inquadra, a grande scala, in quello di questo settore della pianura piemontese, per cui si può fare un primo riferimento a studi idrogeologici a scala regionale; in particolare, si può considerare la ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica nel settore di pianura della Provincia di Torino, effettuata nell'ambito di una ricerca eseguita e pubblicata negli anni trascorsi a cura della stessa Amministrazione Provinciale <sup>(18)</sup>.

Come visibile sulla planimetria allegata, tratta dallo studio citato e riferita al marzo 1986, si può notare che le linee isopieze, ossia le linee che uniscono i punti in cui la superficie piezometrica ha la stessa quota assoluta, risultano distribuite parallelamente al contorno del bordo alpino; le linee di deflusso, ortogonali alle isopieze, costituiscono varie direttrici che si innestano con andamento a raggiera sul corso del Po, che viene a costituire il livello di base locale.

A scala locale, le acque sotterranee presenti nell'area in esame hanno un deflusso diretto da nord-ovest verso sud-est, e vengono poi drenate dal fiume Po, che costituisce, in tutta la pianura torinese, il livello di base dei deflussi sotterranei.

Si può altresì fare riferimento a studi più recenti, condotti a livello provinciale e regionale <sup>(19)</sup>, dai quali si evince che, nell'ambito di questo settore della pianura torinese, le linee di flusso della falda sono dirette essenzialmente verso sud-est, cioè verso il corso del f. Po che rappresenta il livello di base generale della falda superficiale.

Il flusso idrico sotterraneo, a nord della Dora Riparia, è in genere orientato verso est -sud - est; nel settore tra Caselette, Druento e Venaria, viene riportata la presenza di uno spartiacque sotterraneo, con direzione grosso modo ovest - est ed andamento parallelo ai corsi d'acqua del Casternone e della Ceronda, che separa il flusso alimentante il sistema Casternone - Ceronda a nord, dal flusso che, dirigendosi verso sud-est e passando per l'area in esame, “sottopassa” la Dora Riparia (il cui alveo risulta per molti tratti “sospeso” altimetricamente rispetto alla falda) per andare ad alimentare il Po che, nell'ambito di tutto l'abitato di Torino, svolge costantemente una forte azione drenante nei confronti della falda superficiale.

Secondo tale studio, la Dora Riparia, superato l'Anfiteatro Morenico di Rivoli - Avigliana e per quasi tutto il tratto a monte di Torino, non mostra relazioni di alcun tipo con la falda, che scorre sostanzialmente indisturbata con una direzione di deflusso verso sud - est, a una quota di 10 - 15 metri inferiore rispetto al letto del fiume, che risulta quindi idrogeologicamente “sospeso” rispetto alla falda acquifera.

<sup>(18)</sup> Cfr.: BORTOLAMI G.C. et alii: “*Le acque sotterranee della pianura di Torino*”; Assessorato Ecologia Provincia di Torino, 1990.

<sup>(19)</sup> Cfr.: Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.: “*Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della provincia di Torino*”, in “*Idrogeologia della pianura piemontese*”, Regione Piemonte, 2005.

Nella cartografia allegata a tale studio, e che riporta la ricostruzione piezometrica relativa all'estate 2002, la superficie piezometrica risulta posta, presso l'area in esame, ad una quota di poco superiore ai 250 m s.l.m., che si traduce in una soggiacenza di circa 25 – 30 metri dal p.c., con un gradiente piezometrico diretto verso est-sud-est e pari a circa lo 0,8%.

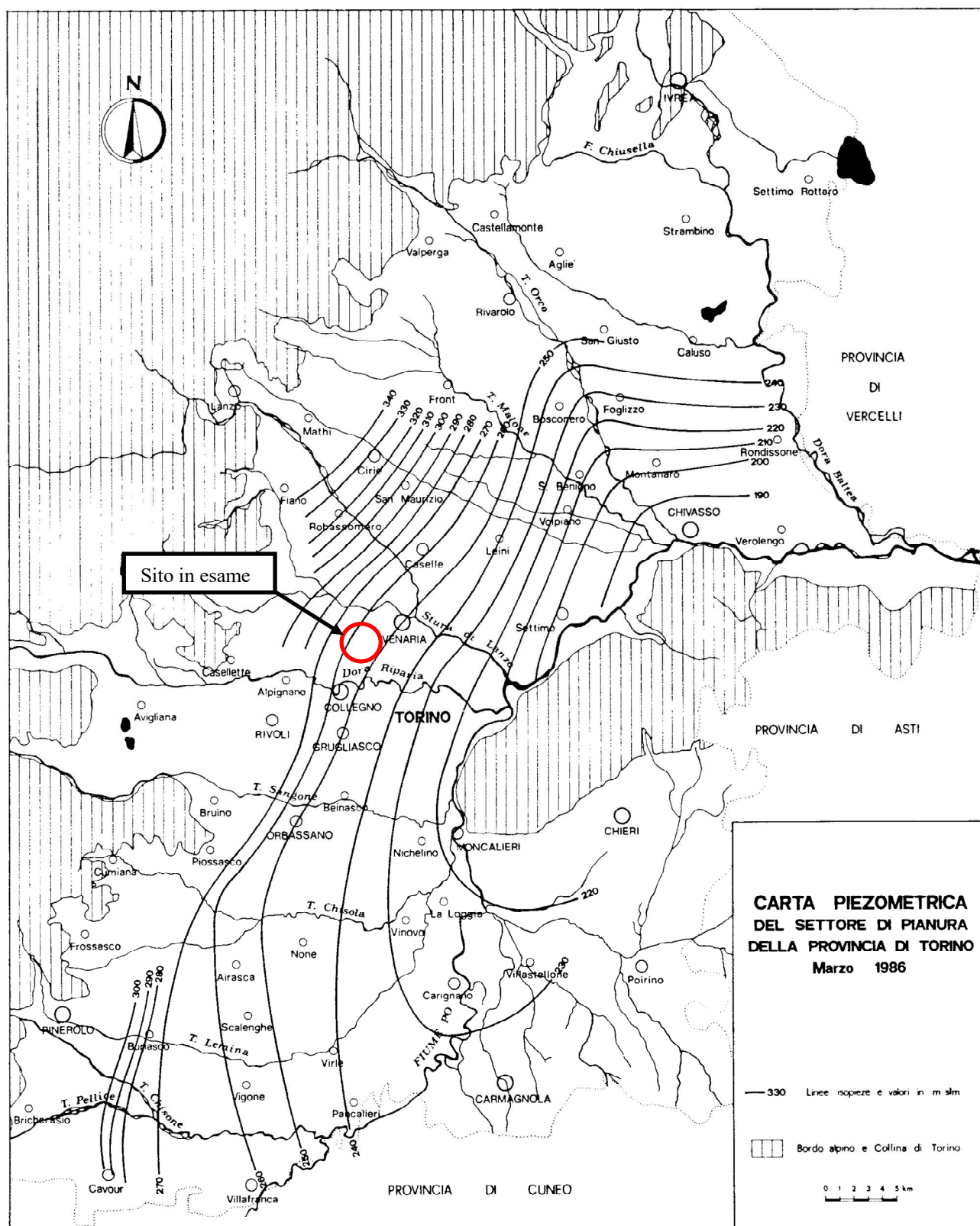
La ricostruzione piezometrica della falda idrica a superficie libera del territorio di pianura della Regione Piemonte (relativa all'estate 2002), può essere visualizzata anche mediante il Geoviewer di ARPA Piemonte <sup>(20)</sup>; dalla ricostruzione in oggetto, di cui si riporta in allegato un estratto a scala di dettaglio, relativo al sito in esame, si vede come, presso quest'ultimo, la quota piezometrica della falda superficiale, in quota assoluta, sia compresa tra circa 255 e 250 m s.l.m..

Per un riferimento a scala di maggiore dettaglio, si può infine considerare la carta piezometrica redatta nell'ambito delle più recenti indagini geologiche condotte a corredo del P.R.G. del Comune di Collegno (Cfr.: Tav. 11.5 – *Carta idrogeologica e delle fasce di rispetto delle risorse idropotabili*), di cui si riporta in allegato un estratto.

Come si evince dall'estratto allegato nel seguito, nei pressi del sito in esame la falda acquifera superficiale, in corrispondenza a tale ricostruzione, si livella ad una quota compresa tra i 250 ed i 255 m s.l.m., che, rapportata ad una quota del piano campagna pari a circa 280 m s.l.m., si traduce in una soggiacenza di circa 26 – 28 metri.

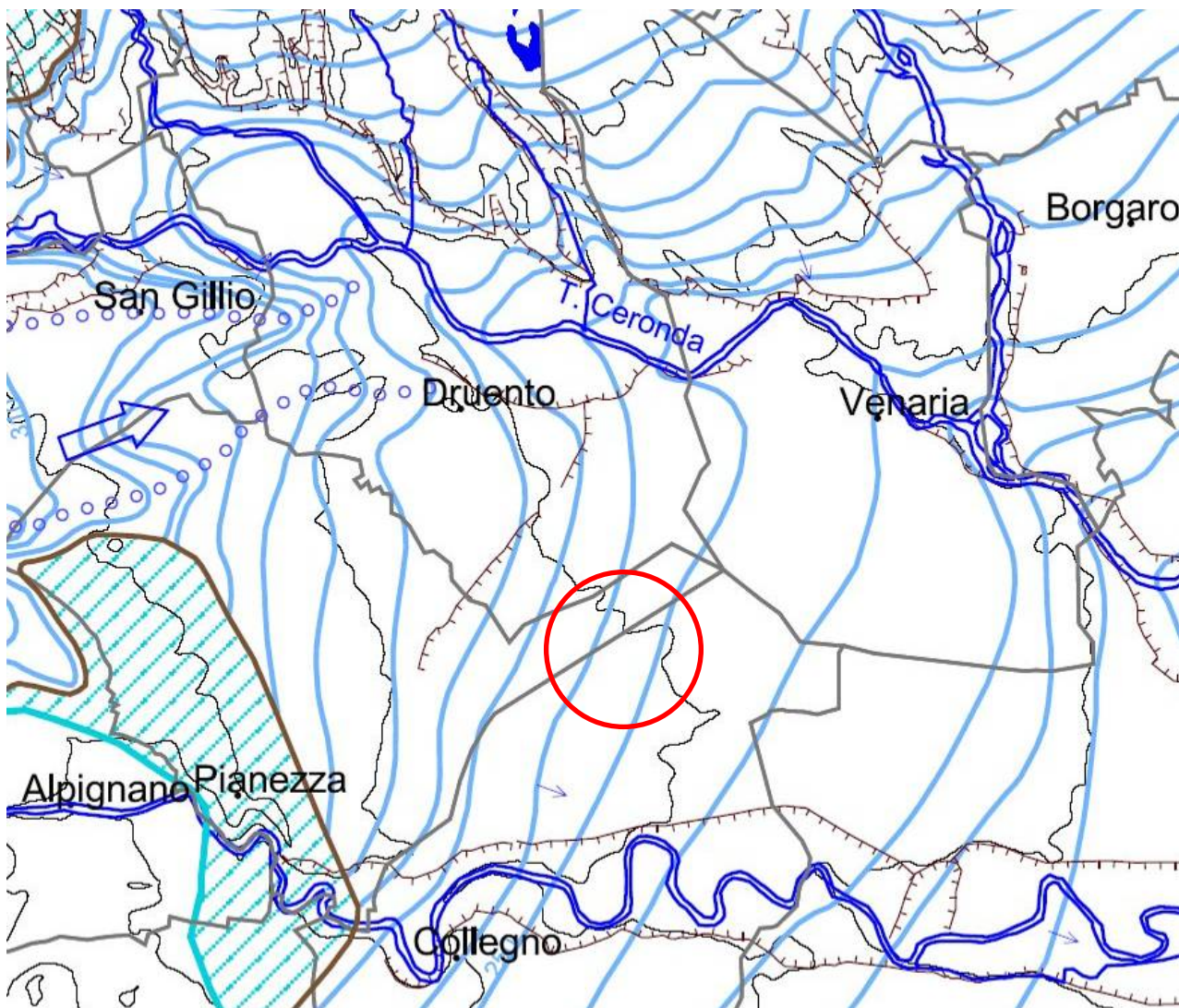
La direzione di deflusso della falda, in questa porzione settentrionale del territorio comunale, risulta diretta da ovest – nord – ovest verso est – sud – est, a definire il fianco settentrionale di un asse drenante, diretto grossomodo est – ovest, posto sull'allineamento C.na Gay – C.na Bergera.

<sup>(20)</sup> Cfr.: <http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa/index.html>.







Estratto da: Gc. Bortolami et alii, "*Le acque sotterranee della pianura di Torino: aspetti e problemi*", Assessorato Ecologia della Prov. di Torino, 1990.

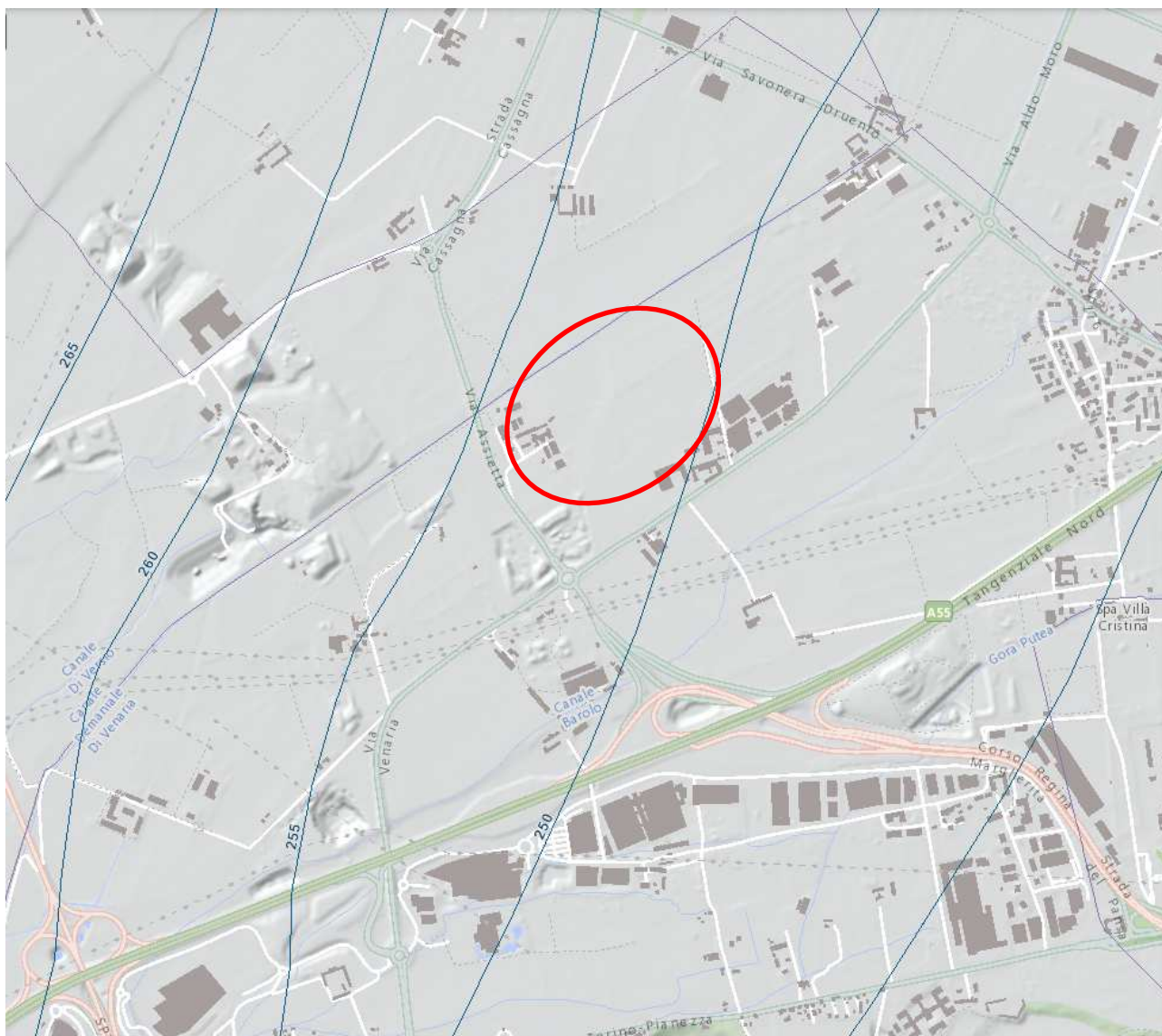




Estratto della “Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte” allegata alla pubblicazione “Idrogeologia della pianura piemontese”, Regione Piemonte, Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra, (2005). Il cerchio rosso evidenzia l’ubicazione dell’area in esame.

#### LEGENDA

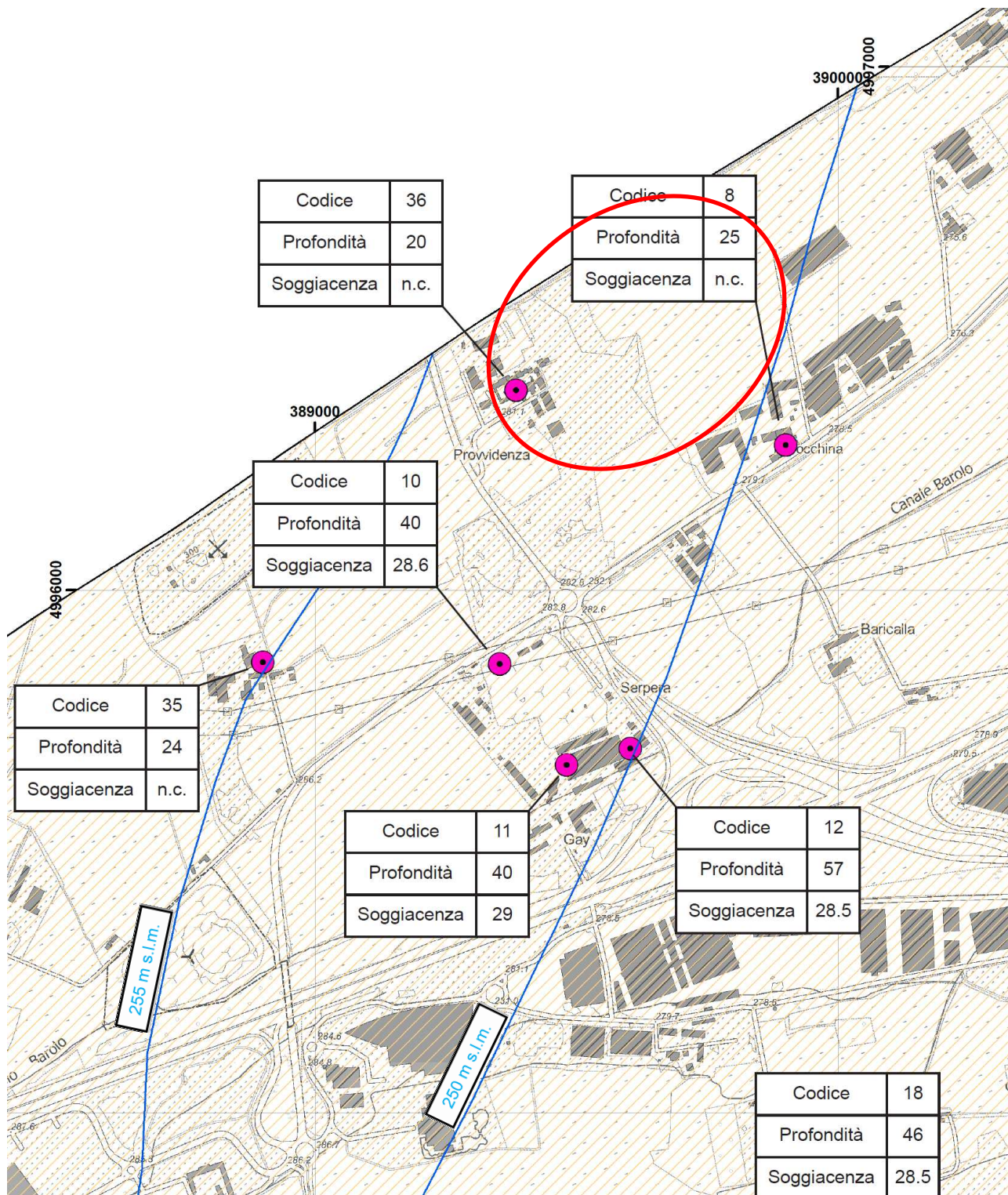
-  Assi drenanti
-  Spartiacque sotterranei
-  Linee di flusso
-  Linee isopiezometriche e relativa quota in m s.l.m.



Individuazione del sito in esame (ellisse rossa) sulla ricostruzione piezometrica della falda idrica a superficie libera del territorio di pianura della Regione Piemonte (relativa all'estate 2002), visualizzata mediante il Geoviewer di ARPA Piemonte. Scala 1:20.000 circa.



Individuazione del sito in esame (ellisse rossa) su estratto della Tavola 11.5 – “*Carta idrogeologica e delle fasce di rispetto delle risorse idropotabili*” allegata al P.R.G. del Comune di Collegno. Scala 1:12.500 circa, legenda alla pagina seguente.





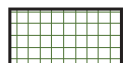
Legenda della Tavola 11. 5 – “*Carta idrogeologica e delle fasce di rispetto delle risorse idropotabili*” allegata al P.R.G. del Comune di Collegno.



Complesso dei terreni incoerenti a granulometria medio-grossa (permeabilità molto alta)



Complesso dei terreni incoerenti a debolmente alterati a granulometria medio-grossa (permeabilità alta)



Complesso dei terreni di origine glaciale (associazione di terreni incoerenti e coerenti) con lembi di paleosulo (permeabilità medio-bassa)



Complesso dei terreni coerenti (permeabilità medio-bassa)

### Dati idrogeologici

255

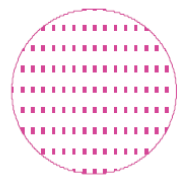
Isopieze (equidistanza 5 metri) e relativa quota assoluta



Pozzo

Codice	39
Profondità	93
Soggiacenza	47

Tabella dati pozzo



Fascia di rispetto (criterio geometrico e cronologico)

### 3.2.2.2. Assetto piezometrico a scala locale

A livello di inquadramento, nell'ambito del progetto estrattivo presentato nel 2016 si era fatto riferimento, per una prima ricostruzione dell'assetto piezometrico a scala locale, presso il sito di cava in esame, ai dati raccolti nell'ambito degli studi progettuali e soprattutto dei monitoraggi ambientali che vengono condotti, da ormai alcuni decenni, presso l'adiacente impianto di smaltimento controllato di rifiuti sito in località "Cassagna", in territorio del limitrofo Comune di Pianezza, poche centinaia di metri a ovest del sito di cava in esame, e che vengono periodicamente trasmessi agli Uffici Competenti.

Dall'esame di questi dati, e dalla loro estrapolazione verso il sito in parola, si era potuta valutare, presso il sito di cava, una soggiacenza della superficie libera della falda (ossia una profondità della medesima rispetto al piano campagna), dell'ordine di circa 25 – 28 metri.

A verifica di queste estrapolazioni, per il monitoraggio della soggiacenza della falda acquifera superficiale presso il sito di cava in esame, si era provveduto ad allestire a piezometro il sondaggio realizzato nel mese di luglio 2016 (individuato, nella descrizione svolta in precedenza, come "S1/2016", e come "Pz4" nei monitoraggi successivamente condotti, negli anni trascorsi, a seguito del rilascio dell'autorizzazione ex L.R. 23/2016) <sup>(21)</sup>.

Come illustrato in precedenza, per una migliore definizione della modellazione geologica del sito si era infatti provveduto ad effettuare un apposito sondaggio, eseguito a carotaggio continuo e spinto sino ad una profondità di 33 m dal p.c.; il sondaggio era stato effettuato all'estremità sud – occidentale dell'area interessata dal progetto estrattivo, relativamente alla porzione di competenza della Cave Druento S.r.l., caratterizzata da un maggiore sviluppo in profondità degli scavi.

Il sondaggio era stato eseguito esternamente al previsto ciglio degli scavi, così da consentire, essendo stato attrezzato a piezometro, di procedere al monitoraggio della falda acquifera per tutta la durata degli scavi, non generando interferenze con le attività di coltivazione mineraria.

Nel piezometro così ottenuto, la falda acquifera era risultata impostarsi, non appena terminate le operazioni di allestimento, ad una profondità di circa 27,70 m dal p.c., per poi livellarsi, a distanza di pochi giorni dal completamento del sondaggio, ad una profondità di circa 28,01 m dalla testa del chiusino metallico di protezione.

La quota assoluta di quest'ultimo era stata oggetto di rilevamento topografico, risultando pari a 280,750 m s.l.m., così che la superficie libera della falda risultava impostarsi, alla data del luglio 2016, ad una quota assoluta di 252,74 m s.l.m.; le successive misurazioni e rilevazioni avevano indicato come la falda acquifera fosse poi progressivamente risalita, portandosi a 254,63 m s.l.m. a fine agosto, per salire ulteriormente a 255,54 m s.l.m. a fine settembre.

Come anticipato, a seguito del rilascio del provvedimento autorizzativo ai sensi della L.R. 23/2016 il piezometro in parola, inizialmente individuato con il codice alfanumerico "Pz4", è stato

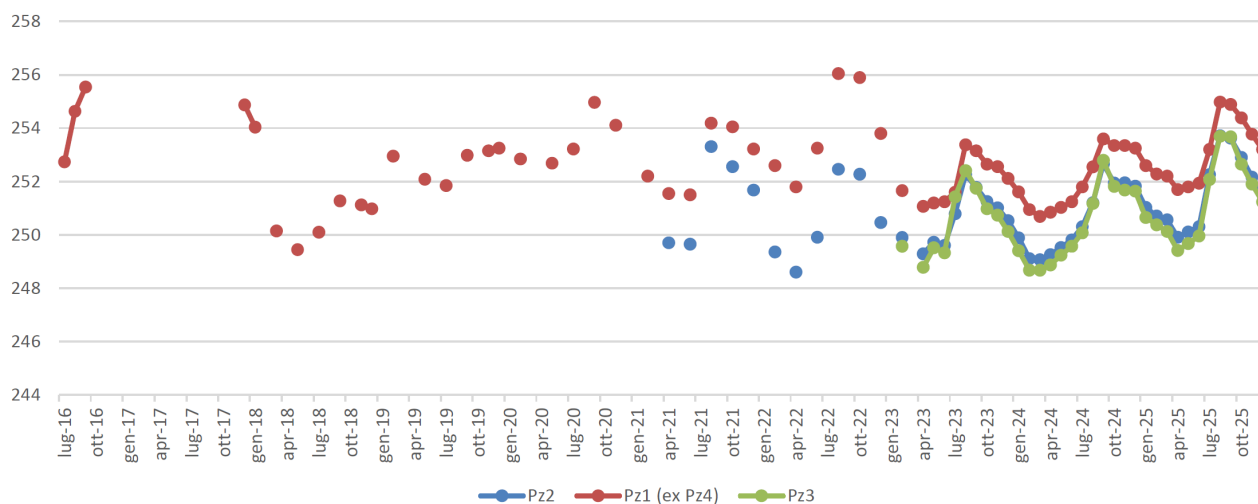
<sup>(21)</sup> La monografia del piezometro (individuato con il codice alfanumerico di Pz1) era stata riportata in calce alla relazione geologica del settembre 2016 (Cfr.: Elaborato C03.A), unitamente al report redatto dalla Compagnia Torinese Monitoraggi S.r.l. a conclusione della terebrazione del sondaggio e del completamento del piezometro stesso.

oggetto di monitoraggio periodico, con il rilevamento, con cadenza bimestrale, della soggiacenza, ossia della profondità, riferita al p.c., alla quale si livella il pelo libero della falda.

A seguito dell'effettuazione, nell'aprile 2021, del sondaggio individuato come "P1", realizzato sul margine orientale dell'area di previsto ampliamento della coltivazione mineraria ed anch'esso attrezzato a piezometro, i monitoraggi periodici della falda acquifera sono stati estesi anche al nuovo punto di misura, che è stata individuato con il codice di "Pz2".

A partire dal 2023, le rilevazioni hanno assunto cadenza mensile, andando ad interessare anche il piezometro Pz3, realizzato all'estremità nord – orientale dell'area estrattiva; nel proseguimento delle misurazioni, il piezometro Pz4 è stato rinominato Pz1: al riguardo, si rimanda agli elaborati progettuali predisposti dalla ESAGON s.a.s., sui quali è riportata l'ubicazione di dettaglio dei singoli piezometri.

Nel diagramma di seguito allegato, sono riportati i risultati (espressi in termini di quota assoluta, in m s.l.m., della superficie libera della falda) dei rilievi piezometrici effettuati tra il dicembre 2017 ed il dicembre 2025: i valori rilevati si inquadrano in pieno accordo nelle ricostruzioni a più ampia scala descritte in precedenza, in particolare in quella svolta nell'ambito degli studi a corredo del P.R.G. di Collegno, dalla quale si ricava una quota piezometrica assoluta, presso il sito in esame, compresa tra i 250 ed i 255 m s.l.m..



Quota piezometrica, espressa in quota assoluta (m s.l.m.) rilevata, nel periodo luglio 2016 – dicembre 2025, nei piezometri Pz1 (ex Pz4, sondaggio S1/2016), Pz2 (sondaggio P1 dell'aprile 2021) e Pz3.

Come ben evidenziato dal grafico allegato, nel periodo di monitoraggio "in parallelo" dei tre distinti piezometri, posti alle estremità opposte dell'area estrattiva oggetto di studio, sia sul lato a monte – gradiente che su quello a valle – gradiente si è potuta osservare e riscontrare la concordanza nelle variazioni dei livelli piezometrici tra i tre punti di osservazione, con oscillazioni sincrone e di entità paragonabile.

### 3.2.2.3. Regime della falda acquifera

Le osservazioni condotte, negli anni trascorsi, presso il sito di cava in esame, svolte nell'ambito delle autorizzazioni rilasciate ai sensi della L.R. 23/2016, indicano la presenza di oscillazioni stagionali della falda freatica di ordine da metrico a plurimetrico.

Nel periodo di osservazione considerato, dalle rilevazioni piezometriche si è potuto riscontrare un regime caratterizzato, a fronte di alcune irregolarità a scala interannuale, da un unico massimo annuale, in concomitanza con l'inizio della stagione autunnale.

Come si evince dal diagramma allegato in precedenza, il massimo di inizio autunno, che coincide solitamente con il mese di settembre, è preceduto da un marcato innalzamento dei livelli piezometrici nel periodo estivo, che spesso prende avvio già a partire dai mesi primaverili: si riscontra infatti un minimo primaverile, che viene registrato tra i mesi di aprile e maggio.

Questo regime può essere correlato ai notevoli apporti irrigui che caratterizzano l'utilizzo agricolo della zona, con un effetto, in parte ritardato per via della elevata soggiacenza, di ricarica artificiale della falda.

La risalita che caratterizza la falda nel corso della stagione estiva è probabilmente da ricollegarsi anche all'effetto di ricarica della falda stessa da parte della Dora Riparia al suo sbocco in pianura o nell'ultimo tratto vallivo, all'interno dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli, in conseguenza delle maggiori portate del corso d'acqua nel periodo tardo primaverile: quest'ultimo è infatti caratterizzato da maggiori apporti meteorici nel bacino idrografico della Dora Riparia, cui si aggiunge l'effetto del progressivo scioglimento del manto nevoso nelle porzioni montane del bacino.

Dall'interno dell'Anfiteatro Morenico, il corso d'acqua alimenta la falda acquifera per tramite di apporti di subalveo; l'apporto risulta però "sfalsato" e ritardato di alcuni mesi, rispetto al picco delle portate fluviali, per effetto della velocità propria della falda, che si diparte a raggiera verso l'esterno dell'Anfiteatro.

A partire dall'inizio dell'autunno inizia un progressivo, lento abbassamento della falda che prosegue nell'inverno e nella primavera successiva, fino al minimo annuo che si registra solitamente nella media - tarda primavera, dopo di che inizia la nuova risalita estiva.

La peculiare tipologia di regime piezometrico annuo che caratterizza questo e altri settori del territorio piemontese è stata oggetto di specifiche pubblicazioni scientifiche <sup>(22)</sup>, nell'ambito delle quali è stato individuato come riferibile, tra i diversi casi di "comportamento idrodinamico" riconosciuti nel contesto regionale, al "sottogruppo B1", caratterizzato da un massimo principale in estate ed un minimo principale a fine inverno – inizio primavera.

A tale tipologia viene anche riferito il piezometro P30 della rete di rilevamento regionale, situato in Comune di Venaria, circa 2 Km a nord – est del sito di cava in esame; questa tipologia,

<sup>(22)</sup> Cfr.: M. LASAGNA, S. MANCINI, D.A. DE LUCA; "Groundwater hydrodynamic behaviours based on water table levels to identify natural and anthropic controlling factors in the Piedmont Plain (Italy)"; Science of the Total Environment, n. 716 (2020).

che è tipica del settore nord – orientale del Piemonte, oggetto di colture risicole, viene espressamente attribuita, a fronte del regime pluviometrico piemontese (caratterizzato da massimi afflussi meteorici nei periodi primaverile ed autunnale), alla presenza di cospicui apporti irrigui nella stagione estiva.

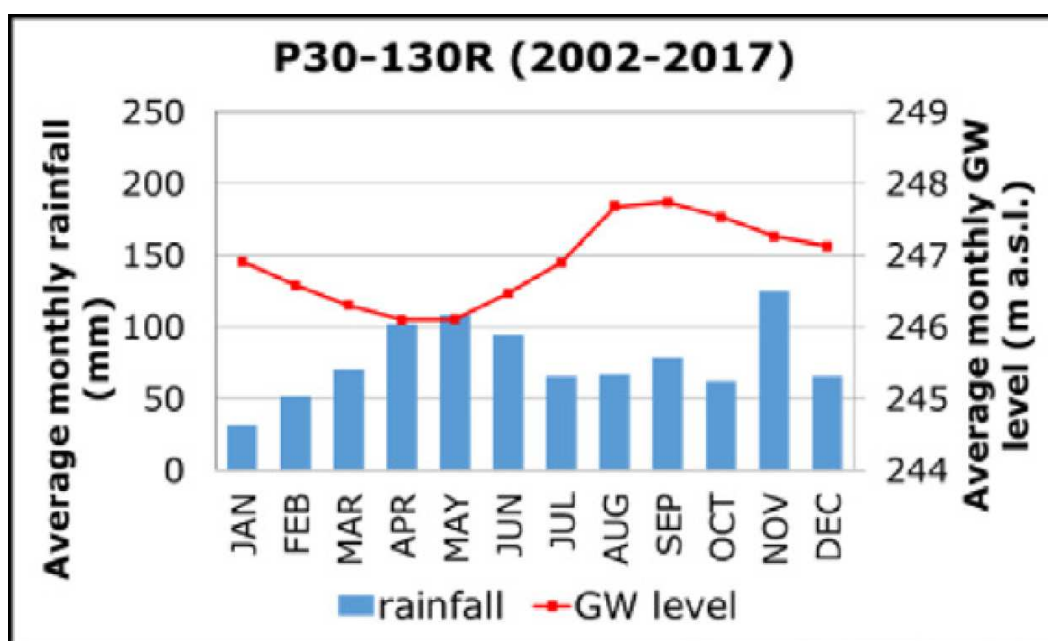
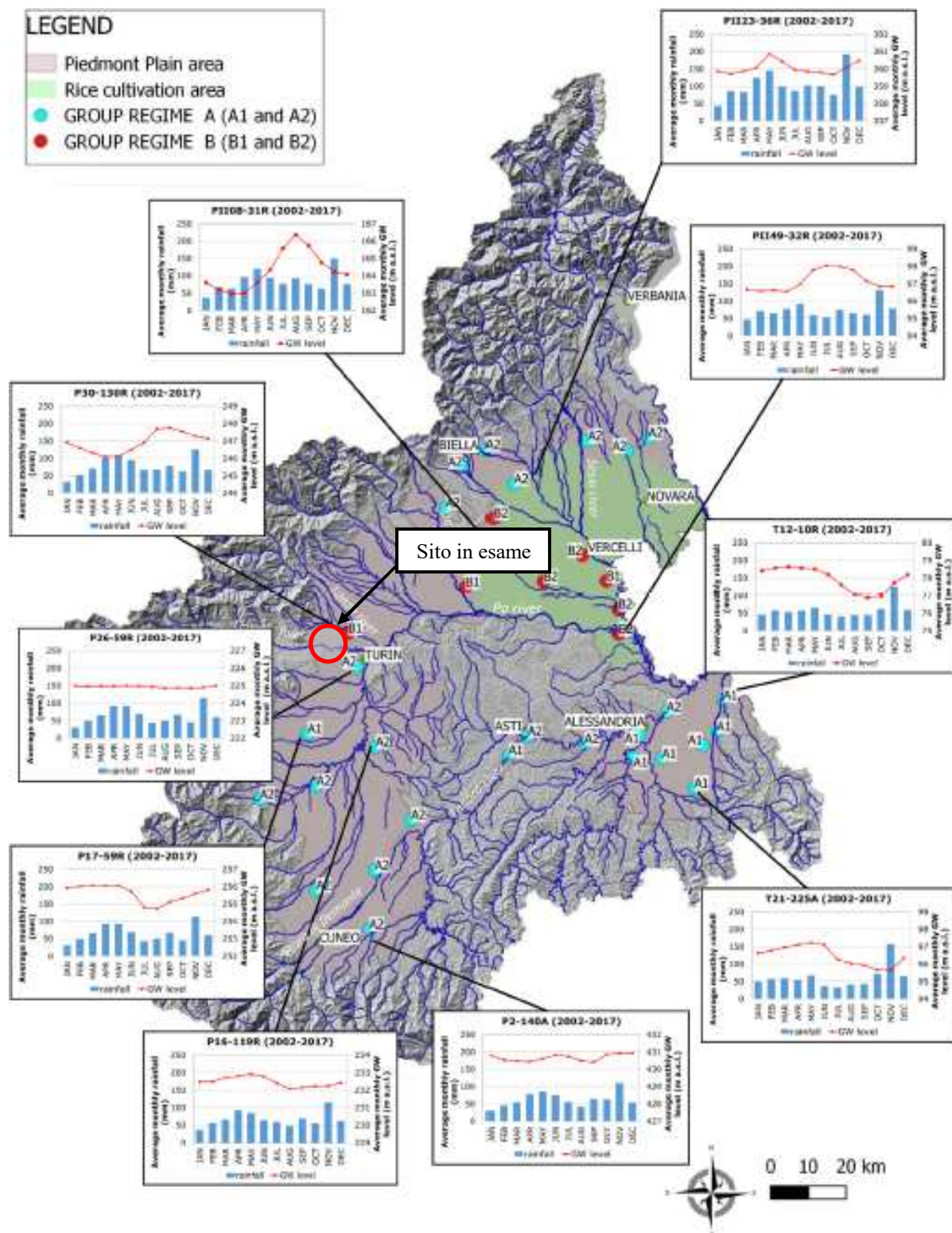


Diagramma esemplificativo del comportamento idrodinamico riferibile al “sottogruppo B1”, caratterizzato da un massimo principale in estate ed un minimo principale a fine inverno – inizio primavera, nelle misurazioni condotte presso il piezometro P30 della rete di rilevamento regionale, situato in Comune di Venaria, circa 2 Km a nord – est del sito di cava in esame <sup>(23)</sup>.

<sup>(23)</sup> Cfr.: M. LASAGNA, S. MANCINI, D.A. DE LUCA; “Groundwater hydrodynamic behaviours based on water table levels to identify natural and anthropic controlling factors in the Piedmont Plain (Italy)”; Science of the Total Environment, n. 716 (2020).



Individuazione del sito in esame (cerchio rosso) rispetto alla distribuzione spaziale, nel contesto piemontese, delle diverse tipologie di comportamento idrodinamico dell'acquifero superficiale <sup>(24)</sup>.

<sup>(24)</sup> Cfr.: M. LASAGNA, S. MANCINI, D.A. DE LUCA; "Groundwater hydrodynamic behaviours based on water table levels to identify natural and anthropic controlling factors in the Piedmont Plain (Italy)"; Science of the Total Environment, n. 716 (2020).

#### 3.2.2.4. Escursione piezometrica stagionale

Per analizzare l'andamento a scala temporale dei livelli piezometrici, al fine di consentire un inquadramento nel contesto locale dei dati piezometrici rilevati negli anni trascorsi presso il sito in esame, si può fare riferimento alle serie storiche di dati sull'escursione della falda acquifera superficiale raccolte nell'ambito dei citati monitoraggi ambientali che vengono condotti, da ormai alcuni decenni, presso l'adiacente impianto di smaltimento controllato di rifiuti sito in località "Cassagna", in territorio del limitrofo Comune di Pianezza, poche centinaia di metri a ovest del sito di cava in esame, come pure presso l'impianto di smaltimento per rifiuti sito in loc. "Barricalla" del Comune di Collegno, posto poco più di 1 Km a sud – est della cava in oggetto.

L'analisi su scala pluriennale dell'andamento dei livelli di falda conferma, in entrambi i casi, un regime caratterizzato da un minimo annuale, posto in corrispondenza al periodo tardo primaverile, ed un massimo individuabile invece nel periodo estivo o di inizio autunno, in modo analogo a quanto osservato negli anni trascorsi presso la cava in esame; si può confermare quindi l'attribuzione alla tipologia "B1" del comportamento idrodinamico dell'acquifero superficiale in questo settore della pianura torinese.

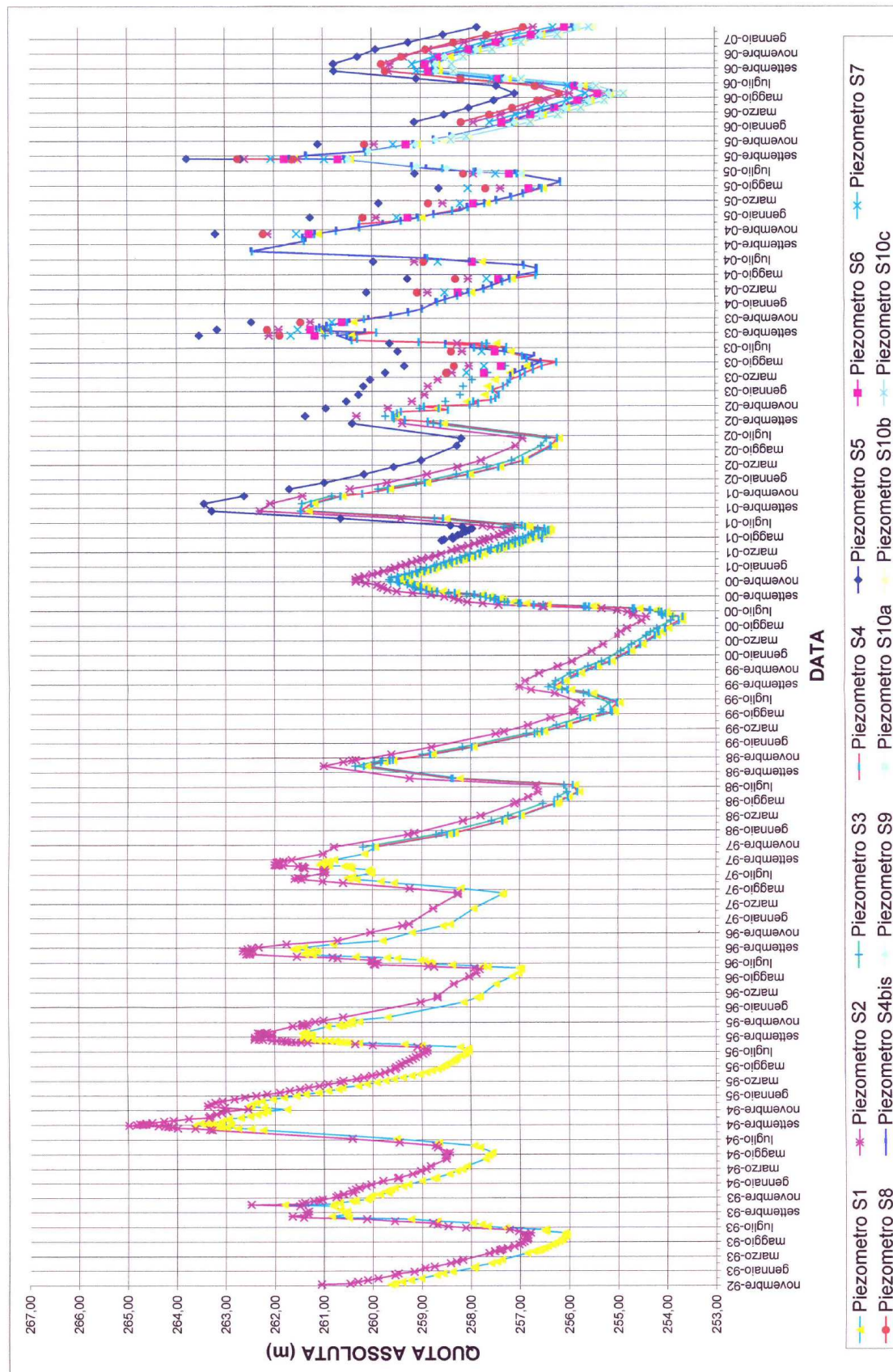
Di particolare significato risulta il grafico "storico" relativo alle rilevazioni condotte presso l'impianto in loc. "Cassagna" nel periodo novembre 1992 – febbraio 2007 <sup>(25)</sup>, in cui era stata riscontrata la massima escursione piezometrica (di poco precedente l'evento alluvionale del novembre 1994) ed una maggiore escursione annua.

Per considerare un arco temporale più prossimo al periodo odierno, si può fare riferimento alle rilevazioni piezometriche condotte presso l'impianto di smaltimento per rifiuti in loc. "Barricalla" del Comune di Collegno, posto poco più di 1 Km a sud – est della cava in oggetto: dal diagramma di seguito allegato <sup>(26)</sup>, relativo al periodo 2002 – 2015, si può osservare il persistere di un regime sostanzialmente analogo, in cui risalta, a scala pluriennale, la risalita riscontrata nel periodo 2008 – 2009, ad interrompere un precedente periodo caratterizzato da un trend alla diminuzione dei livelli piezometrici, anche se negli anni successivi tale trend si è nuovamente evidenziato, come peraltro riscontrato, a più ampia scala, sull'intero territorio regionale piemontese.

<sup>(25)</sup> Cfr.: dott. geol. S. ACCOTTO, "Relazione geologico – tecnica" a corredo del "Progetto di ampliamento del terzo lotto della discarica mediante raccordo con i lotti esauriti" in località Cassagna del Comune di Pianezza, esercita dalla CASSAGNA S.r.l.. Torino, luglio 2007.

<sup>(26)</sup> Cfr.: BARRICALLA S.p.A. – "Sfruttamento e valorizzazione delle restanti superfici allo smaltimento dei rifiuti e completamento del parco fotovoltaico nell'impianto di Barricalla S.p.A. in Collegno (TO) - Adeguamento ai fini dell'A.I.A. - Relazione geologico – geotecnica", luglio 2016.

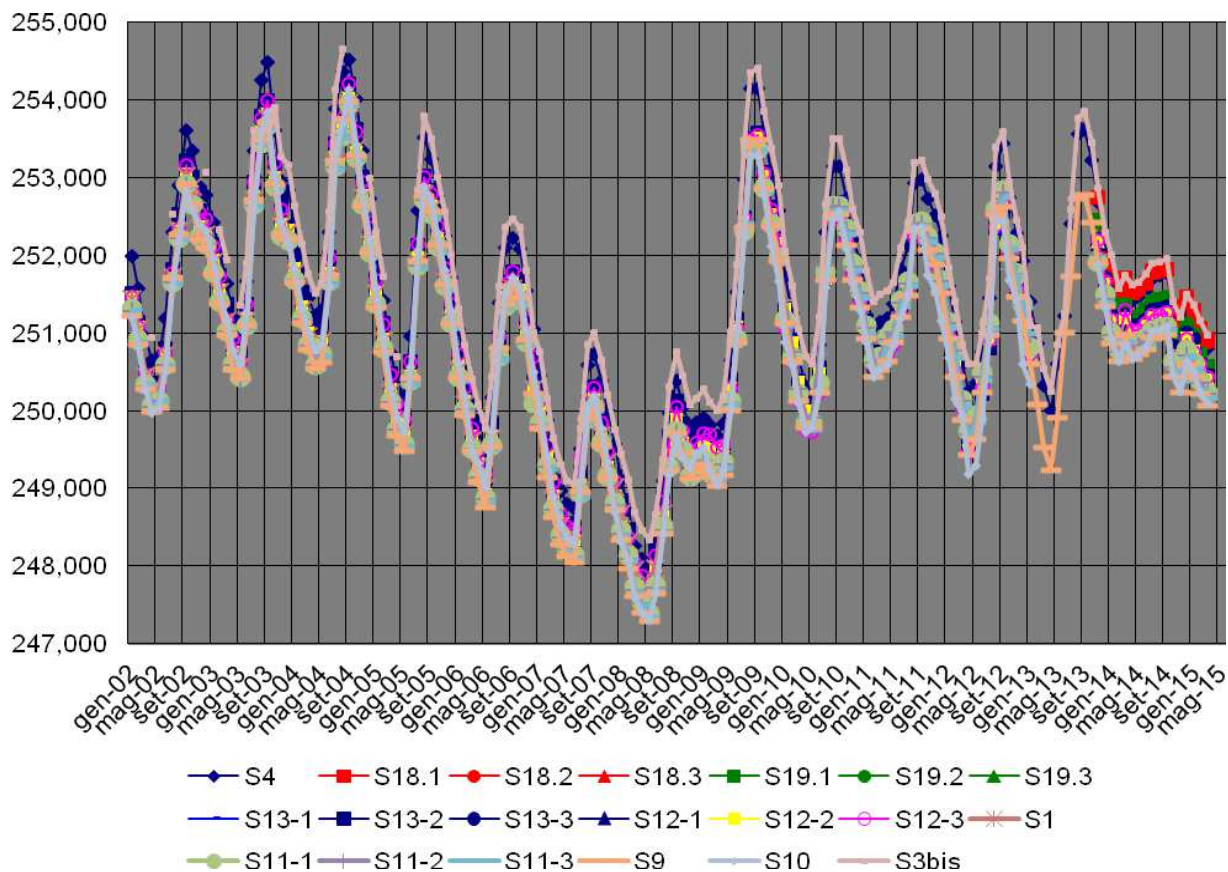




Andamento dei livelli piezometrici presso la discarica in località “Cassagna” nel periodo 1992 - 2007.



Andamento dei livelli piezometrici presso la discarica “Barricalla” nel periodo 2002 – 2015 <sup>(27)</sup>



<sup>(27)</sup> Cfr.: BARRICALLA S.p.A. – “Sfruttamento e valorizzazione delle restanti superfici allo smaltimento dei rifiuti e completamento del parco fotovoltaico nell’impianto di Barricalla S.p.A. in Collegno (TO) - Adeguamento ai fini dell’A.I.A. - Relazione geologico – geotecnica”, luglio 2016.

### 3.2.2.5. Escursione piezometrica a scala pluriennale

Al fine di un'analisi a più ampia scala temporale, i dati rilevati negli anni trascorsi presso il sito in esame sono stati confrontati con l'andamento della falda in siti limitrofi: in particolare, le serie storiche discusse in precedenza, rilevate nei limitrofi impianti di smaltimento di rifiuti (Cassagna e Barricalla), sono state oggetto di analisi al fine di individuare, nell'arco di tempo considerato, le oscillazioni più significative (soprattutto in termini di massimi piezometrici)

Considerando l'intero periodo di osservazione per il quale sono disponibili i dati piezometrici, la massima escursione è stata osservata, in entrambi gli impianti, in occasione dell'agosto - settembre 1994.

Partendo da tali considerazioni, nell'ambito della “Relazione specialistica” sugli aspetti geologici ed idrogeologici (Elaborato C03.A) redatta a corredo del progetto estrattivo presentato nel settembre 2016, sottoposto alla procedura di VIA, per ricostruire l'assetto piezometrico a scala locale, in termini di massima escursione storica della falda, si era pertanto provveduto ad analizzare le quote piezometriche rilevate presso i piezometri S1 della discarica “Cassagna” ed S9 della discarica “Barricalla”, che erano state raffrontate e correlate con i dati piezometrici registrati nel piezometro Pz2, installato presso la cava di sabbia e ghiaia sita in località “Cascina Allasia” del limitrofo Comune di Druento (TO), poco meno di 1 Km a nord del sito in esame.

Il raffronto dei dati rilevati presso i tre punti di misura aveva evidenziato un regime piezometrico sostanzialmente analogo, caratterizzato, come illustrato in precedenza relativamente a questo settore della pianura torinese nord – occidentale, da un unico massimo annuale alla fine del periodo estivo, che viene rilevato pressoché simultaneamente nei tre piezometri, a definire un regime riconducibile alla tipologia oggi individuata come “B1”.

Mediante l'analisi e l'interpolazione di questi dati, si era ottenuta la ricostruzione del pannello piezometrico in corrispondenza alla massima escursione storica, riscontrata nel settembre 1994, che viene riproposta in allegato nel seguito (redatta su base cartografica CTR); dalla ricostruzione così ottenuta si nota un andamento delle linee di deflusso sotterraneo diretto da WSW verso ENE, ossia con andamento radiale rispetto al corpo della conoide fluvio-glaciale.

Da tale ricostruzione, già allegata ai precedenti studi progettuali, si evince che nel settore orientale dell'area oggetto di intervento la massima escursione “storica” della falda acquifera può essere quantificata, sulla base dell'analisi dei dati storici, come pari a circa 259 m s.l.m., mentre risulta compresa tra i 260 e 261 m s.l.m. in quello occidentale.

Per contro, i monitoraggi condotti negli anni trascorsi hanno evidenziato valori significativamente inferiori, in termini di massima escursione, che è infatti risultata pari a circa 256,05 m s.l.m., riscontrata nell'agosto 2022 nel piezometro Pz4 (ora Pz1), posto all'estremità sud - occidentale dell'area estrattiva.

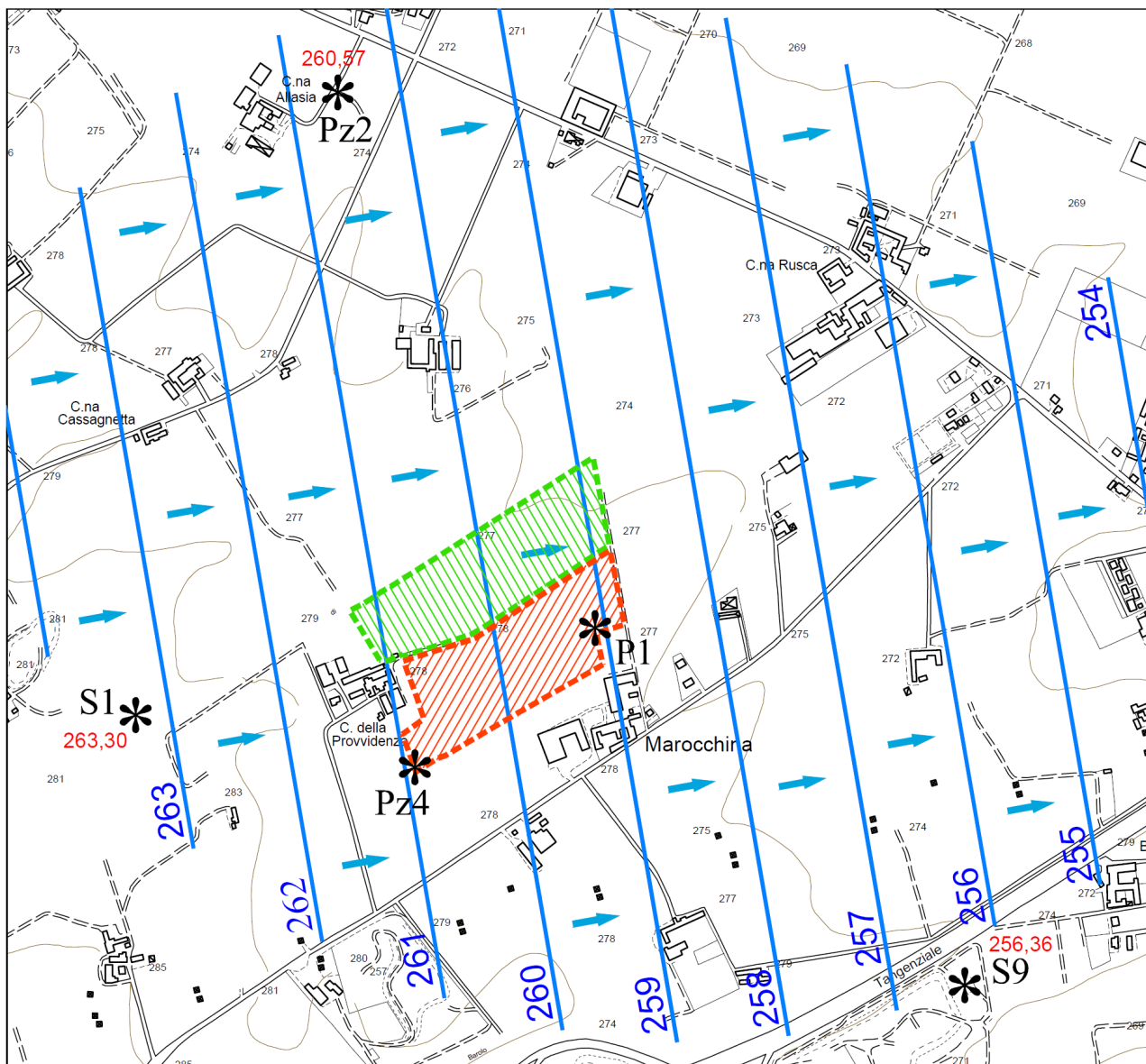
Risultano quindi confermate le assunzioni cautelative che erano state fatte in termini di individuazione delle quote di massimo scavo, che garantiscono il mantenimento di un adeguato

franco di rispetto dalla falda anche in concomitanza alla massima escursione storica riscontrata nei decenni trascorsi.

In condizioni “ordinarie”, riferibili al regime effettivamente riscontrato negli ultimi anni presso il sito di cava, illustrate nel diagramma allegato in precedenza (relativo alle rilevazioni che vengono effettuate nei piezometri Pz1, Pz2 e Pz3), si è potuto verificare che i livelli piezometrici si impostano a quote ricadenti in un range compreso tra circa 248 e 256 m s.l.m., ampiamente inferiore quindi, come già osservato, alla massima escursione registrata (autunno 1994).

Il progetto di proseguimento della coltivazione mineraria prevede comunque, come già i progetti estrattivi correntemente autorizzati, il completo ritombamento della fossa di scavo, così da ripristinare l’originario spessore di materiale a copertura e protezione della falda acquifera.

Individuazione del sito in esame (in verde l'area estrattiva di pertinenza della ESCOGE S.r.l., in rosso quella della Cave Druento S.r.l.) sulla carta piezometrica relativa alla massima escursione "storica" (ricostruzione al settembre 1994). E' indicata anche l'ubicazione dei piezometri di monitoraggio presenti presso la cava in esame, sotto forma del piezometro Pz4 (oggi individuato come Pz1, posizionato nel sondaggio S1/2016) e del nuovo piezometro (oggi individuato come Pz2) installato nel sondaggio P1, eseguito nell'aprile 2021. Scala 1:15.000 circa, quote delle linee isopieze in m s.l.m., con equidistanza pari ad 1 metro.



### 3.2.3. Caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero

#### 3.2.3.1. Dati di archivio

Come si è visto in precedenza, per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, nell'area indagata la presenza in superficie di terreni a granulometria grossolana, quindi con una buona permeabilità, consente una rapida infiltrazione degli apporti meteorici, che alimentano la falda acquifera che si imposta nel potente spessore di depositi ghiaioso-sabbiosi e ciottolosi, a granulometria medio-grossolana, che costituiscono il corpo della conoide fluvioglaciale che si diparte dall'anfiteatro morenico di Rivoli.

Per la determinazione delle caratteristiche idrodinamiche di tale acquifero, si può fare riferimento innanzitutto ad una serie di prove e misurazioni effettuate negli anni trascorsi, svolte a corredo della progettazione e realizzazione dell'impianto di smaltimento controllato di rifiuti sito in località "Cassagna" <sup>(28)</sup>, posto poche centinaia di metri a ovest del sito di cava in esame.

In particolare, in occasione dei sondaggi geognostici eseguiti nel 1992 da parte della Ditta ABRATE di Carmagnola erano state eseguite alcune prove di permeabilità, svolte nei fori di sondaggio a profondità comprese fra 16 e 21 m; le risultanze di tali prove, riportate in allegato nel seguito, avevano fornito valori del coefficiente di permeabilità  $K$  variabili da  $5,8 \times 10^{-4}$  cm/sec a  $9,9 \times 10^{-4}$  cm/sec, indicativi di una permeabilità media.

Al fine di valutare in modo più accurato le caratteristiche della falda acquifera della zona, calcolandone i principali parametri idrodinamici, erano poi state effettuate, nell'ambito delle indagini svolte a corredo della progettazione della citata discarica "Cassagna", come pure della discarica in loc. "C.na Gay", posta circa 4 - 500 m a sud della cava stessa, delle apposite prove di pompaggio, utilizzando (nel caso della discarica "Cassagna") come punti di osservazione i piezometri installati nei sondaggi geognostici S1 ed S2, appositamente predisposti per lo studio della falda, e come punti di emungimento i pozzi di spurgo e di servizio parimenti realizzati nell'intorno della discarica.

La determinazione delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero, quali trasmissività e coefficiente di immagazzinamento, può essere effettuata infatti tramite l'esecuzione di prove di pompaggio, da condurre a portata costante in regime transitorio, ossia quel regime in cui le condizioni di flusso dipendono dal tempo, cioè quando pressione, velocità e densità del fluido sono variabili nel tempo in ciascun punto dell'acquifero.

Nelle prove di pompaggio eseguite in regime transitorio, se si riportano gli abbassamenti del livello piezometrico, rilevati in un pozzo di osservazione, in funzione del tempo su di un grafico bilogaritmico, si ottengono delle curve abbassamenti - tempi, il cui andamento permette di riconoscere il tipo di falda.

<sup>(28)</sup> Cfr.: dott. geol. S. ACCOTTO, "Relazione geologico – tecnica" a corredo del "Progetto per la sopraelevazione del lotto 3 dell'esistente discarica di rifiuti solidi urbani" in località Cassagna del Comune di Pianezza, esercita dalla CASSAGNA S.r.l.. Torino, febbraio 2006.

Una volta individuata la tipologia della falda, la determinazione dei parametri idrodinamici dell'acquifero può essere ottenuta tramite l'interpretazione dei dati sperimentali.

In particolare, tra i principali parametri idrodinamici dell'acquifero oggetto di determinazione, si può dire che la trasmissività  $T$  è definita, fisicamente, dal volume d'acqua che può fluire attraverso una sezione di acquifero di larghezza unitaria ed altezza  $b$ , pari allo spessore dell'acquifero, nell'unità di tempo, quando si è in presenza di un gradiente piezometrico unitario; essa è definita dall'espressione  $T = K \cdot b$ , in cui  $K$  è la conducibilità idraulica dell'acquifero.

Con il coefficiente di immagazzinamento  $S$  si indica invece il volume di acqua liberata o immagazzinata per unità di superficie dell'acquifero, quando si ha una variazione di carico piezometrico unitaria: nelle falde freatiche si può considerare questo parametro come uguale alla porosità efficace, e compreso solitamente fra  $10^{-1}$  e  $10^{-3}$ .

Nei casi in esame, relativi alle discariche “Cassagna” e “C.na Gay”, poste entrambe a poche centinaia di metri dal sito di cava in oggetto, per l'interpretazione dei dati sperimentali era stato applicato il metodo di analisi di tipo grafico-analitico; mediante questo metodo, per determinare quantitativamente i parametri idrodinamici della falda è necessario cercare la migliore sovrapposizione tra le curve campione e la curva sperimentale; dall'andamento della curva si può inoltre determinare la tipologia dell'acquifero (freatico, artesiano, a drenaggio ritardato, ecc...).

I risultati dell'interpretazione, nei due casi considerati, già trasmessi a suo tempo agli Uffici Competenti ai fini dell'iter istruttorio ed autorizzativo delle discariche in questione, erano stati i seguenti:

Località:	C.na Gay	C.na Cassagna
Tipologia dell'acquifero:	falda freatica con drenaggio ritardato	falda freatica con drenaggio ritardato
Trasmissività $T$ :	$5,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$4,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
Coefficiente di immagazzinamento $S$ :	$7,0 \cdot 10^{-2}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$

Considerata la stretta distanza che intercorre tra i siti considerati, per la definizione delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero presso l'area di cava in esame si possono pertanto utilizzare i seguenti parametri medi:

- trasmissività:  $T = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s};$
- coefficiente di immagazzinamento:  $S = 6,5 \cdot 10^{-2}.$

Risultati delle prove di permeabilità di tipo “Lefranc”  
svolte nel 1992 presso il sondaggio S2  
nella discarica “Cassagna”.

### PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE

sondaggio: P2

litologia: sabbia con limo e ghiaia.

profondità foro: 16.50 m

Ø 152 mm

profondità rivestimento: 16.00 m

♂ 152 mm

durata prova: 45 min.

tempi (sec.)

abbassamenti (m)

0  
60  
120  
240  
360  
480  
600  
720  
900  
1200  
1500  
1800  
2100  
2400  
2700

1.50  
3.60  
4.10  
5.40  
6.20  
7.38  
7.70  
8.00  
8.20  
8.63  
9.00  
9.50

coefficiente di permeabilità K:  $5.845 \times 10^{-4}$  cm/sec.

sondaggio: P2

litologia: ghiaia e ciottoli con sabbia limosa.

profondità foro: 21.00 m

Ø 152 mm

profondità rivestimento: 20.50 m

Ø 152 mm

durata prova: 45 min.

temp1. (sec.)

abbassamenti (m)

0  
60  
120  
240  
360  
480  
600  
720  
900  
1200  
1500  
1800  
2100  
2400  
2700

2.00  
3.00  
5.30  
7.90  
8.20  
9.40  
10.50  
11.80  
13.10  
14.40  
15.30  
16.60  
17.60  
19.00

coefficiente di permeabilità K:  $9.910 \times 10^{-4}$  cm/sec.

### 3.2.3.2. Prove di permeabilità in sito

A fronte delle indagini svolte negli anni trascorsi, si è provveduto a nuove, specifiche prove in sito, al fine di meglio caratterizzare, a scala locale di dettaglio, la permeabilità del deposito fluvioglaciale oggetto di coltivazione mineraria.

Come illustrato in precedenza, per una migliore definizione della modellazione geologica del sito, negli anni trascorsi si era provveduto, a corredo della predisposizione del progetto estrattivo presentato nel 2016, ad effettuare un apposito sondaggio, eseguito a carotaggio continuo e spinto sino ad una profondità di 33 m dal p.c..

Nel marzo 2021, era poi stato eseguito, sempre a cura della Citiemme S.r.l. di Torino, un nuovo sondaggio, realizzato nel settore orientale dell'ara estrattiva e spinto sino a 15 metri dal p.c..

Nel mese di aprile 2021, infine, era stato eseguito un ulteriore sondaggio geognostico: il nuovo sondaggio, individuato come "P1", era stato effettuato, sempre da parte della Citiemme s.r.l., presso l'estremità sud – orientale dell'area di previsto ampliamento dell'intervento estrattivo, rivolto verso la "C.na Marocchina".

Nell'ambito della realizzazione di tale sondaggio, si era provveduto ad effettuare anche alcune prove di permeabilità in sito, del tipo "Lefranc" a carico costante.

La prova di permeabilità di tipo "Lefranc", che viene eseguita in foro nei terreni attraversati da un sondaggio, permette di determinare la permeabilità dei terreni al fondo dei fori di sondaggio; diversamente dalle prove di emungimento in falda, essa consente di quantificare la permeabilità di un deposito alluvionale anche al di sopra del livello della falda presente nel deposito medesimo.

La prova è infatti destinata a misurare la conducibilità idraulica del terreno; essa viene eseguita misurando gli assorbimenti di acqua, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro di sondaggio di lunghezza predeterminato: per l'esecuzione della prova è infatti necessario che le pareti del foro siano rivestite con un tubo di rivestimento per tutto il tratto non interessato dalla prova.

Nel caso di terreni a conducibilità non elevata, la prova viene eseguita a carico idraulico variabile, mentre nel caso di una elevata conducibilità viene svolta a carico idraulico costante.

I vantaggi offerti da questa tipologia di prove si possono riassumere nei seguenti punti:

- velocità di esecuzione;
- in genere non serve una pompa e non è necessaria la disponibilità di un piezometro vicino al sondaggio in cui essa viene eseguita;
- i dati non sono influenzati dalla possibile presenza di pozzi vicini in pompaggio.

Dal punto di vista dei principi teorici su cui si basa la prova, al fine di ricavare la conducibilità idraulica di un deposito permeabile, si fa riferimento all'immissione o al prelievo dall'acquifero (sia esso saturo o insaturo, nel caso si operi fuori falda) di un determinato volume di acqua dal pozzetto o dal foro di sondaggio, e dalla misura dei livelli in quest'ultimo, per un certo periodo di tempo o fino al raggiungimento di un equilibrio.



Da un punto di vista pratico, diversamente dalle prove di emungimento, la prova viene svolta misurando l'assorbimento di acqua da parte dell'acquifero, facendo filtrare quest'ultima attraverso la parete laterale ed il fondo di un tratto del foro di sondaggio, di lunghezza predeterminata e privo di rivestimento, al fine di consentire il libero passaggio dell'acqua, per filtrazione attraverso la superficie esterna del foro.

Per l'esecuzione della prova è quindi necessario che le pareti del foro siano rivestite con un tubo per tutto il tratto non interessato dalla prova: ciò sia per sostenere il foro di sondaggio, sia per limitare il passaggio dell'acqua ad uno specifico tratto di foro, così da misurare la permeabilità di quel corrispondente livello stratigrafico.

A tale scopo, prima di eseguire la prova deve essere effettuata un'accurata pulitura del foro, affinché il deposito attraversato, in corrispondenza a tale livello, non risulti in qualche modo "disturbato" dalla presenza di materiale fine depositato sulla parete esterna del foro per effetto delle operazioni di perforazione.

In materiali a bassa permeabilità la prova può essere eseguita a carico variabile, ossia riempiendo con acqua il foro, fino alla sommità del rivestimento, e misurando poi il progressivo svuotarsi del medesimo, per effetto della progressiva filtrazione dell'acqua nel terreno; si misura cioè la diminuzione nel tempo del livello dell'acqua, dalla testa del tubo di rivestimento, fino al raggiungimento del livello della falda nel terreno circostante (se presente).

Nel caso invece di materiali ad elevata permeabilità, le prove vengono eseguite misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro.

Durante l'effettuazione del sondaggio P1, come illustrato dagli allegati report di prova redatti dalla Citiemme S.r.l., riproposti nel seguito, erano state eseguite tre diverse prove di permeabilità, in corrispondenza dei livelli stratigrafici a 4 – 5 m dal p.c., 11 – 12 m dal p.c. e 14 – 15 m dal p.c., così da caratterizzare l'intero spessore del giacimento oggetto di coltivazione mineraria; dall'interpretazione delle prove, era stato possibile quantificare un valore di permeabilità  $K$  del deposito compreso tra  $3,25 \times 10^{-6}$  e  $3,53 \times 10^{-7}$  m/s.

The graph shows a linear relationship between the volume of air entering the system (Volume Ingresso) and time (Tempo). The data points are as follows:

Tempo [s]	Volume Ingresso [m³]
0	0,0000
60	0,0009
120	0,0018
180	0,0027
240	0,0036
300	0,0045
360	0,0054

The linear equation for the data is  $y = 2E-05x$ .

**Note e osservazioni:**

Il Direttore del Laboratorio

A line graph showing the relationship between Time (s) on the x-axis and Volume immersed (m³) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 400 with major ticks every 50 units. The y-axis ranges from 0,0000 to 0,0050 with major ticks every 0,0005 units. A series of data points, represented by blue squares, shows a linear increase in volume immersed over time. A green line of best fit is drawn through the points, and its equation,  $y = 1E-05x$ , is displayed in a green box in the upper right area of the plot.

Tempo [s]	Volume immerso [m³]
0	0,0000
60	0,0008
120	0,0015
180	0,0022
240	0,0030
300	0,0038
360	0,0046

## Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

The graph shows a linear relationship between the volume of air entering the system (Volume Ingresso) and time (Tempo). The x-axis represents time in seconds (s), ranging from 0 to 400. The y-axis represents the volume of air entering in cubic meters (m³), ranging from 0,0000 to 0,0600. A blue line with square markers represents the data, and a green line shows the linear fit with the equation  $y = 0,0002x$ .

Tempo [s]	Volume Ingresso [m³]
0	0,0000
60	0,0090
120	0,0180
180	0,0270
240	0,0360
300	0,0450
360	0,0540

## Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

### 3.3. Determinazione e valutazione degli impatti

Facendo riferimento allo schema adottato nel “Quadro Ambientale” implementato nell’ambito dello Studio di Impatto Ambientale, si evidenzia che le azioni di impatto potenziale sulla categoria ambientale “acque sotterranee” sono identificabili con le azioni di progetto:

- attività di scavo.

Le interferenze dirette che potenzialmente si ripercuotono sull’indicatore ambientale “ambiente idrico” sono identificabili con la voce:

- alterazione dell’assetto idrogeologico nelle aree di progetto ed in quelle circostanti.

Relativamente alla categoria ambientale “ambiente idrico”, i bersagli sensibili alle perturbazioni potenzialmente indotte dall’opera in progetto coincidono con la voce:

- acque sotterranee.

Nei paragrafi successivi, vengono analizzate le sopraelencate interferenze.

### 3.4. Alterazione dell'assetto idrogeologico nelle aree di progetto ed in quelle circostanti

Dal punto di vista dei possibili impatti a carico dell'assetto idrogeologico (inteso in questo caso nella sua più corretta accezione, ossia relativamente alle acque sotterranee), l'intervento in progetto si concretizza, per effetto del temporaneo ribassamento del piano campagna, in una riduzione dello spessore di quella porzione dell'acquifero compresa tra la superficie piezometrica ed il piano campagna: ciò si traduce in un incremento della vulnerabilità della falda acquifera, che però risulta di natura altrettanto temporanea, e che deve comunque essere correttamente inquadrato alla luce dell'effettivo assetto idrogeologico naturale e pregresso della zona.

Per quanto riguarda i potenziali impatti a carico delle acque superficiali, si rimanda a quanto discusso al precedente par. 3.1.2., dal quale si evince come l'area oggetto del presente studio ricada esternamente alla perimetrazione delle fasce fluviali del f. Dora Riparia individuate dal PAI, come pure alla perimetrazione delle aree caratterizzate da “*probabilità di alluvioni media (M - poco frequente)*” e da “*probabilità di alluvioni scarsa (L - rara)*” individuate dal PGRA.

Si rimanda altresì a quanto illustrato negli elaborati progettuali predisposti a cura della ESAGON s.a.s., nei quali vengono descritti gli accorgimenti previsti ai fini della corretta regimazione delle acque meteoriche ed al fine di evitare interferenze con la rete irrigua locale.

Per quanto riguarda invece le acque sotterranee, ossia dal punto di vista degli impatti a carico della circolazione idrica sotterranea, si deve necessariamente partire dai seguenti presupposti:

- la pianura in cui sorge il sito di cava in esame è caratterizzata dalla presenza di un potente spessore di depositi a granulometria grossolana, essenzialmente ghiaioso-sabbiosi, che risultano quindi molto permeabili: ciò consente una rapida infiltrazione delle acque meteoriche all'interno dell'accumulo di depositi alluvionali e fluvioglaciali, potente alcune decine di metri e nel quale si instaura una falda acquifera di tipo freatico, a superficie libera, in grado di essere alimentata per apporto diretto degli afflussi meteorici che si infiltrano nel terreno;
- la falda acquifera che si imposta nel suddetto spessore di depositi fluvioglaciali è limitata, alla base, dal top dei depositi villafranchiani e, più precisamente, dal primo livello argilloso di estensione e spessore tali da costituire un acquicludo significativo, che viene rinvenuto, sulla base di quanto discusso nel descrivere l'assetto litostratigrafico della zona, ad una profondità dell'ordine di poco meno di 40 metri circa dal piano campagna;
- le misurazioni condotte in sito, inquadrare mediante l'analisi delle rilevazioni condotte in aree limitrofe, hanno confermato che il pelo libero della falda, in corrispondenza all'area di cava, si imposta in condizioni ordinarie a profondità di oltre 20 m dal p.c..

Considerato il tipo di intervento estrattivo, e la specifica impostazione progettuale del medesimo in termini di massima profondità di scavo, la situazione esaminata indica che non sono prevedibili interferenze fisiche dirette degli scavi con la falda acquifera, dal momento che gli scavi osserveranno comunque un franco di rispetto dalla falda acquifera dell'ordine di almeno due metri,



anche nell'ipotesi di una ripetizione della massima escursione “storica” rilevata nei decenni trascorsi.

Nel complesso, relativamente al proseguimento dell'attività estrattiva oggetto di istanza e considerato il quadro idrogeologico pregresso, ne consegue un impatto limitato, che verrà completamente mitigato grazie al progressivo ritombamento della fossa di scavo, da effettuarsi contestualmente all'avanzamento dei lavori di coltivazione mineraria.

Il progetto di coltivazione mineraria prevede infatti il completo ritombamento della fossa di scavo, così da ripristinare l'originario spessore di materiale (c.d. “insaturo”) presente a copertura e protezione della falda acquifera.

Da questo punto di vista, in considerazione del previsto riempimento della depressione con materiali di granulometria potenzialmente diversa da quelli alluvionali presenti in loco, si devono considerare le conseguenti alterazioni che ne potrebbero derivare rispetto alle dinamiche di deflusso delle acque in profondità.

Dal punto di vista della tutela dell'acquifero superficiale, una riduzione della permeabilità, rallentando i tempi di percolazione in falda ed accentuando di conseguenza l'effetto di “filtro” esercitato dalla porzione insatura dell'acquifero, verrebbe in realtà a tradursi in un effetto positivo, tenuto conto dell'utilizzo agricolo dei terreni della zona che, da ripristinare a conclusione dell'intervento estrattivo, comporta l'utilizzo di fertilizzanti e di fitofarmaci.

Per contro, proprio l'utilizzo agricolo dei terreni della zona (e di quelli di cava) comporta, da un punto di vista agronomico, la necessità di assicurare condizioni di permeabilità del sito coerenti con la 1ª classe di capacità d'uso che caratterizza attualmente i terreni “vergini” interessati dall'ampliamento della coltivazione mineraria.

Tenuto conto delle disposizioni normative connesse al Decreto del Presidente della Giunta regionale 25 marzo 2022, n.3/R – Regolamento regionale recante: *“Indirizzi regionali per il riempimento dei vuoti di cava in attuazione dell'articolo 30 della legge regionale 17 novembre 2016, n. 23 in materia di attività estrattive”*, si rimanda altresì, per la tematica in oggetto, alla specifica trattazione sviluppata negli appositi elaborati predisposti dalla ESAGON s.a.s. (Cfr.: *“Relazione di ricostruzione morfologica”* e Allegato A15 – *“Progetto di monitoraggio delle componenti ambientali”*).

### 3.5. Mitigazione degli impatti

Come illustrato in precedenza, gli scavi estrattivi in progetto osserveranno un franco di rispetto dalla falda acquifera dell'ordine di almeno due metri, anche nell'ipotesi di una ripetizione della massima escursione “storica” rilevata nei decenni trascorsi.

In termini di mitigazione degli impatti, il temporaneo aumento dell'esposizione e della vulnerabilità della falda acquifera, conseguente all'asportazione di parte dello spessore di acquifero insaturo che la protegge, verrà completamente mitigato grazie al progressivo ritombamento della fossa di scavo, da effettuarsi contestualmente all'avanzamento dei lavori di coltivazione mineraria.

Il progetto di coltivazione mineraria a corredo del quale è stata redatta la presente relazione specialistica prevede infatti il completo ritombamento della fossa di scavo, così da ripristinare l'originario spessore di materiale a copertura e protezione della falda acquifera.

Relativamente ai materiali da utilizzare per il ritombamento, negli appositi elaborati del progetto estrattivo (Cfr.: “Relazione di ricostruzione morfologica”, redatta separatamente sia per l'area di competenza ES.CO.GE. S.r.l. che per quella di competenza Cave Druento S.r.l.), vengono chiarite ed illustrate la loro natura e le loro caratteristiche.

Tutti i materiali di prevista utilizzazione verranno preventivamente caratterizzati, secondo quanto previsto dalle specifiche normative in materia, al fine di assicurare l'assenza di sostanze inquinanti, così da consentirne il pieno e legittimo utilizzo: si rimanda, al riguardo, a quanto illustrato negli appositi elaborati redatti a corredo dello Studio di Impatto Ambientale (Cfr.: Allegato A15 – Progetto di monitoraggio delle componenti ambientali).

Oltre che al citato progetto di ricostruzione morfologica, in cui sono illustrati in maggiore dettaglio i criteri e le procedure che verranno adottati al fine di assicurare il rispetto dei limiti di cui alla Colonna A della Tabella 1 dell'Allegato V al Titolo V della Parte IV del d.lgs. 152/06, tenendo conto anche dei valori di fondo naturale dell'area (già oggetto di valutazione ed analisi nell'ambito delle precedenti procedure istruttorie), si rimanda altresì all'apposito “Protocollo operativo di gestione dei materiali che verranno conferiti per le operazioni di ricostruzione morfologica”, appositamente predisposto a corredo del progetto estrattivo e nel quale sono dettagliate le specifiche modalità operative e gestionali dei materiali da utilizzare per il riempimento.

Analoga attenzione è stata dedicata, in sede progettuale, alle tematiche connesse all'utilizzo agricolo dei terreni della zona (e di quelli di cava) ed alla conseguente necessità, da un punto di vista agronomico, di assicurare condizioni di permeabilità del sito coerenti con la 1ª classe di capacità d'uso che caratterizza attualmente i terreni “vergini” interessati dal progressivo ampliamento della coltivazione mineraria.

Ciò in considerazione, come segnalato, del fatto che il previsto riempimento della depressione con materiali di granulometria potenzialmente diversa da quelli alluvionali presenti in loco potrebbe modificare le dinamiche di deflusso delle acque in profondità.

Riprendendo quanto illustrato nel progetto estrattivo (Cfr.: “Quadro progettuale”), sono state individuate apposite misure di mitigazione: al fine di salvaguardare il regolare deflusso idrico endodermico, il progetto di ritombamento prevede che “ *attraverso l'impostazione di deboli pendenze dei piani di lavoro si procederà al convogliamento delle acque superficiali presso opportune aree di depressione, in cui potranno essere ottimizzate le proprietà di drenaggio mediante la realizzazione sequenziale di cilindri verticali drenanti, dal basso verso l'alto man mano che i ritombamenti progrediscono, al fine di agevolare le verticalizzazione dei flussi, ed evitando quindi ristagni etc.*”.

Nello specifico, negli appositi elaborati progettuali (Cfr.: Elab. B10 e C10: “Planimetria circuiti idraulici”), sono state individuate cartograficamente le aree destinate ad essere utilizzate quali punti di dispersione/drenaggio delle acque meteoriche con il progressivo avanzamento dei lavori di riempimento della fossa di scavo.

Come illustrato nel succitato “Quadro progettuale”, “*...tale regimazione permetterà di disperdere nel sottosuolo, come già oggi accade, le acque superficiali di competenza alle aree di scavo. Essendo quest'ultime idraulicamente circoscritte, le acque superficiali esterne, continueranno ad essere regimate come allo stato attuale, ovvero secondo processi di infiltrazione verticali naturali nel sottosuolo, ritenendo nullo il contributo della fitta rete di canali esistenti aventi usi prettamente connessi alle operazioni di irrigazione*”.

I cilindri di dispersione saranno realizzati con materiale ghiaioso ciottoloso ad elevata pezzatura: ciò avverrà mediante l'apposito scavo e riporto di uno strato di almeno 50 cm di vagliata grossa; dopo aver ripristinato la potenzialità di dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo, con il procedere dei lavori di riempimento, queste zone verranno sempre riempite con pietre e massi di grossa pezzatura, e saranno sempre a quota leggermente più bassa del piazzale in fase di riempimento, in modo tale che, con opportune pendenze dello stesso piazzale, le acque meteoriche, vengano convogliate solo in questi siti di dispersione naturale.

Questa metodologia di realizzazione dei punti di dispersione, a differenza di quella ottenuta con l'utilizzo di elementi prefabbricati, non ostacola la fruibilità della superficie dell'area da parte dei mezzi d'opera.

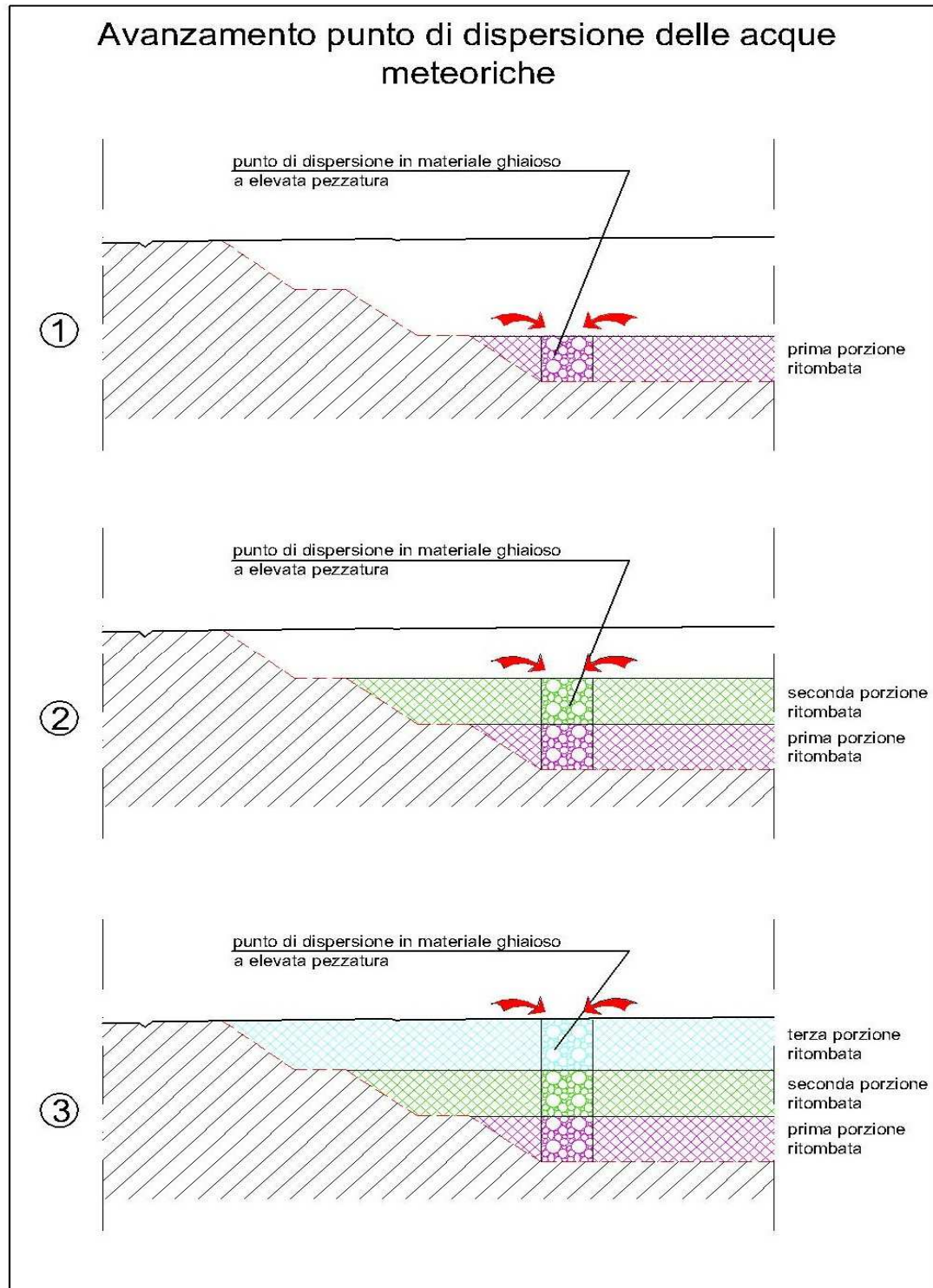
Nell'immagine allegata nel seguito, che viene ripresa dai succitati elaborati predisposti dalla ESAGON s.a.s., viene schematizzato il progressivo avanzamento in verticale dei punti di dispersione: mano a mano che procede il ritombamento dal basso, contestualmente il punto di dispersione avanzerà verso l'alto, in modo da raccogliere le acque meteoriche che scorrono sulla superficie.

La realizzazione dei punti di dispersione avverrà nella stessa direzione di avanzamento dei lavori di coltivazione e ritombamento: nel momento in cui il singolo punto di dispersione sarà stato esteso sino alla superficie topografica originaria, si procederà alla realizzazione del successivo punto di dispersione, partendo dal fondo dello scavo.

Relativamente alla tematica in parola, si rimanda infine all'apposito progetto di monitoraggio delle componenti ambientali, allegato al progetto estrattivo ed allo Studio di Impatto Ambientale, nel quale sono state elencate e descritte le attività proposte per il monitoraggio dell'area di cava, al fine di ottenere, al termine delle operazioni estrattive e di recupero ambientale, un suolo e un sottosuolo aventi caratteristiche di permeabilità compatibili con l'intorno circostante.

In particolare, si prevede di effettuare una campagna di misure periodiche, nell'arco della durata dei lavori di riempimento, basata sull'esecuzione di 3 prove di permeabilità verticale (Kv) mediamente ogni strato successivo (dello spessore di circa 5 metri) di materiale abbancato: in questo modo si potrà mantenere sotto controllo la proprietà del terreno in esame.

Schema di realizzazione dei punti di dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo, con avanzamento progressivo in verticale al procedere dei lavori di riempimento



Torino, marzo 2026





**VERIFICHE DI STABILITA'**  
**Relazioni e tabulati di calcolo**

# Relazione di Calcolo



Verifica di stabilità del fronte di scavo a gradoni

Verifica in condizioni statiche

# 1 Caratteristiche terreni.

## ghiaia

Coesione: 0 [daN/cm<sup>2</sup>]

Angolo di resistenza al taglio: 45 [°]

Peso secco: 0.002 [daN/cm<sup>3</sup>]

Peso saturo: 0.0021 [daN/cm<sup>3</sup>]

# 2 Stratigrafia.

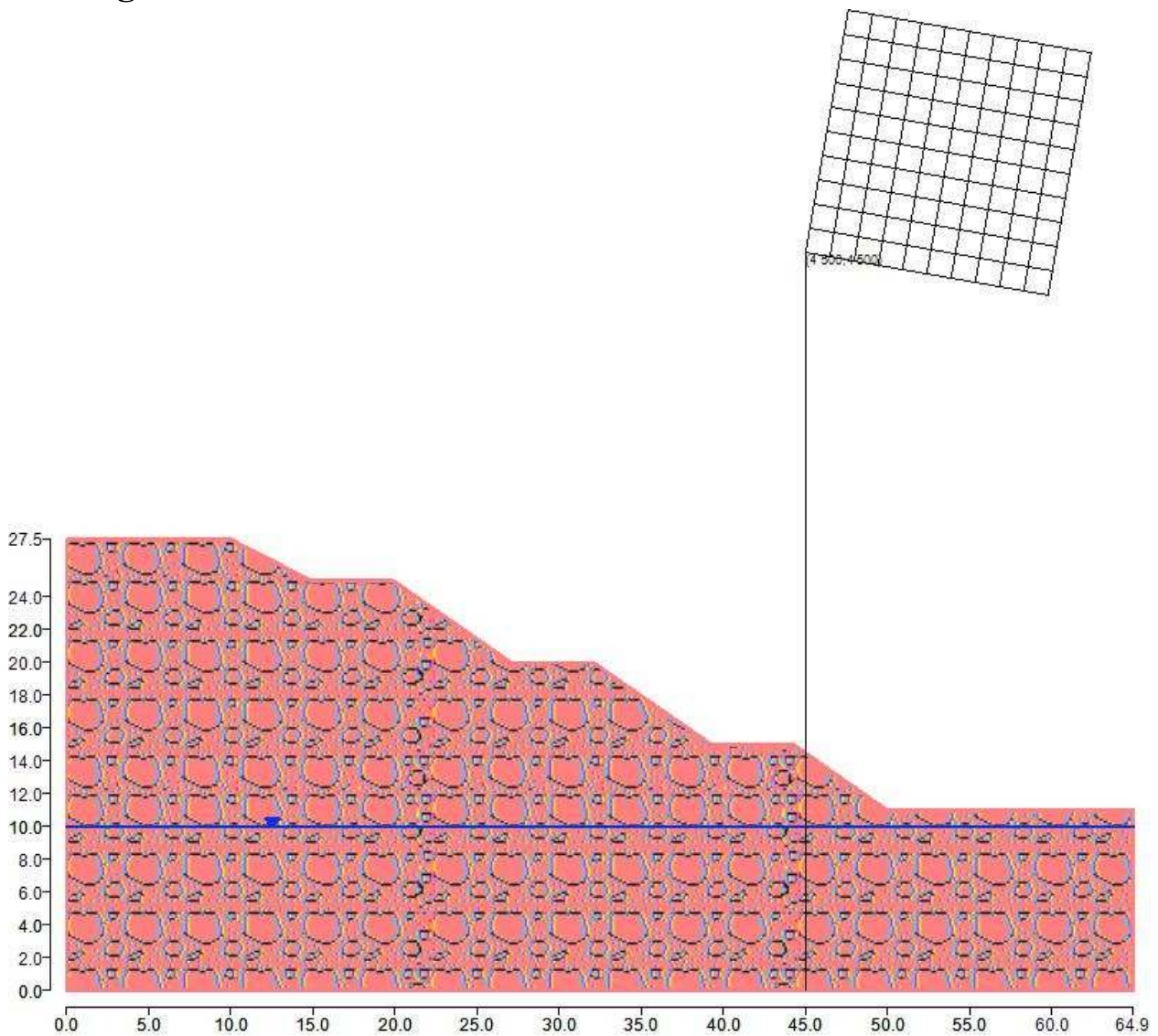


Figura 1: Rappresentazione del pendio.

E' stato definito un solo strato di cui si riportano le coordinate.

#### Strato 1

	x [cm]	y [cm]
1	0	2750
2	1000	2750
3	1485	2500
4	1985	2500
5	2705	2000
6	3205	2000
7	3925	1500
8	4425	1500
9	4995	1100
10	6495	1100
11	6495	0
12	0	0

Tabella 1: Coordinate dello strato n. 1

Tipo di terreno presente nello strato 1: ghiaia.

### 3 Falda.

La falda inserita ha le coordinate riportate nella seguente tabella.

	x [cm]	y [cm]
1	0 [cm]	1000 [cm]
2	2500 [cm]	1000 [cm]
3	6500 [cm]	1000 [cm]

Tabella 2: Coordinate della falda.

### 4 Normativa di riferimento.

La normativa utilizzata per quanto riguarda il calcolo statico è:

NTC 2018: Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

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 di volume:  $\gamma_\gamma = 1$
- 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:  $\gamma_a = 1.2$ ,  $\xi_a = 2$
- per i pali (trasversale):  $\gamma_p = 1$ ,  $\xi_p = 1$
- per le terre rinforzate (sfilamento):  $\gamma_{T,po} = 1$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto):  $\gamma_{T,ds} = 1$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione):  $\gamma_{T,rt} = 1$
- 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):  $\gamma_{R,o} = 1$

## 5 Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(4500 [cm], 4500 [cm]), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 [cm], in direzione verticale ha passo pari a 150 [cm].

Il raggio iniziale è pari a 4000 cm, si hanno 104000 [cm] , si hanno 10 incrementi di 50 [cm].

Il numero di centri è 121 ed il numero di superfici circolari generate è 389.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.

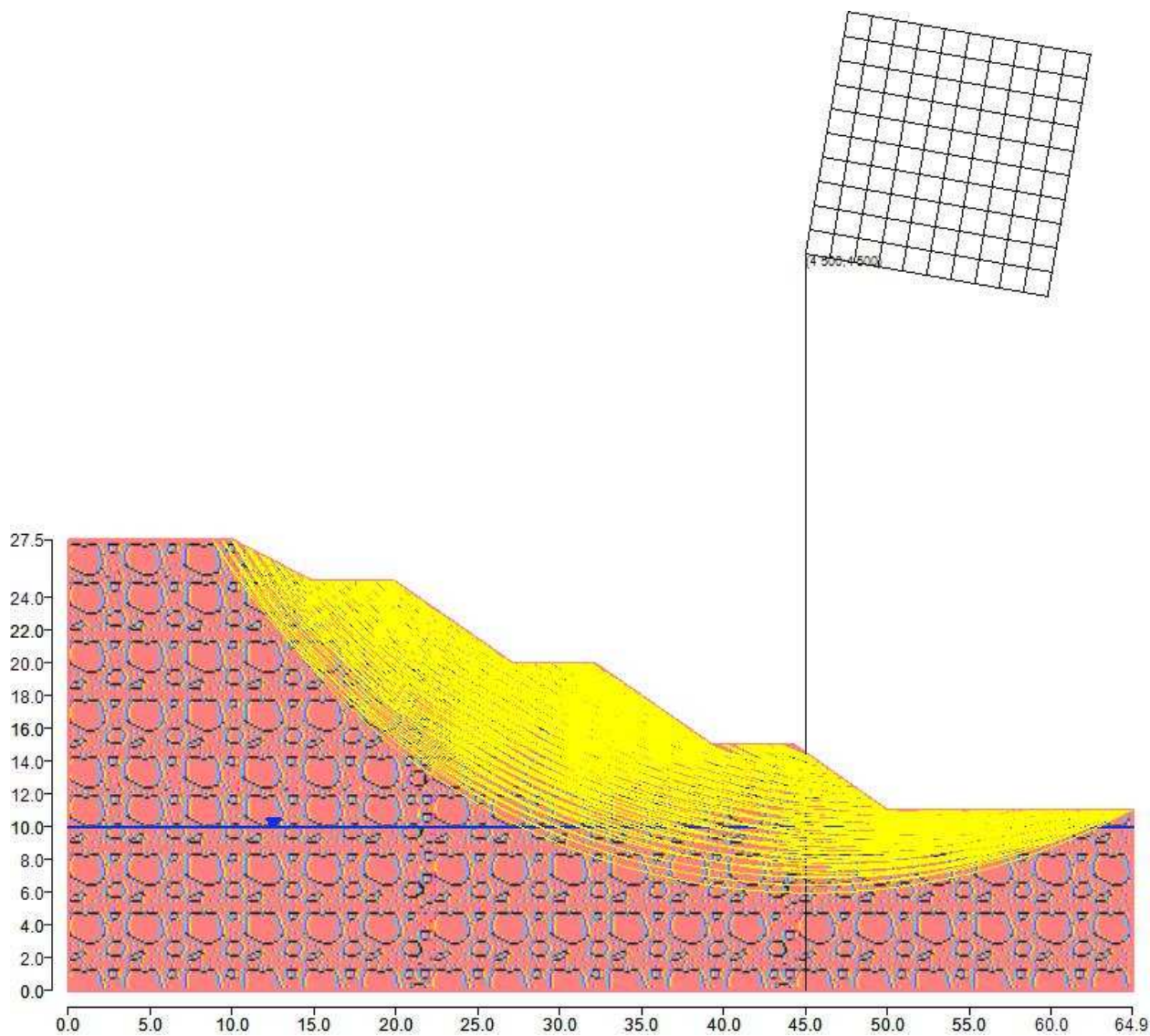


Figura 2: Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

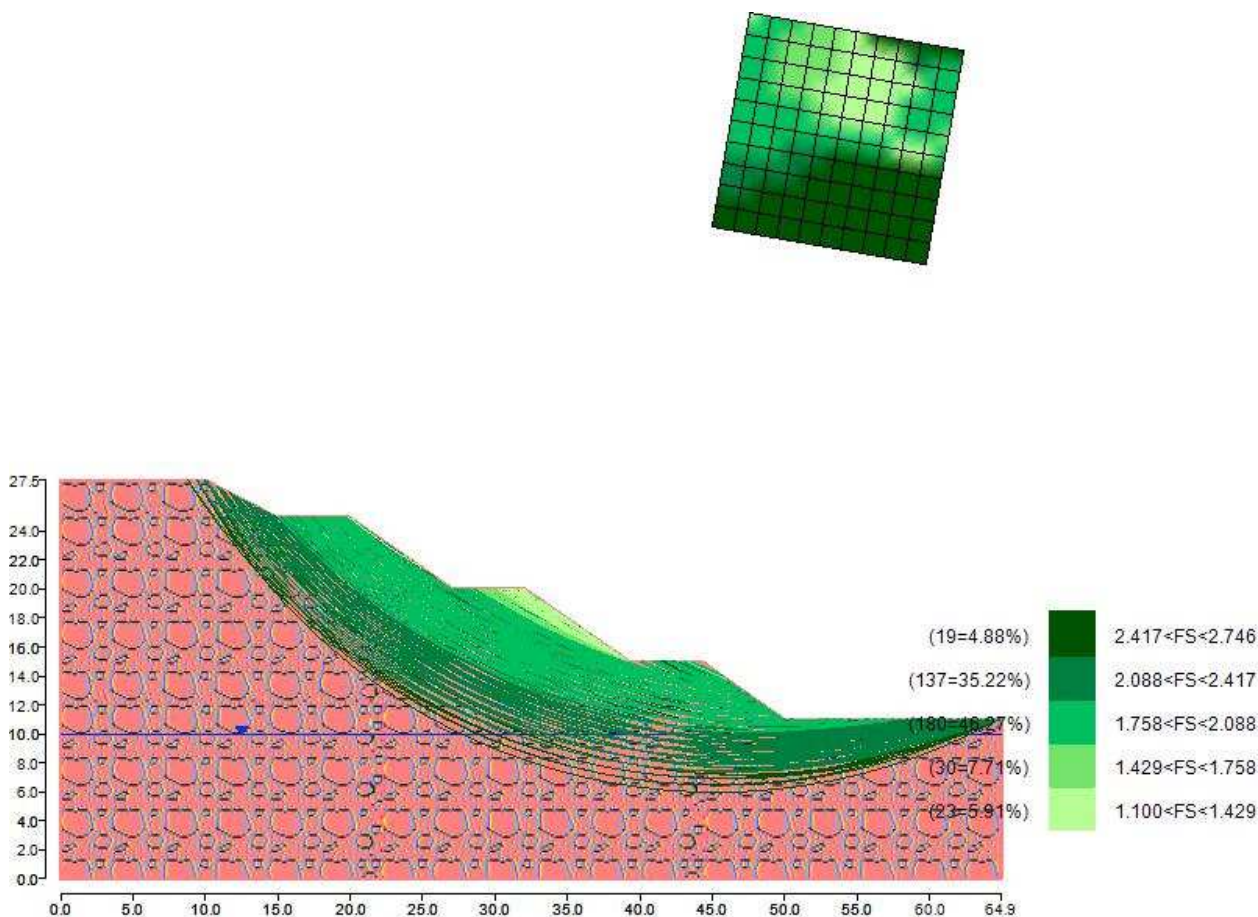
- falda
- gradonature

## 6 Metodi utilizzati nel calcolo.

### Metodo di FELLENIUS (1927)

Metodo valido per superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Per ciascuna striscia si fa l'equilibrio alla traslazione in direzione normale alla base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurare le forze di interstriscia ( $E = X = 0$ ). Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.154 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 11 e della superficie numero 4. Le coordinate del centro sono: C (4760.47 [cm], 5977.21 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 4450 [cm].





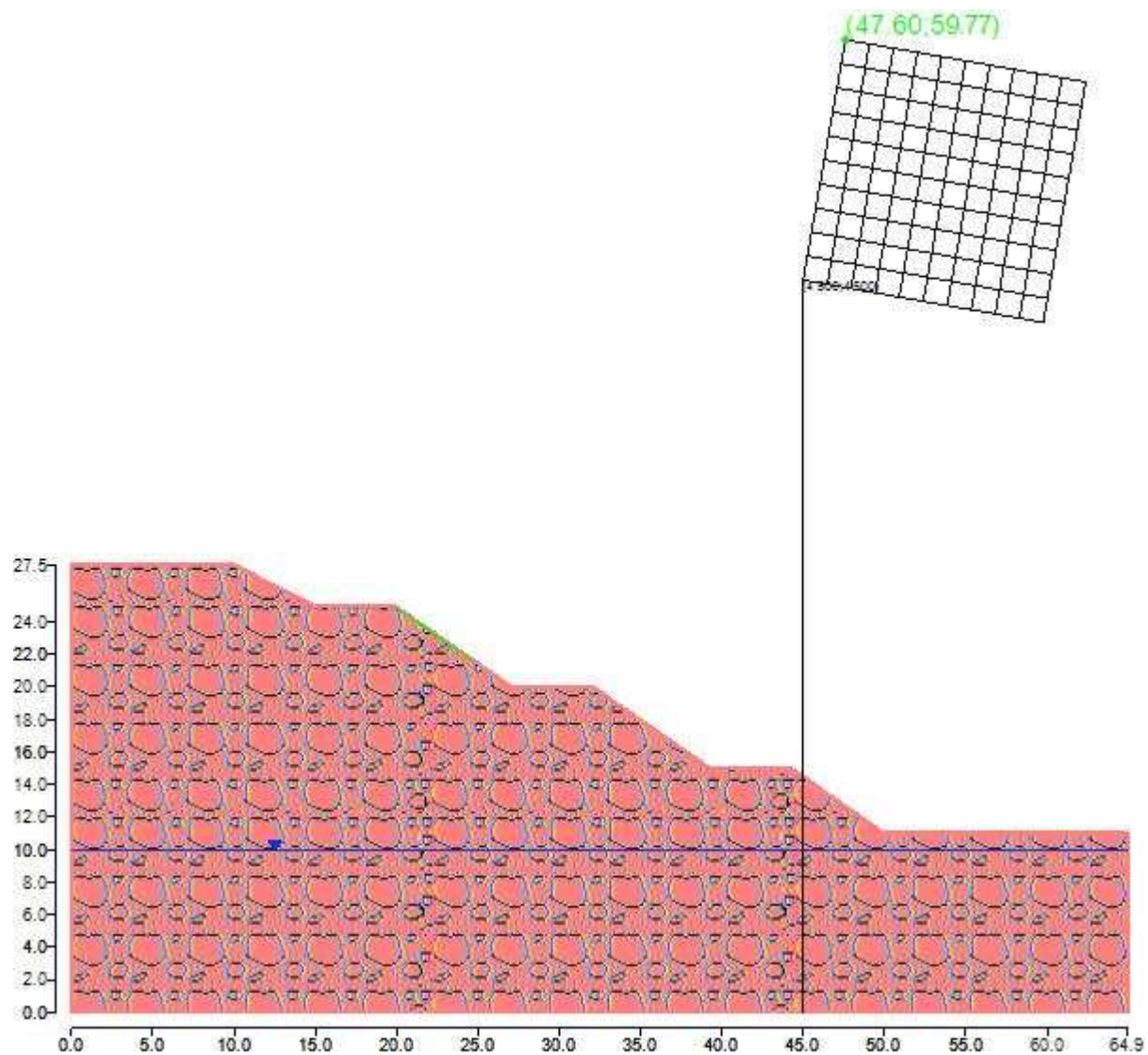


Figura 4: Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Tabella 3: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm <sup>2</sup> ]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	1.49	39	0.18	0.14	0.11	00	45	0	0	0	0
2	8.5	39	2.75	2.15	1.72	00	45	0	0	0	0
3	9.99	38	5.06	3.97	3.18	00	45	0	0	0	0
4	9.99	38	6.96	5.47	4.37	00	45	0	0	0	0
5	9.99	38	8.76	6.9	5.52	00	45	0	0	0	0
6	9.99	38	10.46	8.26	6.61	00	45	0	0	0	0
7	9.99	38	12.08	9.56	7.65	00	45	0	0	0	0
8	9.99	38	13.61	10.79	8.63	00	45	0	0	0	0
9	9.99	37	15.04	11.95	9.56	00	45	0	0	0	0
10	9.99	37	16.39	13.05	10.44	00	45	0	0	0	0
11	9.99	37	17.65	14.08	11.27	00	45	0	0	0	0
12	9.99	37	18.82	15.05	12.04	00	45	0	0	0	0
13	9.99	37	19.9	15.95	12.76	00	45	0	0	0	0
14	9.99	37	20.9	16.78	13.43	00	45	0	0	0	0
15	9.99	36	21.81	17.55	14.04	00	45	0	0	0	0
16	9.99	36	22.63	18.25	14.6	00	45	0	0	0	0



17	9.99	36	23.37	18.88	15.11	00	45	0	0	0	0
18	9.99	36	24.03	19.45	15.56	00	45	0	0	0	0
19	9.99	36	24.59	19.95	15.96	00	45	0	0	0	0
20	9.99	36	25.08	20.38	16.31	00	45	0	0	0	0
21	9.99	35	25.48	20.75	16.6	00	45	0	0	0	0
22	9.99	35	25.8	21.05	16.84	00	45	0	0	0	0
23	9.99	35	26.04	21.29	17.03	00	45	0	0	0	0
24	9.99	35	26.19	21.45	17.16	00	45	0	0	0	0
25	9.99	35	26.26	21.56	17.24	00	45	0	0	0	0
26	9.99	35	26.25	21.59	17.27	00	45	0	0	0	0
27	9.99	35	26.17	21.56	17.25	00	45	0	0	0	0
28	9.99	34	26	21.46	17.17	00	45	0	0	0	0
29	9.99	34	25.75	21.29	17.03	00	45	0	0	0	0
30	9.99	34	25.42	21.06	16.85	00	45	0	0	0	0
31	9.99	34	25.01	20.76	16.61	00	45	0	0	0	0
32	9.99	34	24.53	20.4	16.32	00	45	0	0	0	0
33	9.99	34	23.97	19.96	15.97	00	45	0	0	0	0
34	9.99	33	23.33	19.46	15.57	00	45	0	0	0	0
35	9.99	33	22.61	18.9	15.12	00	45	0	0	0	0
36	9.99	33	21.82	18.27	14.61	00	45	0	0	0	0
37	9.99	33	20.94	17.57	14.06	00	45	0	0	0	0
38	9.99	33	20	16.81	13.44	00	45	0	0	0	0
39	9.99	33	18.98	15.97	12.78	00	45	0	0	0	0
40	9.99	33	17.88	15.08	12.06	00	45	0	0	0	0
41	9.99	32	16.71	14.11	11.29	00	45	0	0	0	0
42	9.99	32	15.46	13.08	10.47	00	45	0	0	0	0
43	9.99	32	14.14	11.99	9.59	00	45	0	0	0	0
44	9.99	32	12.75	10.82	8.66	00	45	0	0	0	0
45	9.99	32	11.28	9.59	7.68	00	45	0	0	0	0
46	9.99	32	9.74	8.3	6.64	00	45	0	0	0	0
47	9.99	31	8.13	6.94	5.55	00	45	0	0	0	0
48	9.99	31	6.45	5.51	4.41	00	45	0	0	0	0
49	9.99	31	4.69	4.02	3.21	00	45	0	0	0	0
50	9.99	31	2.87	2.46	1.96	00	45	0	0	0	0
51	9.99	31	0.97	0.83	0.66	00	45	0	0	0	0

Tabella 4: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
2	1	45.26 [cm]	46.48 [cm]	40 [cm]	2.480
2	2	45.26 [cm]	46.48 [cm]	40.5 [cm]	2.534
3	1	45.52 [cm]	47.95 [cm]	40 [cm]	2.340
3	2	45.52 [cm]	47.95 [cm]	40.5 [cm]	2.391
3	3	45.52 [cm]	47.95 [cm]	41 [cm]	2.441
3	4	45.52 [cm]	47.95 [cm]	41.5 [cm]	2.491
4	1	45.78 [cm]	49.43 [cm]	40 [cm]	2.190
4	2	45.78 [cm]	49.43 [cm]	40.5 [cm]	2.243
4	3	45.78 [cm]	49.43 [cm]	41 [cm]	2.295
4	4	45.78 [cm]	49.43 [cm]	41.5 [cm]	2.347
4	5	45.78 [cm]	49.43 [cm]	42 [cm]	2.397
4	6	45.78 [cm]	49.43 [cm]	42.5 [cm]	2.447
5	1	46.04 [cm]	50.91 [cm]	40 [cm]	2.076
5	2	46.04 [cm]	50.91 [cm]	40.5 [cm]	2.103
5	3	46.04 [cm]	50.91 [cm]	41 [cm]	2.149
5	4	46.04 [cm]	50.91 [cm]	41.5 [cm]	2.200

5	5	46.04 [cm]	50.91 [cm]	42 [cm]	2.251
5	6	46.04 [cm]	50.91 [cm]	42.5 [cm]	2.302
5	7	46.04 [cm]	50.91 [cm]	43 [cm]	2.353
5	8	46.04 [cm]	50.91 [cm]	43.5 [cm]	2.404
5	9	46.04 [cm]	50.91 [cm]	44 [cm]	2.457
6	1	46.3 [cm]	52.39 [cm]	40 [cm]	2.033
6	2	46.3 [cm]	52.39 [cm]	40.5 [cm]	2.049
6	3	46.3 [cm]	52.39 [cm]	41 [cm]	2.066
6	4	46.3 [cm]	52.39 [cm]	41.5 [cm]	2.083
6	5	46.3 [cm]	52.39 [cm]	42 [cm]	2.114
6	6	46.3 [cm]	52.39 [cm]	42.5 [cm]	2.159
6	7	46.3 [cm]	52.39 [cm]	43 [cm]	2.208
6	8	46.3 [cm]	52.39 [cm]	43.5 [cm]	2.258
6	9	46.3 [cm]	52.39 [cm]	44 [cm]	2.308
6	10	46.3 [cm]	52.39 [cm]	44.5 [cm]	2.359
6	11	46.3 [cm]	52.39 [cm]	45 [cm]	2.413
7	1	46.56 [cm]	53.86 [cm]	40 [cm]	1.984
7	2	46.56 [cm]	53.86 [cm]	40.5 [cm]	1.999
7	3	46.56 [cm]	53.86 [cm]	41 [cm]	2.017
7	4	46.56 [cm]	53.86 [cm]	41.5 [cm]	2.036
7	5	46.56 [cm]	53.86 [cm]	42 [cm]	2.055
7	6	46.56 [cm]	53.86 [cm]	42.5 [cm]	2.073
7	7	46.56 [cm]	53.86 [cm]	43 [cm]	2.092
7	8	46.56 [cm]	53.86 [cm]	43.5 [cm]	2.123
7	9	46.56 [cm]	53.86 [cm]	44 [cm]	2.166
7	10	46.56 [cm]	53.86 [cm]	44.5 [cm]	2.215
7	11	46.56 [cm]	53.86 [cm]	45 [cm]	2.264
8	1	46.82 [cm]	55.34 [cm]	40 [cm]	2.067
8	2	46.82 [cm]	55.34 [cm]	40.5 [cm]	2.001
8	3	46.82 [cm]	55.34 [cm]	41 [cm]	1.833
8	4	46.82 [cm]	55.34 [cm]	41.5 [cm]	1.971
8	5	46.82 [cm]	55.34 [cm]	42 [cm]	1.996
8	6	46.82 [cm]	55.34 [cm]	42.5 [cm]	2.019
8	7	46.82 [cm]	55.34 [cm]	43 [cm]	2.041
8	8	46.82 [cm]	55.34 [cm]	43.5 [cm]	2.058
8	9	46.82 [cm]	55.34 [cm]	44 [cm]	2.082
8	10	46.82 [cm]	55.34 [cm]	44.5 [cm]	2.099
8	11	46.82 [cm]	55.34 [cm]	45 [cm]	2.130
9	1	47.08 [cm]	56.82 [cm]	40.5 [cm]	2.030
9	2	47.08 [cm]	56.82 [cm]	41 [cm]	2.069
9	3	47.08 [cm]	56.82 [cm]	41.5 [cm]	2.104
9	4	47.08 [cm]	56.82 [cm]	42 [cm]	1.938
9	5	47.08 [cm]	56.82 [cm]	42.5 [cm]	1.819
9	6	47.08 [cm]	56.82 [cm]	43 [cm]	1.965
9	7	47.08 [cm]	56.82 [cm]	43.5 [cm]	1.997
9	8	47.08 [cm]	56.82 [cm]	44 [cm]	2.024
9	9	47.08 [cm]	56.82 [cm]	44.5 [cm]	2.048
9	10	47.08 [cm]	56.82 [cm]	45 [cm]	2.071
10	1	47.34 [cm]	58.29 [cm]	42 [cm]	2.071
10	2	47.34 [cm]	58.29 [cm]	42.5 [cm]	2.107
10	3	47.34 [cm]	58.29 [cm]	43 [cm]	2.139
10	4	47.34 [cm]	58.29 [cm]	43.5 [cm]	1.896
10	5	47.34 [cm]	58.29 [cm]	44 [cm]	1.814
10	6	47.34 [cm]	58.29 [cm]	44.5 [cm]	1.963
10	7	47.34 [cm]	58.29 [cm]	45 [cm]	2.000
11	1	47.6 [cm]	59.77 [cm]	43 [cm]	2.072

11	2	47.6 [cm]	59.77 [cm]	43.5 [cm]	2.110
11	3	47.6 [cm]	59.77 [cm]	44 [cm]	2.144
11	4	47.6 [cm]	59.77 [cm]	44.5 [cm]	1.154
11	5	47.6 [cm]	59.77 [cm]	45 [cm]	1.871
14	1	47 [cm]	47.69 [cm]	40 [cm]	2.387
14	2	47 [cm]	47.69 [cm]	40.5 [cm]	2.450
15	1	47.26 [cm]	49.17 [cm]	40 [cm]	2.199
15	2	47.26 [cm]	49.17 [cm]	40.5 [cm]	2.268
15	3	47.26 [cm]	49.17 [cm]	41 [cm]	2.337
15	4	47.26 [cm]	49.17 [cm]	41.5 [cm]	2.401
15	5	47.26 [cm]	49.17 [cm]	42 [cm]	2.462
16	1	47.52 [cm]	50.65 [cm]	40 [cm]	2.039
16	2	47.52 [cm]	50.65 [cm]	40.5 [cm]	2.085
16	3	47.52 [cm]	50.65 [cm]	41 [cm]	2.146
16	4	47.52 [cm]	50.65 [cm]	41.5 [cm]	2.215
16	5	47.52 [cm]	50.65 [cm]	42 [cm]	2.285
16	6	47.52 [cm]	50.65 [cm]	42.5 [cm]	2.351
16	7	47.52 [cm]	50.65 [cm]	43 [cm]	2.413
17	1	47.78 [cm]	52.13 [cm]	40 [cm]	2.023
17	2	47.78 [cm]	52.13 [cm]	40.5 [cm]	2.020
17	3	47.78 [cm]	52.13 [cm]	41 [cm]	2.025
17	4	47.78 [cm]	52.13 [cm]	41.5 [cm]	2.045
17	5	47.78 [cm]	52.13 [cm]	42 [cm]	2.096
17	6	47.78 [cm]	52.13 [cm]	42.5 [cm]	2.161
17	7	47.78 [cm]	52.13 [cm]	43 [cm]	2.231
17	8	47.78 [cm]	52.13 [cm]	43.5 [cm]	2.299
17	9	47.78 [cm]	52.13 [cm]	44 [cm]	2.363
17	10	47.78 [cm]	52.13 [cm]	44.5 [cm]	2.423
18	1	48.04 [cm]	53.6 [cm]	40 [cm]	2.109
18	2	48.04 [cm]	53.6 [cm]	40.5 [cm]	2.045
18	3	48.04 [cm]	53.6 [cm]	41 [cm]	2.022
18	4	48.04 [cm]	53.6 [cm]	41.5 [cm]	2.016
18	5	48.04 [cm]	53.6 [cm]	42 [cm]	2.019
18	6	48.04 [cm]	53.6 [cm]	42.5 [cm]	2.027
18	7	48.04 [cm]	53.6 [cm]	43 [cm]	2.053
18	8	48.04 [cm]	53.6 [cm]	43.5 [cm]	2.108
18	9	48.04 [cm]	53.6 [cm]	44 [cm]	2.177
18	10	48.04 [cm]	53.6 [cm]	44.5 [cm]	2.245
18	11	48.04 [cm]	53.6 [cm]	45 [cm]	2.311
19	1	48.3 [cm]	55.08 [cm]	40 [cm]	1.877
19	2	48.3 [cm]	55.08 [cm]	40.5 [cm]	1.917
19	3	48.3 [cm]	55.08 [cm]	41.5 [cm]	2.060
19	4	48.3 [cm]	55.08 [cm]	42 [cm]	2.022
19	5	48.3 [cm]	55.08 [cm]	42.5 [cm]	2.012
19	6	48.3 [cm]	55.08 [cm]	43 [cm]	2.013
19	7	48.3 [cm]	55.08 [cm]	43.5 [cm]	2.021
19	8	48.3 [cm]	55.08 [cm]	44 [cm]	2.032
19	9	48.3 [cm]	55.08 [cm]	44.5 [cm]	2.063
19	10	48.3 [cm]	55.08 [cm]	45 [cm]	2.124
20	1	48.56 [cm]	56.56 [cm]	40.5 [cm]	1.821
20	2	48.56 [cm]	56.56 [cm]	41 [cm]	1.872
20	3	48.56 [cm]	56.56 [cm]	41.5 [cm]	1.916
20	4	48.56 [cm]	56.56 [cm]	42 [cm]	1.954
20	5	48.56 [cm]	56.56 [cm]	42.5 [cm]	1.913
20	6	48.56 [cm]	56.56 [cm]	43 [cm]	2.023
20	7	48.56 [cm]	56.56 [cm]	43.5 [cm]	2.006

20	8	48.56 [cm]	56.56 [cm]	44 [cm]	2.006
20	9	48.56 [cm]	56.56 [cm]	44.5 [cm]	2.014
20	10	48.56 [cm]	56.56 [cm]	45 [cm]	2.025
21	1	48.82 [cm]	58.03 [cm]	42 [cm]	1.865
21	2	48.82 [cm]	58.03 [cm]	42.5 [cm]	1.912
21	3	48.82 [cm]	58.03 [cm]	43 [cm]	1.953
21	4	48.82 [cm]	58.03 [cm]	43.5 [cm]	1.988
21	5	48.82 [cm]	58.03 [cm]	44 [cm]	1.871
21	6	48.82 [cm]	58.03 [cm]	44.5 [cm]	1.997
21	7	48.82 [cm]	58.03 [cm]	45 [cm]	1.996
22	1	49.08 [cm]	59.51 [cm]	43.5 [cm]	1.907
22	2	49.08 [cm]	59.51 [cm]	44 [cm]	1.951
22	3	49.08 [cm]	59.51 [cm]	44.5 [cm]	1.988
22	4	49.08 [cm]	59.51 [cm]	45 [cm]	2.022
26	1	48.74 [cm]	48.91 [cm]	40 [cm]	2.241
26	2	48.74 [cm]	48.91 [cm]	40.5 [cm]	2.315
26	3	48.74 [cm]	48.91 [cm]	41 [cm]	2.390
27	1	49 [cm]	50.39 [cm]	40 [cm]	2.050
27	2	49 [cm]	50.39 [cm]	40.5 [cm]	2.109
27	3	49 [cm]	50.39 [cm]	41 [cm]	2.179
27	4	49 [cm]	50.39 [cm]	41.5 [cm]	2.254
27	5	49 [cm]	50.39 [cm]	42 [cm]	2.331
28	1	49.26 [cm]	51.87 [cm]	40 [cm]	2.056
28	2	49.26 [cm]	51.87 [cm]	40.5 [cm]	2.020
28	3	49.26 [cm]	51.87 [cm]	41 [cm]	2.008
28	4	49.26 [cm]	51.87 [cm]	41.5 [cm]	2.051
28	5	49.26 [cm]	51.87 [cm]	42 [cm]	2.117
28	6	49.26 [cm]	51.87 [cm]	42.5 [cm]	2.192
28	7	49.26 [cm]	51.87 [cm]	43 [cm]	2.270
28	8	49.26 [cm]	51.87 [cm]	43.5 [cm]	2.349
29	1	49.52 [cm]	53.34 [cm]	40 [cm]	2.135
29	2	49.52 [cm]	53.34 [cm]	40.5 [cm]	2.158
29	3	49.52 [cm]	53.34 [cm]	41 [cm]	2.084
29	4	49.52 [cm]	53.34 [cm]	41.5 [cm]	2.031
29	5	49.52 [cm]	53.34 [cm]	42 [cm]	2.007
29	6	49.52 [cm]	53.34 [cm]	42.5 [cm]	2.005
29	7	49.52 [cm]	53.34 [cm]	43 [cm]	2.057
29	8	49.52 [cm]	53.34 [cm]	43.5 [cm]	2.127
29	9	49.52 [cm]	53.34 [cm]	44 [cm]	2.203
29	10	49.52 [cm]	53.34 [cm]	44.5 [cm]	2.287
29	11	49.52 [cm]	53.34 [cm]	45 [cm]	2.369
30	1	49.78 [cm]	54.82 [cm]	40 [cm]	1.700
30	2	49.78 [cm]	54.82 [cm]	40.5 [cm]	1.749
30	3	49.78 [cm]	54.82 [cm]	41 [cm]	1.792
30	4	49.78 [cm]	54.82 [cm]	41.5 [cm]	2.160
30	5	49.78 [cm]	54.82 [cm]	42 [cm]	2.126
30	6	49.78 [cm]	54.82 [cm]	42.5 [cm]	2.050
30	7	49.78 [cm]	54.82 [cm]	43 [cm]	2.015
30	8	49.78 [cm]	54.82 [cm]	43.5 [cm]	2.000
30	9	49.78 [cm]	54.82 [cm]	44 [cm]	2.006
30	10	49.78 [cm]	54.82 [cm]	44.5 [cm]	2.065
30	11	49.78 [cm]	54.82 [cm]	45 [cm]	2.140
31	1	50.04 [cm]	56.3 [cm]	41 [cm]	1.685
31	2	50.04 [cm]	56.3 [cm]	41.5 [cm]	1.741
31	3	50.04 [cm]	56.3 [cm]	42 [cm]	1.787
31	4	50.04 [cm]	56.3 [cm]	42.5 [cm]	1.827

31	5	50.04 [cm]	56.3 [cm]	43 [cm]	2.168
31	6	50.04 [cm]	56.3 [cm]	43.5 [cm]	2.085
31	7	50.04 [cm]	56.3 [cm]	44 [cm]	2.027
31	8	50.04 [cm]	56.3 [cm]	44.5 [cm]	2.004
31	9	50.04 [cm]	56.3 [cm]	45 [cm]	1.997
32	1	50.3 [cm]	57.77 [cm]	42.5 [cm]	1.729
32	2	50.3 [cm]	57.77 [cm]	43 [cm]	1.780
32	3	50.3 [cm]	57.77 [cm]	43.5 [cm]	1.823
32	4	50.3 [cm]	57.77 [cm]	44 [cm]	1.861
32	5	50.3 [cm]	57.77 [cm]	44.5 [cm]	2.138
32	6	50.3 [cm]	57.77 [cm]	45 [cm]	2.048
33	1	50.56 [cm]	59.25 [cm]	44 [cm]	1.770
33	2	50.56 [cm]	59.25 [cm]	44.5 [cm]	1.818
33	3	50.56 [cm]	59.25 [cm]	45 [cm]	1.858
37	1	50.21 [cm]	48.65 [cm]	40 [cm]	2.331
38	1	50.47 [cm]	50.13 [cm]	40 [cm]	2.125
38	2	50.47 [cm]	50.13 [cm]	40.5 [cm]	2.189
38	3	50.47 [cm]	50.13 [cm]	41 [cm]	2.262
38	4	50.47 [cm]	50.13 [cm]	41.5 [cm]	2.338
39	1	50.73 [cm]	51.6 [cm]	40 [cm]	2.113
39	2	50.73 [cm]	51.6 [cm]	40.5 [cm]	2.061
39	3	50.73 [cm]	51.6 [cm]	41 [cm]	2.061
39	4	50.73 [cm]	51.6 [cm]	41.5 [cm]	2.117
39	5	50.73 [cm]	51.6 [cm]	42 [cm]	2.189
39	6	50.73 [cm]	51.6 [cm]	42.5 [cm]	2.268
39	7	50.73 [cm]	51.6 [cm]	43 [cm]	2.349
40	1	50.99 [cm]	53.08 [cm]	40 [cm]	2.027
40	2	50.99 [cm]	53.08 [cm]	40.5 [cm]	2.104
40	3	50.99 [cm]	53.08 [cm]	41 [cm]	2.141
40	4	50.99 [cm]	53.08 [cm]	41.5 [cm]	2.093
40	5	50.99 [cm]	53.08 [cm]	42 [cm]	2.033
40	6	50.99 [cm]	53.08 [cm]	42.5 [cm]	2.048
40	7	50.99 [cm]	53.08 [cm]	43 [cm]	2.115
40	8	50.99 [cm]	53.08 [cm]	43.5 [cm]	2.194
40	9	50.99 [cm]	53.08 [cm]	44 [cm]	2.277
41	1	51.25 [cm]	54.56 [cm]	40 [cm]	1.525
41	2	51.25 [cm]	54.56 [cm]	40.5 [cm]	1.589
41	3	51.25 [cm]	54.56 [cm]	41 [cm]	1.641
41	4	51.25 [cm]	54.56 [cm]	41.5 [cm]	2.048
41	5	51.25 [cm]	54.56 [cm]	42 [cm]	2.125
41	6	51.25 [cm]	54.56 [cm]	42.5 [cm]	2.131
41	7	51.25 [cm]	54.56 [cm]	43 [cm]	2.066
41	8	51.25 [cm]	54.56 [cm]	43.5 [cm]	2.011
41	9	51.25 [cm]	54.56 [cm]	44 [cm]	2.042
41	10	51.25 [cm]	54.56 [cm]	44.5 [cm]	2.117
41	11	51.25 [cm]	54.56 [cm]	45 [cm]	2.202
42	1	51.52 [cm]	56.04 [cm]	41.5 [cm]	1.571
42	2	51.52 [cm]	56.04 [cm]	42 [cm]	1.629
42	3	51.52 [cm]	56.04 [cm]	42.5 [cm]	1.677
42	4	51.52 [cm]	56.04 [cm]	43 [cm]	2.070
42	5	51.52 [cm]	56.04 [cm]	43.5 [cm]	2.146
42	6	51.52 [cm]	56.04 [cm]	44 [cm]	2.109
42	7	51.52 [cm]	56.04 [cm]	44.5 [cm]	2.036
42	8	51.52 [cm]	56.04 [cm]	45 [cm]	1.995
43	1	51.78 [cm]	57.51 [cm]	43 [cm]	1.613
43	2	51.78 [cm]	57.51 [cm]	43.5 [cm]	1.668

43	3	51.78 [cm]	57.51 [cm]	44 [cm]	1.713
43	4	51.78 [cm]	57.51 [cm]	44.5 [cm]	2.092
43	5	51.78 [cm]	57.51 [cm]	45 [cm]	2.154
44	1	52.04 [cm]	58.99 [cm]	44.5 [cm]	1.654
44	2	52.04 [cm]	58.99 [cm]	45 [cm]	1.704
49	1	51.95 [cm]	49.87 [cm]	40 [cm]	2.282
49	2	51.95 [cm]	49.87 [cm]	40.5 [cm]	2.352
50	1	52.21 [cm]	51.34 [cm]	40 [cm]	2.061
50	2	52.21 [cm]	51.34 [cm]	40.5 [cm]	2.098
50	3	52.21 [cm]	51.34 [cm]	41 [cm]	2.191
50	4	52.21 [cm]	51.34 [cm]	41.5 [cm]	2.269
50	5	52.21 [cm]	51.34 [cm]	42 [cm]	2.336
51	1	52.47 [cm]	52.82 [cm]	40 [cm]	1.510
51	2	52.47 [cm]	52.82 [cm]	40.5 [cm]	2.009
51	3	52.47 [cm]	52.82 [cm]	41 [cm]	2.048
51	4	52.47 [cm]	52.82 [cm]	41.5 [cm]	2.080
51	5	52.47 [cm]	52.82 [cm]	42 [cm]	2.100
51	6	52.47 [cm]	52.82 [cm]	42.5 [cm]	2.181
51	7	52.47 [cm]	52.82 [cm]	43 [cm]	2.253
51	8	52.47 [cm]	52.82 [cm]	43.5 [cm]	2.328
52	1	52.73 [cm]	54.3 [cm]	40.5 [cm]	1.426
52	2	52.73 [cm]	54.3 [cm]	41 [cm]	1.493
52	3	52.73 [cm]	54.3 [cm]	41.5 [cm]	1.547
52	4	52.73 [cm]	54.3 [cm]	42 [cm]	2.026
52	5	52.73 [cm]	54.3 [cm]	42.5 [cm]	2.067
52	6	52.73 [cm]	54.3 [cm]	43 [cm]	2.092
52	7	52.73 [cm]	54.3 [cm]	43.5 [cm]	2.093
52	8	52.73 [cm]	54.3 [cm]	44 [cm]	2.165
52	9	52.73 [cm]	54.3 [cm]	44.5 [cm]	2.241
53	1	52.99 [cm]	55.78 [cm]	42 [cm]	1.471
53	2	52.99 [cm]	55.78 [cm]	42.5 [cm]	1.533
53	3	52.99 [cm]	55.78 [cm]	43 [cm]	1.583
53	4	52.99 [cm]	55.78 [cm]	43.5 [cm]	2.044
53	5	52.99 [cm]	55.78 [cm]	44 [cm]	2.086
53	6	52.99 [cm]	55.78 [cm]	44.5 [cm]	2.089
53	7	52.99 [cm]	55.78 [cm]	45 [cm]	2.078
54	1	53.25 [cm]	57.25 [cm]	43.5 [cm]	1.513
54	2	53.25 [cm]	57.25 [cm]	44 [cm]	1.570
54	3	53.25 [cm]	57.25 [cm]	44.5 [cm]	1.617
54	4	53.25 [cm]	57.25 [cm]	45 [cm]	2.062
55	1	53.51 [cm]	58.73 [cm]	44.5 [cm]	1.485
55	2	53.51 [cm]	58.73 [cm]	45 [cm]	1.554
60	1	53.43 [cm]	49.61 [cm]	40 [cm]	2.460
61	1	53.69 [cm]	51.08 [cm]	40 [cm]	1.969
61	2	53.69 [cm]	51.08 [cm]	40.5 [cm]	2.117
61	3	53.69 [cm]	51.08 [cm]	41 [cm]	2.321
61	4	53.69 [cm]	51.08 [cm]	41.5 [cm]	2.472
62	1	53.95 [cm]	52.56 [cm]	40 [cm]	1.370
62	2	53.95 [cm]	52.56 [cm]	40.5 [cm]	1.950
62	3	53.95 [cm]	52.56 [cm]	41 [cm]	1.965
62	4	53.95 [cm]	52.56 [cm]	41.5 [cm]	1.985
62	5	53.95 [cm]	52.56 [cm]	42 [cm]	2.148
62	6	53.95 [cm]	52.56 [cm]	42.5 [cm]	2.344
63	1	54.21 [cm]	54.04 [cm]	41 [cm]	1.337
63	2	54.21 [cm]	54.04 [cm]	41.5 [cm]	1.410
63	3	54.21 [cm]	54.04 [cm]	42 [cm]	1.957

63	4	54.21 [cm]	54.04 [cm]	42.5 [cm]	1.979
63	5	54.21 [cm]	54.04 [cm]	43 [cm]	2.002
63	6	54.21 [cm]	54.04 [cm]	43.5 [cm]	2.178
63	7	54.21 [cm]	54.04 [cm]	44 [cm]	2.355
64	1	54.47 [cm]	55.52 [cm]	42.5 [cm]	1.383
64	2	54.47 [cm]	55.52 [cm]	43 [cm]	1.448
64	3	54.47 [cm]	55.52 [cm]	43.5 [cm]	1.967
64	4	54.47 [cm]	55.52 [cm]	44 [cm]	1.995
64	5	54.47 [cm]	55.52 [cm]	44.5 [cm]	2.019
64	6	54.47 [cm]	55.52 [cm]	45 [cm]	2.204
65	1	54.73 [cm]	56.99 [cm]	44 [cm]	1.425
65	2	54.73 [cm]	56.99 [cm]	44.5 [cm]	1.485
65	3	54.73 [cm]	56.99 [cm]	45 [cm]	1.979
66	1	54.99 [cm]	58.47 [cm]	45 [cm]	1.390
72	1	55.17 [cm]	50.82 [cm]	40 [cm]	1.903
72	2	55.17 [cm]	50.82 [cm]	40.5 [cm]	2.227
72	3	55.17 [cm]	50.82 [cm]	41 [cm]	2.460
73	1	55.43 [cm]	52.3 [cm]	40 [cm]	1.203
73	2	55.43 [cm]	52.3 [cm]	40.5 [cm]	1.297
73	3	55.43 [cm]	52.3 [cm]	41 [cm]	1.920
73	4	55.43 [cm]	52.3 [cm]	41.5 [cm]	1.913
73	5	55.43 [cm]	52.3 [cm]	42 [cm]	2.255
74	1	55.69 [cm]	53.78 [cm]	41 [cm]	2.709
74	2	55.69 [cm]	53.78 [cm]	41.5 [cm]	1.257
74	3	55.69 [cm]	53.78 [cm]	42 [cm]	1.336
74	4	55.69 [cm]	53.78 [cm]	42.5 [cm]	1.923
74	5	55.69 [cm]	53.78 [cm]	43 [cm]	1.924
74	6	55.69 [cm]	53.78 [cm]	43.5 [cm]	2.285
75	1	55.95 [cm]	55.25 [cm]	42.5 [cm]	2.746
75	2	55.95 [cm]	55.25 [cm]	43 [cm]	1.304
75	3	55.95 [cm]	55.25 [cm]	43.5 [cm]	1.373
75	4	55.95 [cm]	55.25 [cm]	44 [cm]	1.930
75	5	55.95 [cm]	55.25 [cm]	44.5 [cm]	1.938
75	6	55.95 [cm]	55.25 [cm]	45 [cm]	2.316
76	1	56.21 [cm]	56.73 [cm]	44.5 [cm]	1.347
76	2	56.21 [cm]	56.73 [cm]	45 [cm]	1.409
83	1	56.64 [cm]	50.56 [cm]	40 [cm]	1.887
84	1	56.9 [cm]	52.04 [cm]	40 [cm]	2.384
84	2	56.9 [cm]	52.04 [cm]	41 [cm]	1.233
84	3	56.9 [cm]	52.04 [cm]	41.5 [cm]	1.881
85	1	57.16 [cm]	53.52 [cm]	41 [cm]	2.403
85	2	57.16 [cm]	53.52 [cm]	41.5 [cm]	2.423
85	3	57.16 [cm]	53.52 [cm]	42 [cm]	1.184
85	4	57.16 [cm]	53.52 [cm]	42.5 [cm]	1.944
85	5	57.16 [cm]	53.52 [cm]	43 [cm]	1.880
86	1	57.42 [cm]	54.99 [cm]	42.5 [cm]	2.443
86	2	57.42 [cm]	54.99 [cm]	43 [cm]	2.460
86	3	57.42 [cm]	54.99 [cm]	43.5 [cm]	1.233
86	4	57.42 [cm]	54.99 [cm]	44 [cm]	1.925
86	5	57.42 [cm]	54.99 [cm]	44.5 [cm]	1.884
87	1	57.68 [cm]	56.47 [cm]	44 [cm]	2.482
87	2	57.68 [cm]	56.47 [cm]	44.5 [cm]	2.496
87	3	57.68 [cm]	56.47 [cm]	45 [cm]	1.276
94	1	58.12 [cm]	50.3 [cm]	40 [cm]	1.157
95	1	58.38 [cm]	51.78 [cm]	40 [cm]	2.132
95	2	58.38 [cm]	51.78 [cm]	40.5 [cm]	2.166



95	3	58.38 [cm]	51.78 [cm]	41 [cm]	2.196
95	4	58.38 [cm]	51.78 [cm]	41.5 [cm]	1.957
96	1	58.64 [cm]	53.26 [cm]	41.5 [cm]	2.173
96	2	58.64 [cm]	53.26 [cm]	42 [cm]	2.205
96	3	58.64 [cm]	53.26 [cm]	43 [cm]	1.916
97	1	58.9 [cm]	54.73 [cm]	43 [cm]	2.213
97	2	58.9 [cm]	54.73 [cm]	43.5 [cm]	2.242
97	3	58.9 [cm]	54.73 [cm]	44 [cm]	1.170
97	4	58.9 [cm]	54.73 [cm]	44.5 [cm]	1.891
98	1	59.16 [cm]	56.21 [cm]	44.5 [cm]	2.252
98	2	59.16 [cm]	56.21 [cm]	45 [cm]	2.277
105	1	59.6 [cm]	50.04 [cm]	40 [cm]	1.991
105	2	59.6 [cm]	50.04 [cm]	40.5 [cm]	1.154
106	1	59.86 [cm]	51.52 [cm]	40 [cm]	1.904
106	2	59.86 [cm]	51.52 [cm]	40.5 [cm]	1.952
106	3	59.86 [cm]	51.52 [cm]	41 [cm]	1.993
106	4	59.86 [cm]	51.52 [cm]	41.5 [cm]	2.028
107	1	60.12 [cm]	53 [cm]	41.5 [cm]	1.949
107	2	60.12 [cm]	53 [cm]	42 [cm]	1.993
107	3	60.12 [cm]	53 [cm]	42.5 [cm]	2.030
107	4	60.12 [cm]	53 [cm]	43 [cm]	2.064
108	1	60.38 [cm]	54.47 [cm]	43 [cm]	1.992
108	2	60.38 [cm]	54.47 [cm]	43.5 [cm]	2.032
108	3	60.38 [cm]	54.47 [cm]	44 [cm]	2.067
109	1	60.64 [cm]	55.95 [cm]	44.5 [cm]	2.033
109	2	60.64 [cm]	55.95 [cm]	45 [cm]	2.070
116	1	61.07 [cm]	49.78 [cm]	40 [cm]	1.811
117	1	61.33 [cm]	51.26 [cm]	40.5 [cm]	1.753
117	2	61.33 [cm]	51.26 [cm]	41 [cm]	1.806
117	3	61.33 [cm]	51.26 [cm]	41.5 [cm]	1.850
118	1	61.6 [cm]	52.74 [cm]	42 [cm]	1.797
118	2	61.6 [cm]	52.74 [cm]	42.5 [cm]	1.846
118	3	61.6 [cm]	52.74 [cm]	43 [cm]	1.887
119	1	61.86 [cm]	54.21 [cm]	43.5 [cm]	1.839
119	2	61.86 [cm]	54.21 [cm]	44 [cm]	1.884
119	3	61.86 [cm]	54.21 [cm]	44.5 [cm]	1.923
120	1	62.12 [cm]	55.69 [cm]	45 [cm]	1.879

### Metodo di BISHOP (1955)

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.

Il fattore di sicurezza critico è **1.156 (>1.100)**, si ha in corrispondenza del centro numero 11 e della superficie numero 4. Le coordinate del centro sono: C (4760.47 [cm] ,5977.21 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 4450 [cm].

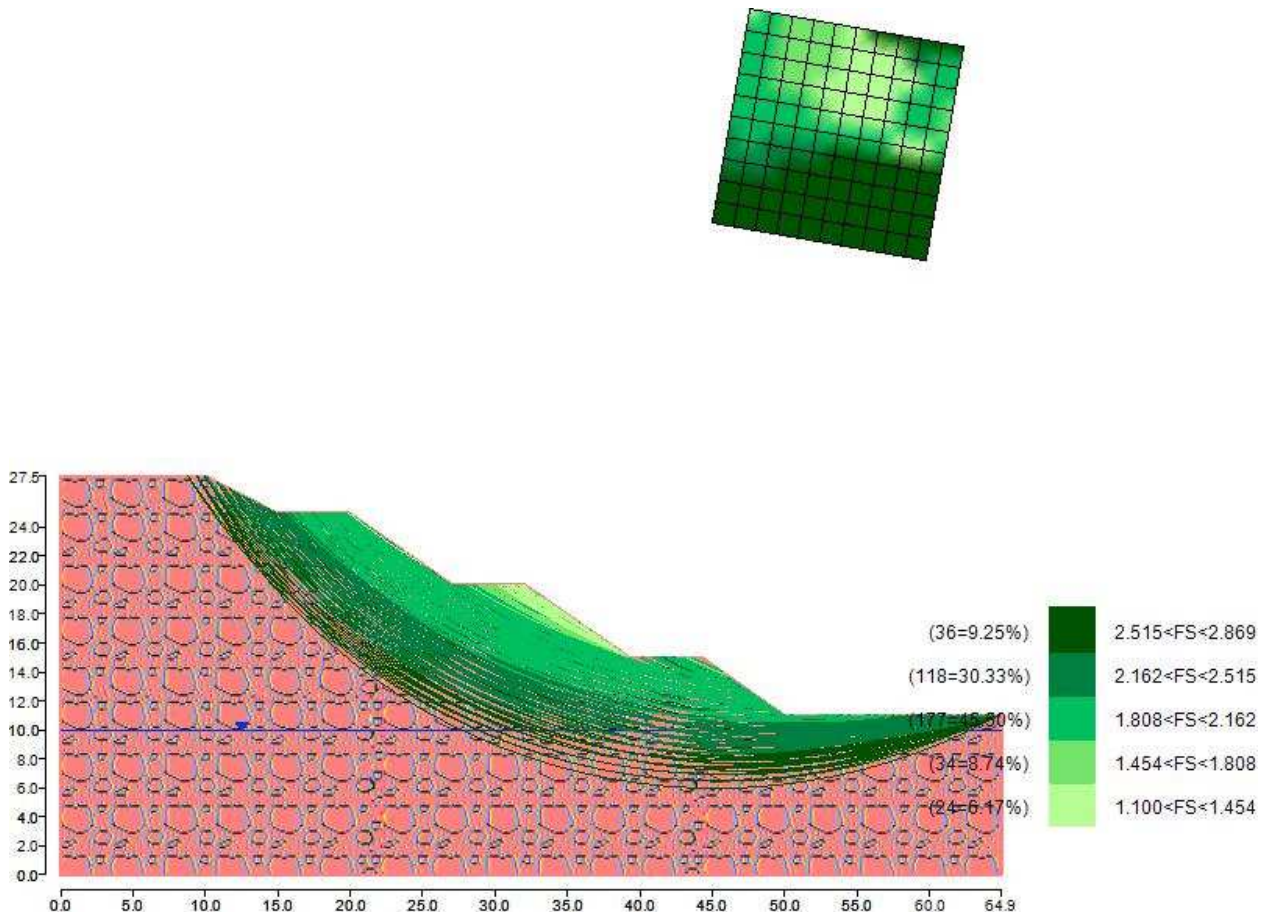


Figura 5: Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

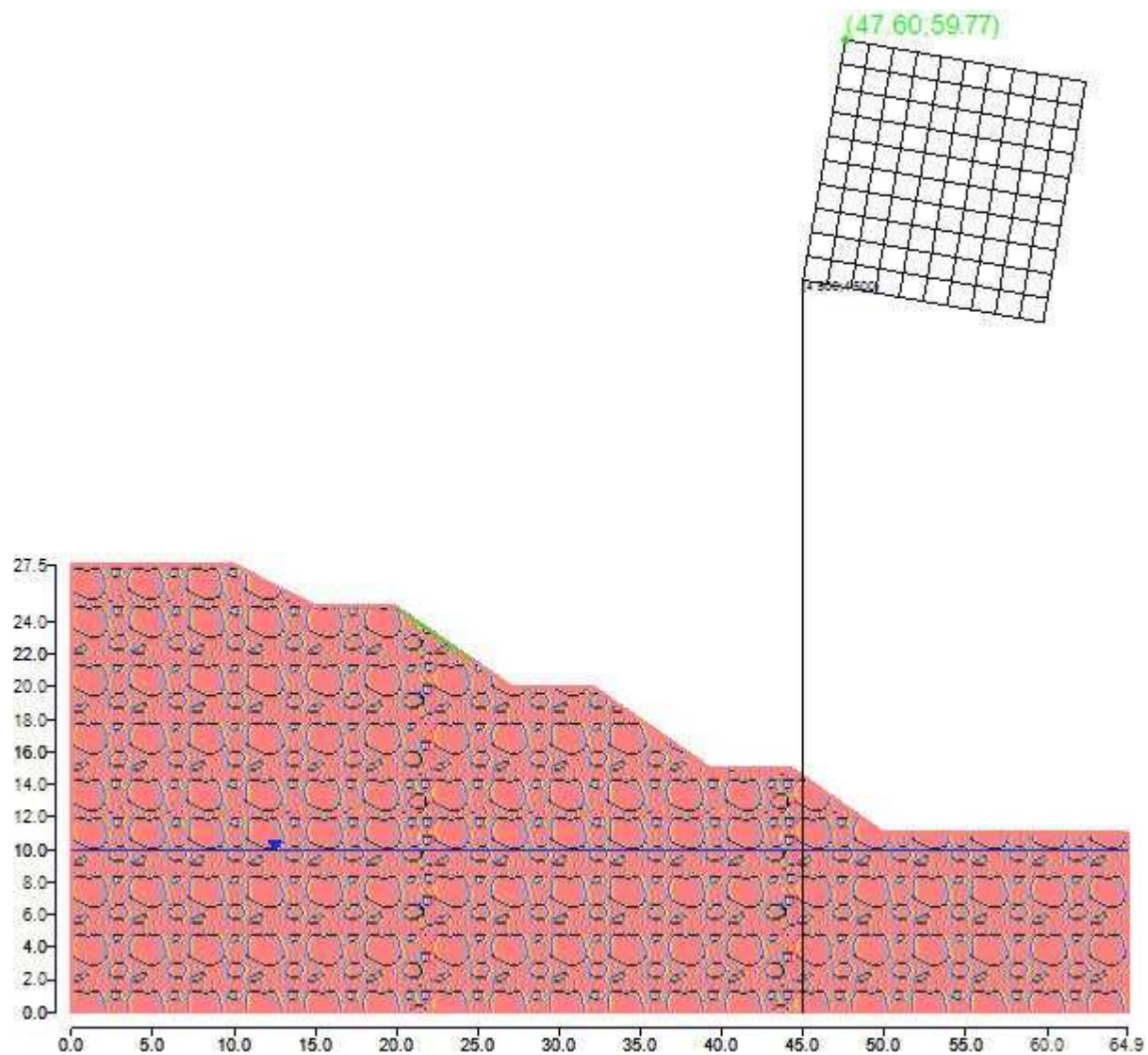


Figura 6: Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Tabella 5: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm <sup>2</sup> ]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	1.49	39	0.18	0.15	0.12	0	45	0	-0.04	0	0
2	8.5	39	2.75	2.27	1.81	0	45	0.04	-0.66	0	0
3	9.99	38	5.06	4.17	3.34	0	45	0.66	-1.78	0	0
4	9.99	38	6.96	5.73	4.59	0	45	1.78	-3.3	0	0
5	9.99	38	8.76	7.21	5.77	0	45	3.3	-5.16	0	0
6	9.99	38	10.46	8.62	6.9	0	45	5.16	-7.34	0	0
7	9.99	38	12.08	9.95	7.96	0	45	7.34	-9.8	0	0
8	9.99	38	13.61	11.21	8.97	0	45	9.8	-12.51	0	0
9	9.99	37	15.04	12.39	9.91	0	45	12.51	-15.44	0	0
10	9.99	37	16.39	13.5	10.8	0	45	15.44	-18.56	0	0
11	9.99	37	17.65	14.53	11.63	0	45	18.56	-21.85	0	0
12	9.99	37	18.82	15.49	12.4	0	45	21.85	-25.27	0	0
13	9.99	37	19.9	16.38	13.11	0	45	25.27	-28.8	0	0
14	9.99	37	20.9	17.2	13.76	0	45	28.8	-32.42	0	0
15	9.99	36	21.81	17.95	14.36	0	45	32.42	-36.11	0	0
16	9.99	36	22.63	18.63	14.9	0	45	36.11	-39.84	0	0
17	9.99	36	23.37	19.23	15.38	0	45	39.84	-43.59	0	0

18	9.99	36	24.03	19.77	15.81	0	45	43.59	-47.34	0	0
19	9.99	36	24.59	20.23	16.19	0	45	47.34	-51.08	0	0
20	9.99	36	25.08	20.63	16.51	0	45	51.08	-54.79	0	0
21	9.99	35	25.48	20.96	16.77	0	45	54.79	-58.45	0	0
22	9.99	35	25.8	21.22	16.98	0	45	58.45	-62.06	0	0
23	9.99	35	26.04	21.42	17.13	0	45	62.06	-65.58	0	0
24	9.99	35	26.19	21.54	17.23	0	45	65.58	-69.03	0	0
25	9.99	35	26.26	21.6	17.28	0	45	69.03	-72.37	0	0
26	9.99	35	26.25	21.6	17.28	0	45	72.37	-75.61	0	0
27	9.99	35	26.17	21.52	17.22	0	45	75.61	-78.73	0	0
28	9.99	34	26	21.38	17.11	0	45	78.73	-81.73	0	0
29	9.99	34	25.75	21.18	16.94	0	45	81.73	-84.6	0	0
30	9.99	34	25.42	20.91	16.73	0	45	84.6	-87.33	0	0
31	9.99	34	25.01	20.58	16.46	0	45	87.33	-89.91	0	0
32	9.99	34	24.53	20.18	16.14	0	45	89.91	-92.35	0	0
33	9.99	34	23.97	19.72	15.77	0	45	92.35	-94.64	0	0
34	9.99	33	23.33	19.19	15.35	0	45	94.64	-96.78	0	0
35	9.99	33	22.61	18.6	14.88	0	45	96.78	-98.76	0	0
36	9.99	33	21.82	17.95	14.36	0	45	98.76	-100.59	0	0
37	9.99	33	20.94	17.24	13.79	0	45	100.59	-102.27	0	0
38	9.99	33	20	16.46	13.17	0	45	102.27	-103.79	0	0
39	9.99	33	18.98	15.62	12.5	0	45	103.79	-105.16	0	0
40	9.99	33	17.88	14.72	11.77	0	45	105.16	-106.39	0	0
41	9.99	32	16.71	13.76	11	0	45	106.39	-107.47	0	0
42	9.99	32	15.46	12.73	10.19	0	45	107.47	-108.41	0	0
43	9.99	32	14.14	11.65	9.32	0	45	108.41	-109.22	0	0
44	9.99	32	12.75	10.5	8.4	0	45	109.22	-109.9	0	0
45	9.99	32	11.28	9.29	7.43	0	45	109.9	-110.47	0	0
46	9.99	32	9.74	8.03	6.42	0	45	110.47	-110.91	0	0
47	9.99	31	8.13	6.7	5.36	0	45	110.91	-111.26	0	0
48	9.99	31	6.45	5.31	4.25	0	45	111.26	-111.51	0	0
49	9.99	31	4.69	3.87	3.09	0	45	111.51	-111.67	0	0
50	9.99	31	2.87	2.36	1.89	0	45	111.67	-111.76	0	0
51	9.99	31	0.97	0.8	0.64	0	45	111.76	-111.79	0	0

Tabella 6: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
2	1	4526.05	4647.72	4000	2.790
2	2	4526.05	4647.72	4050	2.869
3	1	4552.09	4795.44	4000	2.576
3	2	4552.09	4795.44	4050	2.650
3	3	4552.09	4795.44	4100	2.723
3	4	4552.09	4795.44	4150	2.795
4	1	4578.14	4943.16	4000	2.360
4	2	4578.14	4943.16	4050	2.432
4	3	4578.14	4943.16	4100	2.505
4	4	4578.14	4943.16	4150	2.578
4	5	4578.14	4943.16	4200	2.650
4	6	4578.14	4943.16	4250	2.723
5	1	4604.19	5090.88	4000	2.202
5	2	4604.19	5090.88	4050	2.238
5	3	4604.19	5090.88	4100	2.298
5	4	4604.19	5090.88	4150	2.365
5	5	4604.19	5090.88	4200	2.436

5	6	4604.19	5090.88	4250	2.508
5	7	4604.19	5090.88	4300	2.579
5	8	4604.19	5090.88	4350	2.652
5	9	4604.19	5090.88	4400	2.726
6	1	4630.24	5238.61	4000	2.133
6	2	4630.24	5238.61	4050	2.156
6	3	4630.24	5238.61	4100	2.180
6	4	4630.24	5238.61	4150	2.204
6	5	4630.24	5238.61	4200	2.243
6	6	4630.24	5238.61	4250	2.303
6	7	4630.24	5238.61	4300	2.369
6	8	4630.24	5238.61	4350	2.439
6	9	4630.24	5238.61	4400	2.509
6	10	4630.24	5238.61	4450	2.581
6	11	4630.24	5238.61	4500	2.656
7	1	4656.28	5386.33	4000	2.051
7	2	4656.28	5386.33	4050	2.078
7	3	4656.28	5386.33	4100	2.105
7	4	4656.28	5386.33	4150	2.131
7	5	4656.28	5386.33	4200	2.157
7	6	4656.28	5386.33	4250	2.182
7	7	4656.28	5386.33	4300	2.207
7	8	4656.28	5386.33	4350	2.248
7	9	4656.28	5386.33	4400	2.306
7	10	4656.28	5386.33	4450	2.372
7	11	4656.28	5386.33	4500	2.441
8	1	4682.33	5534.05	4000	2.073
8	2	4682.33	5534.05	4050	2.018
8	3	4682.33	5534.05	4100	1.867
8	4	4682.33	5534.05	4150	2.036
8	5	4682.33	5534.05	4200	2.072
8	6	4682.33	5534.05	4250	2.103
8	7	4682.33	5534.05	4300	2.132
8	8	4682.33	5534.05	4350	2.156
8	9	4682.33	5534.05	4400	2.186
8	10	4682.33	5534.05	4450	2.209
8	11	4682.33	5534.05	4500	2.251
9	1	4708.38	5681.77	4050	2.032
9	2	4708.38	5681.77	4100	2.073
9	3	4708.38	5681.77	4150	2.109
9	4	4708.38	5681.77	4200	1.962
9	5	4708.38	5681.77	4250	1.855
9	6	4708.38	5681.77	4300	2.028
9	7	4708.38	5681.77	4350	2.070
9	8	4708.38	5681.77	4400	2.104
9	9	4708.38	5681.77	4450	2.136
9	10	4708.38	5681.77	4500	2.164
10	1	4734.43	5829.49	4200	2.073
10	2	4734.43	5829.49	4250	2.110
10	3	4734.43	5829.49	4300	2.145
10	4	4734.43	5829.49	4350	1.924
10	5	4734.43	5829.49	4400	1.849
10	6	4734.43	5829.49	4450	2.024
10	7	4734.43	5829.49	4500	2.070
11	1	4760.47	5977.21	4300	2.072
11	2	4760.47	5977.21	4350	2.112

11	3	4760.47	5977.21	4400	2.147
11	4	4760.47	5977.21	4450	1.156
11	5	4760.47	5977.21	4500	1.901
14	1	4699.82	4769.4	4000	2.636
14	2	4699.82	4769.4	4050	2.723
15	1	4725.86	4917.12	4000	2.377
15	2	4725.86	4917.12	4050	2.467
15	3	4725.86	4917.12	4100	2.557
15	4	4725.86	4917.12	4150	2.644
15	5	4725.86	4917.12	4200	2.728
16	1	4751.91	5064.84	4000	2.160
16	2	4751.91	5064.84	4050	2.221
16	3	4751.91	5064.84	4100	2.300
16	4	4751.91	5064.84	4150	2.388
16	5	4751.91	5064.84	4200	2.478
16	6	4751.91	5064.84	4250	2.566
16	7	4751.91	5064.84	4300	2.651
17	1	4777.96	5212.56	4000	2.116
17	2	4777.96	5212.56	4050	2.121
17	3	4777.96	5212.56	4100	2.133
17	4	4777.96	5212.56	4150	2.161
17	5	4777.96	5212.56	4200	2.228
17	6	4777.96	5212.56	4250	2.310
17	7	4777.96	5212.56	4300	2.400
17	8	4777.96	5212.56	4350	2.488
17	9	4777.96	5212.56	4400	2.574
17	10	4777.96	5212.56	4450	2.656
18	1	4804	5360.28	4000	2.160
18	2	4804	5360.28	4050	2.115
18	3	4804	5360.28	4100	2.103
18	4	4804	5360.28	4150	2.106
18	5	4804	5360.28	4200	2.116
18	6	4804	5360.28	4250	2.131
18	7	4804	5360.28	4300	2.165
18	8	4804	5360.28	4350	2.234
18	9	4804	5360.28	4400	2.322
18	10	4804	5360.28	4450	2.410
18	11	4804	5360.28	4500	2.496
19	1	4830.05	5508	4000	1.881
19	2	4830.05	5508	4050	1.925
19	3	4830.05	5508	4150	2.114
19	4	4830.05	5508	4200	2.091
19	5	4830.05	5508	4250	2.091
19	6	4830.05	5508	4300	2.100
19	7	4830.05	5508	4350	2.114
19	8	4830.05	5508	4400	2.131
19	9	4830.05	5508	4450	2.171
19	10	4830.05	5508	4500	2.247
20	1	4856.1	5655.72	4050	1.821
20	2	4856.1	5655.72	4100	1.874
20	3	4856.1	5655.72	4150	1.920
20	4	4856.1	5655.72	4200	1.960
20	5	4856.1	5655.72	4250	1.929
20	6	4856.1	5655.72	4300	2.078
20	7	4856.1	5655.72	4350	2.074
20	8	4856.1	5655.72	4400	2.083

20	9	4856.1	5655.72	4450	2.097
20	10	4856.1	5655.72	4500	2.114
21	1	4882.15	5803.44	4200	1.865
21	2	4882.15	5803.44	4250	1.914
21	3	4882.15	5803.44	4300	1.957
21	4	4882.15	5803.44	4350	1.995
21	5	4882.15	5803.44	4400	1.892
21	6	4882.15	5803.44	4450	2.053
21	7	4882.15	5803.44	4500	2.063
22	1	4908.19	5951.16	4350	1.907
22	2	4908.19	5951.16	4400	1.953
22	3	4908.19	5951.16	4450	1.992
22	4	4908.19	5951.16	4500	2.028
26	1	4873.58	4891.07	4000	2.432
26	2	4873.58	4891.07	4050	2.529
26	3	4873.58	4891.07	4100	2.628
27	1	4899.63	5038.79	4000	2.170
27	2	4899.63	5038.79	4050	2.251
27	3	4899.63	5038.79	4100	2.343
27	4	4899.63	5038.79	4150	2.441
27	5	4899.63	5038.79	4200	2.541
28	1	4925.68	5186.51	4000	2.136
28	2	4925.68	5186.51	4050	2.111
28	3	4925.68	5186.51	4100	2.109
28	4	4925.68	5186.51	4150	2.169
28	5	4925.68	5186.51	4200	2.255
28	6	4925.68	5186.51	4250	2.351
28	7	4925.68	5186.51	4300	2.452
28	8	4925.68	5186.51	4350	2.554
29	1	4951.73	5334.23	4000	2.176
29	2	4951.73	5334.23	4050	2.209
29	3	4951.73	5334.23	4100	2.151
29	4	4951.73	5334.23	4150	2.111
29	5	4951.73	5334.23	4200	2.096
29	6	4951.73	5334.23	4250	2.103
29	7	4951.73	5334.23	4300	2.171
29	8	4951.73	5334.23	4350	2.262
29	9	4951.73	5334.23	4400	2.358
29	10	4951.73	5334.23	4450	2.465
29	11	4951.73	5334.23	4500	2.568
30	1	4977.77	5481.95	4000	1.703
30	2	4977.77	5481.95	4050	1.755
30	3	4977.77	5481.95	4100	1.800
30	4	4977.77	5481.95	4150	2.198
30	5	4977.77	5481.95	4200	2.179
30	6	4977.77	5481.95	4250	2.119
30	7	4977.77	5481.95	4300	2.093
30	8	4977.77	5481.95	4350	2.086
30	9	4977.77	5481.95	4400	2.101
30	10	4977.77	5481.95	4450	2.176
30	11	4977.77	5481.95	4500	2.271
31	1	5003.82	5629.67	4100	1.686
31	2	5003.82	5629.67	4150	1.743
31	3	5003.82	5629.67	4200	1.792
31	4	5003.82	5629.67	4250	1.835
31	5	5003.82	5629.67	4300	2.205



31	6	5003.82	5629.67	4350	2.140
31	7	5003.82	5629.67	4400	2.095
31	8	5003.82	5629.67	4450	2.081
31	9	5003.82	5629.67	4500	2.080
32	1	5029.87	5777.4	4250	1.730
32	2	5029.87	5777.4	4300	1.783
32	3	5029.87	5777.4	4350	1.828
32	4	5029.87	5777.4	4400	1.869
32	5	5029.87	5777.4	4450	2.176
32	6	5029.87	5777.4	4500	2.105
33	1	5055.91	5925.12	4400	1.771
33	2	5055.91	5925.12	4450	1.820
33	3	5055.91	5925.12	4500	1.863
37	1	5021.31	4865.02	4000	2.539
38	1	5047.35	5012.74	4000	2.248
38	2	5047.35	5012.74	4050	2.340
38	3	5047.35	5012.74	4100	2.440
38	4	5047.35	5012.74	4150	2.542
39	1	5073.4	5160.46	4000	2.175
39	2	5073.4	5160.46	4050	2.135
39	3	5073.4	5160.46	4100	2.156
39	4	5073.4	5160.46	4150	2.239
39	5	5073.4	5160.46	4200	2.338
39	6	5073.4	5160.46	4250	2.443
39	7	5073.4	5160.46	4300	2.549
40	1	5099.45	5308.19	4000	2.068
40	2	5099.45	5308.19	4050	2.149
40	3	5099.45	5308.19	4100	2.191
40	4	5099.45	5308.19	4150	2.155
40	5	5099.45	5308.19	4200	2.109
40	6	5099.45	5308.19	4250	2.144
40	7	5099.45	5308.19	4300	2.235
40	8	5099.45	5308.19	4350	2.340
40	9	5099.45	5308.19	4400	2.449
41	1	5125.49	5455.91	4000	1.526
41	2	5125.49	5455.91	4050	1.593
41	3	5125.49	5455.91	4100	1.647
41	4	5125.49	5455.91	4150	2.087
41	5	5125.49	5455.91	4200	2.167
41	6	5125.49	5455.91	4250	2.181
41	7	5125.49	5455.91	4300	2.129
41	8	5125.49	5455.91	4350	2.086
41	9	5125.49	5455.91	4400	2.137
41	10	5125.49	5455.91	4450	2.236
41	11	5125.49	5455.91	4500	2.346
42	1	5151.54	5603.63	4150	1.572
42	2	5151.54	5603.63	4200	1.633
42	3	5151.54	5603.63	4250	1.683
42	4	5151.54	5603.63	4300	2.106
42	5	5151.54	5603.63	4350	2.186
42	6	5151.54	5603.63	4400	2.160
42	7	5151.54	5603.63	4450	2.101
42	8	5151.54	5603.63	4500	2.070
43	1	5177.59	5751.35	4300	1.615
43	2	5177.59	5751.35	4350	1.671
43	3	5177.59	5751.35	4400	1.719

43	4	5177.59	5751.35	4450	2.125
43	5	5177.59	5751.35	4500	2.193
44	1	5203.64	5899.07	4450	1.656
44	2	5203.64	5899.07	4500	1.708
49	1	5195.07	4986.7	4000	2.408
49	2	5195.07	4986.7	4050	2.513
50	1	5221.12	5134.42	4000	2.114
50	2	5221.12	5134.42	4050	2.162
50	3	5221.12	5134.42	4100	2.284
50	4	5221.12	5134.42	4150	2.397
50	5	5221.12	5134.42	4200	2.498
51	1	5247.17	5282.14	4000	1.516
51	2	5247.17	5282.14	4050	2.053
51	3	5247.17	5282.14	4100	2.095
51	4	5247.17	5282.14	4150	2.131
51	5	5247.17	5282.14	4200	2.163
51	6	5247.17	5282.14	4250	2.276
51	7	5247.17	5282.14	4300	2.382
51	8	5247.17	5282.14	4350	2.490
52	1	5273.22	5429.86	4050	1.427
52	2	5273.22	5429.86	4100	1.497
52	3	5273.22	5429.86	4150	1.554
52	4	5273.22	5429.86	4200	2.067
52	5	5273.22	5429.86	4250	2.112
52	6	5273.22	5429.86	4300	2.141
52	7	5273.22	5429.86	4350	2.157
52	8	5273.22	5429.86	4400	2.262
52	9	5273.22	5429.86	4450	2.372
53	1	5299.26	5577.58	4200	1.472
53	2	5299.26	5577.58	4250	1.537
53	3	5299.26	5577.58	4300	1.589
53	4	5299.26	5577.58	4350	2.083
53	5	5299.26	5577.58	4400	2.129
53	6	5299.26	5577.58	4450	2.138
53	7	5299.26	5577.58	4500	2.144
54	1	5325.31	5725.3	4350	1.515
54	2	5325.31	5725.3	4400	1.574
54	3	5325.31	5725.3	4450	1.624
54	4	5325.31	5725.3	4500	2.099
55	1	5351.36	5873.02	4450	1.485
55	2	5351.36	5873.02	4500	1.556
60	1	5342.79	4960.65	4000	2.603
61	1	5368.84	5108.37	4000	2.019
61	2	5368.84	5108.37	4050	2.191
61	3	5368.84	5108.37	4100	2.429
61	4	5368.84	5108.37	4150	2.615
62	1	5394.89	5256.09	4000	1.374
62	2	5394.89	5256.09	4050	1.994
62	3	5394.89	5256.09	4100	2.010
62	4	5394.89	5256.09	4150	2.033
62	5	5394.89	5256.09	4200	2.221
62	6	5394.89	5256.09	4250	2.451
63	1	5420.94	5403.81	4100	1.339
63	2	5420.94	5403.81	4150	1.414
63	3	5420.94	5403.81	4200	1.998
63	4	5420.94	5403.81	4250	2.022

63	5	5420.94	5403.81	4300	2.047
63	6	5420.94	5403.81	4350	2.250
63	7	5420.94	5403.81	4400	2.462
64	1	5446.98	5551.53	4250	1.385
64	2	5446.98	5551.53	4300	1.452
64	3	5446.98	5551.53	4350	2.006
64	4	5446.98	5551.53	4400	2.035
64	5	5446.98	5551.53	4450	2.063
64	6	5446.98	5551.53	4500	2.276
65	1	5473.03	5699.25	4400	1.427
65	2	5473.03	5699.25	4450	1.489
65	3	5473.03	5699.25	4500	2.016
66	1	5499.08	5846.98	4500	1.391
72	1	5516.56	5082.32	4000	1.950
72	2	5516.56	5082.32	4050	2.329
72	3	5516.56	5082.32	4100	2.599
73	1	5542.61	5230.04	4000	1.205
73	2	5542.61	5230.04	4050	1.301
73	3	5542.61	5230.04	4100	1.963
73	4	5542.61	5230.04	4150	1.957
73	5	5542.61	5230.04	4200	2.355
74	1	5568.66	5377.76	4100	2.710
74	2	5568.66	5377.76	4150	1.259
74	3	5568.66	5377.76	4200	1.341
74	4	5568.66	5377.76	4250	1.964
74	5	5568.66	5377.76	4300	1.967
74	6	5568.66	5377.76	4350	2.384
75	1	5594.7	5525.49	4250	2.747
75	2	5594.7	5525.49	4300	1.306
75	3	5594.7	5525.49	4350	1.378
75	4	5594.7	5525.49	4400	1.969
75	5	5594.7	5525.49	4450	1.978
75	6	5594.7	5525.49	4500	2.414
76	1	5620.75	5673.21	4450	1.349
76	2	5620.75	5673.21	4500	1.414
83	1	5664.28	5056.28	4000	1.928
84	1	5690.33	5204	4000	2.386
84	2	5690.33	5204	4100	1.238
84	3	5690.33	5204	4150	1.921
85	1	5716.38	5351.72	4100	2.403
85	2	5716.38	5351.72	4150	2.425
85	3	5716.38	5351.72	4200	1.186
85	4	5716.38	5351.72	4250	1.980
85	5	5716.38	5351.72	4300	1.919
86	1	5742.43	5499.44	4250	2.444
86	2	5742.43	5499.44	4300	2.462
86	3	5742.43	5499.44	4350	1.235
86	4	5742.43	5499.44	4400	1.960
86	5	5742.43	5499.44	4450	1.921
87	1	5768.47	5647.16	4400	2.482
87	2	5768.47	5647.16	4450	2.498
87	3	5768.47	5647.16	4500	1.279
94	1	5812.01	5030.23	4000	1.161
95	1	5838.05	5177.95	4000	2.133
95	2	5838.05	5177.95	4050	2.169
95	3	5838.05	5177.95	4100	2.202

95	4	5838.05	5177.95	4150	1.985
96	1	5864.1	5325.67	4150	2.174
96	2	5864.1	5325.67	4200	2.207
96	3	5864.1	5325.67	4300	1.946
97	1	5890.15	5473.39	4300	2.214
97	2	5890.15	5473.39	4350	2.244
97	3	5890.15	5473.39	4400	1.173
97	4	5890.15	5473.39	4450	1.923
98	1	5916.19	5621.11	4450	2.253
98	2	5916.19	5621.11	4500	2.280
105	1	5959.73	5004.18	4000	1.998
105	2	5959.73	5004.18	4050	1.156
106	1	5985.77	5151.9	4000	1.905
106	2	5985.77	5151.9	4050	1.954
106	3	5985.77	5151.9	4100	1.996
106	4	5985.77	5151.9	4150	2.034
107	1	6011.82	5299.62	4150	1.950
107	2	6011.82	5299.62	4200	1.995
107	3	6011.82	5299.62	4250	2.034
107	4	6011.82	5299.62	4300	2.069
108	1	6037.87	5447.34	4300	1.992
108	2	6037.87	5447.34	4350	2.034
108	3	6037.87	5447.34	4400	2.070
109	1	6063.92	5595.07	4450	2.033
109	2	6063.92	5595.07	4500	2.071
116	1	6107.45	4978.13	4000	1.816
117	1	6133.49	5125.85	4050	1.754
117	2	6133.49	5125.85	4100	1.808
117	3	6133.49	5125.85	4150	1.854
118	1	6159.54	5273.58	4200	1.798
118	2	6159.54	5273.58	4250	1.848
118	3	6159.54	5273.58	4300	1.891
119	1	6185.59	5421.3	4350	1.840
119	2	6185.59	5421.3	4400	1.886
119	3	6185.59	5421.3	4450	1.927
120	1	6211.64	5569.02	4500	1.880

## 7 Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

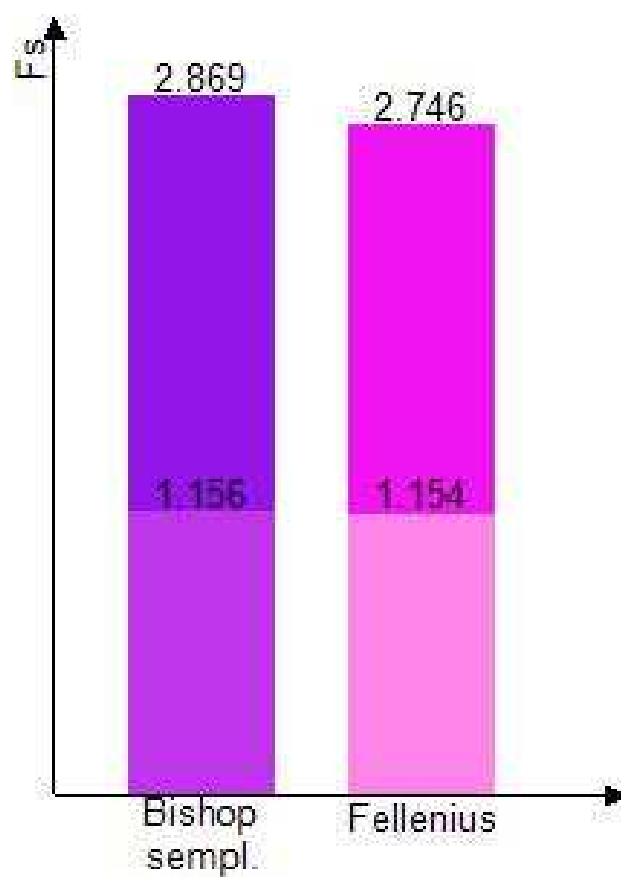


Figura 7: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

# Relazione di Calcolo



Verifica di stabilità del fronte di scavo a gradoni

Verifica in condizioni sismiche

# 1 Caratteristiche terreni.

## ghiaia

Coesione: 0 [daN/cm<sup>2</sup>]

Angolo di resistenza al taglio: 45 [°]

Peso secco: 0.002 [daN/cm<sup>3</sup>]

Peso saturo: 0.0021 [daN/cm<sup>3</sup>]

## 2 Stratigrafia.

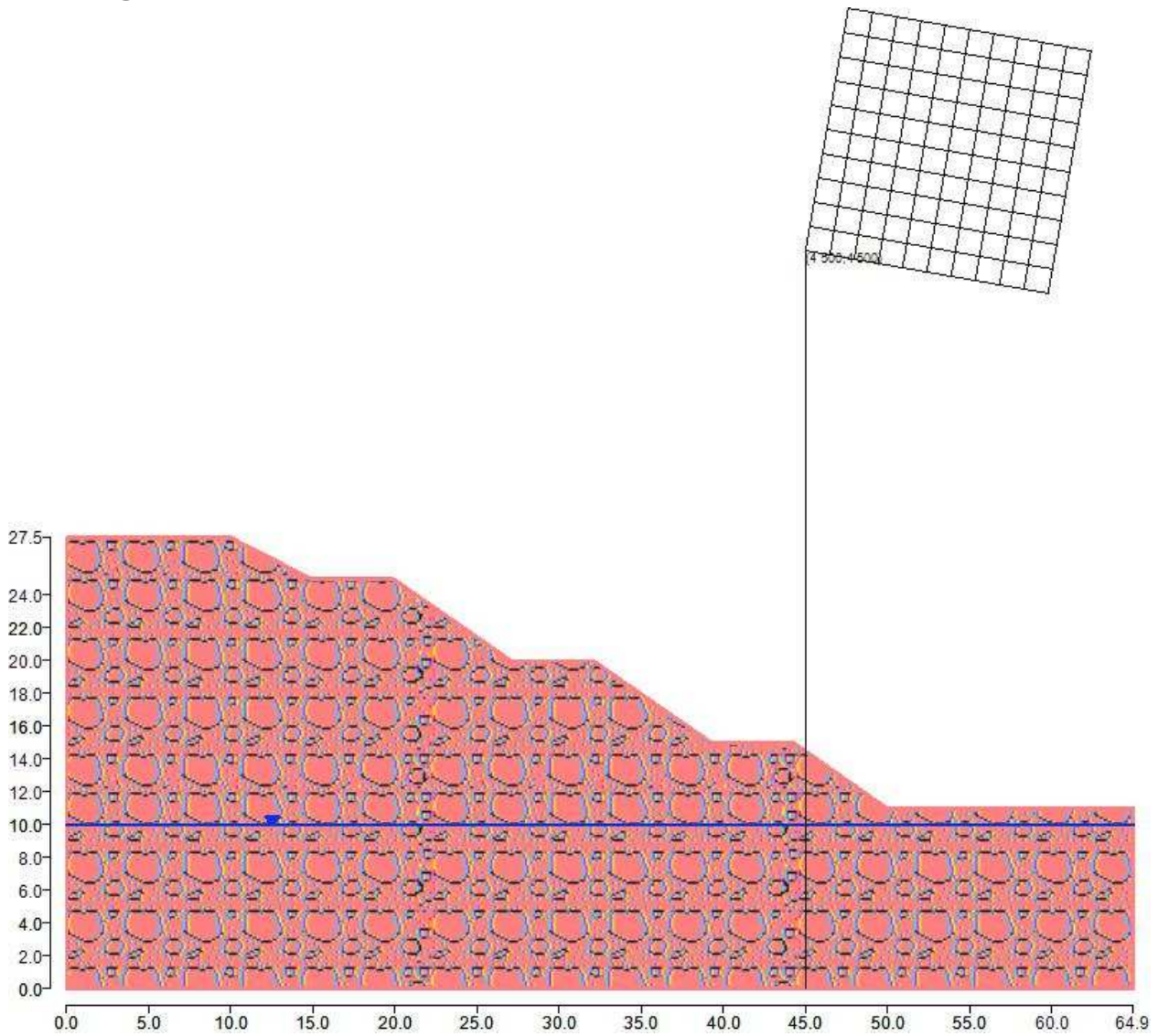


Figura 1: Rappresentazione del pendio.



E' stato definito un solo strato di cui si riportano le coordinate.

#### Strato 1

	x [cm]	y [cm]
1	0	2750
2	1000	2750
3	1485	2500
4	1985	2500
5	2705	2000
6	3205	2000
7	3925	1500
8	4425	1500
9	4995	1100
10	6495	1100
11	6495	0
12	0	0

Tabella 1: Coordinate dello strato n. 1

Tipo di terreno presente nello strato 1: ghiaia.

### 3 Falda.

La falda inserita ha le coordinate riportate nella seguente tabella.

	x [cm]	y [cm]
1	0 [cm]	1000 [cm]
2	2500 [cm]	1000 [cm]
3	6500 [cm]	1000 [cm]

Tabella 2: Coordinate della falda.

### 4 Normativa di riferimento.

La normativa utilizzata per quanto riguarda il calcolo statico è:

NTC 2018: Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

L'approccio progettuale che è stato scelto è l'Approccio 1, la combinazione è la numero 2.

I fattori parziali sono:

- per la coesione:  $\gamma_c = 1$
- per la coesione non drenata:  $\gamma_{cu} = 1$
- per l'angolo di attrito:  $\gamma_\phi = 1$
- per il peso di volume:  $\gamma_\gamma = 1$
- per i carichi permanenti:  $\gamma_g = 1$
- per i carichi variabili:  $\gamma_q = 1$
- per la resistenza globale a taglio:  $\gamma_R = 1.2$
- per gli ancoraggi:  $\gamma_a = 1.2$ ,  $\xi_a = 2$
- per i pali (trasversale):  $\gamma_p = 1$ ,  $\xi_p = 1$
- per le terre rinforzate (sfilamento):  $\gamma_{T,po} = 1$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto):  $\gamma_{T,ds} = 1$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione):  $\gamma_{T,rt} = 1$
- 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):  $\gamma_{R,o} = 1$

## 5 Calcolo sismico.

Il coefficiente sismico orizzontale considerato è pari a: 0.043.

## 6 Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(4500 [cm], 4500 [cm]), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 [cm], in direzione verticale ha passo pari a 150 [cm].

Il raggio iniziale è pari a 4000 cm, si hanno 104000 [cm], si hanno 10 incrementi di 50 [cm].

Il numero di centri è 121 ed il numero di superfici circolari generate è 389.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.

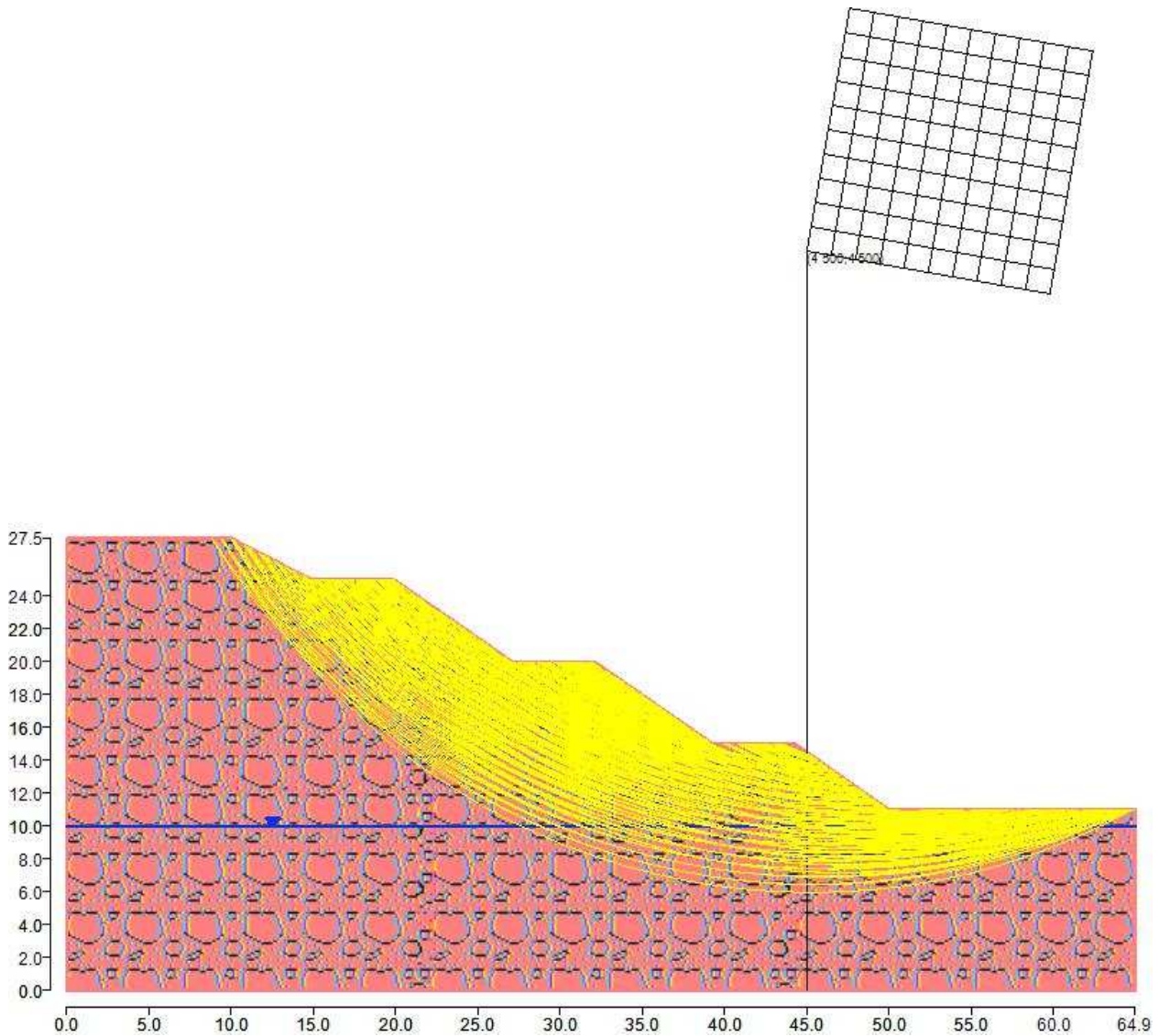


Figura 2: Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- falda
- gradonature
- sisma

## 7 Metodi utilizzati nel calcolo.

### Metodo di FELLENIUS (1927)

Metodo valido per superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Per ciascuna striscia si fa l'equilibrio alla traslazione in direzione normale alla base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurare le forze di interstriscia ( $E = X = 0$ ). Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.315 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 11 e della superficie numero 4. Le coordinate del centro sono: C (4760.47 [cm], 5977.21 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 4450 [cm].

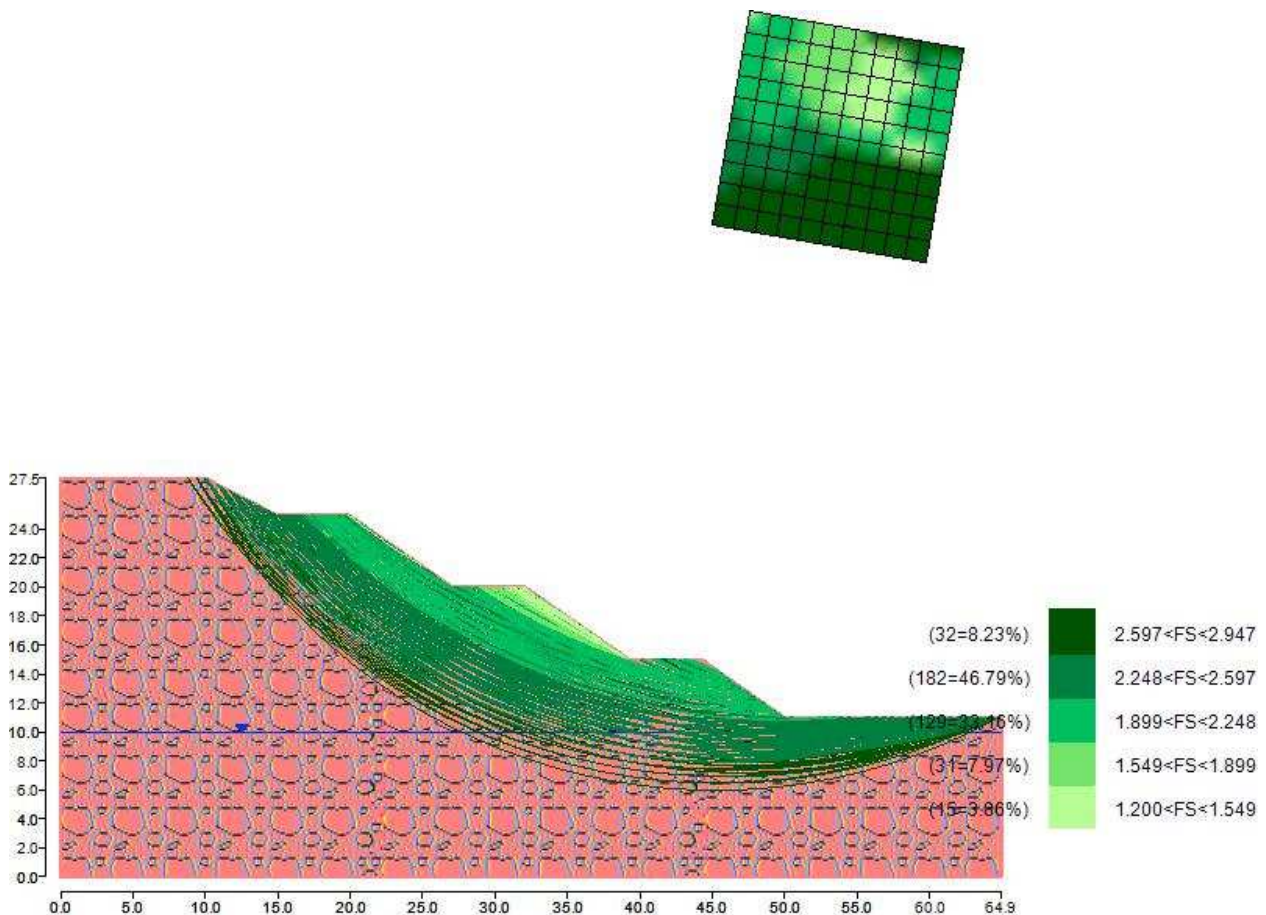


Figura 3: Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

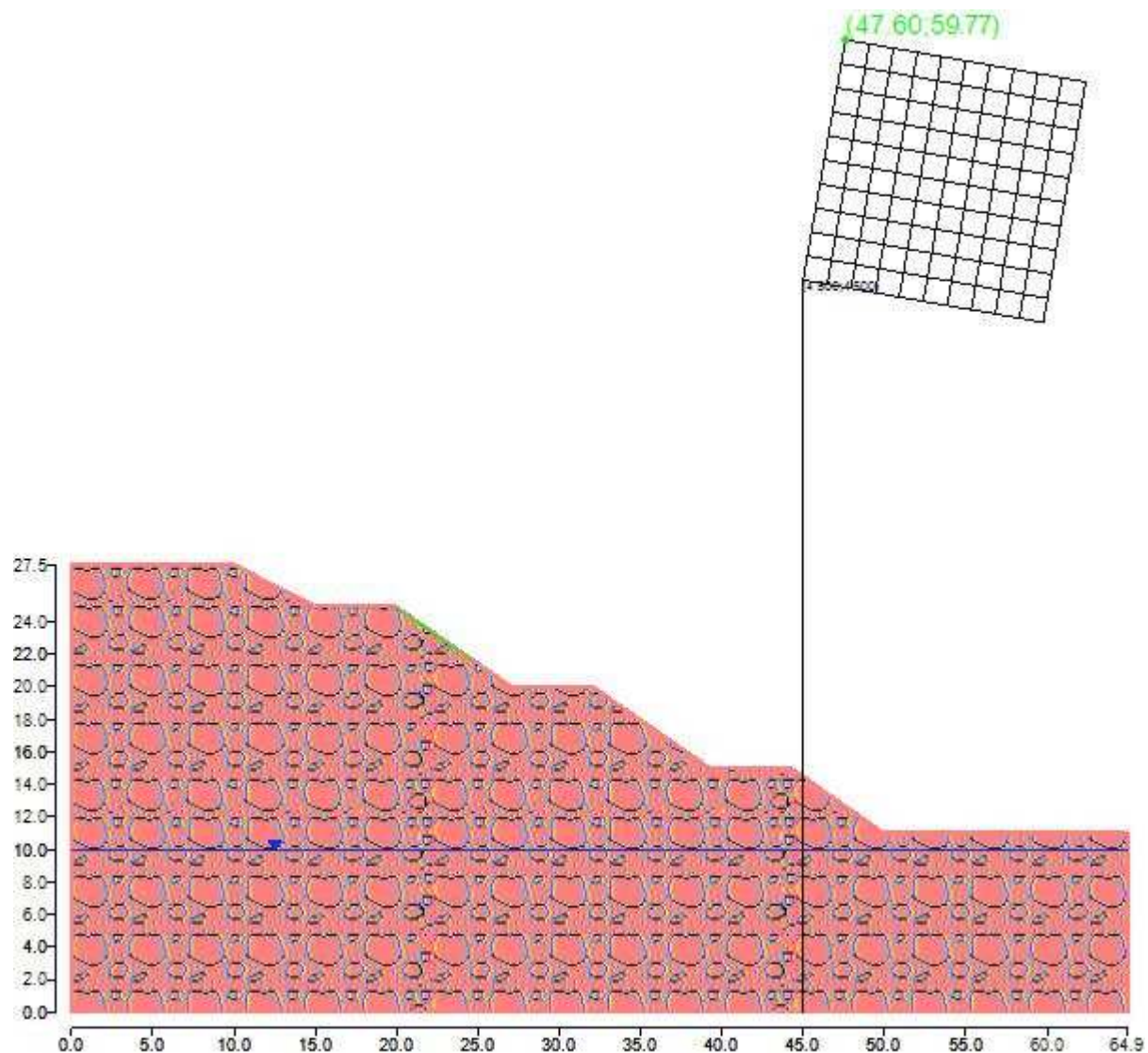


Figura 4: Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Tabella 3: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm <sup>2</sup> ]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	1.49	39	0.18	0.13	0.13	00	45	0	0	0	0
2	8.5	39	2.75	2.03	2.03	00	45	0	0	0	0
3	9.99	38	5.06	3.75	3.75	00	45	0	0	0	0
4	9.99	38	6.96	5.16	5.16	00	45	0	0	0	0
5	9.99	38	8.76	6.52	6.52	00	45	0	0	0	0
6	9.99	38	10.46	7.81	7.81	00	45	0	0	0	0
7	9.99	38	12.08	9.03	9.03	00	45	0	0	0	0
8	9.99	38	13.61	10.2	10.2	00	45	0	0	0	0
9	9.99	37	15.04	11.3	11.3	00	45	0	0	0	0
10	9.99	37	16.39	12.35	12.35	00	45	0	0	0	0
11	9.99	37	17.65	13.32	13.32	00	45	0	0	0	0
12	9.99	37	18.82	14.24	14.24	00	45	0	0	0	0
13	9.99	37	19.9	15.1	15.1	00	45	0	0	0	0
14	9.99	37	20.9	15.89	15.89	00	45	0	0	0	0
15	9.99	36	21.81	16.62	16.62	00	45	0	0	0	0
16	9.99	36	22.63	17.28	17.28	00	45	0	0	0	0

17	9.99	36	23.37	17.89	17.89	00	45	0	0	0	0
18	9.99	36	24.03	18.43	18.43	00	45	0	0	0	0
19	9.99	36	24.59	18.9	18.9	00	45	0	0	0	0
20	9.99	36	25.08	19.32	19.32	00	45	0	0	0	0
21	9.99	35	25.48	19.67	19.67	00	45	0	0	0	0
22	9.99	35	25.8	19.96	19.96	00	45	0	0	0	0
23	9.99	35	26.04	20.18	20.18	00	45	0	0	0	0
24	9.99	35	26.19	20.35	20.35	00	45	0	0	0	0
25	9.99	35	26.26	20.45	20.45	00	45	0	0	0	0
26	9.99	35	26.25	20.48	20.48	00	45	0	0	0	0
27	9.99	35	26.17	20.46	20.46	00	45	0	0	0	0
28	9.99	34	26	20.37	20.37	00	45	0	0	0	0
29	9.99	34	25.75	20.21	20.21	00	45	0	0	0	0
30	9.99	34	25.42	19.99	19.99	00	45	0	0	0	0
31	9.99	34	25.01	19.71	19.71	00	45	0	0	0	0
32	9.99	34	24.53	19.37	19.37	00	45	0	0	0	0
33	9.99	34	23.97	18.96	18.96	00	45	0	0	0	0
34	9.99	33	23.33	18.49	18.49	00	45	0	0	0	0
35	9.99	33	22.61	17.96	17.96	00	45	0	0	0	0
36	9.99	33	21.82	17.36	17.36	00	45	0	0	0	0
37	9.99	33	20.94	16.7	16.7	00	45	0	0	0	0
38	9.99	33	20	15.98	15.98	00	45	0	0	0	0
39	9.99	33	18.98	15.19	15.19	00	45	0	0	0	0
40	9.99	33	17.88	14.34	14.34	00	45	0	0	0	0
41	9.99	32	16.71	13.42	13.42	00	45	0	0	0	0
42	9.99	32	15.46	12.45	12.45	00	45	0	0	0	0
43	9.99	32	14.14	11.41	11.41	00	45	0	0	0	0
44	9.99	32	12.75	10.3	10.3	00	45	0	0	0	0
45	9.99	32	11.28	9.13	9.13	00	45	0	0	0	0
46	9.99	32	9.74	7.9	7.9	00	45	0	0	0	0
47	9.99	31	8.13	6.61	6.61	00	45	0	0	0	0
48	9.99	31	6.45	5.25	5.25	00	45	0	0	0	0
49	9.99	31	4.69	3.83	3.83	00	45	0	0	0	0
50	9.99	31	2.87	2.34	2.34	00	45	0	0	0	0
51	9.99	31	0.97	0.79	0.79	00	45	0	0	0	0

Tabella 4: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
2	1	45.26 [cm]	46.48 [cm]	40 [cm]	2.727
2	2	45.26 [cm]	46.48 [cm]	40.5 [cm]	2.782
3	1	45.52 [cm]	47.95 [cm]	40 [cm]	2.581
3	2	45.52 [cm]	47.95 [cm]	40.5 [cm]	2.634
3	3	45.52 [cm]	47.95 [cm]	41 [cm]	2.685
3	4	45.52 [cm]	47.95 [cm]	41.5 [cm]	2.736
4	1	45.78 [cm]	49.43 [cm]	40 [cm]	2.425
4	2	45.78 [cm]	49.43 [cm]	40.5 [cm]	2.480
4	3	45.78 [cm]	49.43 [cm]	41 [cm]	2.534
4	4	45.78 [cm]	49.43 [cm]	41.5 [cm]	2.587
4	5	45.78 [cm]	49.43 [cm]	42 [cm]	2.639
4	6	45.78 [cm]	49.43 [cm]	42.5 [cm]	2.690
5	1	46.04 [cm]	50.91 [cm]	40 [cm]	2.305
5	2	46.04 [cm]	50.91 [cm]	40.5 [cm]	2.334
5	3	46.04 [cm]	50.91 [cm]	41 [cm]	2.382
5	4	46.04 [cm]	50.91 [cm]	41.5 [cm]	2.434

5	5	46.04 [cm]	50.91 [cm]	42 [cm]	2.488
5	6	46.04 [cm]	50.91 [cm]	42.5 [cm]	2.540
5	7	46.04 [cm]	50.91 [cm]	43 [cm]	2.592
5	8	46.04 [cm]	50.91 [cm]	43.5 [cm]	2.644
5	9	46.04 [cm]	50.91 [cm]	44 [cm]	2.699
6	1	46.3 [cm]	52.39 [cm]	40 [cm]	2.256
6	2	46.3 [cm]	52.39 [cm]	40.5 [cm]	2.274
6	3	46.3 [cm]	52.39 [cm]	41 [cm]	2.293
6	4	46.3 [cm]	52.39 [cm]	41.5 [cm]	2.312
6	5	46.3 [cm]	52.39 [cm]	42 [cm]	2.344
6	6	46.3 [cm]	52.39 [cm]	42.5 [cm]	2.391
6	7	46.3 [cm]	52.39 [cm]	43 [cm]	2.442
6	8	46.3 [cm]	52.39 [cm]	43.5 [cm]	2.494
6	9	46.3 [cm]	52.39 [cm]	44 [cm]	2.545
6	10	46.3 [cm]	52.39 [cm]	44.5 [cm]	2.598
6	11	46.3 [cm]	52.39 [cm]	45 [cm]	2.653
7	1	46.56 [cm]	53.86 [cm]	40 [cm]	2.202
7	2	46.56 [cm]	53.86 [cm]	40.5 [cm]	2.219
7	3	46.56 [cm]	53.86 [cm]	41 [cm]	2.239
7	4	46.56 [cm]	53.86 [cm]	41.5 [cm]	2.259
7	5	46.56 [cm]	53.86 [cm]	42 [cm]	2.280
7	6	46.56 [cm]	53.86 [cm]	42.5 [cm]	2.300
7	7	46.56 [cm]	53.86 [cm]	43 [cm]	2.320
7	8	46.56 [cm]	53.86 [cm]	43.5 [cm]	2.353
7	9	46.56 [cm]	53.86 [cm]	44 [cm]	2.398
7	10	46.56 [cm]	53.86 [cm]	44.5 [cm]	2.448
7	11	46.56 [cm]	53.86 [cm]	45 [cm]	2.499
8	1	46.82 [cm]	55.34 [cm]	40 [cm]	2.285
8	2	46.82 [cm]	55.34 [cm]	40.5 [cm]	2.218
8	3	46.82 [cm]	55.34 [cm]	41 [cm]	2.046
8	4	46.82 [cm]	55.34 [cm]	41.5 [cm]	2.189
8	5	46.82 [cm]	55.34 [cm]	42 [cm]	2.216
8	6	46.82 [cm]	55.34 [cm]	42.5 [cm]	2.241
8	7	46.82 [cm]	55.34 [cm]	43 [cm]	2.264
8	8	46.82 [cm]	55.34 [cm]	43.5 [cm]	2.283
8	9	46.82 [cm]	55.34 [cm]	44 [cm]	2.309
8	10	46.82 [cm]	55.34 [cm]	44.5 [cm]	2.327
8	11	46.82 [cm]	55.34 [cm]	45 [cm]	2.359
9	1	47.08 [cm]	56.82 [cm]	40.5 [cm]	2.245
9	2	47.08 [cm]	56.82 [cm]	41 [cm]	2.286
9	3	47.08 [cm]	56.82 [cm]	41.5 [cm]	2.322
9	4	47.08 [cm]	56.82 [cm]	42 [cm]	2.154
9	5	47.08 [cm]	56.82 [cm]	42.5 [cm]	2.032
9	6	47.08 [cm]	56.82 [cm]	43 [cm]	2.182
9	7	47.08 [cm]	56.82 [cm]	43.5 [cm]	2.216
9	8	47.08 [cm]	56.82 [cm]	44 [cm]	2.245
9	9	47.08 [cm]	56.82 [cm]	44.5 [cm]	2.271
9	10	47.08 [cm]	56.82 [cm]	45 [cm]	2.295
10	1	47.34 [cm]	58.29 [cm]	42 [cm]	2.287
10	2	47.34 [cm]	58.29 [cm]	42.5 [cm]	2.324
10	3	47.34 [cm]	58.29 [cm]	43 [cm]	2.357
10	4	47.34 [cm]	58.29 [cm]	43.5 [cm]	2.111
10	5	47.34 [cm]	58.29 [cm]	44 [cm]	2.026
10	6	47.34 [cm]	58.29 [cm]	44.5 [cm]	2.180
10	7	47.34 [cm]	58.29 [cm]	45 [cm]	2.219
11	1	47.6 [cm]	59.77 [cm]	43 [cm]	2.286



11	2	47.6 [cm]	59.77 [cm]	43.5 [cm]	2.326
11	3	47.6 [cm]	59.77 [cm]	44 [cm]	2.361
11	4	47.6 [cm]	59.77 [cm]	44.5 [cm]	1.315
11	5	47.6 [cm]	59.77 [cm]	45 [cm]	2.085
14	1	47 [cm]	47.69 [cm]	40 [cm]	2.627
14	2	47 [cm]	47.69 [cm]	40.5 [cm]	2.692
15	1	47.26 [cm]	49.17 [cm]	40 [cm]	2.433
15	2	47.26 [cm]	49.17 [cm]	40.5 [cm]	2.504
15	3	47.26 [cm]	49.17 [cm]	41 [cm]	2.574
15	4	47.26 [cm]	49.17 [cm]	41.5 [cm]	2.640
15	5	47.26 [cm]	49.17 [cm]	42 [cm]	2.702
16	1	47.52 [cm]	50.65 [cm]	40 [cm]	2.266
16	2	47.52 [cm]	50.65 [cm]	40.5 [cm]	2.314
16	3	47.52 [cm]	50.65 [cm]	41 [cm]	2.378
16	4	47.52 [cm]	50.65 [cm]	41.5 [cm]	2.449
16	5	47.52 [cm]	50.65 [cm]	42 [cm]	2.520
16	6	47.52 [cm]	50.65 [cm]	42.5 [cm]	2.587
16	7	47.52 [cm]	50.65 [cm]	43 [cm]	2.651
17	1	47.78 [cm]	52.13 [cm]	40 [cm]	2.245
17	2	47.78 [cm]	52.13 [cm]	40.5 [cm]	2.244
17	3	47.78 [cm]	52.13 [cm]	41 [cm]	2.250
17	4	47.78 [cm]	52.13 [cm]	41.5 [cm]	2.271
17	5	47.78 [cm]	52.13 [cm]	42 [cm]	2.325
17	6	47.78 [cm]	52.13 [cm]	42.5 [cm]	2.392
17	7	47.78 [cm]	52.13 [cm]	43 [cm]	2.464
17	8	47.78 [cm]	52.13 [cm]	43.5 [cm]	2.533
17	9	47.78 [cm]	52.13 [cm]	44 [cm]	2.599
17	10	47.78 [cm]	52.13 [cm]	44.5 [cm]	2.660
18	1	48.04 [cm]	53.6 [cm]	40 [cm]	2.329
18	2	48.04 [cm]	53.6 [cm]	40.5 [cm]	2.266
18	3	48.04 [cm]	53.6 [cm]	41 [cm]	2.243
18	4	48.04 [cm]	53.6 [cm]	41.5 [cm]	2.238
18	5	48.04 [cm]	53.6 [cm]	42 [cm]	2.243
18	6	48.04 [cm]	53.6 [cm]	42.5 [cm]	2.252
18	7	48.04 [cm]	53.6 [cm]	43 [cm]	2.279
18	8	48.04 [cm]	53.6 [cm]	43.5 [cm]	2.336
18	9	48.04 [cm]	53.6 [cm]	44 [cm]	2.408
18	10	48.04 [cm]	53.6 [cm]	44.5 [cm]	2.478
18	11	48.04 [cm]	53.6 [cm]	45 [cm]	2.545
19	1	48.3 [cm]	55.08 [cm]	40 [cm]	2.090
19	2	48.3 [cm]	55.08 [cm]	40.5 [cm]	2.132
19	3	48.3 [cm]	55.08 [cm]	41.5 [cm]	2.279
19	4	48.3 [cm]	55.08 [cm]	42 [cm]	2.241
19	5	48.3 [cm]	55.08 [cm]	42.5 [cm]	2.232
19	6	48.3 [cm]	55.08 [cm]	43 [cm]	2.235
19	7	48.3 [cm]	55.08 [cm]	43.5 [cm]	2.244
19	8	48.3 [cm]	55.08 [cm]	44 [cm]	2.256
19	9	48.3 [cm]	55.08 [cm]	44.5 [cm]	2.289
19	10	48.3 [cm]	55.08 [cm]	45 [cm]	2.352
20	1	48.56 [cm]	56.56 [cm]	40.5 [cm]	2.030
20	2	48.56 [cm]	56.56 [cm]	41 [cm]	2.084
20	3	48.56 [cm]	56.56 [cm]	41.5 [cm]	2.129
20	4	48.56 [cm]	56.56 [cm]	42 [cm]	2.169
20	5	48.56 [cm]	56.56 [cm]	42.5 [cm]	2.129
20	6	48.56 [cm]	56.56 [cm]	43 [cm]	2.241
20	7	48.56 [cm]	56.56 [cm]	43.5 [cm]	2.225



20	8	48.56 [cm]	56.56 [cm]	44 [cm]	2.226
20	9	48.56 [cm]	56.56 [cm]	44.5 [cm]	2.235
20	10	48.56 [cm]	56.56 [cm]	45 [cm]	2.248
21	1	48.82 [cm]	58.03 [cm]	42 [cm]	2.075
21	2	48.82 [cm]	58.03 [cm]	42.5 [cm]	2.125
21	3	48.82 [cm]	58.03 [cm]	43 [cm]	2.168
21	4	48.82 [cm]	58.03 [cm]	43.5 [cm]	2.205
21	5	48.82 [cm]	58.03 [cm]	44 [cm]	2.085
21	6	48.82 [cm]	58.03 [cm]	44.5 [cm]	2.215
21	7	48.82 [cm]	58.03 [cm]	45 [cm]	2.215
22	1	49.08 [cm]	59.51 [cm]	43.5 [cm]	2.118
22	2	49.08 [cm]	59.51 [cm]	44 [cm]	2.164
22	3	49.08 [cm]	59.51 [cm]	44.5 [cm]	2.204
22	4	49.08 [cm]	59.51 [cm]	45 [cm]	2.239
26	1	48.74 [cm]	48.91 [cm]	40 [cm]	2.474
26	2	48.74 [cm]	48.91 [cm]	40.5 [cm]	2.549
26	3	48.74 [cm]	48.91 [cm]	41 [cm]	2.626
27	1	49 [cm]	50.39 [cm]	40 [cm]	2.276
27	2	49 [cm]	50.39 [cm]	40.5 [cm]	2.338
27	3	49 [cm]	50.39 [cm]	41 [cm]	2.410
27	4	49 [cm]	50.39 [cm]	41.5 [cm]	2.487
27	5	49 [cm]	50.39 [cm]	42 [cm]	2.565
28	1	49.26 [cm]	51.87 [cm]	40 [cm]	2.278
28	2	49.26 [cm]	51.87 [cm]	40.5 [cm]	2.242
28	3	49.26 [cm]	51.87 [cm]	41 [cm]	2.232
28	4	49.26 [cm]	51.87 [cm]	41.5 [cm]	2.277
28	5	49.26 [cm]	51.87 [cm]	42 [cm]	2.345
28	6	49.26 [cm]	51.87 [cm]	42.5 [cm]	2.422
28	7	49.26 [cm]	51.87 [cm]	43 [cm]	2.502
28	8	49.26 [cm]	51.87 [cm]	43.5 [cm]	2.583
29	1	49.52 [cm]	53.34 [cm]	40 [cm]	2.355
29	2	49.52 [cm]	53.34 [cm]	40.5 [cm]	2.379
29	3	49.52 [cm]	53.34 [cm]	41 [cm]	2.306
29	4	49.52 [cm]	53.34 [cm]	41.5 [cm]	2.253
29	5	49.52 [cm]	53.34 [cm]	42 [cm]	2.230
29	6	49.52 [cm]	53.34 [cm]	42.5 [cm]	2.229
29	7	49.52 [cm]	53.34 [cm]	43 [cm]	2.282
29	8	49.52 [cm]	53.34 [cm]	43.5 [cm]	2.355
29	9	49.52 [cm]	53.34 [cm]	44 [cm]	2.433
29	10	49.52 [cm]	53.34 [cm]	44.5 [cm]	2.519
29	11	49.52 [cm]	53.34 [cm]	45 [cm]	2.601
30	1	49.78 [cm]	54.82 [cm]	40 [cm]	1.905
30	2	49.78 [cm]	54.82 [cm]	40.5 [cm]	1.958
30	3	49.78 [cm]	54.82 [cm]	41 [cm]	2.003
30	4	49.78 [cm]	54.82 [cm]	41.5 [cm]	2.380
30	5	49.78 [cm]	54.82 [cm]	42 [cm]	2.347
30	6	49.78 [cm]	54.82 [cm]	42.5 [cm]	2.271
30	7	49.78 [cm]	54.82 [cm]	43 [cm]	2.235
30	8	49.78 [cm]	54.82 [cm]	43.5 [cm]	2.222
30	9	49.78 [cm]	54.82 [cm]	44 [cm]	2.229
30	10	49.78 [cm]	54.82 [cm]	44.5 [cm]	2.290
30	11	49.78 [cm]	54.82 [cm]	45 [cm]	2.368
31	1	50.04 [cm]	56.3 [cm]	41 [cm]	1.889
31	2	50.04 [cm]	56.3 [cm]	41.5 [cm]	1.948
31	3	50.04 [cm]	56.3 [cm]	42 [cm]	1.997
31	4	50.04 [cm]	56.3 [cm]	42.5 [cm]	2.040

31	5	50.04 [cm]	56.3 [cm]	43 [cm]	2.388
31	6	50.04 [cm]	56.3 [cm]	43.5 [cm]	2.305
31	7	50.04 [cm]	56.3 [cm]	44 [cm]	2.247
31	8	50.04 [cm]	56.3 [cm]	44.5 [cm]	2.224
31	9	50.04 [cm]	56.3 [cm]	45 [cm]	2.218
32	1	50.3 [cm]	57.77 [cm]	42.5 [cm]	1.934
32	2	50.3 [cm]	57.77 [cm]	43 [cm]	1.989
32	3	50.3 [cm]	57.77 [cm]	43.5 [cm]	2.034
32	4	50.3 [cm]	57.77 [cm]	44 [cm]	2.075
32	5	50.3 [cm]	57.77 [cm]	44.5 [cm]	2.357
32	6	50.3 [cm]	57.77 [cm]	45 [cm]	2.267
33	1	50.56 [cm]	59.25 [cm]	44 [cm]	1.977
33	2	50.56 [cm]	59.25 [cm]	44.5 [cm]	2.028
33	3	50.56 [cm]	59.25 [cm]	45 [cm]	2.071
37	1	50.21 [cm]	48.65 [cm]	40 [cm]	2.563
38	1	50.47 [cm]	50.13 [cm]	40 [cm]	2.351
38	2	50.47 [cm]	50.13 [cm]	40.5 [cm]	2.418
38	3	50.47 [cm]	50.13 [cm]	41 [cm]	2.492
38	4	50.47 [cm]	50.13 [cm]	41.5 [cm]	2.570
39	1	50.73 [cm]	51.6 [cm]	40 [cm]	2.336
39	2	50.73 [cm]	51.6 [cm]	40.5 [cm]	2.284
39	3	50.73 [cm]	51.6 [cm]	41 [cm]	2.285
39	4	50.73 [cm]	51.6 [cm]	41.5 [cm]	2.343
39	5	50.73 [cm]	51.6 [cm]	42 [cm]	2.417
39	6	50.73 [cm]	51.6 [cm]	42.5 [cm]	2.497
39	7	50.73 [cm]	51.6 [cm]	43 [cm]	2.579
40	1	50.99 [cm]	53.08 [cm]	40 [cm]	2.245
40	2	50.99 [cm]	53.08 [cm]	40.5 [cm]	2.323
40	3	50.99 [cm]	53.08 [cm]	41 [cm]	2.362
40	4	50.99 [cm]	53.08 [cm]	41.5 [cm]	2.315
40	5	50.99 [cm]	53.08 [cm]	42 [cm]	2.256
40	6	50.99 [cm]	53.08 [cm]	42.5 [cm]	2.272
40	7	50.99 [cm]	53.08 [cm]	43 [cm]	2.340
40	8	50.99 [cm]	53.08 [cm]	43.5 [cm]	2.421
40	9	50.99 [cm]	53.08 [cm]	44 [cm]	2.506
41	1	51.25 [cm]	54.56 [cm]	40 [cm]	1.719
41	2	51.25 [cm]	54.56 [cm]	40.5 [cm]	1.788
41	3	51.25 [cm]	54.56 [cm]	41 [cm]	1.843
41	4	51.25 [cm]	54.56 [cm]	41.5 [cm]	2.266
41	5	51.25 [cm]	54.56 [cm]	42 [cm]	2.345
41	6	51.25 [cm]	54.56 [cm]	42.5 [cm]	2.352
41	7	51.25 [cm]	54.56 [cm]	43 [cm]	2.287
41	8	51.25 [cm]	54.56 [cm]	43.5 [cm]	2.232
41	9	51.25 [cm]	54.56 [cm]	44 [cm]	2.265
41	10	51.25 [cm]	54.56 [cm]	44.5 [cm]	2.342
41	11	51.25 [cm]	54.56 [cm]	45 [cm]	2.429
42	1	51.52 [cm]	56.04 [cm]	41.5 [cm]	1.768
42	2	51.52 [cm]	56.04 [cm]	42 [cm]	1.830
42	3	51.52 [cm]	56.04 [cm]	42.5 [cm]	1.882
42	4	51.52 [cm]	56.04 [cm]	43 [cm]	2.288
42	5	51.52 [cm]	56.04 [cm]	43.5 [cm]	2.366
42	6	51.52 [cm]	56.04 [cm]	44 [cm]	2.330
42	7	51.52 [cm]	56.04 [cm]	44.5 [cm]	2.256
42	8	51.52 [cm]	56.04 [cm]	45 [cm]	2.216
43	1	51.78 [cm]	57.51 [cm]	43 [cm]	1.813
43	2	51.78 [cm]	57.51 [cm]	43.5 [cm]	1.871

43	3	51.78 [cm]	57.51 [cm]	44 [cm]	1.919
43	4	51.78 [cm]	57.51 [cm]	44.5 [cm]	2.310
43	5	51.78 [cm]	57.51 [cm]	45 [cm]	2.374
44	1	52.04 [cm]	58.99 [cm]	44.5 [cm]	1.856
44	2	52.04 [cm]	58.99 [cm]	45 [cm]	1.910
49	1	51.95 [cm]	49.87 [cm]	40 [cm]	2.508
49	2	51.95 [cm]	49.87 [cm]	40.5 [cm]	2.579
50	1	52.21 [cm]	51.34 [cm]	40 [cm]	2.282
50	2	52.21 [cm]	51.34 [cm]	40.5 [cm]	2.321
50	3	52.21 [cm]	51.34 [cm]	41 [cm]	2.415
50	4	52.21 [cm]	51.34 [cm]	41.5 [cm]	2.495
50	5	52.21 [cm]	51.34 [cm]	42 [cm]	2.563
51	1	52.47 [cm]	52.82 [cm]	40 [cm]	1.704
51	2	52.47 [cm]	52.82 [cm]	40.5 [cm]	2.226
51	3	52.47 [cm]	52.82 [cm]	41 [cm]	2.268
51	4	52.47 [cm]	52.82 [cm]	41.5 [cm]	2.301
51	5	52.47 [cm]	52.82 [cm]	42 [cm]	2.322
51	6	52.47 [cm]	52.82 [cm]	42.5 [cm]	2.405
51	7	52.47 [cm]	52.82 [cm]	43 [cm]	2.478
51	8	52.47 [cm]	52.82 [cm]	43.5 [cm]	2.555
52	1	52.73 [cm]	54.3 [cm]	40.5 [cm]	1.612
52	2	52.73 [cm]	54.3 [cm]	41 [cm]	1.686
52	3	52.73 [cm]	54.3 [cm]	41.5 [cm]	1.744
52	4	52.73 [cm]	54.3 [cm]	42 [cm]	2.244
52	5	52.73 [cm]	54.3 [cm]	42.5 [cm]	2.287
52	6	52.73 [cm]	54.3 [cm]	43 [cm]	2.313
52	7	52.73 [cm]	54.3 [cm]	43.5 [cm]	2.315
52	8	52.73 [cm]	54.3 [cm]	44 [cm]	2.389
52	9	52.73 [cm]	54.3 [cm]	44.5 [cm]	2.466
53	1	52.99 [cm]	55.78 [cm]	42 [cm]	1.661
53	2	52.99 [cm]	55.78 [cm]	42.5 [cm]	1.728
53	3	52.99 [cm]	55.78 [cm]	43 [cm]	1.782
53	4	52.99 [cm]	55.78 [cm]	43.5 [cm]	2.262
53	5	52.99 [cm]	55.78 [cm]	44 [cm]	2.306
53	6	52.99 [cm]	55.78 [cm]	44.5 [cm]	2.310
53	7	52.99 [cm]	55.78 [cm]	45 [cm]	2.300
54	1	53.25 [cm]	57.25 [cm]	43.5 [cm]	1.707
54	2	53.25 [cm]	57.25 [cm]	44 [cm]	1.768
54	3	53.25 [cm]	57.25 [cm]	44.5 [cm]	1.819
54	4	53.25 [cm]	57.25 [cm]	45 [cm]	2.280
55	1	53.51 [cm]	58.73 [cm]	44.5 [cm]	1.676
55	2	53.51 [cm]	58.73 [cm]	45 [cm]	1.750
60	1	53.43 [cm]	49.61 [cm]	40 [cm]	2.683
61	1	53.69 [cm]	51.08 [cm]	40 [cm]	2.187
61	2	53.69 [cm]	51.08 [cm]	40.5 [cm]	2.339
61	3	53.69 [cm]	51.08 [cm]	41 [cm]	2.544
61	4	53.69 [cm]	51.08 [cm]	41.5 [cm]	2.695
62	1	53.95 [cm]	52.56 [cm]	40 [cm]	1.552
62	2	53.95 [cm]	52.56 [cm]	40.5 [cm]	2.165
62	3	53.95 [cm]	52.56 [cm]	41 [cm]	2.182
62	4	53.95 [cm]	52.56 [cm]	41.5 [cm]	2.204
62	5	53.95 [cm]	52.56 [cm]	42 [cm]	2.370
62	6	53.95 [cm]	52.56 [cm]	42.5 [cm]	2.567
63	1	54.21 [cm]	54.04 [cm]	41 [cm]	1.517
63	2	54.21 [cm]	54.04 [cm]	41.5 [cm]	1.596
63	3	54.21 [cm]	54.04 [cm]	42 [cm]	2.172

63	4	54.21 [cm]	54.04 [cm]	42.5 [cm]	2.196
63	5	54.21 [cm]	54.04 [cm]	43 [cm]	2.221
63	6	54.21 [cm]	54.04 [cm]	43.5 [cm]	2.400
63	7	54.21 [cm]	54.04 [cm]	44 [cm]	2.578
64	1	54.47 [cm]	55.52 [cm]	42.5 [cm]	1.566
64	2	54.47 [cm]	55.52 [cm]	43 [cm]	1.637
64	3	54.47 [cm]	55.52 [cm]	43.5 [cm]	2.183
64	4	54.47 [cm]	55.52 [cm]	44 [cm]	2.212
64	5	54.47 [cm]	55.52 [cm]	44.5 [cm]	2.239
64	6	54.47 [cm]	55.52 [cm]	45 [cm]	2.427
65	1	54.73 [cm]	56.99 [cm]	44 [cm]	1.612
65	2	54.73 [cm]	56.99 [cm]	44.5 [cm]	1.677
65	3	54.73 [cm]	56.99 [cm]	45 [cm]	2.195
66	1	54.99 [cm]	58.47 [cm]	45 [cm]	1.574
72	1	55.17 [cm]	50.82 [cm]	40 [cm]	2.119
72	2	55.17 [cm]	50.82 [cm]	40.5 [cm]	2.449
72	3	55.17 [cm]	50.82 [cm]	41 [cm]	2.680
73	1	55.43 [cm]	52.3 [cm]	40 [cm]	1.370
73	2	55.43 [cm]	52.3 [cm]	40.5 [cm]	1.473
73	3	55.43 [cm]	52.3 [cm]	41 [cm]	2.135
73	4	55.43 [cm]	52.3 [cm]	41.5 [cm]	2.129
73	5	55.43 [cm]	52.3 [cm]	42 [cm]	2.477
74	1	55.69 [cm]	53.78 [cm]	41 [cm]	2.912
74	2	55.69 [cm]	53.78 [cm]	41.5 [cm]	1.429
74	3	55.69 [cm]	53.78 [cm]	42 [cm]	1.516
74	4	55.69 [cm]	53.78 [cm]	42.5 [cm]	2.138
74	5	55.69 [cm]	53.78 [cm]	43 [cm]	2.140
74	6	55.69 [cm]	53.78 [cm]	43.5 [cm]	2.506
75	1	55.95 [cm]	55.25 [cm]	42.5 [cm]	2.947
75	2	55.95 [cm]	55.25 [cm]	43 [cm]	1.480
75	3	55.95 [cm]	55.25 [cm]	43.5 [cm]	1.557
75	4	55.95 [cm]	55.25 [cm]	44 [cm]	2.145
75	5	55.95 [cm]	55.25 [cm]	44.5 [cm]	2.154
75	6	55.95 [cm]	55.25 [cm]	45 [cm]	2.537
76	1	56.21 [cm]	56.73 [cm]	44.5 [cm]	1.527
76	2	56.21 [cm]	56.73 [cm]	45 [cm]	1.596
83	1	56.64 [cm]	50.56 [cm]	40 [cm]	2.102
84	1	56.9 [cm]	52.04 [cm]	40 [cm]	2.599
84	2	56.9 [cm]	52.04 [cm]	41 [cm]	1.403
84	3	56.9 [cm]	52.04 [cm]	41.5 [cm]	2.095
85	1	57.16 [cm]	53.52 [cm]	41 [cm]	2.616
85	2	57.16 [cm]	53.52 [cm]	41.5 [cm]	2.637
85	3	57.16 [cm]	53.52 [cm]	42 [cm]	1.349
85	4	57.16 [cm]	53.52 [cm]	42.5 [cm]	2.159
85	5	57.16 [cm]	53.52 [cm]	43 [cm]	2.094
86	1	57.42 [cm]	54.99 [cm]	42.5 [cm]	2.655
86	2	57.42 [cm]	54.99 [cm]	43 [cm]	2.673
86	3	57.42 [cm]	54.99 [cm]	43.5 [cm]	1.402
86	4	57.42 [cm]	54.99 [cm]	44 [cm]	2.139
86	5	57.42 [cm]	54.99 [cm]	44.5 [cm]	2.098
87	1	57.68 [cm]	56.47 [cm]	44 [cm]	2.693
87	2	57.68 [cm]	56.47 [cm]	44.5 [cm]	2.708
87	3	57.68 [cm]	56.47 [cm]	45 [cm]	1.450
94	1	58.12 [cm]	50.3 [cm]	40 [cm]	1.318
95	1	58.38 [cm]	51.78 [cm]	40 [cm]	2.348
95	2	58.38 [cm]	51.78 [cm]	40.5 [cm]	2.383

95	3	58.38 [cm]	51.78 [cm]	41 [cm]	2.415
95	4	58.38 [cm]	51.78 [cm]	41.5 [cm]	2.172
96	1	58.64 [cm]	53.26 [cm]	41.5 [cm]	2.389
96	2	58.64 [cm]	53.26 [cm]	42 [cm]	2.422
96	3	58.64 [cm]	53.26 [cm]	43 [cm]	2.130
97	1	58.9 [cm]	54.73 [cm]	43 [cm]	2.429
97	2	58.9 [cm]	54.73 [cm]	43.5 [cm]	2.459
97	3	58.9 [cm]	54.73 [cm]	44 [cm]	1.334
97	4	58.9 [cm]	54.73 [cm]	44.5 [cm]	2.105
98	1	59.16 [cm]	56.21 [cm]	44.5 [cm]	2.467
98	2	59.16 [cm]	56.21 [cm]	45 [cm]	2.494
105	1	59.6 [cm]	50.04 [cm]	40 [cm]	2.208
105	2	59.6 [cm]	50.04 [cm]	40.5 [cm]	1.315
106	1	59.86 [cm]	51.52 [cm]	40 [cm]	2.116
106	2	59.86 [cm]	51.52 [cm]	40.5 [cm]	2.166
106	3	59.86 [cm]	51.52 [cm]	41 [cm]	2.208
106	4	59.86 [cm]	51.52 [cm]	41.5 [cm]	2.245
107	1	60.12 [cm]	53 [cm]	41.5 [cm]	2.162
107	2	60.12 [cm]	53 [cm]	42 [cm]	2.208
107	3	60.12 [cm]	53 [cm]	42.5 [cm]	2.247
107	4	60.12 [cm]	53 [cm]	43 [cm]	2.281
108	1	60.38 [cm]	54.47 [cm]	43 [cm]	2.205
108	2	60.38 [cm]	54.47 [cm]	43.5 [cm]	2.247
108	3	60.38 [cm]	54.47 [cm]	44 [cm]	2.284
109	1	60.64 [cm]	55.95 [cm]	44.5 [cm]	2.247
109	2	60.64 [cm]	55.95 [cm]	45 [cm]	2.286
116	1	61.07 [cm]	49.78 [cm]	40 [cm]	2.022
117	1	61.33 [cm]	51.26 [cm]	40.5 [cm]	1.959
117	2	61.33 [cm]	51.26 [cm]	41 [cm]	2.015
117	3	61.33 [cm]	51.26 [cm]	41.5 [cm]	2.062
118	1	61.6 [cm]	52.74 [cm]	42 [cm]	2.005
118	2	61.6 [cm]	52.74 [cm]	42.5 [cm]	2.056
118	3	61.6 [cm]	52.74 [cm]	43 [cm]	2.100
119	1	61.86 [cm]	54.21 [cm]	43.5 [cm]	2.049
119	2	61.86 [cm]	54.21 [cm]	44 [cm]	2.096
119	3	61.86 [cm]	54.21 [cm]	44.5 [cm]	2.137
120	1	62.12 [cm]	55.69 [cm]	45 [cm]	2.090

### Metodo di BISHOP (1955)

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.

Il fattore di sicurezza critico è **1.317 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 11 e della superficie numero 4. Le coordinate del centro sono: C (4760.47 [cm] ,5977.21 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 4450 [cm].

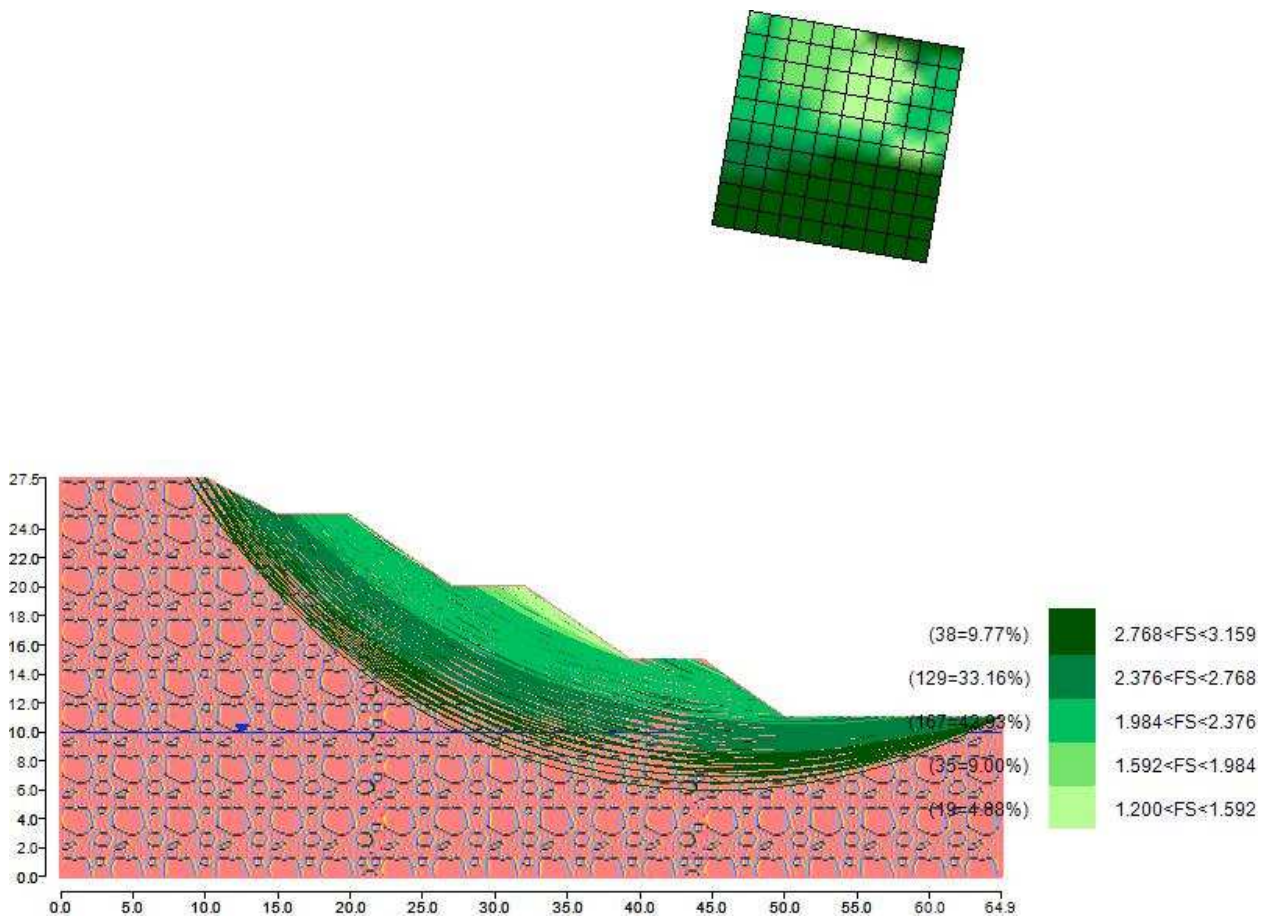


Figura 5: Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

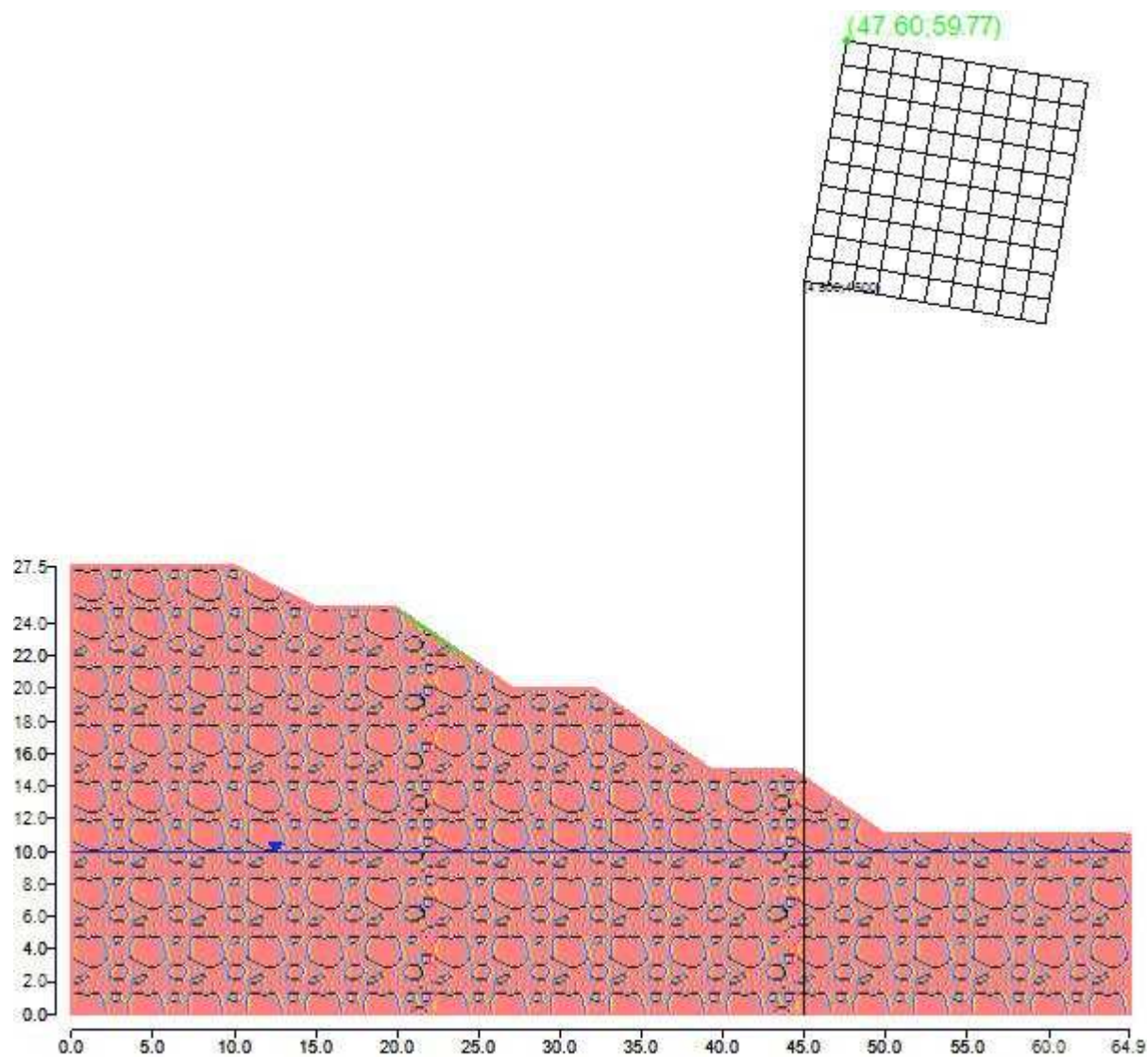


Figura 6: Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Tabella 5: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm <sup>2</sup> ]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	1.49	39	0.18	0.14	0.14	0	45	0	-0.04	0	0
2	8.5	39	2.75	2.15	2.15	0	45	0.04	-0.67	0	0
3	9.99	38	5.06	3.95	3.95	0	45	0.67	-1.82	0	0
4	9.99	38	6.96	5.42	5.42	0	45	1.82	-3.36	0	0
5	9.99	38	8.76	6.83	6.83	0	45	3.36	-5.26	0	0
6	9.99	38	10.46	8.16	8.16	0	45	5.26	-7.48	0	0
7	9.99	38	12.08	9.42	9.42	0	45	7.48	-10	0	0
8	9.99	38	13.61	10.61	10.61	0	45	10	-12.77	0	0
9	9.99	37	15.04	11.73	11.73	0	45	12.77	-15.77	0	0
10	9.99	37	16.39	12.78	12.78	0	45	15.77	-18.96	0	0
11	9.99	37	17.65	13.76	13.76	0	45	18.96	-22.33	0	0
12	9.99	37	18.82	14.67	14.67	0	45	22.33	-25.84	0	0
13	9.99	37	19.9	15.52	15.52	0	45	25.84	-29.46	0	0
14	9.99	37	20.9	16.29	16.29	0	45	29.46	-33.17	0	0
15	9.99	36	21.81	17	17	0	45	33.17	-36.96	0	0
16	9.99	36	22.63	17.65	17.65	0	45	36.96	-40.79	0	0



17	9.99	36	23.37	18.22	18.22	0	45	40.79	-44.65	0	0
18	9.99	36	24.03	18.73	18.73	0	45	44.65	-48.51	0	0
19	9.99	36	24.59	19.18	19.18	0	45	48.51	-52.37	0	0
20	9.99	36	25.08	19.56	19.56	0	45	52.37	-56.19	0	0
21	9.99	35	25.48	19.87	19.87	0	45	56.19	-59.98	0	0
22	9.99	35	25.8	20.12	20.12	0	45	59.98	-63.7	0	0
23	9.99	35	26.04	20.31	20.31	0	45	63.7	-67.35	0	0
24	9.99	35	26.19	20.43	20.43	0	45	67.35	-70.92	0	0
25	9.99	35	26.26	20.49	20.49	0	45	70.92	-74.39	0	0
26	9.99	35	26.25	20.49	20.49	0	45	74.39	-77.75	0	0
27	9.99	35	26.17	20.42	20.42	0	45	77.75	-81	0	0
28	9.99	34	26	20.29	20.29	0	45	81	-84.13	0	0
29	9.99	34	25.75	20.1	20.1	0	45	84.13	-87.12	0	0
30	9.99	34	25.42	19.85	19.85	0	45	87.12	-89.97	0	0
31	9.99	34	25.01	19.53	19.53	0	45	89.97	-92.67	0	0
32	9.99	34	24.53	19.16	19.16	0	45	92.67	-95.23	0	0
33	9.99	34	23.97	18.72	18.72	0	45	95.23	-97.64	0	0
34	9.99	33	23.33	18.22	18.22	0	45	97.64	-99.89	0	0
35	9.99	33	22.61	17.67	17.67	0	45	99.89	-101.99	0	0
36	9.99	33	21.82	17.05	17.05	0	45	101.99	-103.92	0	0
37	9.99	33	20.94	16.37	16.37	0	45	103.92	-105.7	0	0
38	9.99	33	20	15.63	15.63	0	45	105.7	-107.32	0	0
39	9.99	33	18.98	14.84	14.84	0	45	107.32	-108.79	0	0
40	9.99	33	17.88	13.98	13.98	0	45	108.79	-110.1	0	0
41	9.99	32	16.71	13.07	13.07	0	45	110.1	-111.27	0	0
42	9.99	32	15.46	12.1	12.1	0	45	111.27	-112.29	0	0
43	9.99	32	14.14	11.07	11.07	0	45	112.29	-113.17	0	0
44	9.99	32	12.75	9.98	9.98	0	45	113.17	-113.91	0	0
45	9.99	32	11.28	8.84	8.84	0	45	113.91	-114.53	0	0
46	9.99	32	9.74	7.63	7.63	0	45	114.53	-115.03	0	0
47	9.99	31	8.13	6.37	6.37	0	45	115.03	-115.41	0	0
48	9.99	31	6.45	5.05	5.05	0	45	115.41	-115.69	0	0
49	9.99	31	4.69	3.68	3.68	0	45	115.69	-115.88	0	0
50	9.99	31	2.87	2.25	2.25	0	45	115.88	-115.98	0	0
51	9.99	31	0.97	0.76	0.76	0	45	115.98	-116.01	0	0

Tabella 6: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
2	1	4526.05	4647.72	4000	3.076
2	2	4526.05	4647.72	4050	3.159
3	1	4552.09	4795.44	4000	2.850
3	2	4552.09	4795.44	4050	2.927
3	3	4552.09	4795.44	4100	3.003
3	4	4552.09	4795.44	4150	3.079
4	1	4578.14	4943.16	4000	2.620
4	2	4578.14	4943.16	4050	2.696
4	3	4578.14	4943.16	4100	2.773
4	4	4578.14	4943.16	4150	2.850
4	5	4578.14	4943.16	4200	2.925
4	6	4578.14	4943.16	4250	3.001
5	1	4604.19	5090.88	4000	2.450
5	2	4604.19	5090.88	4050	2.489
5	3	4604.19	5090.88	4100	2.552
5	4	4604.19	5090.88	4150	2.623

5	5	4604.19	5090.88	4200	2.698
5	6	4604.19	5090.88	4250	2.774
5	7	4604.19	5090.88	4300	2.849
5	8	4604.19	5090.88	4350	2.925
5	9	4604.19	5090.88	4400	3.003
6	1	4630.24	5238.61	4000	2.371
6	2	4630.24	5238.61	4050	2.397
6	3	4630.24	5238.61	4100	2.423
6	4	4630.24	5238.61	4150	2.450
6	5	4630.24	5238.61	4200	2.493
6	6	4630.24	5238.61	4250	2.556
6	7	4630.24	5238.61	4300	2.626
6	8	4630.24	5238.61	4350	2.700
6	9	4630.24	5238.61	4400	2.774
6	10	4630.24	5238.61	4450	2.849
6	11	4630.24	5238.61	4500	2.927
7	1	4656.28	5386.33	4000	2.279
7	2	4656.28	5386.33	4050	2.310
7	3	4656.28	5386.33	4100	2.340
7	4	4656.28	5386.33	4150	2.369
7	5	4656.28	5386.33	4200	2.397
7	6	4656.28	5386.33	4250	2.425
7	7	4656.28	5386.33	4300	2.452
7	8	4656.28	5386.33	4350	2.496
7	9	4656.28	5386.33	4400	2.559
7	10	4656.28	5386.33	4450	2.628
7	11	4656.28	5386.33	4500	2.700
8	1	4682.33	5534.05	4000	2.292
8	2	4682.33	5534.05	4050	2.239
8	3	4682.33	5534.05	4100	2.086
8	4	4682.33	5534.05	4150	2.264
8	5	4682.33	5534.05	4200	2.303
8	6	4682.33	5534.05	4250	2.337
8	7	4682.33	5534.05	4300	2.369
8	8	4682.33	5534.05	4350	2.395
8	9	4682.33	5534.05	4400	2.428
8	10	4682.33	5534.05	4450	2.453
8	11	4682.33	5534.05	4500	2.498
9	1	4708.38	5681.77	4050	2.247
9	2	4708.38	5681.77	4100	2.290
9	3	4708.38	5681.77	4150	2.329
9	4	4708.38	5681.77	4200	2.182
9	5	4708.38	5681.77	4250	2.073
9	6	4708.38	5681.77	4300	2.255
9	7	4708.38	5681.77	4350	2.300
9	8	4708.38	5681.77	4400	2.338
9	9	4708.38	5681.77	4450	2.372
9	10	4708.38	5681.77	4500	2.403
10	1	4734.43	5829.49	4200	2.289
10	2	4734.43	5829.49	4250	2.328
10	3	4734.43	5829.49	4300	2.364
10	4	4734.43	5829.49	4350	2.143
10	5	4734.43	5829.49	4400	2.067
10	6	4734.43	5829.49	4450	2.251
10	7	4734.43	5829.49	4500	2.300
11	1	4760.47	5977.21	4300	2.287

11	2	4760.47	5977.21	4350	2.328
11	3	4760.47	5977.21	4400	2.365
11	4	4760.47	5977.21	4450	1.317
11	5	4760.47	5977.21	4500	2.119
14	1	4699.82	4769.4	4000	2.909
14	2	4699.82	4769.4	4050	2.999
15	1	4725.86	4917.12	4000	2.636
15	2	4725.86	4917.12	4050	2.730
15	3	4725.86	4917.12	4100	2.824
15	4	4725.86	4917.12	4150	2.915
15	5	4725.86	4917.12	4200	3.002
16	1	4751.91	5064.84	4000	2.405
16	2	4751.91	5064.84	4050	2.470
16	3	4751.91	5064.84	4100	2.554
16	4	4751.91	5064.84	4150	2.646
16	5	4751.91	5064.84	4200	2.740
16	6	4751.91	5064.84	4250	2.832
16	7	4751.91	5064.84	4300	2.920
17	1	4777.96	5212.56	4000	2.352
17	2	4777.96	5212.56	4050	2.360
17	3	4777.96	5212.56	4100	2.374
17	4	4777.96	5212.56	4150	2.405
17	5	4777.96	5212.56	4200	2.476
17	6	4777.96	5212.56	4250	2.563
17	7	4777.96	5212.56	4300	2.656
17	8	4777.96	5212.56	4350	2.748
17	9	4777.96	5212.56	4400	2.838
17	10	4777.96	5212.56	4450	2.924
18	1	4804	5360.28	4000	2.388
18	2	4804	5360.28	4050	2.345
18	3	4804	5360.28	4100	2.336
18	4	4804	5360.28	4150	2.341
18	5	4804	5360.28	4200	2.354
18	6	4804	5360.28	4250	2.371
18	7	4804	5360.28	4300	2.408
18	8	4804	5360.28	4350	2.481
18	9	4804	5360.28	4400	2.574
18	10	4804	5360.28	4450	2.665
18	11	4804	5360.28	4500	2.755
19	1	4830.05	5508	4000	2.095
19	2	4830.05	5508	4050	2.141
19	3	4830.05	5508	4150	2.341
19	4	4830.05	5508	4200	2.320
19	5	4830.05	5508	4250	2.323
19	6	4830.05	5508	4300	2.334
19	7	4830.05	5508	4350	2.351
19	8	4830.05	5508	4400	2.370
19	9	4830.05	5508	4450	2.413
19	10	4830.05	5508	4500	2.493
20	1	4856.1	5655.72	4050	2.031
20	2	4856.1	5655.72	4100	2.087
20	3	4856.1	5655.72	4150	2.135
20	4	4856.1	5655.72	4200	2.178
20	5	4856.1	5655.72	4250	2.148
20	6	4856.1	5655.72	4300	2.305
20	7	4856.1	5655.72	4350	2.303

20	8	4856.1	5655.72	4400	2.314
20	9	4856.1	5655.72	4450	2.331
20	10	4856.1	5655.72	4500	2.351
21	1	4882.15	5803.44	4200	2.076
21	2	4882.15	5803.44	4250	2.128
21	3	4882.15	5803.44	4300	2.173
21	4	4882.15	5803.44	4350	2.213
21	5	4882.15	5803.44	4400	2.110
21	6	4882.15	5803.44	4450	2.279
21	7	4882.15	5803.44	4500	2.291
22	1	4908.19	5951.16	4350	2.119
22	2	4908.19	5951.16	4400	2.167
22	3	4908.19	5951.16	4450	2.209
22	4	4908.19	5951.16	4500	2.247
26	1	4873.58	4891.07	4000	2.691
26	2	4873.58	4891.07	4050	2.793
26	3	4873.58	4891.07	4100	2.895
27	1	4899.63	5038.79	4000	2.414
27	2	4899.63	5038.79	4050	2.499
27	3	4899.63	5038.79	4100	2.597
27	4	4899.63	5038.79	4150	2.699
27	5	4899.63	5038.79	4200	2.802
28	1	4925.68	5186.51	4000	2.370
28	2	4925.68	5186.51	4050	2.347
28	3	4925.68	5186.51	4100	2.347
28	4	4925.68	5186.51	4150	2.412
28	5	4925.68	5186.51	4200	2.503
28	6	4925.68	5186.51	4250	2.604
28	7	4925.68	5186.51	4300	2.708
28	8	4925.68	5186.51	4350	2.814
29	1	4951.73	5334.23	4000	2.401
29	2	4951.73	5334.23	4050	2.437
29	3	4951.73	5334.23	4100	2.382
29	4	4951.73	5334.23	4150	2.344
29	5	4951.73	5334.23	4200	2.332
29	6	4951.73	5334.23	4250	2.341
29	7	4951.73	5334.23	4300	2.413
29	8	4951.73	5334.23	4350	2.509
29	9	4951.73	5334.23	4400	2.610
29	10	4951.73	5334.23	4450	2.720
29	11	4951.73	5334.23	4500	2.827
30	1	4977.77	5481.95	4000	1.909
30	2	4977.77	5481.95	4050	1.964
30	3	4977.77	5481.95	4100	2.013
30	4	4977.77	5481.95	4150	2.423
30	5	4977.77	5481.95	4200	2.407
30	6	4977.77	5481.95	4250	2.349
30	7	4977.77	5481.95	4300	2.325
30	8	4977.77	5481.95	4350	2.321
30	9	4977.77	5481.95	4400	2.338
30	10	4977.77	5481.95	4450	2.417
30	11	4977.77	5481.95	4500	2.518
31	1	5003.82	5629.67	4100	1.890
31	2	5003.82	5629.67	4150	1.951
31	3	5003.82	5629.67	4200	2.003
31	4	5003.82	5629.67	4250	2.049

31	5	5003.82	5629.67	4300	2.430
31	6	5003.82	5629.67	4350	2.367
31	7	5003.82	5629.67	4400	2.324
31	8	5003.82	5629.67	4450	2.312
31	9	5003.82	5629.67	4500	2.314
32	1	5029.87	5777.4	4250	1.936
32	2	5029.87	5777.4	4300	1.992
32	3	5029.87	5777.4	4350	2.041
32	4	5029.87	5777.4	4400	2.084
32	5	5029.87	5777.4	4450	2.401
32	6	5029.87	5777.4	4500	2.332
33	1	5055.91	5925.12	4400	1.979
33	2	5055.91	5925.12	4450	2.031
33	3	5055.91	5925.12	4500	2.077
37	1	5021.31	4865.02	4000	2.798
38	1	5047.35	5012.74	4000	2.491
38	2	5047.35	5012.74	4050	2.589
38	3	5047.35	5012.74	4100	2.693
38	4	5047.35	5012.74	4150	2.800
39	1	5073.4	5160.46	4000	2.407
39	2	5073.4	5160.46	4050	2.369
39	3	5073.4	5160.46	4100	2.394
39	4	5073.4	5160.46	4150	2.482
39	5	5073.4	5160.46	4200	2.586
39	6	5073.4	5160.46	4250	2.695
39	7	5073.4	5160.46	4300	2.805
40	1	5099.45	5308.19	4000	2.292
40	2	5099.45	5308.19	4050	2.375
40	3	5099.45	5308.19	4100	2.420
40	4	5099.45	5308.19	4150	2.386
40	5	5099.45	5308.19	4200	2.342
40	6	5099.45	5308.19	4250	2.381
40	7	5099.45	5308.19	4300	2.478
40	8	5099.45	5308.19	4350	2.588
40	9	5099.45	5308.19	4400	2.700
41	1	5125.49	5455.91	4000	1.721
41	2	5125.49	5455.91	4050	1.792
41	3	5125.49	5455.91	4100	1.851
41	4	5125.49	5455.91	4150	2.310
41	5	5125.49	5455.91	4200	2.393
41	6	5125.49	5455.91	4250	2.410
41	7	5125.49	5455.91	4300	2.360
41	8	5125.49	5455.91	4350	2.319
41	9	5125.49	5455.91	4400	2.373
41	10	5125.49	5455.91	4450	2.478
41	11	5125.49	5455.91	4500	2.592
42	1	5151.54	5603.63	4150	1.769
42	2	5151.54	5603.63	4200	1.835
42	3	5151.54	5603.63	4250	1.890
42	4	5151.54	5603.63	4300	2.329
42	5	5151.54	5603.63	4350	2.412
42	6	5151.54	5603.63	4400	2.388
42	7	5151.54	5603.63	4450	2.331
42	8	5151.54	5603.63	4500	2.301
43	1	5177.59	5751.35	4300	1.815
43	2	5177.59	5751.35	4350	1.875

43	3	5177.59	5751.35	4400	1.927
43	4	5177.59	5751.35	4450	2.349
43	5	5177.59	5751.35	4500	2.419
44	1	5203.64	5899.07	4450	1.858
44	2	5203.64	5899.07	4500	1.914
49	1	5195.07	4986.7	4000	2.652
49	2	5195.07	4986.7	4050	2.761
50	1	5221.12	5134.42	4000	2.343
50	2	5221.12	5134.42	4050	2.394
50	3	5221.12	5134.42	4100	2.522
50	4	5221.12	5134.42	4150	2.640
50	5	5221.12	5134.42	4200	2.746
51	1	5247.17	5282.14	4000	1.712
51	2	5247.17	5282.14	4050	2.277
51	3	5247.17	5282.14	4100	2.322
51	4	5247.17	5282.14	4150	2.360
51	5	5247.17	5282.14	4200	2.395
51	6	5247.17	5282.14	4250	2.513
51	7	5247.17	5282.14	4300	2.625
51	8	5247.17	5282.14	4350	2.737
52	1	5273.22	5429.86	4050	1.614
52	2	5273.22	5429.86	4100	1.691
52	3	5273.22	5429.86	4150	1.752
52	4	5273.22	5429.86	4200	2.291
52	5	5273.22	5429.86	4250	2.338
52	6	5273.22	5429.86	4300	2.370
52	7	5273.22	5429.86	4350	2.388
52	8	5273.22	5429.86	4400	2.499
52	9	5273.22	5429.86	4450	2.614
53	1	5299.26	5577.58	4200	1.663
53	2	5299.26	5577.58	4250	1.733
53	3	5299.26	5577.58	4300	1.790
53	4	5299.26	5577.58	4350	2.307
53	5	5299.26	5577.58	4400	2.355
53	6	5299.26	5577.58	4450	2.366
53	7	5299.26	5577.58	4500	2.376
54	1	5325.31	5725.3	4350	1.709
54	2	5325.31	5725.3	4400	1.773
54	3	5325.31	5725.3	4450	1.827
54	4	5325.31	5725.3	4500	2.323
55	1	5351.36	5873.02	4450	1.677
55	2	5351.36	5873.02	4500	1.752
60	1	5342.79	4960.65	4000	2.844
61	1	5368.84	5108.37	4000	2.245
61	2	5368.84	5108.37	4050	2.424
61	3	5368.84	5108.37	4100	2.666
61	4	5368.84	5108.37	4150	2.854
62	1	5394.89	5256.09	4000	1.558
62	2	5394.89	5256.09	4050	2.215
62	3	5394.89	5256.09	4100	2.234
62	4	5394.89	5256.09	4150	2.259
62	5	5394.89	5256.09	4200	2.454
62	6	5394.89	5256.09	4250	2.688
63	1	5420.94	5403.81	4100	1.519
63	2	5420.94	5403.81	4150	1.601
63	3	5420.94	5403.81	4200	2.219

63	4	5420.94	5403.81	4250	2.246
63	5	5420.94	5403.81	4300	2.273
63	6	5420.94	5403.81	4350	2.483
63	7	5420.94	5403.81	4400	2.698
64	1	5446.98	5551.53	4250	1.569
64	2	5446.98	5551.53	4300	1.643
64	3	5446.98	5551.53	4350	2.227
64	4	5446.98	5551.53	4400	2.259
64	5	5446.98	5551.53	4450	2.289
64	6	5446.98	5551.53	4500	2.508
65	1	5473.03	5699.25	4400	1.615
65	2	5473.03	5699.25	4450	1.683
65	3	5473.03	5699.25	4500	2.237
66	1	5499.08	5846.98	4500	1.575
72	1	5516.56	5082.32	4000	2.173
72	2	5516.56	5082.32	4050	2.563
72	3	5516.56	5082.32	4100	2.835
73	1	5542.61	5230.04	4000	1.372
73	2	5542.61	5230.04	4050	1.479
73	3	5542.61	5230.04	4100	2.184
73	4	5542.61	5230.04	4150	2.180
73	5	5542.61	5230.04	4200	2.589
74	1	5568.66	5377.76	4100	2.913
74	2	5568.66	5377.76	4150	1.432
74	3	5568.66	5377.76	4200	1.522
74	4	5568.66	5377.76	4250	2.185
74	5	5568.66	5377.76	4300	2.190
74	6	5568.66	5377.76	4350	2.617
75	1	5594.7	5525.49	4250	2.948
75	2	5594.7	5525.49	4300	1.483
75	3	5594.7	5525.49	4350	1.563
75	4	5594.7	5525.49	4400	2.190
75	5	5594.7	5525.49	4450	2.201
75	6	5594.7	5525.49	4500	2.647
76	1	5620.75	5673.21	4450	1.530
76	2	5620.75	5673.21	4500	1.602
83	1	5664.28	5056.28	4000	2.149
84	1	5690.33	5204	4000	2.601
84	2	5690.33	5204	4100	1.410
84	3	5690.33	5204	4150	2.141
85	1	5716.38	5351.72	4100	2.616
85	2	5716.38	5351.72	4150	2.639
85	3	5716.38	5351.72	4200	1.351
85	4	5716.38	5351.72	4250	2.200
85	5	5716.38	5351.72	4300	2.139
86	1	5742.43	5499.44	4250	2.656
86	2	5742.43	5499.44	4300	2.675
86	3	5742.43	5499.44	4350	1.405
86	4	5742.43	5499.44	4400	2.180
86	5	5742.43	5499.44	4450	2.141
87	1	5768.47	5647.16	4400	2.693
87	2	5768.47	5647.16	4450	2.710
87	3	5768.47	5647.16	4500	1.453
94	1	5812.01	5030.23	4000	1.324
95	1	5838.05	5177.95	4000	2.349
95	2	5838.05	5177.95	4050	2.387



95	3	5838.05	5177.95	4100	2.421
95	4	5838.05	5177.95	4150	2.205
96	1	5864.1	5325.67	4150	2.391
96	2	5864.1	5325.67	4200	2.425
96	3	5864.1	5325.67	4300	2.166
97	1	5890.15	5473.39	4300	2.430
97	2	5890.15	5473.39	4350	2.462
97	3	5890.15	5473.39	4400	1.336
97	4	5890.15	5473.39	4450	2.142
98	1	5916.19	5621.11	4450	2.469
98	2	5916.19	5621.11	4500	2.497
105	1	5959.73	5004.18	4000	2.216
105	2	5959.73	5004.18	4050	1.318
106	1	5985.77	5151.9	4000	2.116
106	2	5985.77	5151.9	4050	2.168
106	3	5985.77	5151.9	4100	2.213
106	4	5985.77	5151.9	4150	2.253
107	1	6011.82	5299.62	4150	2.162
107	2	6011.82	5299.62	4200	2.210
107	3	6011.82	5299.62	4250	2.251
107	4	6011.82	5299.62	4300	2.289
108	1	6037.87	5447.34	4300	2.206
108	2	6037.87	5447.34	4350	2.249
108	3	6037.87	5447.34	4400	2.288
109	1	6063.92	5595.07	4450	2.248
109	2	6063.92	5595.07	4500	2.288
116	1	6107.45	4978.13	4000	2.028
117	1	6133.49	5125.85	4050	1.960
117	2	6133.49	5125.85	4100	2.018
117	3	6133.49	5125.85	4150	2.067
118	1	6159.54	5273.58	4200	2.006
118	2	6159.54	5273.58	4250	2.059
118	3	6159.54	5273.58	4300	2.105
119	1	6185.59	5421.3	4350	2.050
119	2	6185.59	5421.3	4400	2.099
119	3	6185.59	5421.3	4450	2.142
120	1	6211.64	5569.02	4500	2.092

## 8 Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

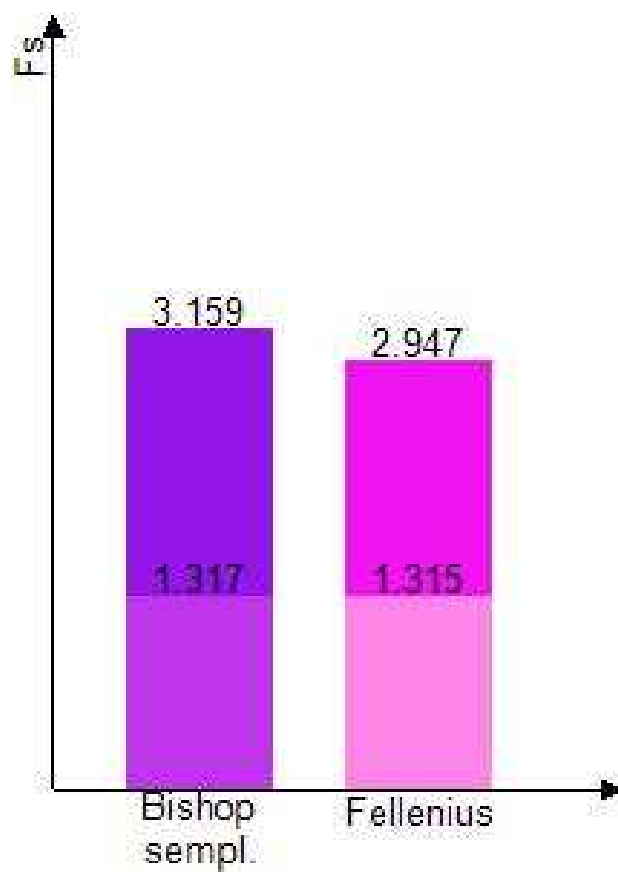


Figura 7: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati