

PIANO DI COLTIVAZIONE E PROGETTO DI SISTEMAZIONE

PCS2021

CAVA DI ARGILLA

BRAGLIE

PROCEDURA DI V.I.A.

R2 – PROGETTO DEFINITIVO – PIANO DI COLTIVAZIONE

CAVA BRAGLIE

R2.2 – RELAZIONE GEOLOGICA

ESTENSORI:

COMMITTENTE:

Geode scrI

Via Botteri 9/a- 43122- PARMA
tel 0521/257057 - fax 0521/921910
e-mail: geologia@geodeonline.it
pec: geode@pec.it

Dott. Geol. Giancarlo Bonini

Dott. Geol. Alberto Giusiano

Dott.ssa Simona Contini

Dott.ssa Simona Costa

Dott. Marco Giusiano

Dott.ssa Silvia Paladini

Dott. Agr. Massimo Donati

ECORISORSE S.r.l.

Pianificazione risorse ambientali

Via Goldoni, 31 - 42123 Reggio Emilia
tel-fax 0522280491

e.mail: ecorisorse@ecorisorse-re.it
fontanesi.ecorisorse@gmail.com

Per. Agr. Marco Fontanesi

Dott. Arch. Samanta Lanzi

RUBERTELLI ARGILLE SRL

Via I° Maggio n°4
42030 Villa Minozzo (RE)

LAVORO A CURA DI

Attività estrattive, Sistemazione frana, AUA e Studio Impatto ambientale

| | |
|--|--|
| <p>Geode s.c.r.l. Via Botteri, 9/A 43122 Parma Tel 0521/257057 Fax 0521/921910</p> | <p>ECORISORSE S.r.l. Pianificazione risorse ambientali Via Goldoni, 31 - 42123 Reggio Emilia tel-fax 0522280491</p> |
| <p>Dott. Geol. Giancarlo Bonini <i>iscritto all'Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna (n. 802)</i></p> <p>Dott. Geol. Alberto Giusiano <i>iscritto all'Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna (n. 651). Tecnico competente in acustica ambientale (D.D. 5383 del 20/12/2004 - Provincia di Parma). Iscrizione Elenco Nazionale Tecnici Competenti in Acustica (ENTECA) n° 5212 – DLgs 42/2017</i></p> <p>Dott. in Fisica Marco Giusiano <i>Tecnico competente in acustica ambientale (D.D. Reg.le n. 1117 del 24/02/99 – Regione Emilia-Romagna). Iscrizione Elenco Nazionale Tecnici Competenti in Acustica (ENTECA) n° 5603 – DLgs 42/2017</i></p> <p>Dott.ssa in Scienze Geologiche Simona Contini</p> <p>Dott.ssa in Scienze Geologiche Simona Costa</p> <p>Dott.ssa in Scienze Geologiche Silvia Paladini</p> <p>Dott. Agr. Massimo Donati <i>iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Parma (n. 245)</i></p> | <p>Per. Agr. Marco Fontanesi <i>iscritto all'Albo Nazionale dei Periti agrari (n. 322)</i></p> <p>Dott. Arch. Samanta Lanzi</p> |

Rilievo Topografico e documentazione AUA Scarichi

Geom. Gianpaolo Bonini

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduzione | 4 |
| 2 | Inquadramento generale | 5 |
| 2.1 | Quadro geologico | 5 |
| 2.2 | Aspetti tettonico-strutturali | 5 |
| 2.3 | Aspetti stratigrafici | 7 |
| 2.3.1 | Successione Epiligure | 8 |
| 2.4 | Quadro geomorfologico e conformità al dissesto | 12 |
| 2.4.1 | Morfogenesi legata all'azione della gravità - modello del dissesto ed interferenze con le frane del PTCP | 13 |
| 2.4.2 | I dissesti interessanti l'area di cava e la fattibilità dell'intervento | 17 |
| 2.4.3 | Morfologia legata alle acque di scorrimento superficiale | 25 |
| 2.5 | Situazione geologico-strutturale e giacimentologica della cava Braglie | 26 |
| 2.5.1 | Analisi strutturale della formazione di Ranzano | 26 |
| 2.5.2 | Analisi strutturale delle Marne di Monte Piano | 27 |
| 2.6 | Analisi geomeccanica ammasso roccioso e classificazione GSI | 28 |
| 2.6.1 | La classificazione geomeccanica delle Arenarie di Ranzano (litotipo RAN3) | 29 |
| 2.6.2 | La classificazione geomeccanica delle Marne di Monte Piano (MMP) | 31 |
| 3 | Dati geologici e stratigrafici disponibili | 32 |
| 4 | Parametri geotecnici e meccanici di progetto | 41 |
| 4.1 | Sintesi dei parametri meccanici delle Arenarie di Ranzano (RAN) e delle Marne di Monte Piano (MMP) | 42 |
| 4.2 | Parametri meccanici della frana A3 | 44 |
| 4.3 | Caratteristiche chimiche e mineralogiche del giacimento (dati bibliografici) | 47 |
| 4.3.1 | Marne di Monte Piano – analisi chimiche | 48 |
| 4.3.2 | Arenarie di Ranzano – analisi chimiche | 50 |
| 5 | Modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione | 52 |
| 5.1 | Sismicità | 52 |
| 5.1.1 | Zonazione sismica e pericolosità | 52 |
| 5.1.2 | Classificazione sismica | 54 |
| 5.2 | Elementi di microzonazione sismica | 55 |
| 5.2.1 | Categorie di sottosuolo | 56 |
| 5.2.2 | Categorie topografiche | 56 |
| 5.3 | Modello sismico locale e parametri sismici di calcolo | 57 |
| 6 | Stabilità dei fronti di scavo | 61 |
| 6.1.1 | Metodo di calcolo | 61 |
| 6.2 | Scelta sezioni di verifica e parametri geotecnici caratteristici | 62 |
| 6.3 | Verifiche di stabilità | 65 |
| 6.3.1 | Verifiche di stabilità sezione 3 (SdP – condizioni statiche) | 66 |
| 6.3.2 | Verifiche di stabilità sezione 8 (SdR – condizioni statiche) | 67 |
| 6.3.3 | Verifiche di stabilità sezione 20 (SdP – condizioni statiche) | 68 |
| 6.3.4 | Verifiche di stabilità sezione 3 (SdP – condizioni pseudo-statiche) | 69 |
| 6.3.5 | Verifiche di stabilità sezione 8 (SdR – condizioni pseudo-statiche) | 70 |
| 6.3.6 | Verifiche di stabilità sezione 20 (SdP – condizioni pseudo-statiche) | 71 |
| 7 | Considerazioni finali | 72 |

1 INTRODUZIONE

La presente relazione rappresenta il dossier relativo alla condizione del sottosuolo dell'area della cava Braglie, comprendendo gli studi geologici e geomeccanici sulle litologie presenti in cava e raccogliendo le indagini geognostiche pregresse eseguite entro l'area di cava. Nel testo è poi analizzata la fattibilità dell'intervento, verificando la stabilità dei fronti di cava alla luce delle scelte progettuali (inclinazione delle scarpate di scavo, larghezza banche, ecc..).

L'area è ubicata nel comune di Carpineti all'interno del Polo M29 del PIAE di Reggio-Emilia e nel Comparto Carpineti Est del PAE. La cava ricade nell'elemento 218151 (Casteldaldo) alla scala 1:5.000 della CTR dell'Emilia-Romagna ed interessa un territorio compreso tra le quote di 370-470 m s.l.m. Le coordinate geografiche di un punto baricentrale rispetto all'area di cava:

WGS84: Latitudine 44.568847; Longitudine 10.568847

ED50: Latitudine 44.433579; Longitudine 10.569856

Sul lato occidentale la cava in esame confina con gli ambiti estrattivi di Poiatica-Monte Quercia e Lovaro Boccadello sempre appartenenti al comparto Carpineti Est; sul lato orientale confina a nord est con una porzione esterna al comparto ricorperta da vegetazione e con parte del comparto estrattivo, oggetto di escavazione in passato e attualmente recuperata e/o in corso di recupero (ex cava Rio Vigne in loc. Sant'Apollinare). A sud est confina con aree in recupero interne al comparto Carpineti est: a est della strada si trova l'area industriale della ditta IMAF.

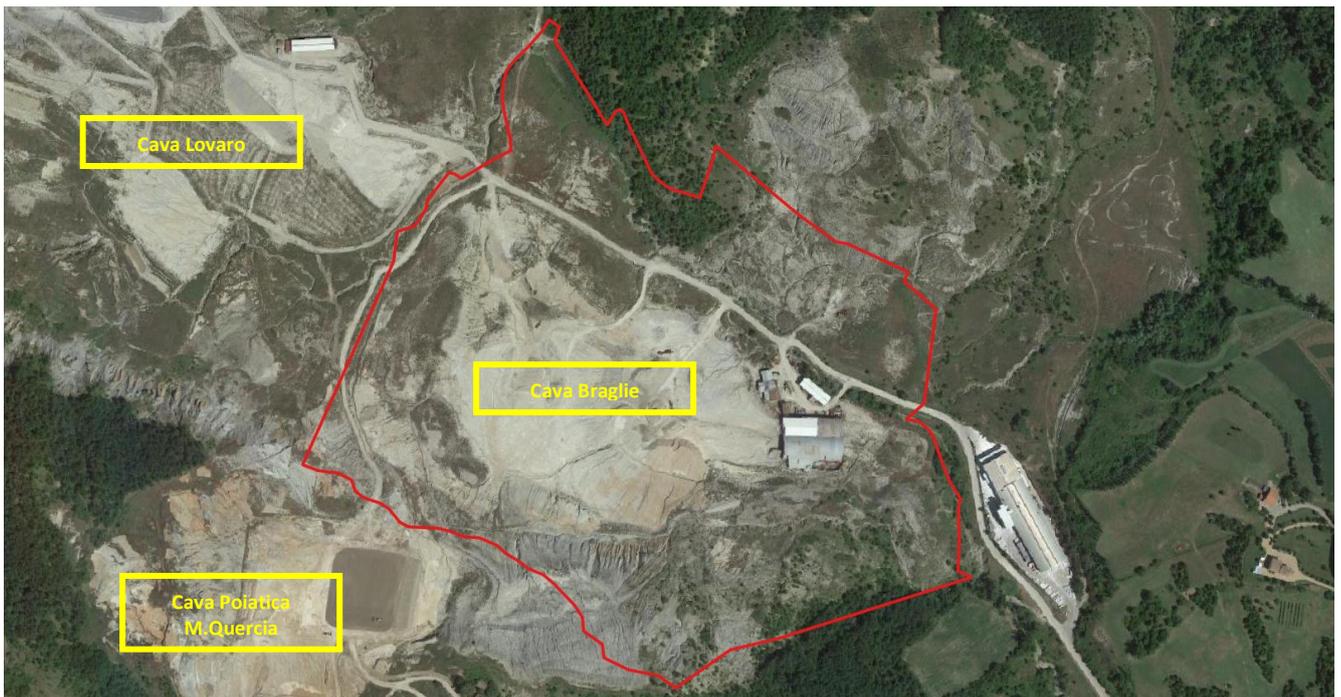


Figura 1. Ubicazione limite di cava su ortofoto Google 2019.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Quadro geologico

Per avere un quadro completo sull'attuale conformazione dell'Appennino Settentrionale è necessario fare una rapida sintesi sulla genesi delle formazioni rocciose e delle falde di ricoprimento che lo costituiscono.

Questa catena montuosa è costituita da sedimenti che si sono depositi in un paleo-oceano a partire dal Triassico (250 M. A.) fino al Tortoniano (6,5 M. A.).

Nel Triassico la crosta continentale che occupava queste zone si lacerò formando una fossa tettonica che, col passare di milioni di anni, si è evoluta dalla fase di rift fino a dare origine ad un oceano, bordato da due margini passivi impostati su altrettante placche, una meridionale o africana e una settentrionale o europea.

A partire dal Cretacico inferiore-medio (110 M. A.) il regime tettonico cambia radicalmente. Dalla fase estensiva, che aveva prodotto la lacerazione della crosta continentale e la conseguente apertura dell'oceano, si passa ad una fase compressiva, che sarà responsabile della strutturazione di tutta la catena appenninica ed alpina.

Si osserva così, a partire dal Cretacico medio fino al Tortoniano, la massiccia deposizione di sedimenti di mare profondo e abissale, le torbiditi, che testimoniano una forte instabilità dei margini dell'oceano.

È durante queste fasi che si depongono le successioni sedimentarie che oggi costituiscono l'Appennino Settentrionale, con modalità differenti principalmente in funzione del tipo e dell'estensione del bacino di sedimentazione. Si possono infatti riconoscere le caratteristiche di bacini ampi e relativamente tranquilli per tutte le successioni di grande spessore ed estensione areale come i flysch di M. Cassio e di M. Caio, mentre per altre unità si possono ipotizzare bacini tettonicamente attivi, con dimensioni ridotte e margini in continua evoluzione. È in questi bacini che si sono deposte unità che oggi ritroviamo smembrate e boudinate e spesso intercalate a corpi caotici e mélanges (Unità Canetolo).

Il lasso di tempo che va dall'inizio della compressione fino all'Eocene medio (50 M. A.) vede la totale subduzione della crosta oceanica che si era formata, mentre il periodo successivo, che arriva fino ad oggi, è caratterizzato dalla collisione fra le due zolle continentali, quella Europea a Nord, quella Adria o Africana a Sud.

I sedimenti che coprivano la crosta oceanica vengono così scollati dal loro substrato e portati ad impilarsi gli uni sopra gli altri a partire da Ovest verso Est, i più vecchi sopra i più giovani. Quello che si osserva oggi, a grandi linee, è un progressivo ringiovanimento delle successioni sedimentarie a partire da Ovest verso Est e dall'alto in basso.

Le unità più vecchie (Cretaciche) sono identificate con il nome di Liguri, al disotto delle quali si trovano le unità Subliguri (Paleoceniche-Eoceniche) e, infine, le unità Toscane, che vanno dal Triassico fino al Miocene (20 M. A.).

Nell'Eocene medio, quando le due zolle continentali vengono a collidere, le unità Liguri si trovavano già deposte ed impilate al disopra delle Subliguri, mentre più ad Est di queste continuava la deposizione, in zone abissali, dell'unità Toscana.

Al di sopra delle unità Liguri si formano così dei bacini all'interno dei quali si depongono, a partire dall'Eocene medio fino al Tortoniano, le unità Epiliguri che vanno così a sigillare gli eventi tettonici precedenti, rimanendo in una posizione sovrastante rispetto alle successioni più antiche. Fanno parte di tali Unità le Formazioni di Monte Piano, Ranzano e di Bismantova.

Infine dal Tortoniano ad oggi si può notare come il comportamento geodinamico sia differente fra il fronte Padano, lungo il quale continua la compressione, e il margine Tirrenico lungo il quale è iniziata (e prosegue tuttora) una lacerazione della crosta continentale che ha portato all'apertura del Mar Tirreno e alla formazione delle fosse tettoniche della Lunigiana e Garfagnana.

2.2 Aspetti tettonico-strutturali

Dal punto di vista tettonico possiamo quindi riconoscere varie fasi che hanno portato alla costruzione dell'impianto strutturale attuale ed in particolare: una prima fase più antica che si sviluppa nel Terziario basso e raggiunge il suo apice nell'Eocene medio (fase Ligure); una seconda fase che si sviluppa nel Miocene inferiore-medio (Burdigaliano).

L'evoluzione tettonica si sviluppa attraverso una serie di superfici di accavallamento, che portano alla sovrapposizione delle unità sedimentarie, che ricoprivano il fondo oceanico subdotto.

A questi thrusts eocenici e burdigaliani sono correlabili deformazioni a carattere prevalentemente duttile, rappresentate da sistemi di pieghe, anche molto importanti.

Si può quindi considerare l'impianto strutturale di questa porzione di Appennino come un edificio a falde di ricoprimento sviluppatosi in più fasi. La posizione più profonda è occupata dalle unità incorporate tardivamente nella catena (durante la fase burdigaliana) costituite dall'unità Toscana.

In posizione strutturalmente e geograficamente intermedia si rinvengono le formazioni appartenenti all'unità Subligure o di Canetolo.

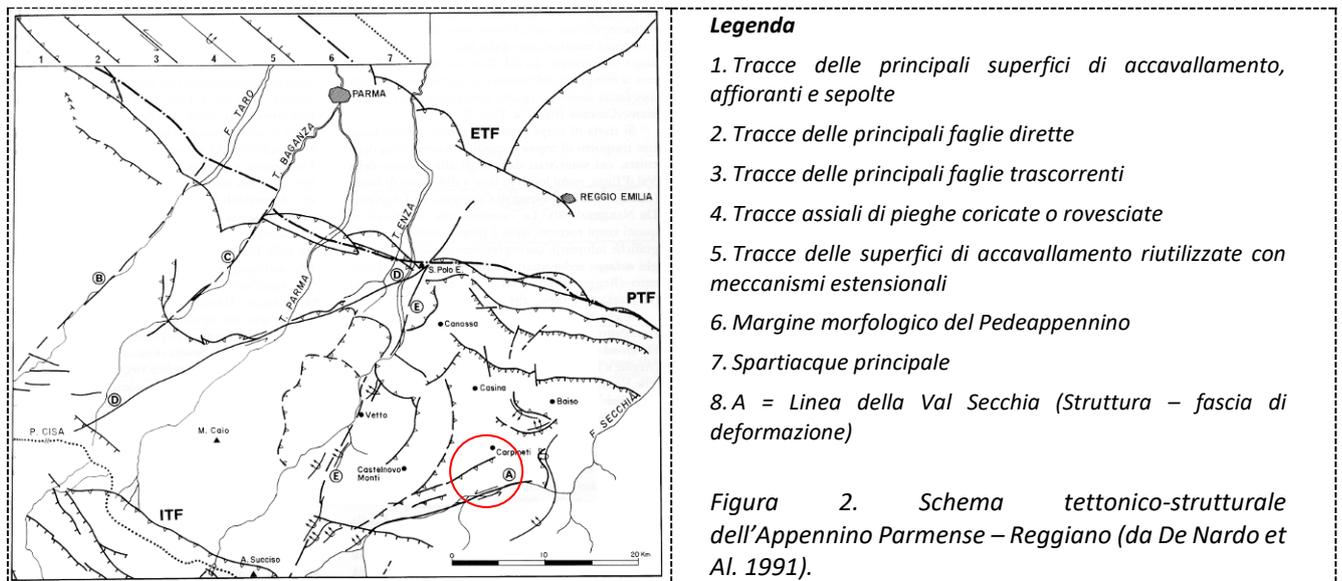
Lo schema tettonico-strutturale (riportato nella figura seguente) dell'appennino reggiano evidenzia una serie di tre thrust che caratterizzano la catena appenninica; da SW a NE si incontrano:

ITF (Internal Thrust Front) - fronte di accavallamento più interno che, nella zona in esame, porta le unità della Falda Toscana a sovrascorrere sulle unità Liguri e Subliguri;

PTF (Pedeappenninic Thrust Front) - borda la catena appenninica nella zona di passaggio alla pianura padana (non interessa l'area in esame);

ETF (External Thrust Front) - costituiscono i "thrust" sepolti sotto la pianura (non interessa l'area in esame).

A questa serie di "thrust", aventi direzione NW-SE, immersione del piano a SW e propagazione verso NE, si associano faglie trasversali al movimento dei thrust che in parte svincolano lateralmente le strutture. Di particolare importanza nel quadro geodinamico del crinale appenninico reggiano-parmense risultano essere la linea Passo della Cisa - S. Polo d'Enza, la linea del Taro, la linea della media Val Enza e soprattutto nell'area in esame la linea della Val Secchia.



Per meglio evidenziare la situazione geologica del sito si ripropone la porzione meridionale della sezione geologica elaborata per la carta geologica del progetto CARG passante per il Castello di Carpineti e per La Colombaia. In tale sezione si nota come le unità Epiliguri siano disposte a reggipoggio con angoli piuttosto alti (40-50°), i contatti tra le unità affioranti (dal più basso) MMP, RAN₂ siano erosivi e come tra RAN₃ e ANT siano discordanti. Nella zona di valle il contatto MMP su BAI₄ è anch'esso erosivo, si segnala inoltre come, nell'area in esame, tale contatto sia indicato come costituito da una faglia. L'assetto strutturale del BAI₄ è sicuramente caotico, ma si individua comunque l'appartenenza ad una struttura anticlinale.

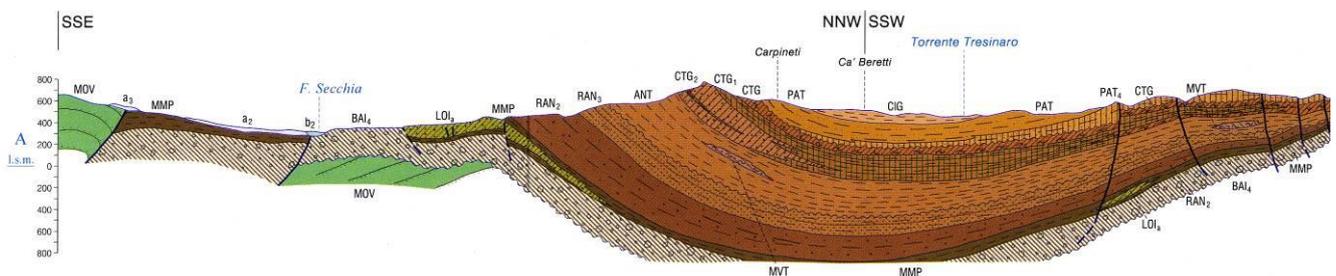


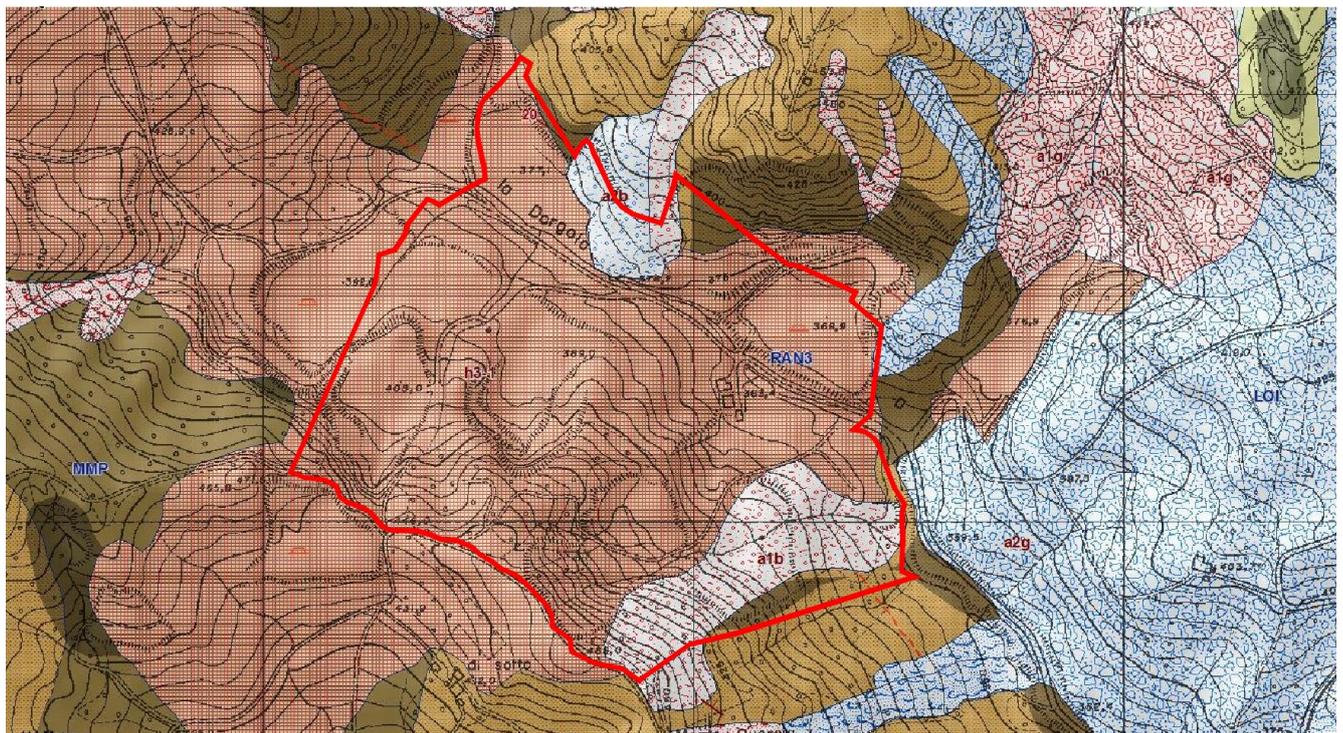
Figura 3. Sezione geologica estratta dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 218 Castelnuovo Monti

2.3 Aspetti stratigrafici

La successione delle formazioni geologiche affioranti in questo luogo è descritta adottando la nomenclatura utilizzata nella Carta Geologica d'Italia (progetto CARG) Foglio 218 – Castelnuovo né Monti.

Nelle figure seguenti è riportato un estratto della Carta Geologica alla scala 1:10.000 sez. 218150 "Cavola" (disponibile sul sito internet <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis.>)

La **Tavola 3** "Carta geologica" del presente piano di coltivazione è stata eseguita sulla base di tale cartografia e riporta anche le coperture quaternarie che interessano questa porzione di territorio e quindi le aree con depositi di frana quiescente o attiva. Viene di seguito riportata la descrizione della successione delle formazioni geologiche affioranti nell'area in esame dalla più antica alla più recente basata sulle note illustrative disponibili sul sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis.>



Risorse e prospezioni (10K)

cava attiva

Punti di osservaz. e misura (10K)

stratificazione dritta

Coperture quaternarie (10K)

- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a3 - Deposito di versante s.l.
- h3-1 - Cava attiva

Limiti di unità geologiche (10K)

- contatto stratigrafico o litologico certo
- contatto stratigrafico o litologico incerto
- faglia incerta
- faglia sepolta
- limite di natura incerta

Affioramenti (aree) (10K)

Unità geologiche (10K)

- LOI - Formazione di Loiano
- MMP - Marne di Monte Piano
- RAN3 - Formazione di Ranzano - membro di Varano de' Melegari

Figura 4. Carta geologica dell'area in esame estratta dalla carta geologica del progetto CARG alla scala 1:10.000 con coperture quaternarie (disponibile sul sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis.>)



Risorse e prospezioni (10K)

cava attiva

Punti di osservaz. e misura (10K)

stratificazione dritta

Limiti di unità geologiche (10K)

- contatto stratigrafico o litologico certo
- contatto stratigrafico o litologico incerto
- faglia incerta
- faglia sepolta
- limite di natura incerta

Affioramenti (aree) (10K)

Unità geologiche (10K)

- LOI - Formazione di Loiano
- MMP - Marne di Monte Piano
- RAN3 - Formazione di Ranzano - membro di Varano de' Melegari

Figura 5. Carta geologica dell'area in esame estratta dalla carta geologica del progetto CARG alla scala 1:10.000 senza coperture quaternarie (disponibile sul sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geo/qeologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis/>.)

2.3.1 Successione Epiligure

2.3.1.1 Formazione di Ranzano (RAN)

La Formazione di Ranzano è costituita da più corpi sedimentari di origine prevalentemente torbiditica con geometria da tabulare a lenticolare e con facies deposizionali molto variabili, da conglomeratiche ad arenacee, arenaceo-pelittiche e pelittiche; anche lo spessore complessivo dell'unità è molto variabile e si passa dai pochi metri della sezione di Ca' di Viola agli oltre 1500 metri nella media Val Secchia. La Formazione di Ranzano è estesa cronologicamente dal Priaboniano (Eocene superiore) terminale al Rupeliano (Oligocene inferiore) avanzato, coprendo un intervallo compreso fra 4 e 6 milioni di anni (CATANZARITI *et alii*, 1997). Il contatto inferiore della formazione è per lo più con la formazione delle Marne di Monte Piano (MMP) ed è segnato dalla comparsa di ben netti livelli arenacei, assenti nella parte alta della formazione sottostante; localmente la Formazione di Ranzano appoggia direttamente sulle unità liguri deformate. Molto spesso il contatto con le Marne di Monte Piano è discordante con una netta lacuna erosiva, come è ben visibile laddove mancano i membri inferiori della formazione; queste caratteristiche giacaturali e stratigrafiche sono frequentemente osservabili nell'area, in particolare nelle zone marginali della placca epiligure Vetto-Carpineti-Canossa. Anche il contatto con le soprastanti marne della Formazione di Antognola è netto ed alcuni Autori (FORNACIARI, 1982; FREGNI & PANINI, 1987; DE NARDO *et alii*, 1991) che si sono occupati della successione epiligure nell' Appennino Reggiano e Modenese, hanno segnalato, in corrispondenza di questo limite, una discordanza angolare con lacuna biostratigrafica; altrove, si osservano situazioni nettamente diverse in quanto si passa da sezioni in cui il passaggio sembra avvenire in apparente continuità di sedimentazione (Val Ceno), ad altre in cui il limite è marcato da una superficie di erosione e/o non deposizione sulla quale i depositi delle Marne di Antognola poggiano in *onlap* (Lagrimone, Torrente Bardea, in sinistra Val d'Enza). La Formazione di Ranzano è stata distinta in più

membri; i toponimi si riferiscono ad aree in cui affiorano sia la base che il tetto dell'unità in esame e dove è possibile descrivere una sezione stratigrafica completa o stratotipo, come avviene in Val d'Enza già indicata come area-tipo da PIERI, 1961. I vari membri e litofacies sono descritti in ordine stratigrafico, dai termini più antichi a quelli più recenti; per lo spessore degli strati ci si riferisce alla classificazione di CAMPBELL, 1967, mentre per la descrizione petrografica e classificazione si fa riferimento a CIBIN & DI GIULIO (in revisione). Nella placca Vetto-Carpineti-Canossa, la Formazione di Ranzano è rappresentata da 3 membri: 1- Membro di Pizzo d'Oca (RAN1); 2- Membro della Val Pessola (RAN2); 3- Membro di Varano de' Melegari (RAN3). Tuttavia il Membro di Pizzo d'Oca, che occupa sempre la posizione basale della formazione, nell'area affiora in lembi di spessore ridotto e costituiti da pochi strati; pertanto non è stato possibile rappresentarli alla scala della carta. Nei modesti affioramenti presenti la litofacies prevalente è arenaceo-pelitica, localmente arenaceo-conglomeratica; la composizione delle arenite è feldspatico-litica e si rinvencono abbondanti frammenti di litotipi metamorfici derivanti da un basamento cristallino di crosta continentale superiore.

2.3.1.1.1 Membro della Val Pessola (RAN2) – Non affiorante nell'area in esame

Stratigraficamente sovrapposto al Membro di Pizzo d'Oca, è presente in gran parte degli affioramenti dell'Appennino settentrionale. Al tetto presenta un contatto netto con il Membro di Varano de' Melegari. La litofacies è molto variabile, da pelitico-arenacea a arenaceo-conglomeratica; gli strati variano da medi a molto spessi e la loro geometria è generalmente tabulare, mentre negli strati a granulometria grossolana si presenta lenticolare. Le arenarie hanno una composizione in cui prevale la frazione litica e, ai frammenti metamorfici caratteristici del sottostante membro RAN1, si aggiungono abbondanti frammenti di serpentiniti e modeste quantità di rocce sedimentarie che indicano una provenienza da unità ofiolitiche, con le rispettive coperture sedimentarie, del Dominio Ligure. La composizione media è: Q 26; F 22; L+C 52. Lm 43, Lv 41, Ls 16. *Petrofacies C* di CIBIN (1993); *petrofacies Rb* di DI GIULIO (1991). Questa particolare composizione conferisce alle rocce un caratteristico colore grigio scuro-verdastro. Localmente sono presenti variazioni composizionali che meritano di essere menzionate. Nella terminazione orientale dell'area di affioramento di questo membro, vale a dire lungo le sezioni Velucciana e Vesallo in sinistra della Val Secchia (Comune di Carpineti), dove presenta notevole spessore (circa 1000 m) e litologia arenaceo-pelitica, gli strati, a geometria tabulare ed in perfetta continuità laterale, contengono arenarie a composizione bimodale; infatti a strati caratterizzati da abbondanti frammenti ofiolitici, si alternano strati a composizione quarzoso-feldspatica con frammenti litici scarsi e di natura sedimentaria (composizione media Q 43; F 39; L+C 18; Lm 12, Lv 31, Ls 57; CIBIN, dati non pubblicati). La composizione di queste ultime arenarie è molto simile a quella di altre arenarie eo-oligoceniche della successione epiligure dell'Emilia orientale, come le Arenarie di Loiano, il Membro di Albergana della F. di Ranzano e le Arenarie di Anconella. Questo membro corrisponde alla maggior parte delle Arenarie di Ranzano descritte comunemente in letteratura (da PIERI, 1960, a SESTINI, 1970, in poi); il suo spessore è molto variabile e passa da pochi metri ai quasi 1000 metri della Val Secchia, con variazioni laterali molto rapide. A causa della geometria marcatamente erosiva delle unità sovrastanti ed eventualmente della configurazione originaria dei bacini di sedimentazione, il membro può anche essere totalmente assente. Su scala regionale il Membro della Val Pessola risulta esteso cronologicamente dal Priaboniano terminale (parte avanzata della Zona MNP20) fino al Rupeliano (transizione Zona MNP 21b-Zona MNP 22; si veda CATANZARITI *et alii*, 1997).

E' stata distinta una litofacies arenaceo-conglomeratica (RAN2a), che si sviluppa, con affioramenti spettacolari, soprattutto in Val d'Enza (F.217) e a sud della Val Secchia (F.235), e in diffusi affioramenti anche nel F.218; questa litofacies è costituita da strati arenacei spessi e molto spessi, a geometria tabulare, frequentemente amalgamati, con base conglomeratica a clasti ben arrotondati, anche di dimensioni decimetriche. La base è erosiva e talora appoggia con contatto discordante direttamente sulle Marne di Monte Piano o sul substrato Ligure.

In corrispondenza a questa discontinuità fisica si osservano regionalmente estese lacune biostratigrafiche (CATANZARITI *et alii*, 1997). E' da notare che MUTTI *et alii* (1996) e CATANZARITI *et alii*, (1997) considerano questa discontinuità di importanza regionale e la hanno utilizzata per definire le basi delle loro Unità Val Pessola (MUTTI *et alii*, 1996) e Formazione della Valle dei Cavalieri (CATANZARITI *et alii*, 1997).

Nei pressi di Pecorile, Paderna-La Vecchia e Ginepreto (a sud della Pietra di Bismantova) questa litofacies grossolana è suddivisibile in due corpi distinti, separati tra di loro da un orizzonte arenaceo-pelitico. L'orizzonte grossolano stratigraficamente superiore presenta un arricchimento di detrito di origine sedimentaria che costituisce quasi un termine di transizione al membro soprastante. La sezione tipo di questo membro affiora in Val Pessola (F.198).

2.3.1.1.2 Membro di Varano de' Melegari (RAN3)

Questo membro giace, con contatto netto, talora discordante, sul Membro della Val Pessola ed è ricoperto in apparente continuità di sedimentazione dalle Marne di Antognola. FORNACIARI (1982) segnala in Val Secchia fra RAN ed ANT una discordanza con lacuna biostratigrafica. Le litofacies prevalenti sono quelle pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche, sebbene localmente non manchino corpi rocciosi grossolani a geometria lenticolare; molto comuni sono inoltre i depositi caotici di risedimentazione in massa. Nelle litofacies più diffuse gli strati variano da molto sottili a spessi, talvolta molto

spessi, con geometria che può essere sia tabulare che lenticolare. Le geometrie lenticolari sono molto comuni sia negli intervalli in facies a strati sottili, sia in quelli a strati molto spessi e a granulometria grossolana. Questo membro è caratterizzato da una composizione del detrito arenitico particolarmente ricca di frammenti litici in cui prevalgono clasti provenienti da successioni sedimentarie litificate tipo *flysch ad elmintoidi*, mentre i litici metamorfici e serpentinitici sono subordinati (*petrofacies D* di CIBIN, 1993; composizione media: Q 16; F 12; L+C 72; Lm 30, Lv 22, Ls 48). La provenienza del detrito da unità del Dominio Ligure è confermata dall'alto contenuto di nannofossili calcarei rimaneggiati del Cretacico superiore. Spesso sono presenti livelli particolarmente ricchi di frammenti di serpentinoscisti e di altre metamorfiti di alta pressione, probabilmente derivate da unità del Dominio Pennidico. La composizione particolarmente ricca di clasti calcarei e calcareo-marnosi rende queste arenarie particolarmente reattive all'acido cloridrico e conferisce loro un generale inconfondibile colore grigio-piombo. In tutta l'area di affioramento in questo membro sono presenti sottili strati di vulcanoareniti feldspatiche, distribuite a vari livelli in tutta la successione stratigrafica; i clasti vulcanici sono di composizione andesitica e a volte costituiscono la totalità dei granuli, mentre altre volte sono diluiti nel normale detrito terrigeno (GAZZI & ZUFFA, 1970; CATANZARITI et alii, 1993; CIBIN et alii, 1998); questi livelli sono ben riconoscibili sul terreno e costituiscono degli ottimi marker di correlazione tra i vari affioramenti. All'interno di questo membro sono riconoscibili e distinguibili varie litofacies.

Si segnala che nell'area in esame il RAN 3 giace, con contatto sovente di faglia, sulle sottostate Marne di MontePiano (MMP).

2.3.1.2 Marne di Monte Piano (MMP)

E' diffusa arealmente soprattutto nel settore orientale del Foglio 218, presentando i massimi spessori e continuità laterale tra le valli di Crostolo, Tresinaro e Secchia. Si tratta di marne argillose ed argille marnose in strati sottili e sottilissimi, recanti strati sottili e lenticolari di arenarie feldspatiche biancastre gradate e laminate, litologicamente analoghe a quelle che costituiscono la Formazione di Loiano (vedi oltre). La parte basale dell'unità presenta un maggiore tenore argilloso, come indicano le frequenti intercalazioni di argilliti nerastre nelle peliti rossastre basali. In prossimità della base stratigrafica della formazione, presenti orizzonti caotici da slump, il cui spessore varia da qualche metro ad una ventina di metri, come visibile negli affioramenti determinati dal fronte di cava in località Cà Carletto, a NE di Colombaia in Val Secchia (BERTOLINI & DE NARDO, dati inediti). Questi affioramenti, di gran lunga i migliori per qualità di esposizione nell'area di studio, permettono inoltre di apprezzare il passaggio dalle facies basali sopra descritte a marne siltose-marne argillose grigie, caratteristiche del tetto stratigrafico dell'unità. Inferiormente, le Marne di Monte Piano appoggiano comunemente sulle breccie argillose BAI con le quali sono localmente eteropiche; limitatamente all'area in cui affiora la successione della Val Tresinaro, MMP si trova in discontinuità sulle Argille di Viano (IACCARINO & RIO, 1972), senza interposizione di breccie poligeniche.

Gli spessori sono variabili, da una decina di metri a 150-200 m circa. L'ambiente è riferibile a scarpata e bacino profondo, con sedimentazione emipelagica fine intervallata da apporti torbiditici in condizioni distali. Le Marne di Monte Piano contengono in genere abbondanti associazioni a nannofossili calcarei che indicano età estese almeno dalla Cronozona NP16 alla biozona NP 20 (Luteziano terminale- Priaboniano pars). Con ogni probabilità questa è una valutazione conservativa in quanto è possibile che l'unità sia cronologicamente più estesa, in particolare nell'area ad est della Val Secchia. Ad esempio, nella sezione di Ca di Violla (poco a S del Foglio) peliti attribuite alle MMP contengono associazioni a nannofossili calcarei di età Oligocene inferiore.

2.3.1.3 Formazione di Loiano (LOI)

Arenarie arcose, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere scarsamente cementate, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati, e peliti rosso-verdastre (A/P sempre >1). Sedimentazione torbiditica in bacino confinato profondo. A scala regionale si interdigita a MMP o vi è inclusa sotto forma di lenti. La potenza affiorante raggiunge 100 m. (Luteziano sup. - Bartoniano inf.)

2.3.1.4 Depositi quaternari continentali

a1b - *Deposito di frana attiva per scivolamento*. Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

a1d - *Deposito di frana attiva per colamento lento*. Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

a1g - *Deposito di frana attiva complessa*. Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

a2b - *Deposito di frana quiescente per scivolamento*. Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

a2d - *Deposito di frana quiescente per colamento lento*. Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

a2g - *Deposito di frana quiescente complessa*. Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

a3 - *Deposito di versante s.l.* Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso

2.4 Quadro geomorfologico e conformità al dissesto

L'attuale assetto del territorio è legato all'azione di due agenti morfogenetici naturali principali ossia l'azione della gravità sui versanti e l'azione delle acque di scorrimento superficiali; sovrimposta a tali agenti naturali si è sviluppata l'attività antropica.

Nel Quadro Conoscitivo del PTCP della Provincia di Reggio Emilia -Allegato 6- è presente la tavola 1 "Carta degli elementi fisico-geomorfologici", di cui nella figura seguente si riporta uno stralcio. L'area in esame ricade tra le forme Antropiche Cave attive o in sistemazione. L'area è in parte ricompresa all'interno di un geosito di rilevanza locale. I geositi sono schedati e descritti all'interno del sito della Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna: in particolare il geosito n°424 "Cave del Dorgola" è individuato in corrispondenza dell'ampia area di estrazione di materiali pelitici riferiti alle formazioni di Montepiano e Ranzano (industria ceramica), dislocata in più fronti di scavo attivi lungo entrambi i versanti del torrente La Dorgola, affluente in sinistra del F. Secchia". Altro elemento di rilievo per l'area in esame risulta essere la presenza della "discarica di Poiatica". Sono individuati inoltre in carta il reticolo idrografico, le forme ed i depositi gravitazionali che interessano il territorio.

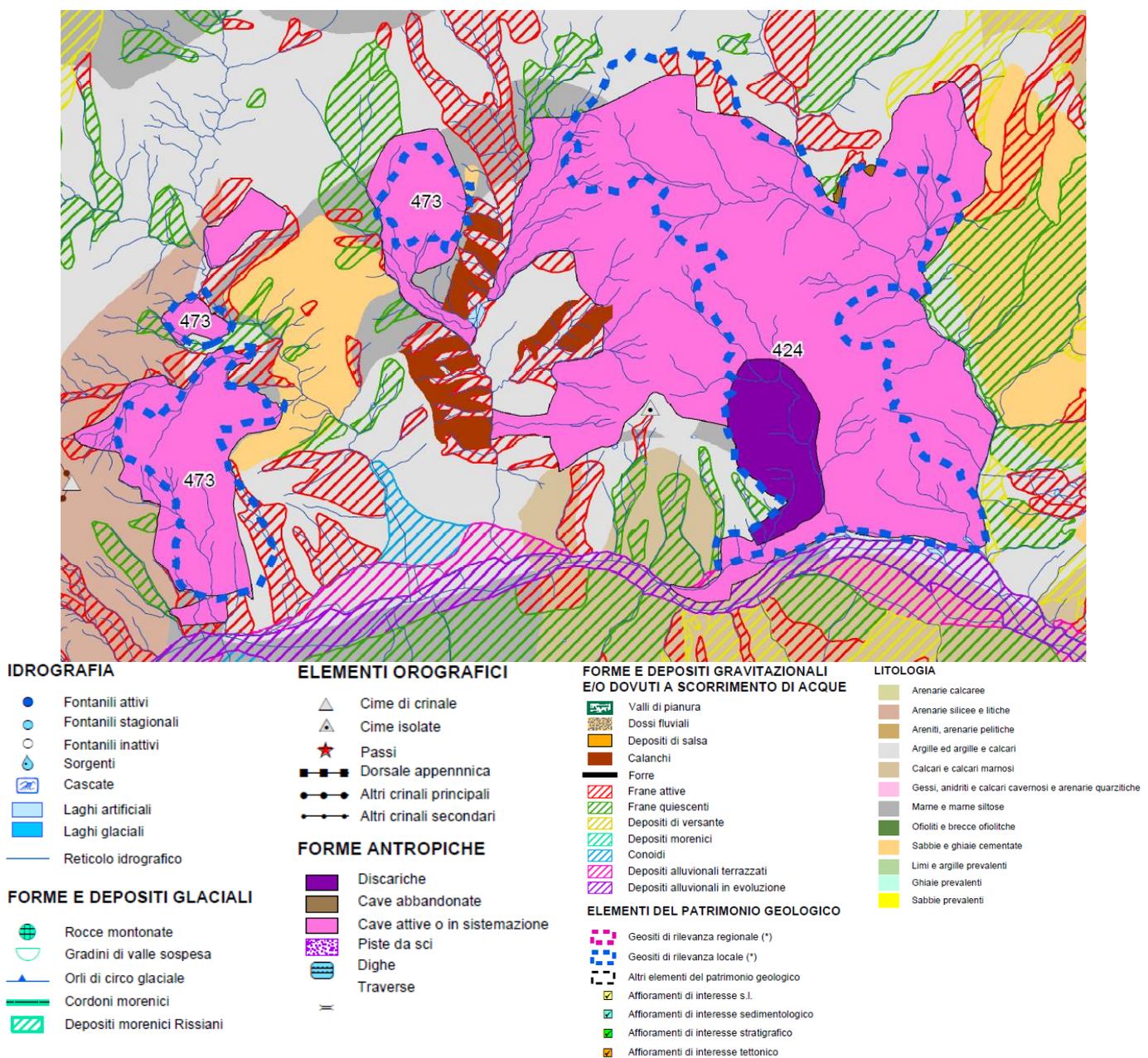


Figura 6. Estratto dalla "Carta degli elementi fisico-morfologici" Tavola 218SE.

2.4.1 Morfogenesi legata all'azione della gravità - modello del dissesto ed interferenze con le frane del PTCP

Per morfogenesi gravitativa si deve principalmente intendere l'azione che si manifesta come movimento di una porzione o di un intero versante. Tali movimenti gravitativi vengono in senso generale definiti frane.

Per meglio chiarire quest'ultimo termine si specifica che il movimento di una massa di roccia, terra o detrito lungo un versante viene definito frana. Più dettagliatamente per fenomeno franoso "viene indicato quel fenomeno naturale o artificialmente indotto, consistente in un movimento controllato dalla gravità, superficiale o profondo, rapido o lento, che interessa i materiali costituenti un versante o un intero rilievo".

I depositi di frana sono classificati in base allo stato di attività ed alla tipologia del movimento franoso. Sulla base dello stato di attività i depositi sono distinti in: attivi (o in evoluzione), quiescenti, stabilizzati.

Sulla base della tipologia sono stati distinti in: crolli e/o ribaltamenti; scivolamenti; espansioni laterali; colamenti; complessi; scivolamenti in blocco o DGPV. La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo. Di seguito si riporta una descrizione delle principali tipologie di fenomeni gravitativi tratta dal glossario della cartografia del dissesto della regione Emilia-Romagna.

Deposito di frana attiva - a1(x): Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto (indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi). L'attività può essere continua o, più spesso, intermittente ad andamento stagionale o pluriennale. Vengono inclusi in questa categoria anche depositi di frane che al momento del rilevamento non presentano sicuri segni di movimento ma che denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno rimobilizzato) all'occhio del tecnico rilevatore. Sono altresì incluse anche frane con velocità recepitabile solo attraverso strumenti di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), qualora esistenti.

Deposito di frana quiescente - a2(x): Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

Deposito di frana stabilizzata o relitta - a0(x): Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti le cui cause originali non possono ulteriormente agire (frana naturalmente stabilizzata) o per la quale sono state adottate misure di stabilizzazione (frana artificialmente stabilizzata) o originato in contesto morfologico diverso da quello attuale e pertanto considerato non più riattivabile (relitte). La configurazione morfologica è difficilmente riconoscibile; le zone di accumulo si presentano debolmente acclivi. I depositi di frana stabilizzata possono presentare una abbondante pedogenesi. I corpi franosi sicuramente ascrivibili a questa categoria sono assai rari a scala regionale ed è consuetudine, nel dubbio, classificarli prudenzialmente come quiescenti.

Deposito di frana per crollo e/o ribaltamento: Deposito originato da distacco di rocce litoidi da un pendio acclive e messo in posto con processi di caduta libera, rimbalzo e rotolamento di ciottoli e massi. L'accumulo detritico è costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm3 e decine di m3, privo di matrice o in scarsa matrice sabbioso-pelitica, a luoghi alterata e pedogenizzata. E' caratteristica la riattivazione improvvisa e la estrema velocità del movimento. Rappresenta un potenziale pericolo per l'incolumità dell'uomo e per le sue attività, data la estrema velocità di sviluppo del fenomeno, che può anche precludere possibilità di fuga. Per le loro caratteristiche intrinseche tali depositi sono da considerarsi attivi in quanto potenzialmente e improvvisamente soggetti all'arrivo di nuovi accumuli distaccati dai pendii sovrastanti.

Deposito di frana per scivolamento: Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

Deposito di frana per colamento: Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti possono essere per lo più coesivi (colamento lento) o granulari (colamento rapido). I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili. Le colate di detrito risultano più rare.

Deposito di frana per espansione laterale: Deposito di materiale roccioso fratturato sottoposto a movimenti di espansione laterale, causati generalmente da liquefazione o deformazione plastica del corpo sottostante.

Deposito di frana complessa: Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

Deposito di frana per scivolamento in blocco o DGPV: Deposito costituito da masse di dimensioni più o meno rilevanti di roccia che, pur scivolando lungo una o più superfici di scorrimento, traslazionale e/o rotazionale, conservano al loro interno la coerenza stratigrafica della roccia di provenienza. Si trovano spesso nella parte alta dei versanti e su vaste superfici e sono in grande prevalenza in stato di attività quiescente. Sono caratterizzate frequentemente dalla presenza di insediamenti storici. Nelle DGPV il movimento gravitativo in massa complesso e profondo interessa

grandi ammassi rocciosi, talora con relative coperture superficiali, e si attua attraverso una deformazione per lo più lenta e progressiva della massa rocciosa, senza una superficie di scorrimento ben determinabile.

Deposito di versante s.l. - a3: Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, pur mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso.

Di seguito si riporta un estratto della cartografia a cura della Regione Emilia-Romagna, nella quale si evidenzia la presenza di fenomeni gravitativi quiescenti ed attivi che interessano l'area di cava: vengono inoltre riferite le informazioni presenti nell'"archivio dei movimenti franosi" relativamente agli eventi censiti più prossimi al limite di cava. In particolare l'area di cava è interessata a sud da un fenomeno gravitativo attivo per scivolamento (a1b) della superficie di 39.519 m²: tale dissesto si sviluppa a partire dal crinale M. Quercia verso est nord est, lungo il margine meridionale della cava, fino alle sponde del T. Dorgola, lambendo il capannone di stoccaggio delle argille. Nel settore settentrionale della cava, solo in parte ricadenti all'interno della stessa, sono perimetrate una frana quiescente ed una frana attiva, censite anche all'interno del database regionale (v. informazioni riportate nella tabella al paragrafo seguente): anche in questo caso si tratta di dissesti per scivolamento, con superficie pari a 14.825 m² per quanto riguarda la porzione quiescente e circa 14.562 m² per la porzione attiva, sviluppatasi sul versante in sinistra idrografica del torrente Dorgola a partire dalla quota di circa 450 m slm.

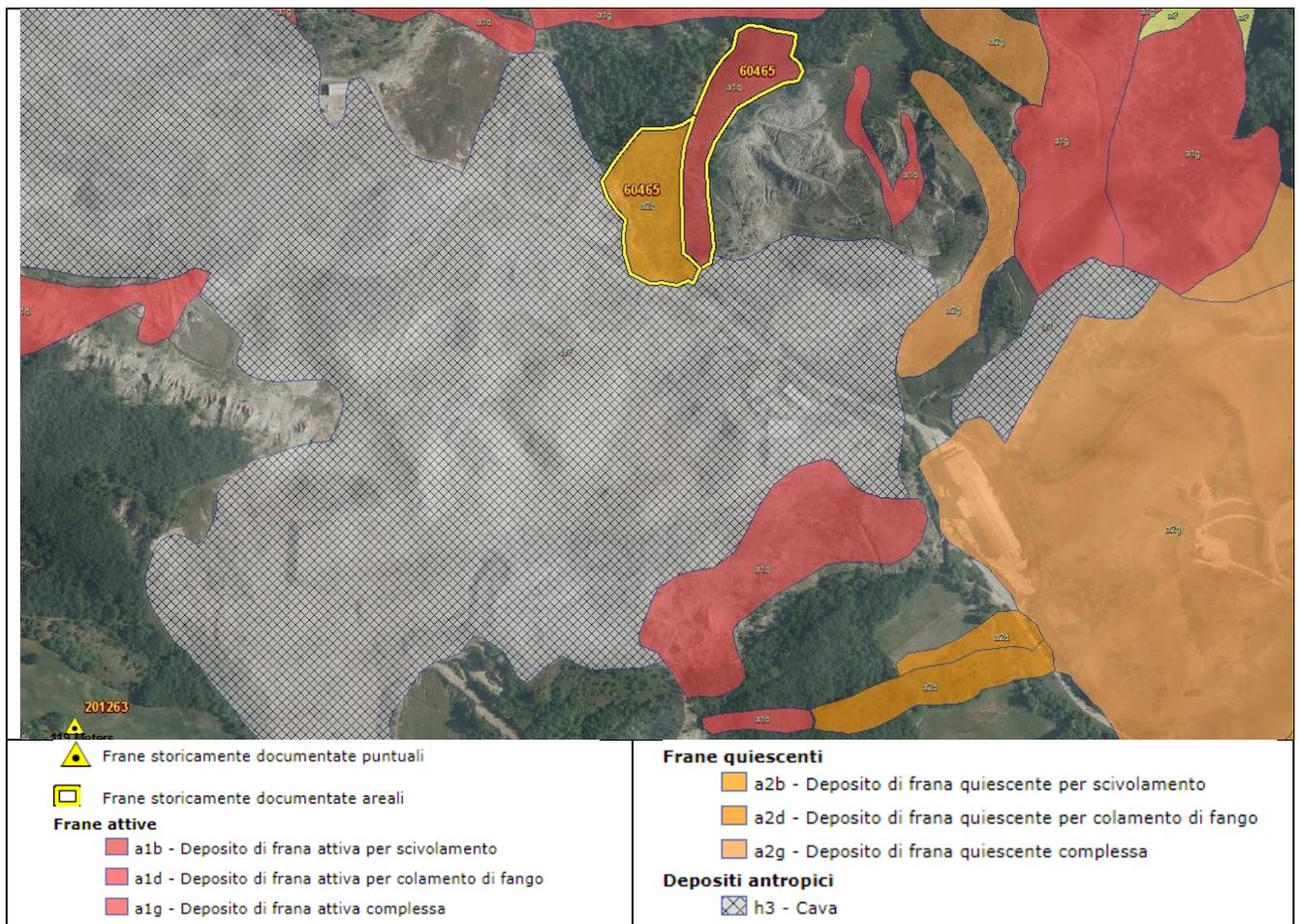


Figura 7. Estratto dalla Carta inventario delle frane dell'Emilia-Romagna dal sito: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/cartografia-dissesto-idrogeologico>

Per completezza si riporta di seguito in estratto anche la tavola P6 "Carta inventario del dissesto (PAI-PTCP) e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908)" del PTCP di Reggio Emilia con sovrapposto al limite di cava, che evidenzia i dissesti descritti sopra.

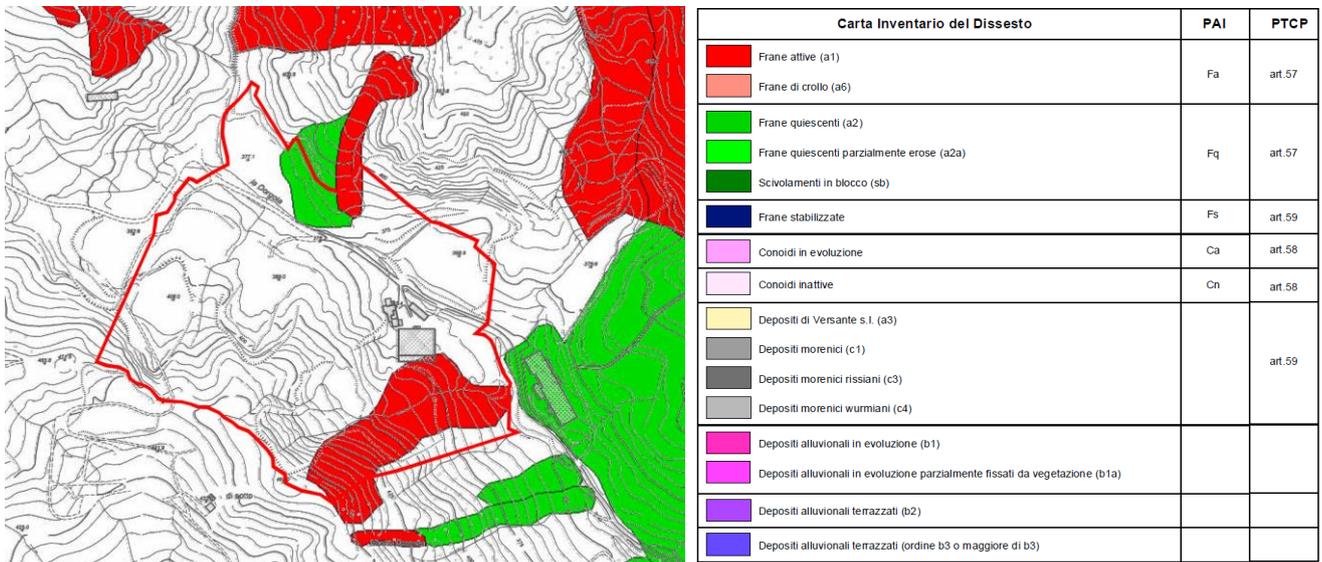


Figura 8. Estratto dalla tavola P6 "Carta inventario del dissesto (PAI-PTCP) e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908)" del PTCP di Reggio Emilia. In rosso il limite della cava Braglie.

Come si osserva nella figura seguente, nella cartografia del PTCP non è presente il deposito per frana quiescente che secondo la cartografia regionale riportata in precedenza e la cartografia di PAE riportata di seguito lambisce il settore nord orientale della cava.

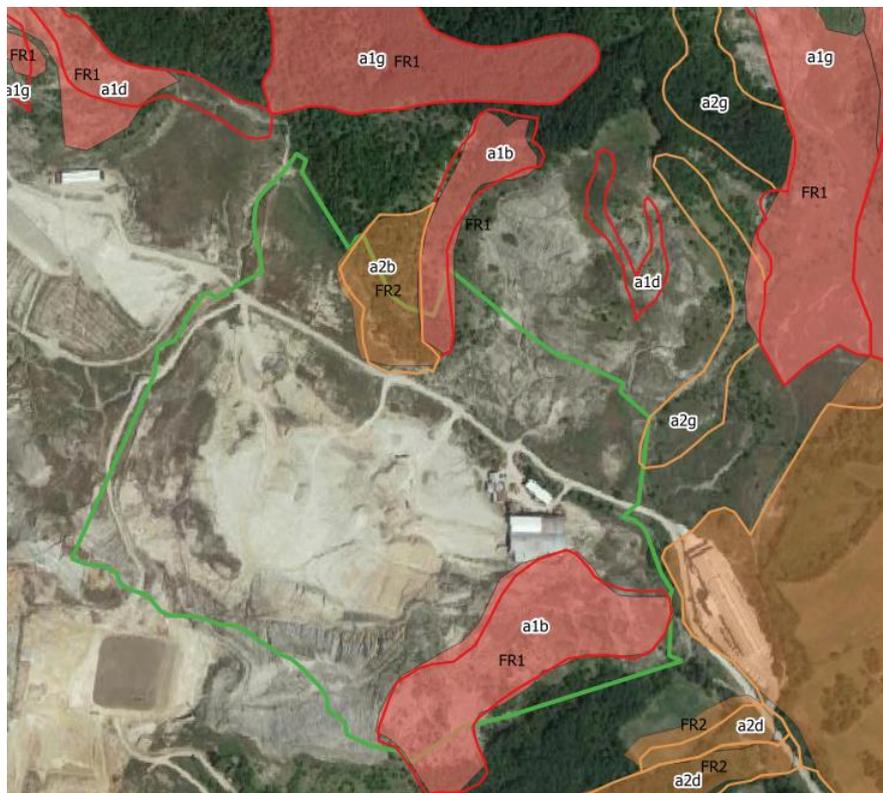


Figura 9. Sovrapposizione della perimetrazione dei dissesti da tavola P6 del PTCP (colore pieno) e da Cartografia del Dissesto della Regione Emilia-Romagna (linee di contorno). In verde il limite della cava Braglie.

All'interno del PAE è stato presentato uno studio di compatibilità idraulico-geologico relativo al polo n°1 "Comparto delle argille di Carpineti" (a cura della dott.ssa Geol. Giorgia Campana ed Alessandro Ghinoi): in esso sono contenute le descrizioni dei principali fenomeni gravitativi e delle aree potenzialmente instabili che vengono riportate in estratto di seguito. La numerazione fa riferimento agli elaborati grafici del suddetto studio, di cui si riporta anche in questo caso un estratto in figura seguente ed all'interno della tavola 3 (con sovrapposizione del perimetro della cava Braglie).

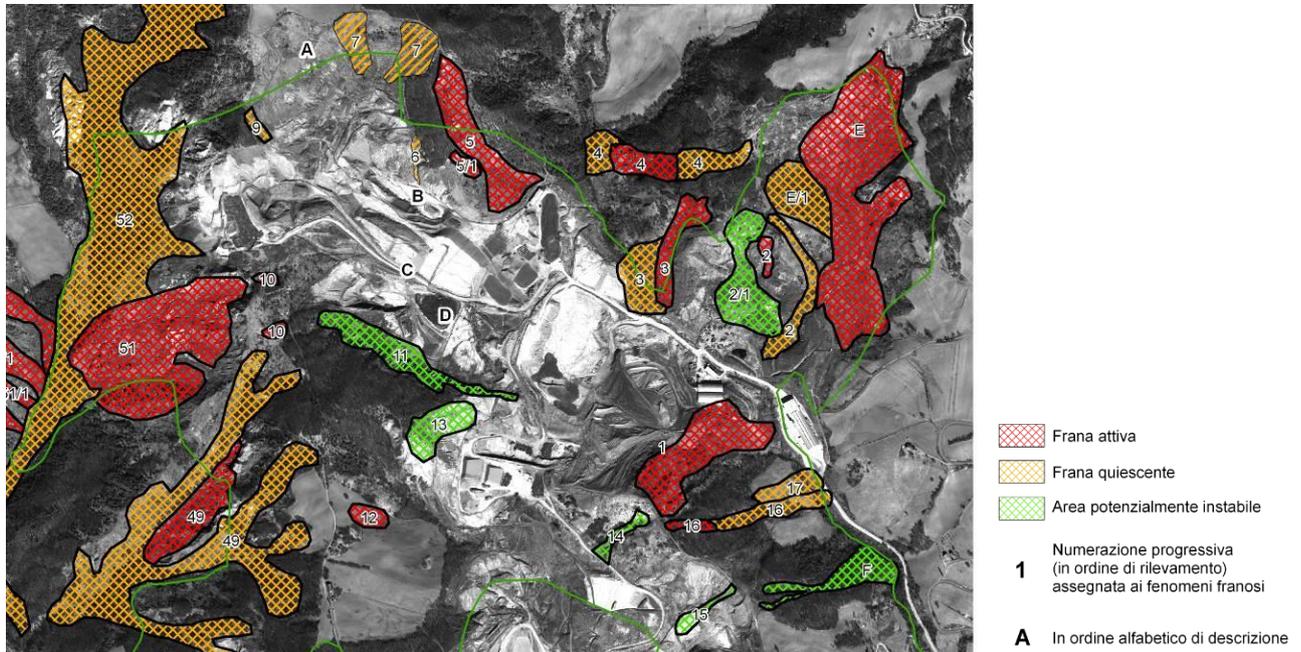


Figura 10. Estratto da Allegato 1/B Comparto Carpineti Est dello Studio di compatibilità idraulico-geologico relativo al polo n°1 "Comparto delle argille di Carpineti"

Il PCA ha recepito, senza sostanziali modifiche per l'area di cava in esame, la perimetrazione dei dissesti stabilita in fase di PAE. Di seguito si riporta la descrizione delle frane interne e limitrofe alla cava riportate nel PAE al quale è aggiunto un breve commento che indica se interne, esterne o parzialmente interne.

(1) Frana complessa (scivolamento rotazionale e colata). Nella zona di coronamento si possono vedere fresche riattivazioni di movimenti rappresentate da decorticazioni nel manto erboso, contropendenze e alberi inclinati. Più in basso, nelle porzioni di transito e di accumulo, la morfologia richiama la colata di terra, con un tipico reticolo idrografico irregolare e zone di accumulo d'acqua. A luoghi, solchi di ruscellamento concentrato sono presenti nelle porzioni con pendenze maggiori, subito a valle di convessità del terreno che creano repentini cambi di pendenza. **Ricade quasi interamente all'interno dell'area di cava nel settore meridionale della stessa.**

(2) Piccole frane complesse (scivolamento rotazionale e colata); di cui una attiva nella porzione medio alta.

Possono staccarsi ancora sottili lembi di terra dal coronamento, ma l'esigua disponibilità di materiale mobilizzabile riduce alquanto la possibile intensità dei fenomeni. Il rio in sinistra idrografica può contribuire ad asportare materiale d'accumulo. La seconda si reputa, invece, quiescente perché in parte vegetata. **Ricade esternamente alla cava, lambendone il limite orientale.**

(2₁) Trattasi di una frana complessa (scivolamento rotazionale e colata) stabilizzata con opere di drenaggio e riforestazione. Il piede è stato in gran parte asportato. Non vi sono particolari segni morfologici che possano indurre a ipotizzare prossime riattivazioni. In ogni caso, anche per questa frana il materiale rimobilizzabile nella zona sorgente appare esiguo. L'area rappresentava l'ex cava S. Pollinare sottoposta a progetto di ripristino della Comunità Montana con finanziamento Regionale (Piano di Sviluppo rurale - Misura 2.1 Azione 1 2003) la cui attuazione ha avuto inizio il medesimo anno ed è tutt'oggi in corso. In cartografia viene inserito il perimetro di intervento del progetto. **Ricade prevalentemente all'esterno della cava, interessandone il margine orientale.**

(3) Frana complessa (scivolamento rotazionale e colata). Attiva nella parte centrale, come da Inventario del Dissesto. Si vede ancora l'accumulo inattivo, più ampio, al limite con il torrente Dorgola. La zona sorgente non manifesta evidenti riattivazioni e la presenza di

boscaglia indica una progressiva riduzione dell'intensità e frequenza dei fenomeni. Possibili piccole decorticazioni superficiali e rimobilizzazione delle porzioni prossime al rio per erosione spondale. **Interessa la porzione settentrionale della cava, spingendosi fino al t. Dorgola.**

2.4.2 I dissesti interessanti l'area di cava e la fattibilità dell'intervento

Come descritto all'interno dei precedenti paragrafi l'area della cava Braglie risulta interessata da frane quiescenti ed attive. Di seguito si riporta un approfondimento relativo ai dissesti che ricadono all'interno del perimetro di cava.

2.4.2.1 Dissesto area A3 – Frana censita PTCP, PAE ed Inventario RER

Si tratta di un dissesto attivo coinvolge tutto il settore sud orientale della cava: la frana si sviluppa a partire dal crinale a confine con la Cava Poiatica-Monte Quercia alla quota di circa 463 m slm per una lunghezza di circa 370 m fino all'alveo del torrente Dorgola (356 m slm). La superficie complessiva risulta attualmente pari a circa 54.394 m² (tavola 8).

L'area di frana attiva in esame, trova corrispondenza nell'area A3 di recupero ambientale individuata in fase di PCA: la perimetrazione attuale del dissesto presenta differenze rispetto a quanto individuato nel PCA per l'evoluzione morfologica nel tempo dell'area stessa. L'estensione attuale risulta superiore anche a quella definita dalle cartografie di PTCP e Regione Emilia-Romagna.

La frana è classificata all'interno della cartografia regionale come "a1b – Deposito di frana attiva per scivolamento" mentre per la classificazione di PAE risulta un movimento complesso derivante dalla combinazione di scivolamento rotazionale e colate (la frana viene censita col n°1 dello studio del PAE sopra riportato).

La frana si sviluppa all'interno delle unità geologiche che caratterizzano l'area di cava, rappresentate dalla Formazione di Ranzano (RAN3, Membro di Varano de' Melegari), che viene interessata nella zona della nicchia e dalle Marne di Monte Piano (MMP) che affiorano in una piccola porzione centrale della frana e sono presenti zone al piede della stessa.

L'area della nicchia di frana, che corre lungo il Crinale di M. Quercia, presenta evidenti segni di instabilità. Nelle porzioni di transito e accumulo si è formato nel tempo un reticolo idrografico irregolare con solchi di ruscellamento concentrato nelle porzioni caratterizzate da pendenze maggiori e zone di ristagno d'acqua, contropendenze e crepe di detensionamento.

All'interno della frana si individuano più corpi come indicato all'interno della tavola 8 ed in particolare nella scheda progetto tavola A3.

Di seguito si riportano alcune ortofoto dell'area interessata del dissesto che ne testimoniano l'evoluzione nel tempo fino all'estensione attuale (in rosso il perimetro di cava, in arancione il limite della frana rilevato su base della foto aerea 2019).



Foto aerea 1988-1989 (fonte Geoportale Nazionale)

In questa foto si evidenzia come negli anni '80 la porzione del piede fosse caratterizzata dalla presenza di un fronte/aia di cava stabile coltivato a gradoni.

La porzione di monte sembra interessata da un fronte di cava abbandonato in parte "calanchizzato" ed interessato da fenomeni di dissesto localizzato.

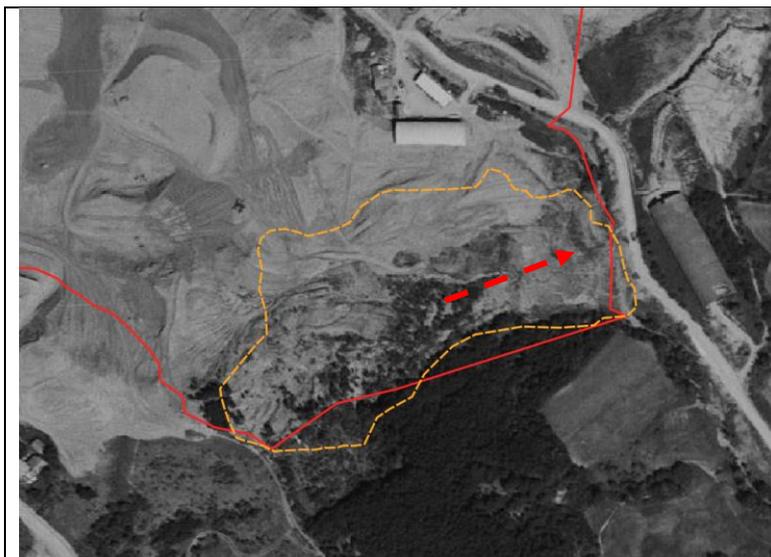


Foto aerea 1994-1996 (fonte Geoportale Nazionale)

In questa foto si evidenzia come la porzione sud orientale del fronte basso sia stata interessata da un movimento franoso (freccia rossa tratteggiata).



Foto aerea 2000 (fonte Geoportale Nazionale)

In questa foto si evidenzia come non si registri una particolare attività sul piede della frana.



Foto aerea 2006 (fonte Geoportale Nazionale)

Si evidenzia una ampliamento laterale della frana verso nord (area capannoni). Sono evidenti fenomeni erosivi del corpo di frana (indicati dalla freccia blu).



Foto aerea AGEA 2008 (fonte Regione Emilia-Romagna)

Non sono presenti modifiche importanti rispetto al 2008



Foto aerea AGEA 2011 (fonte Regione Emilia-Romagna)

In questa si evidenzia una riattivazione della porzione di monte e l'approfondimento dei canali.

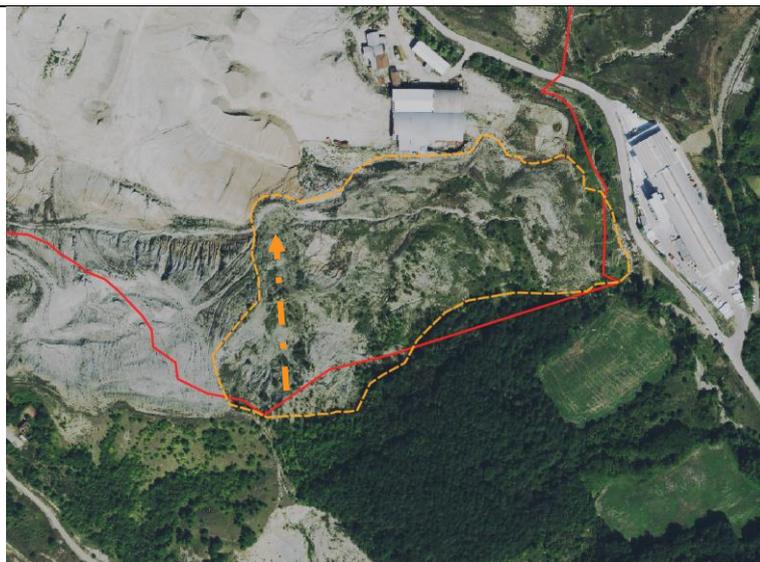
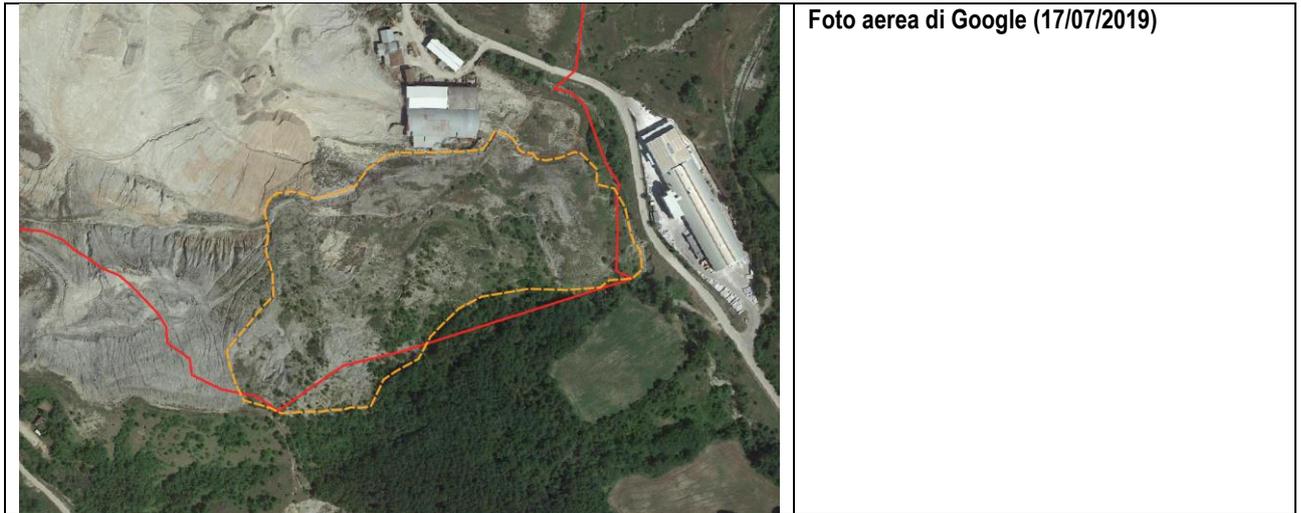


Foto aerea CGR2018 (fonte Regione Emilia-Romagna)

Si nota l'attivazione di un lembo nella zona centrale con direzione verso l'aia inferiore (freccia in tratteggio arancione).



Nella fotografia storica di seguito riportata di cui non è nota la data precisa ma che è sicuramente precedente al 1996, si nota a sud della casa storica delle Braglie la presenza di due gradoni (aie di carico e lavorazione) che corrispondono al piede dell'attuale frana A3.



Figura 11. Fotografia storica (pre 1996) della cava Braglie dove si nota la presenza del fronte di cava (argille MMP) a monte dell'abitato Le Braglie e due aie di stoccaggio e lavorazione a valle dell'abitato ed al piede dell'attuale frana R3.



Figura 12. Fotografia dell'area della frana A3 (foto Donati Maggio 2008)



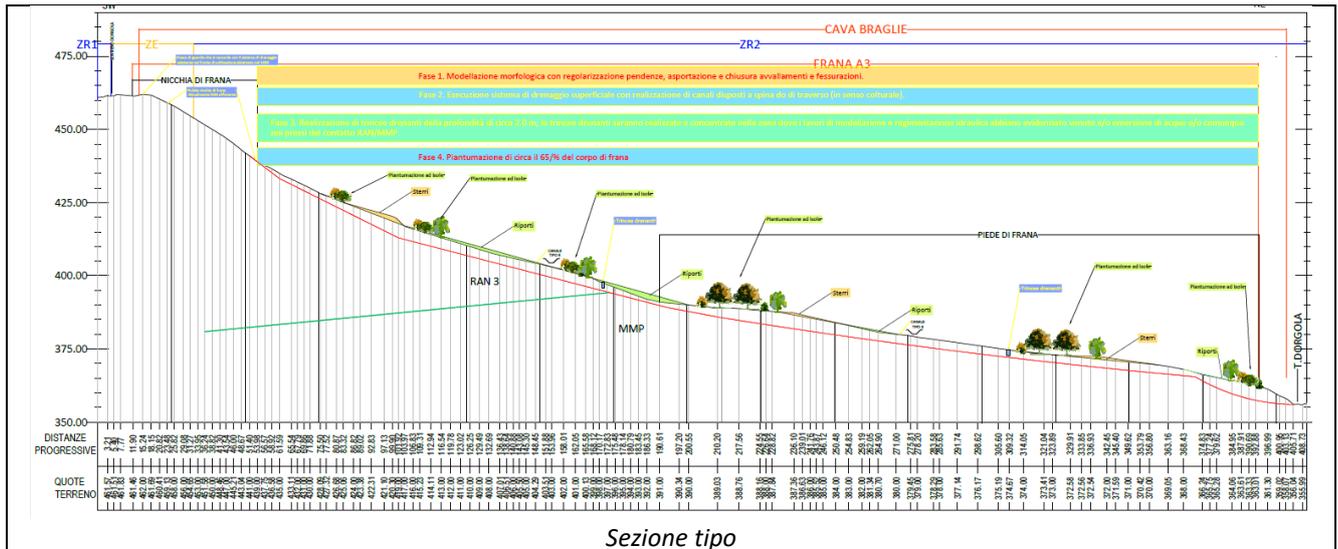
Figura 13. Fotografia dell'area della frana A3 (foto Donati marzo 2021), vista dal versante opposto.

Il presente piano prevede l'esecuzione di alcuni interventi di sistemazione morfologica, regimazione delle acque superficiali, esecuzione di trincee drenanti e recupero vegetazionale della frana A3, come descritto all'interno della relazione R3 e della tavola A3.

Gli interventi non sono finalizzati all'attività estrattiva, ma sono indirizzati al miglioramento delle condizioni di stabilità del versante: in particolare, la realizzazione di ampi canali di drenaggio superficiali e l'esecuzione di trincee drenanti ridurranno l'infiltrazione delle acque meteoriche e di ruscellamento nel corpo di frana. Il movimento terra prevede anche la realizzazione di una morfologia a dolce pendenza verso valle con asportazione di avvallamenti e contropendenze. Il movimento terra è a sterri e riporti compensati; le terre movimentate saranno interamente utilizzate nel sito di frana o al suo piede lato cava.

In sintesi si riporta il seguente schema di lavorazione suddiviso in fasi progressive.

| Lavori di salvaguardia idrogeologico sul corpo di frana A3 |
|--|
| <p>Fase 1. Modellazione morfologica con creazione di pendenze uniformi ed omogenee verso valle, asportazione/chiusura di avvallamenti, contropendenze e fessurazioni. Modellazione con scavi e riporti compensati. Nella cartografia di tavola A3 è stata evidenziata una fascia in buona condizione di stabilità e con un inizio di copertura vegetazionale importante; in tale area, ove non sia strettamente necessario, sarà evitata l'asportazione della vegetazione. In tale fase inizierà anche l'esecuzione del rinfranco al piede nella zona nord occidentale della frana.</p> |
| <p>Fase 2. Realizzazione di nuovo sistema di drenaggio superficiale; creazione di canali a sezione ampia assecondando le pendenze di frana con tecnica culturale a spina e/o in traverso. Alle fasi 1 e 2 seguirà un periodo di "assestamento" di circa 1 anno, nel quale sarà verificata l'efficacia della sistemazione e, ove necessario, saranno eseguiti parziali rifacimenti della modellazione e/o delle canalizzazioni.</p> |
| <p>Fase 3. Realizzazione di trincee drenanti della profondità di circa 2.0 m; le trincee drenanti saranno realizzate e concentrate nelle zone dove i lavori di modellazione e regimentazione idraulica evidenzieranno venute e/o emersione di acque e/o comunque nei pressi del contatto RAN/MMP.</p> |
| <p>Fase 4. Inerbimento e piantumazione delle pendici con copertura arboreo/arbustiva a nuclei per il 65% della superficie totale di frana.</p> |
| <p>Monitoraggi corpo di frana A3 Monitoraggio visivo con documentazione fotografica e descrizione/report dei luoghi semestrale per i 5 anni di attività ed annuale per i successivi 3 anni; Monitoraggio topografico Caposaldo "CR" (zona di crinale), annuale.</p> |
| <p>Oltre alle attività sopra indicate la stabilizzazione del corpo di frana è legata anche agli interventi di salvaguardia e sistemazione idraulica del rio Dorgola, previsti a valle della frana con la realizzazione di briglia in gabbioni. Tale attività è stata approvata in altra procedura di VIA a carico di altro gestore per l'ottenimento dei volumi aggiuntivi di PCA. Tale operazione viene denominata Fase 0.</p> |



Sezione tipo

Monitoraggi corpo di frana A3

Monitoraggio visivo con documentazione fotografica e descrizione/report dei luoghi, semestrale per i 5 anni di attività ed annuale per i successivi 3 anni;
Monitoraggio topografico Caposaldo "CR" (zona crinale), annuale

2.4.2.2 Dissesti settore settentrionale

All'interno del perimetro di cava ricadono altri due dissesti di dimensioni più limitate posti nel settore settentrionale dell'area estrattiva, sul versante in sinistra idrografica del T. Dorgola. Nello studio di PAE viene indicata una frana complessa (scivolamento rotazionale e colata), con una porzione attiva e un più ampio accumulo inattivo. Tali dissesti non sono coinvolti attività di coltivazione e/o sistemazione.

La porzione attiva presenta una lunghezza di circa 325 m e una superficie (perimetrazione PAE) di circa 14.288 m². La perimetrazione della frana quiescente interessa invece una superficie di 15.490 m² per una lunghezza di circa 205 m.

Nella cartografia regionale si individuano un deposito di frana quiescente complessa (a2g) e un deposito di frana attiva per scivolamento (a1b). Questi dissesti come si osserva anche in Figura 7, sono censiti all'interno del database regionale: di seguito si riporta la relativa scheda.

| | |
|--|--|
| ID 60465 | |
| 6 eventi di frana | |
| Inquadramento | |
| Superficie totale: 2.94 ettari | |
| Comune di Carpineti – Provincia di Reggio nell'Emilia | |
| Localizzazione frana storica e Carta del dissesto | |
| | |
| 1. Evento del 1960 | |
| Data: aprile 1960 [precisione mensile] | |
| Descrizione: Attivazione di un movimento a monte del Mulino di Dionigi (sinistra T. la Dorgola a quota 380 m, vedi IGM), con zona di distacco in prossimità degli edifici posti in loc. S. Apollinare a quota 460 m (a 300 m dal mulino, vedi IGM). Gli interventi di rinforzo presenti sugli edifici del Mulino (catene nei muri) costruito circa 70 anni prima, evidenziano | |

precedenti fasi mobilitazione della frana. Segnalata come frana attiva, ma con dimensioni inferiori rispetto all' ampiezza del movimento descritto tenendo conto dei riferimenti toponomastici e della loro localizzazione sulla cartografia precedente (IGM). Possibili prodromi nella primavera del 1959. [Localizzazione: Buona approssimazione]

Cause innesco: Precipitazioni primavera 1960.

2. Evento del 1961

Data: circa 19 febbraio 1961 [breve periodo certo (1-7gg)]

Descrizione: Evoluzione della frana in località Mulino di Dionigi (sinistra T. la Dorgola a quota 380 m, vedi IGM) con estensione della zona di coronamento e avanzamento verso valle della massa franata. [Localizzazione: Buona approssimazione]

3. Evento del 1962

Data: circa 28 marzo 1962 [breve periodo certo (1-7gg)]

Descrizione: Evoluzione dei movimenti franosi in località Mulino di Dionigi (sinistra T. la Dorgola a quota 380 m, vedi IGM). [Localizzazione: Buona approssimazione]

4. Evento del 1963

Data: 13 aprile 1963 [giorno certo]

Descrizione: Evoluzione dei movimenti franosi in località Mulino di Dionigi (sinistra T. la Dorgola a quota 380 m, vedi IGM) con avanzamento della massa franata verso valle ed estensione retrogressiva della zona di coronamento. L'accumulo si riversa in alveo. Ostruzione dell' alveo del T. la Dorgola, con formazione di una zona di ristagno. [Localizzazione: Buona approssimazione]

5. Evento del 1964

Data: 18 marzo 1964 [giorno certo]

Descrizione: Evoluzione della frana in località Mulino di Dionigi (sinistra T. la Dorgola a quota 380 m, vedi IGM). I movimenti principali del corpo di frana, che prima minacciavano di investire direttamente gli edifici del Mulino, subiscono una deviazione verso S per la presenza di un affioramento roccioso più consistente. La frana ha raggiunto uno sviluppo di 400 m in lunghezza e di 50-80 m in larghezza. L' accumulo ha invaso l' alveo determinandone lo sbarramento. Sbarramento dell' alveo del T. la Dorgola con formazione di un piccolo invaso che minaccia di allagare gli edifici del Mulino. [Localizzazione: Buona approssimazione]

Dimensioni del fenomeno: L = 400 m, l = 80 m.

Cause innesco: Precipitazioni autunno 1963 - primavera 1964.

6. Evento del 1964

Data: 2 aprile 1964 [giorno certo]

Descrizione: L' evoluzione della frana in località Mulino di Dionigi (sinistra T. la Dorgola a quota 380 m, vedi IGM) procede con movimenti principali in direzione ESE ed O. [Localizzazione: Buona approssimazione]

Cause innesco: Precipitazioni autunno 1963 - primavera 1964.



Figura 14. Sovrapposizione della perimetrazione delle cartografia regionale dei dissesti posti nel settore settentrionale della cava alla foto Google anno 2019. In verde il limite di cava.

Come si osserva anche dall'estratto dalla sovrapposizione dei dissesti perimetrati dalla cartografia regionale sull'immagine satellitare riportata nella figura precedente, le aree individuate non presentano particolari evidenze di movimento: la zona sorgente non manifesta evidenti riattivazioni e l'area risulta in gran parte rivegetata. Come indicato anche all'interno del PAE sono possibili piccole decorticazioni superficiali e la rimobilizzazione delle aree prossime al rio per erosione spondale. Si segnala che parte del piede di frana è tagliato dal rio Dorgola e che parte della frana è sviluppata in destra rio. Si fa altresì presente che la parte in destra Dorgola ha rappresentato per anni un'area di lavorazione -stoccaggio argille sicuramente non più utilizzata dalla fine anni novanta, ma probabilmente anche da prima.

Le aree interessate da tali dissesti ricadono esternamente alle aree di coltivazione del fronte di scavo e dalle aree in modellazione morfologica del presente PCS. E' prevista la ripiantumazione della vecchia aia e quindi anche della porzione di frana posta in destra Dorgola attualmente non boscata.

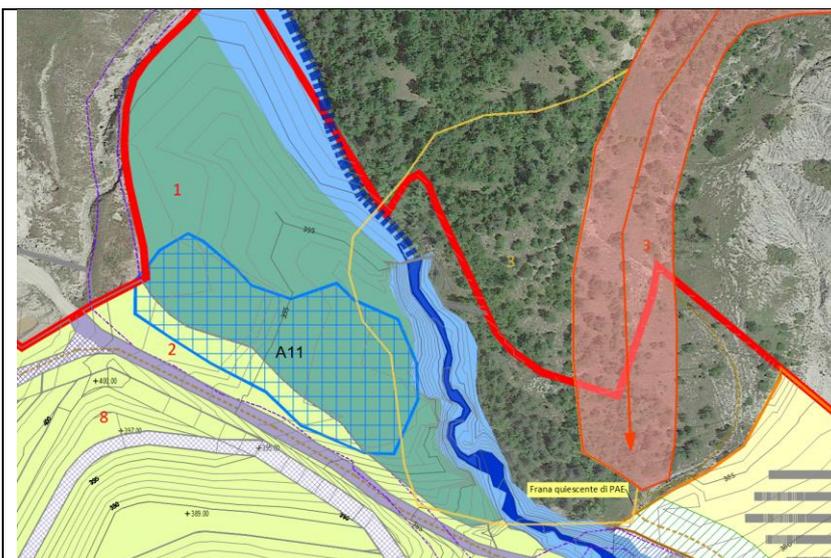
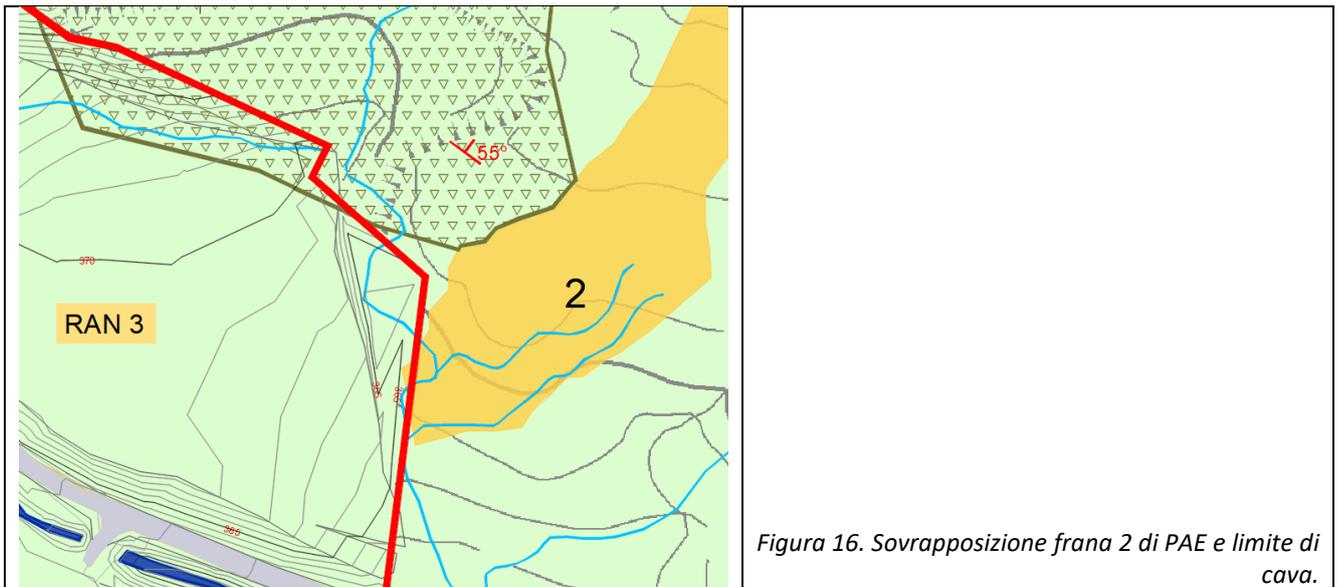


Figura 15. Sovrapposizione limite di frana (perimetrazione PAE) e zona di recupero vegetazionale.

Il terzo ed ultimo dissesto è censito con il numero 2 nel PAE vigente; non risulta censito nel PTCP. Interessa solo minimamente e marginalmente il limite di cava; non interessa le lavorazioni del PCS. Posto in sinistra idrografica è costituito dalle vecchie aie e fronti della ex-cava Frostino (abbandonata).



Nella zona settentrionale è censita nel PAE un'area di potenziale instabilità che si sviluppa esternamente all'area di cava se non per il limite meridionale di tale zona. Tale area è rappresentata dalla zona ove è stato eseguito intervento di stabilizzazione delle aia della cava Sant'Apollinare; gli interventi furono eseguite nel 2004-2005 ad opera del comune di Carpineti di cui la direzione lavori era affidata al Dott. Geol. Giancarlo Bonini ed al Geom. Tonino Braglia tecnico comunale. Dal 2005 non sono stati individuati sviluppi nei dissesti stabilizzati.

2.4.3 Morfologia legata alle acque di scorrimento superficiale

Il versante sinistro del fiume Secchia è interessato da una serie di torrenti più o meno sviluppati che si irradiano dall'"asse" dell'antiforme presente tra la sinclinale Vetto-Carpineti ed il basamento affiorante anche in parte in sinistra idrografica del F. Secchia. In particolare si segnalano il rio Torbido, posto ad ovest della cava che taglia longitudinalmente la struttura geologica positiva e soprattutto il rio Dorgola che attraversa l'area di cava.

Altro impluvio relativamente rilevante è rappresentato dal rio denominato di Lovaro, posto al confine tra la cava di M.te Quercia e la cava di Lovaro ed affluente in destra del T. Dorgola. Il piccolo rio è essenzialmente antropizzato e si sviluppa in un'area a bassa pendenza al piede dei calanchi dell'area A7 fuori dalla cava Braglie.

Il T. Dorgola, che scorre presso il sito con andamento circa NW-SE presenta in alcuni tratti evidenze di degrado morfologico, idraulico e naturalistico. Il corso risulta infatti profondamente inciso, con frequenti ed evidenti fenomeni di instabilità lungo i versanti e di erosione spondale; anche la vegetazione riparia è in alcuni tratti assente ed in altri particolarmente compromessa. All'interno del PCA è stato previsto il recupero dei tratti del T. Dorgola maggiormente degradati, individuati nelle aree B1 e B2, finalizzato anche all'ottenimento da parte degli esercenti di volumi aggiuntivi.

Lungo i versante denudati sono presenti e localmente diffusi fenomeni di ruscellamento, talora concentrato con formazione di morfologie pseudocalanchive e di incisioni più o meno profonde all'interno del materiale argilloso.

A titolo di integrazione e attività di ripristino ambientale, il tratto del torrente interno alla cava sarà oggetto di un ripristino morfologico e soprattutto ambientale nello spirito e seguendo i concetti del PCA approvato.

2.5 Situazione geologico-strutturale e giacimentologica della cava Braglie

All'interno della cava Braglie affiorano due differenti unità geologiche in contatto stratigrafico discordante: il membro di Varano de' Melegari della Formazione di Ranzano (RAN₃) e le Marne di Monte Piano (MMP). Le unità appartengono a una monoclinale con vergenza N-E.

Le Marne di Monte Piano e le Arenarie di Ranzano (membro RAN3) rappresentano rispettivamente circa il 50% dell'area di cava.

La risorsa mineraria, all'interno del perimetro di cava, risulta sia affiorante (in prevalenza) nei fronti di cava attivi e pregressi, sia localmente coperta da spurghi o sterili di cava accumulati durante le pregresse attività estrattive. Nella **Tavola 8** è riportata la situazione geologico-strutturale, litologica e geomorfologica interessante il perimetro della cava Braglie.

2.5.1 Analisi strutturale della formazione di Ranzano

Le peliti di Ranzano analizzate, date dall'alternanza di sottili strati sabbiosi alternati a livelli pelitici più potenti, costituiscono la dorsale di Monte Quercia e la sommità del crinale di M. Quercia, ed affiorano ad est del T. Dorgola e di Lovaro.

Gli assetti degli strati di RAN3 misurati a M. Quercia individuano (limitatamente all'area analizzata) una struttura monoclinale con immersione costante verso N-E, come è possibile vedere nello stereogramma riportato di seguito. Gli strati sono a reggiopoggio sul versante meridionale (Stazione di misura n.1) ed a franapoggio più inclinato del pendio su quello settentrionale (Stazione di misura n.2).



Figura 17. Visione panoramica della zona di cava, posizionamento delle aree interessate dall'indagine strutturale (immagine da Google Earth) e proiezione stereografica dell'andamento degli strati; a – particolare della zona di indagine Stazione 1; b – particolare della zona d'indagine Stazione 2. Estratto dalla relazione geologica del precedente PCS della cava Braglie.

In particolare il versante orientato verso nord-nord-est interno alla cava Braglie presenta giacitura media degli strati N60/16 e quindi con disposizione da traversapoggio - franapoggio che nella zona di sommità, ove affiorante il RAN3, presenta un franapoggio con pendenza minore del pendio. In alcuni casi come nella sezione 23 anche di seguito riportata la pendenza degli strati è prossima alla pendenza del versante.

Nella tavola 8 e nella tavola A3 sono riportate alcune sezioni geologiche che ricostruiscono l'assetto del versante.

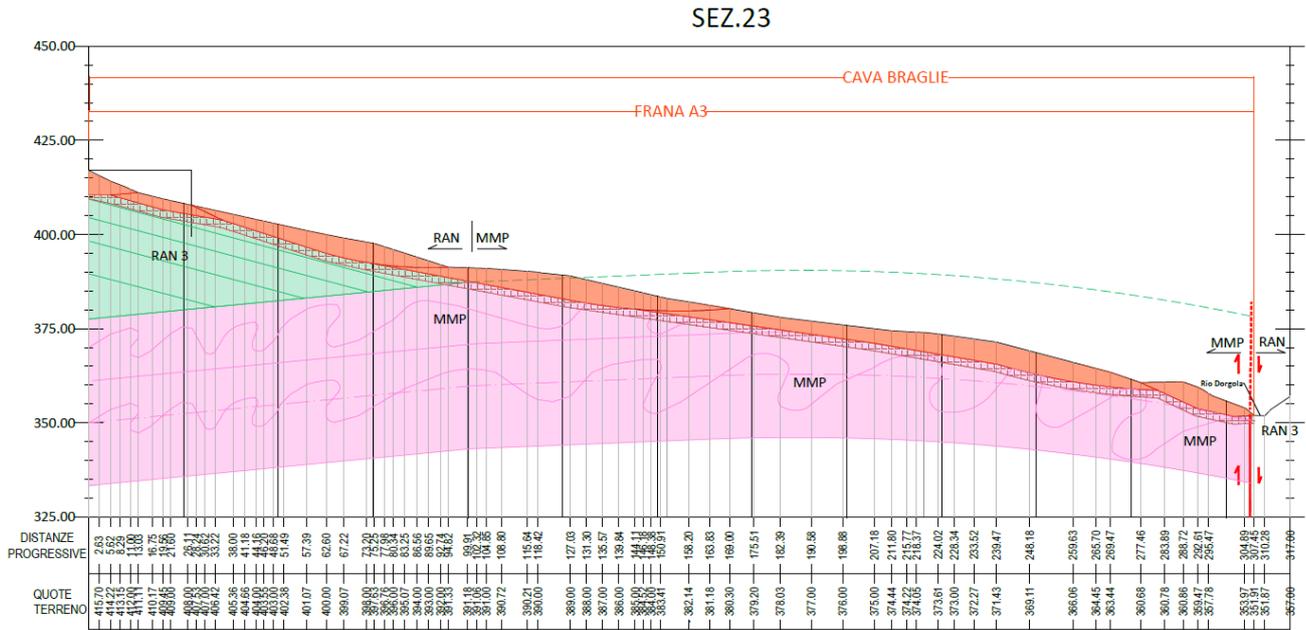


Figura 18. Sezione geologica ricostruita lungo la sezione topografica n. 23

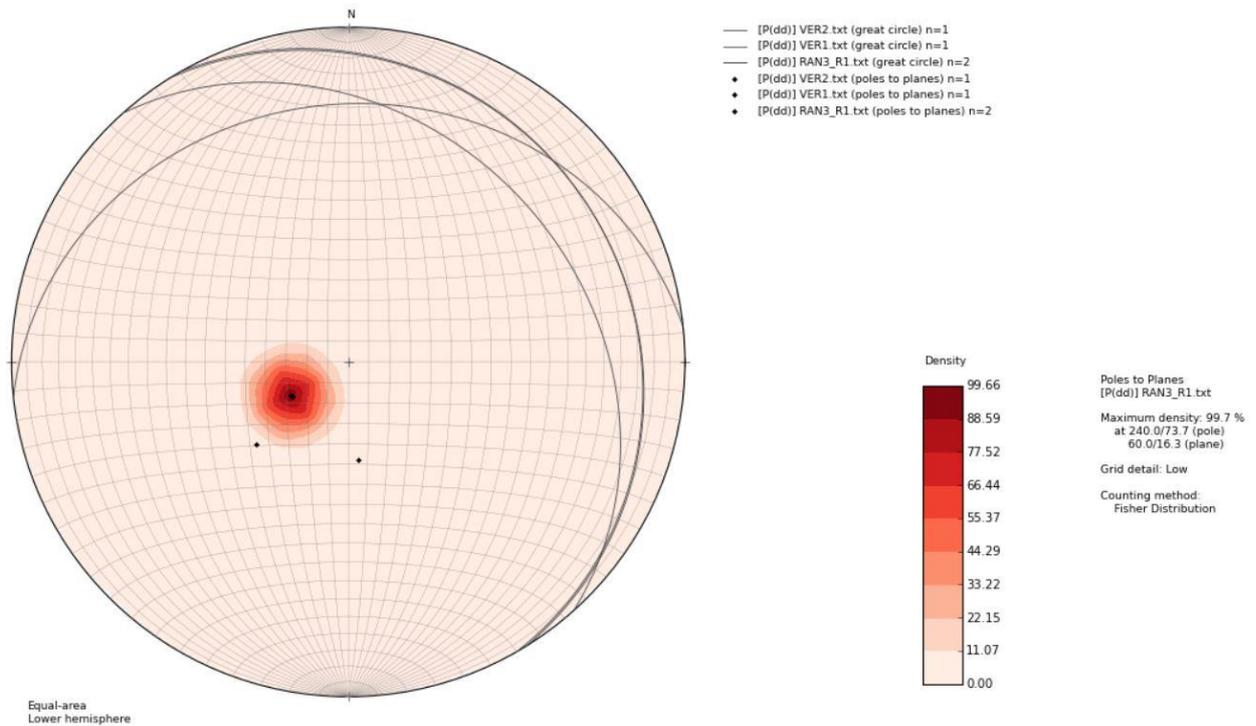


Figura 19. Stereogramma giaciture strati ed immersione versante

2.5.2 Analisi strutturale delle Marne di Monte Piano

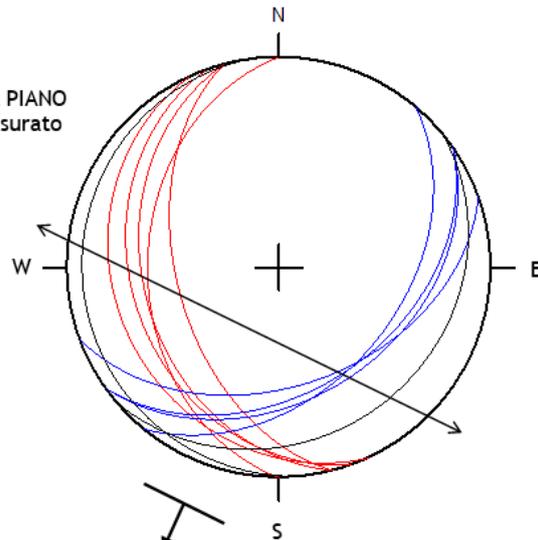
Le Marne di Monte Piano occupano principalmente il versante orientale della dorsale di M. Quercia con assetto a franappoggio.

L'analisi strutturale delle Marne di Monte Piano, limitatamente alla zona di cava, ha evidenziato che la formazione risulta intensamente deformata. Da una visione panoramica degli affioramenti non è infatti possibile individuare una stratificazione univoca nelle marne, dato che durante la sedimentazione sono state interessate da deformazione gravitativa soft sediment che ha generato numerose pieghe.

Gli assetti che è stato possibile prendere si riferiscono alla foliazione delle marne ed a lembi di strato deformati per boudinage durante l'estensione dovuta agli scivolamenti interstrato (slumps).

| ASSETTI STRATIFICAZIONE RAN2 | | |
|------------------------------|------------|--------------|
| STAZIONE | IMMERSIONE | INCLINAZIONE |
| 1 | 250/31 | |
| 1 | 270/38 | |
| 1 | 255/50 | |
| 1 | 245/29 | |
| 2 | 130/42 | |
| 2 | 160/43 | |
| 2 | 145/38 | |
| 3 | 352/8 | |
| 3 | 262/8 | |
| 3 | 140/20 | |

ASSETTO DEL PIANO DI SCAVO (misurato rivolti a S)



SSW - PROBABILE DIREZIONE DI IMMERSIONE DELLA STRATIFICAZIONE DEL MMP

Figura 20. Assetto della foliazione nel MMP e relativo stereogramma di rappresentazione: con i due colori si indicano i due diversi andamenti della foliazione. Estratto dalla relazione geologica del precedente PCS della cava Braglie

Gli assetti misurati mostrano due andamenti principali, con immersione fondamentalmente NW e SE, che possono essere riferiti alle pieghe da slump che si sono formate interstrato.

Considerando che le marne sono inoltre deformate e ruotate tettonicamente, si può supporre per la formazione di MMP, limitatamente alla zona indagata, una stratificazione tendenzialmente immergente verso SSW con un'inclinazione non molto alta (valutabile intorno ai 20°, misura riferita all'inclinazione della linea di intersezione fra i piani misurati).

2.6 Analisi geomeccanica ammasso roccioso e classificazione GSI

Il concetto sviluppato da Hoek che è alla base del GSI (Geological Strength Index) si basa sulla relazione esistente tra l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso e le caratteristiche delle discontinuità che lo separano. Il valore di GSI è rappresentato da un indice che fornisce una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità dell'ammasso roccioso, ricavabile da un diagramma classificativo.

Per facilitare l'utilizzo della carta generale, sono state proposte da Marinos e Hoek (2000)¹ delle carte per vari tipi di rocce più facilmente riscontrabili in natura ed in cui è indicato il più probabile campo di appartenenza del valore di GSI.

Il valore di GSI è unico per l'intero ammasso roccioso; infatti mentre con la tabella per il calcolo del GSI si tiene conto dell'eterogeneità del materiale, assegnare all'ammasso roccioso le caratteristiche geomeccaniche dei soli livelli duri o di quelli teneri è un errore, visto che si può sopravvalutare o sottovalutare di molto i reali valori. Con la seguente tabella, Marinos-Hoek propongono i pesi da assegnare ai due litotipi che costituiscono l'ammasso roccioso, per il calcolo di una media ponderata di m_i e σ_{ci} .

| Flysch type see Table 4. | Proportions of values for each rock type to be included in rock mass property determination |
|--------------------------|---|
| A and B | Use values for sandstone beds |
| C | Reduce sandstone values by 20% and use full values for siltstone |
| D | Reduce sandstone values by 40% and use full values for siltstone |
| E | Reduce sandstone values by 40% and use full values for siltstone |
| F | Reduce sandstone values by 60% and use full values for siltstone |
| G | Use values for siltstone or shale |
| H | Use values for siltstone or shale |

Figura 21. Proporzioni suggerite dei parametri σ_{ci} e m_i per stimare le proprietà di ammassi rocciosi tipo Flysch (Marinos e Hoek, 2001)².

| Rock type | Class | Group | Texture | | | | |
|-------------|---------|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------|
| | | | Coarse | Medium | Fine | Very fine | |
| SEDIMENTARY | Clastic | Conglomerates (21 ± 3) | Sandstones 17 ± 4 | Siltstones 7 ± 2 | Claystones 4 ± 2 | | |
| | | | | | | Breccias (19 ± 5) | Greywackes (18 ± 3) |
| | | Non-Clastic | Carbonates | Crystalline Limestone (12 ± 3) | Sparitic Limestones (10 ± 2) | | |
| | | | Evaporites | Gypsum 8 ± 2 | | Anhydrite 12 ± 2 | |
| | Organic | | | | | Chalk 7 ± 2 | |

Figura 22. Valori caratteristici della costante m_i per le rocce sedimentarie (Marinos e Hoek, 2001).

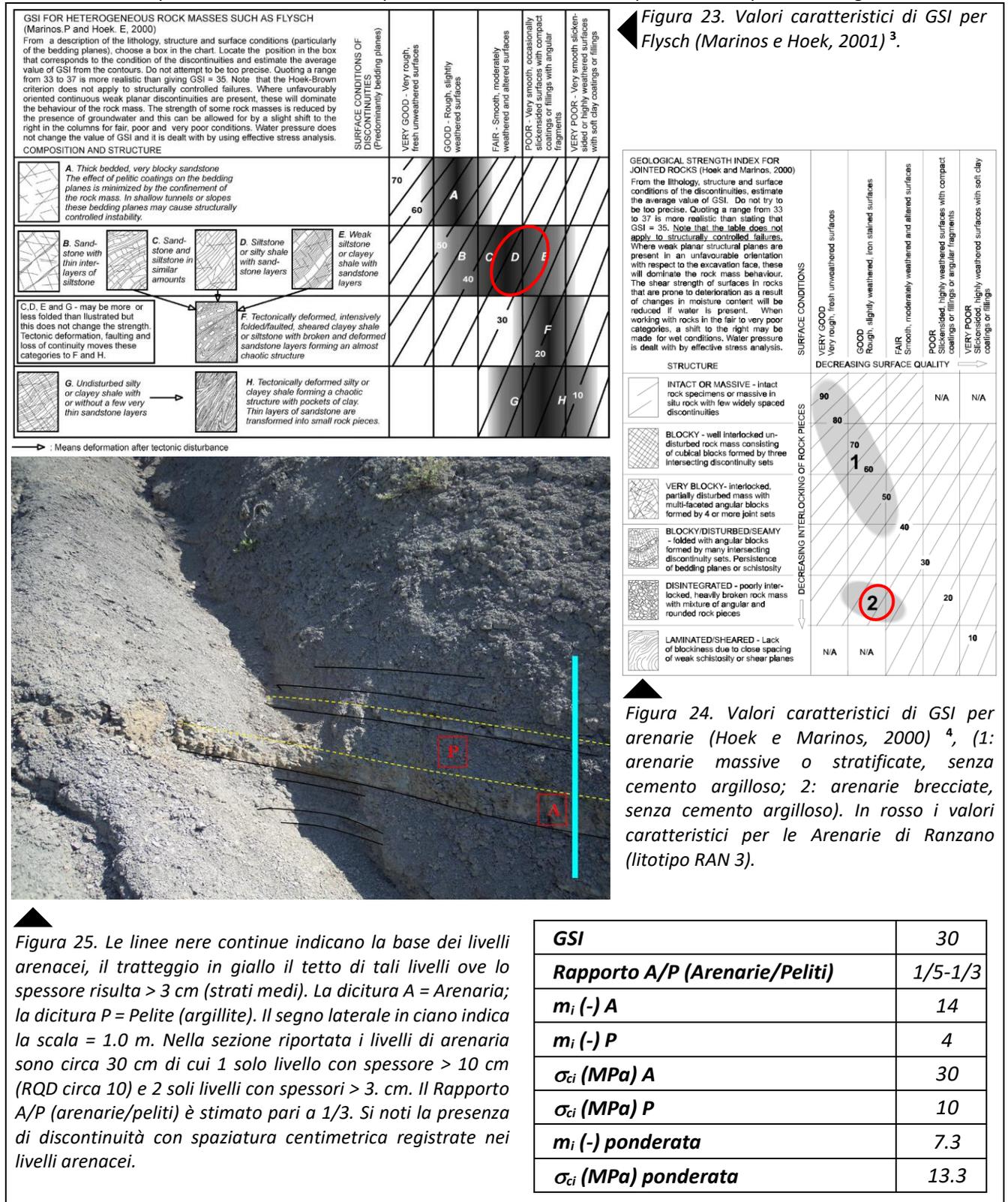
¹ Marinos P. & Hoek E. (2000) "GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation"

² Marinos P. & Hoek E. (2001) "Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch", Bull. Engg. Geol. Env. 60, 85-92.

2.6.1 La classificazione geomeccanica delle Arenarie di Ranzano (litotipo RAN3)

Per le arenarie di Ranzano – membro della Val Pessola (Litotipo RAN 3) è stato proposto un valore di GSI di progetto pari a 35. Per quanto riguarda le tipologie di flysch sono state riscontrate le tipologie C e D.

I valori di σ_{ci} ed m_i ponderati in funzione delle percentuali di livelli arenacei e pelitici sono riportate di seguito.



³ Marinos P. & Hoek E. (2001) "Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch", Bull. Engg. Geol. Env. 60, 85-92.
⁴ Marinos P. & Hoek E. (2000) "GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation"



Figura 26. Assetto strutturale tipico nella zona di confine tra le cave M.te Quercia e Molino di Canevarola. Giacitura 35-40° con disposizione reggipoggio e leggero traversa poggio. In c) livello arenaceo spessore 3-4 cm disposto a reggipoggio con fatturazione k1 ortogonale alla giacitura e sistema trasversale a k1 (k2) ad andamento non lineare. Le superficie di strato presentano ondulazioni laterali. Il rapporto A/P in tale sezione è circa 1/4 - 1/5 (in a: 14 cm/60 cm).

2.6.2 La classificazione geomeccanica delle Marne di Monte Piano (MMP)

Per le Marne di Montepiano (MMP) è stato assunto un valore di GSI di progetto pari a 30. Per quanto riguarda le tipologie di flysch sono riscontrate le tipologie D, E e G.

I valori di σ_{ci} ed m_i ponderati in funzione delle percentuali di livelli arenacei e pelitici sono riportate di seguito.

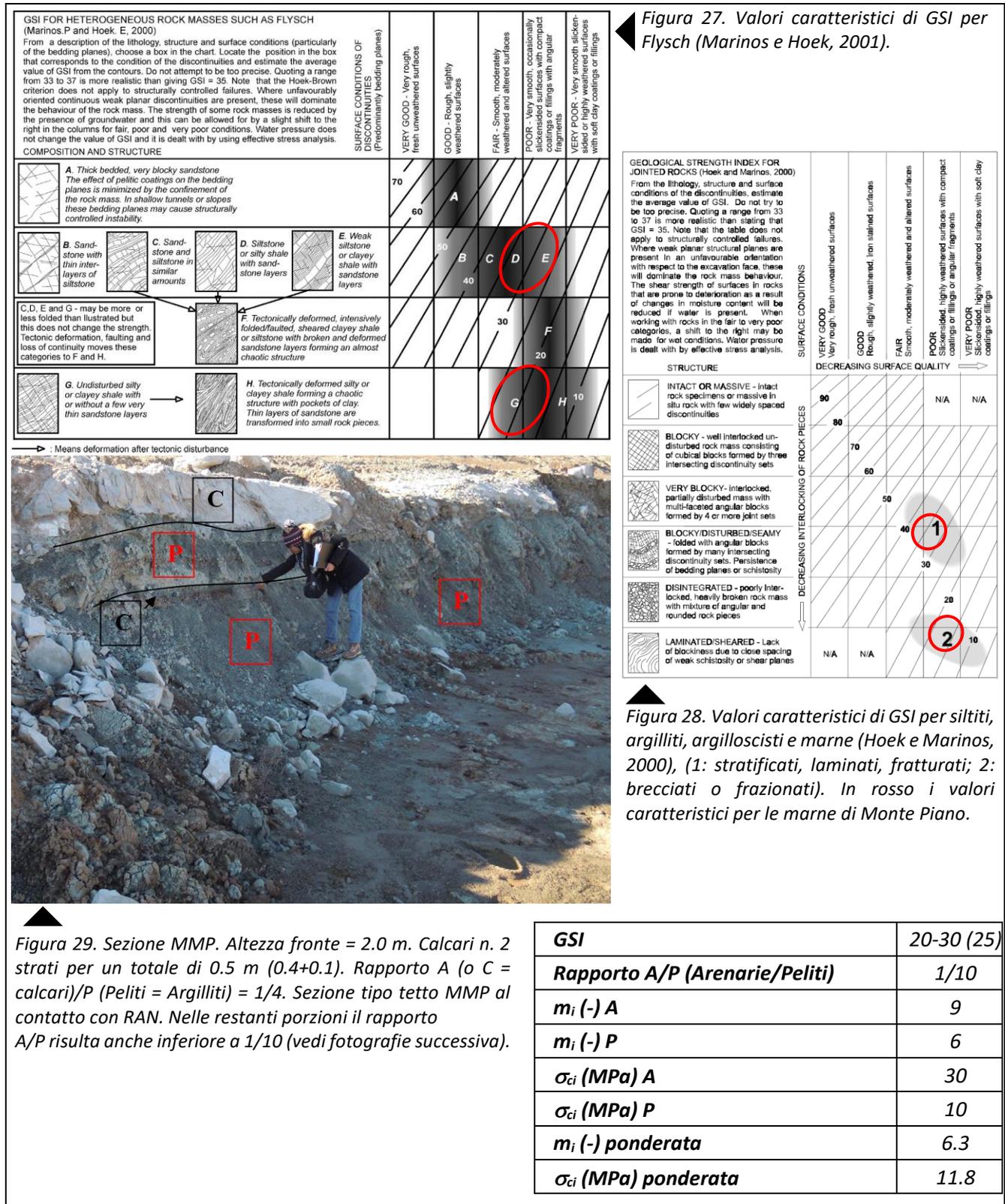
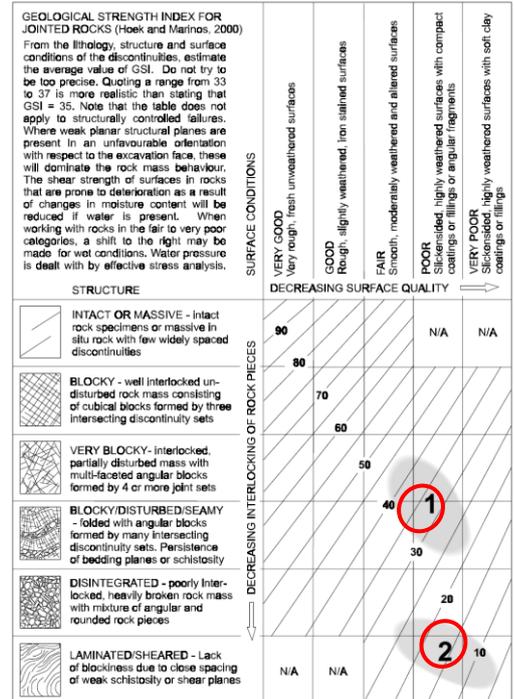


Figura 29. Sezione MMP. Altezza fronte = 2.0 m. Calcari n. 2 strati per un totale di 0.5 m (0.4+0.1). Rapporto A (o C = calcari)/P (Peliti = Argilliti) = 1/4. Sezione tipo tetto MMP al contatto con RAN. Nelle restanti porzioni il rapporto A/P risulta anche inferiore a 1/10 (vedi fotografie successiva).

| | |
|---|------------|
| GSI | 20-30 (25) |
| Rapporto A/P (Arenarie/Peliti) | 1/10 |
| m_i (-) A | 9 |
| m_i (-) P | 6 |
| σ_{ci} (MPa) A | 30 |
| σ_{ci} (MPa) P | 10 |
| m_i (-) ponderata | 6.3 |
| σ_{ci} (MPa) ponderata | 11.8 |



3 DATI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DISPONIBILI

Per lo studio delle caratteristiche del giacimento, della stratigrafia e delle caratteristiche geologiche dell'area in esame si è fatto riferimento ai dati disponibili per l'area provenienti dagli studi condotti negli anni precedenti, in particolare per la redazione del Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" e per la compilazione delle relazioni geologiche relative all'area limitrofa interessata dalla discarica. Durante i vari studi e campagne di indagini sono state eseguite prove penetrometriche statiche e dinamiche, sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni ed esecuzione di prove di laboratorio, ed indagini sismiche. Gli elaborati di riferimento dalle quali sono state tratte le sintesi dei dati e delle prove sono:

- ✓ [1] Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del polo MO029 per gli anni 2011-2016 (Dott.ssa Geol. Claudia Borelli, luglio 2012) – Relazione Illustrativa.
- ✓ [2] Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del polo MO029 per gli anni 2011-2016 (Dott.ssa Geol. Claudia Borelli, luglio 2012) – Relazione Geologica.
- ✓ [3] Realizzazione di una discarica per rifiuti non pericolosi in località Monte Quercia in comune di Carpineti (RE) – Relazione geologica (Dott. Geol. Paolo Melli, marzo 2012).
- ✓ [4] Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecola di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica - Relazione Geologica (coordinamento del Dott. Geol. Franco Bacchini, Gennaio 2011).
- ✓ [5] Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecola di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica - Relazione Geotecnica sulle indagini eseguite (Dott. Ing. Teneggi Stefano e Dott. Ing. Rosi Michele, Gennaio 2011).
- ✓ [6] Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecola di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica - Relazione Geotecnica sulla stabilità generale (Dott. Ing. Teneggi Stefano e Dott. Geol. Pinzani Giampietro, Gennaio 2011).
- ✓ [7] Interventi di stabilizzazione delle scarpate e sistemazione del reticolo idrico superficiale sul versante nord-est della vallecola di Poiatica, a protezione dell'impianto di discarica – Relazione geotecnica sulla stabilità generale (Dott. Geol. Andrea Panzani, Agosto 2011).
- ✓ [8] Interventi di stabilizzazione delle scarpate e sistemazione del reticolo idrico superficiale sul versante nord-est della vallecola di Poiatica, a protezione dell'impianto di discarica – Relazione geotecnica sulle indagini eseguite. (Dott. Geol. Andrea Panzani, Agosto 2011).

All'interno degli elaborati [8] e [5] citati in elenco sono riportate alcune indagini relative ad una campagna condotta nell'anno 2004 (a cura del Dott. Geol. Paolo Melli e del Dott. Geol. Stefano Righetti) ed eseguite a sud dell'area in esame. Anche questi dati sono riportati di seguito.

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione delle indagini bibliografiche più significative e pertinenti all'area corrispondente alla Cava Braglie tra quelle reperite e consultate. Per l'ubicazione di dettaglio si rimanda alla Tavola 8.

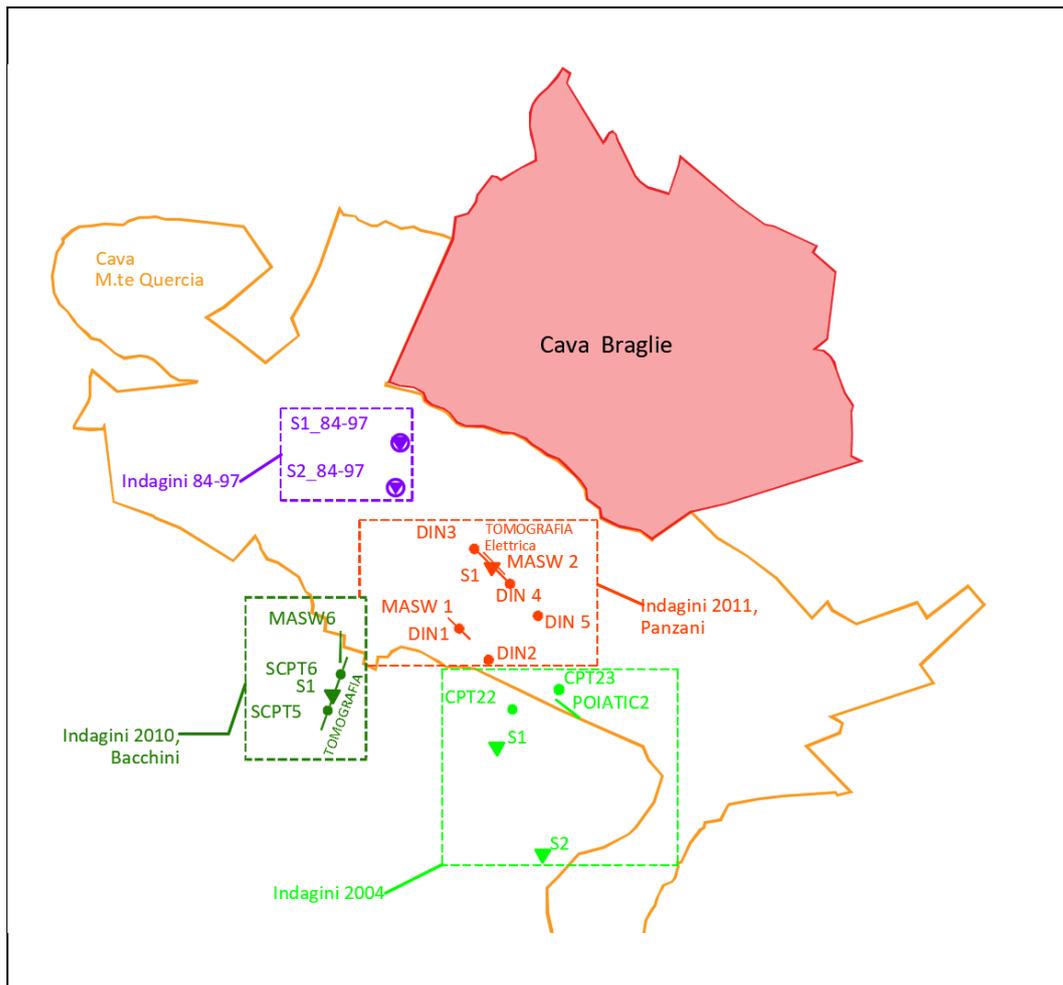


Figura 30. Ubicazione indagini.

Dati pregressi da "Relazione geologica per il progetto di sistemazione del versante a monte della discarica di Poiatica" contenuta all'interno del "Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del polo MO029 per gli anni 2011-2016 (Borelli, luglio 2012)"- Elaborato bibliografico [2]

Nella relazione geologica allegata al piano di coltivazione della cava Poiatica-Montequercia a cura della dott.ssa Claudia Borelli sono riportate le stratigrafie di 18 sondaggi (eseguiti tra il 1984 ed il 1997), dei quali non si hanno a disposizione le ubicazioni precise su planimetria, ma unicamente alcune indicazioni sulla loro posizione.

Di seguito si riportano le descrizioni relative a n°2 carotaggi (dei 18 presenti in bibliografia e risalenti alle campagne geonostiche comprese tra gli anni 1984-1997) eseguiti a SW della Cava di Braglie, in corrispondenza dell'area occupata dall'aia o sella superiore della Cava di Monte Quercia.

- **Carotaggio n. 1 (S1 84-97):** Quota 426,50 m s.l.m., zona centrale aia superiore in direzione nord. Dal livello dell'aia fino a -15,50 metri di profondità si osserva argilla rossa con livelli di colore grigio ed un basso tenore di CaCO₃. Da -15,50 metri sino a -27,00 metri argilla di colore grigio nerastro con rari livelli rossi ricca di carbonati e pirite.
- **Carotaggio n. 2 (S2 84-97):** quota 426,50 m s.l.m., zona aia in direzione sud a circa 70 metri di distanza dal carotaggio n.1. Dal livello dell'aia sino a -27,00 metri (399.5 m s.l.m.) argilla rossa con rari livelli di argilla grigia e percentuale di CaCO₃ decrescenti verso il basso (5%-0,5%).

Indagini pregresse – Campagna di indagine 2011 – Elaborato bibliografico [8]

Contenute all'interno della "Relazione geotecnica sulle indagini eseguite" in "Interventi di stabilizzazione delle scarpate e sistemazione del reticolo idrico superficiale sul versante nord-est della vallecchia di Poiatica, a protezione dell'impianto di discarica (Dott. Geol. Andrea Panzani, Agosto 2011).

Durante la campagna di indagini dell'anno 2011 è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 50 m. Il sondaggio ha permesso di indagare le formazioni che nell'area di studio costituiscono il substrato marino. Nella parte alta del sondaggio è stato intercettato il membro pelitico della Formazione di Ranzano. Tale formazione è costituita da marne limo-argillose e da limi argillosi, da consistenti a molto consistenti, di colore grigio-grigio scuro a cui si associano inclusi litoidi arenacei. Superficialmente è stato rilevato un cappellaccio di alterazione molto consistente di colore nocciola dello spessore di 3.30 m.

Alla profondità di 42.50 m è stato intercettato il contatto tettonico tra la formazione sovrastante e le Marne di Monte Piano. Si tratta di una formazione costituita da argilliti marnose consistenti, fissili, di color grigio e rossastro. Nel corso della perforazione non è stata rilevata la presenza della falda.

| Profondità | Stratigrafia sondaggio denominato S1 del 2011 | Unità geologica |
|-------------------|--|-----------------------------|
| 0.0-2.1 | Argille marnose nocciola | Cappellaccio di alterazione |
| 2.1-2.4 | Campione shelby n°1 | |
| 2.4-3.3 | Argille marnose, nocciola, molto consistenti. Asciutte. | FORMAZIONE DI RANZANO |
| 3.3-3.9 | Argille marnose, grigio nocciola, molto consistenti, asciutte. | |
| 3.9-5.7 | Argille marnose grigie, molto consistenti, asciutte. | |
| 5.7-6.0 | Argille marnose grigie con striature nocciola, molto consistenti, asciutte, con inclusi litoidi. | |
| 6.0-7.0 | Argille debolmente marnose grigie, con striature nocciola, molto consistenti; da 6.9 a 7.0 m intercalazione marnosa | |
| 7.0-7.1 | Blocco arenaceo grigio | |
| 7.1-7.9 | Argille debolmente marnose, grigie, con rare striature nocciola, consistenti | |
| 7.90-8.0 | Marne argillose, grigie, consistenti, asciutte. | |
| 8.0-9.1 | Argille debolmente marnose, grigie, con rare striature nocciola, consistenti, asciutte | |
| 9.1-9.4 | Marne argillose grigio scuro fratturate, consistenti, asciutte. | |
| 9.4-9.7 | Campione T2 n°2 | |
| 9.7-10.1 | Marne argillose, grigio scuro, fratturate, consistenti, asciutte | |
| 10.1-10.5 | Argille marnose, grigie, consistenti, asciutte. Da 10.3 a 10.5 m livello di limo sabbioso, grigio scuro, mediamente consistente. | |
| 10.5-10.8 | Argille marnose grigie, molto consistenti, asciutte | |
| 10.8-11.0 | Marne ed arenarie grigie | |
| 11.0-11.4 | Marne argillose, grigio scure, fratturate | |
| 11.4-12.1 | Argille marnose grigie, poco umide | |
| 12.1-16.9 | Argille debolmente marnose, grigie, da mediamente consistenti a consistenti; da 15.30 a 15.40 m marne grigie | |
| 16.9-17.7 | Limo sabbioso, grigio, mediamente consistente con incusi litoidi | |
| 17.7-19.6 | Argille grigie da mediamente consistenti a consistenti. Da 18.00 a 18.10 m marne grigie. | |
| 19.6-20.1 | Alternanze di arenarie e marne grigie | |
| 20.1-20.9 | Argille marnose, grigie, molto consistenti, asciutte, con inclusi litoidi | |
| 20.9-21.8 | Marne argillose grigie; da 21.30 a 21.40 arenarie fini grigie | |
| 21.8-22.1 | Campione T2 n°4 | |
| 22.1-22.9 | Marne argillose grigie | |
| 22.9-23.8 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 23.8-25.4 | Marne argillose grigie | |
| 25.4-28.9 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 28.9-29.5 | Marne argillose grigie | |
| 29.5-30.0 | Argille marnose grigie consistenti con inclusi litoidi | |
| 30.0-30.25 | Campione T2 n°6 | |
| 30.25-30.4 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 30.4-32.1 | Marne grigie | |
| 32.1-33.0 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 33.0-34.8 | Marne argillose grigie | |
| 34.8-35.0 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 35.0-36.1 | Marne argillose grigie | |
| 36.1-37.6 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi; da 37.10 a 37.20 livello marnoso grigio | |
| 37.6-38.1 | Marne argillose grigie | |
| 38.1-39.2 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 39.2-39.8 | Marne grigie | |
| 39.8-40.5 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 40.5-41.0 | Marne grigie | |

| Profondità | Stratigrafia sondaggio denominato S1 del 2011 | Unità geologica |
|------------|--|----------------------|
| 41.0-41.25 | Campione T2 n°8 | |
| 41.25-41.6 | Marne grigie | |
| 41.6-42.0 | Argille marnose grigie, consistenti con inclusi litoidi | |
| 42.0-42.2 | Argilliti fissili nocciola | |
| 42.2-42.5 | Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi | |
| 42.5-50.0 | Argilliti marnose fissili varicolori | Marne di Monte Piano |

Campioni prelevati durante l'esecuzione del sondaggio.

| Sigla | Profondità | Unità Geologica | Tipologia |
|-------|-------------|-----------------------------|---|
| S1C1 | 2.10-2.40 | Cappellaccio di alterazione | Campione indisturbato mediante campionatore a pareti sottili Shelby |
| S1C2 | 9.40-9.70 | Formazione di Ranzano | Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2 |
| S1C3 | 14.70-15.00 | Formazione di Ranzano | Campione semidisturbato |
| S1C4 | 21.80-22.10 | Formazione di Ranzano | Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2 |
| S1C5 | 26.50-27.00 | Formazione di Ranzano | Campione semidisturbato |
| S1C6 | 30.00-30.25 | Formazione di Ranzano | Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2 |
| S1C7 | 35.00-35.40 | Formazione di Ranzano | Campione semidisturbato |
| S1C8 | 41.00-41.25 | Formazione di Ranzano | Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2 |
| S1C9 | 45.00-45.50 | Marne di Monte Piano | Campione semidisturbato |

Si riportano di seguito i risultati delle prove di laboratorio eseguite su 7 dei nove campioni prelevati:

| Sigla | Unità Geologica | Profondità | | Umidità naturale (%) | Peso specifico naturale (Mg/m³) | Peso specifico secco (Mg/m³) | Peso specifico immerso (Mg/m³) | Porosità (%) | Indice dei vuoti | Grado di saturazione (%) |
|-------|-----------------|------------|-------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------|--------------------------|
| | | da (m) | a (m) | | | | | | | |
| S1C2 | Cappellaccio | 9.40 | 9.70 | 10.10 | 2.07 | 1.88 | 1.18 | 31 | 0.44 | 62 |
| S1C3 | RAN3 | 14.70 | 15.00 | 12.60 | 2.08 | 1.85 | 1.17 | 32 | 0.47 | 73 |
| S1C4 | RAN3 | 21.80 | 22.10 | 11.90 | 2.02 | 1.81 | 1.14 | 33 | 0.50 | 64 |
| S1C5 | RAN3 | 26.50 | 27.00 | 10.50 | 2.07 | 1.87 | 1.18 | 31 | 0.45 | 64 |
| S1C6 | RAN3 | 30.00 | 30.25 | 9.70 | 2.06 | 1.88 | 1.18 | 31 | 0.44 | 60 |
| S1C7 | RAN3 | 35.00 | 35.40 | 14.40 | 2.06 | 1.80 | 1.14 | 34 | 0.51 | 77 |
| S1C9 | MMP | 45.00 | 45.50 | 19.10 | 2.06 | 1.73 | 1.09 | 36 | 0.57 | 91 |

Risultati da prove di espansione laterale libera e da taglio diretto.

| Sigla | Unità Geologica | Profondità | | Tensione verticale totale- kPa | Coesione efficace (picco) kPa | Angolo di attrito interno (picco) (°) | Coesione efficace (residuo) kPa | Angolo di attrito interno (residuo) (°) |
|-------|-----------------|------------|-------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| | | da (m) | a (m) | | | | | |
| S1C2 | Cappellaccio | 9.40 | 9.70 | - | 27.57 | 29 | 5.30 | 19 |
| S1C3 | RAN3 | 14.70 | 15.00 | 85.47 | - | - | - | - |
| S1C4 | RAN3 | 21.80 | 22.10 | - | 77.59 | 28 | 3.93 | 19 |
| S1C5 | RAN3 | 26.50 | 27.00 | 144.36 | - | - | - | - |
| S1C6 | RAN3 | 30.00 | 30.25 | - | 1.43 | 28 | 0.55 | 15 |
| S1C7 | RAN3 | 35.00 | 35.40 | 161.28 | - | - | - | - |
| S1C9 | MMP | 45.00 | 45.50 | 189.76 | 25.01 | 25 | 6.33 | 15 |

Analisi granulometrica, limiti di Atterberg e prova Edometrica:

| Sigla | Unità Geologica | Granulometrie | | | | | |
|-------|-----------------|---------------|-------|------------|------------|----------|-------------|
| | | Profondità | | Ghiaia (%) | Sabbia (%) | Limo (%) | Argilla (%) |
| | | da (m) | a (m) | | | | |
| S1C2 | Cappellaccio | 9.40 | 9.70 | 8 | 2 | 66 | 24 |
| S1C4 | RAN3 | 21.80 | 22.10 | 2 | 2 | 74 | 22 |
| S1C6 | RAN3 | 30.00 | 30.25 | 1 | 3 | 71 | 25 |
| S1C9 | MMP | 45.00 | 45.50 | 0 | 1 | 48 | 51 |

| Limiti di Atterberg | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|------------|-------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------------------|
| Sigla | Unità Geologica | Profondità | | Limite liquido | Limite plastico | Indice di plasticità | Classificazione (CNRUNI 10006) |
| | | da (m) | a (m) | (%) | (%) | (%) | |
| S1C2 | Cappellaccio | 9.40 | 9.70 | 40.80 | 24.97 | 15.83 | A7-6 |
| S1C4 | RAN3 | 21.80 | 22.10 | 41.20 | 25.42 | 15.78 | A7-6 |
| S1C6 | RAN3 | 30.00 | 30.25 | 36.00 | 22.94 | 13.06 | A6 |
| S1C9 | MMP | 45.00 | 45.50 | 75.90 | 29.40 | 46.50 | A7-6 |

| Prove edometriche | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|------------|-------|----------------------|-----|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Sigla | Unità Geologica | Profondità | | Intervallo di carico | | Coefficiente di consolidazione C_v | Coefficiente cons. Secondaria | Permeabilità K |
| | | da (m) | a (m) | KPa | KPa | | | |
| S1C2 | Cappellaccio | 9.40 | 9.70 | 98 | 196 | 4.82E-03 | 6.97E-04 | 8.59E-08 |
| | | | | 196 | 392 | 5.29E-04 | 7.91E-04 | 5.87E-09 |
| | | | | 392 | 784 | 1.28E-02 | 1.55E-03 | 9.14E-08 |
| S1C4 | RAN3 | 21.80 | 22.10 | 98 | 196 | 2.04E-03 | 1.27E-03 | 5.96E-08 |
| | | | | 196 | 392 | 2.54E-03 | 2.77E-03 | 4.52E-08 |
| | | | | 392 | 784 | 6.96E-04 | 2.70E-03 | 6.86E-09 |
| S1C6 | RAN3 | 30.00 | 30.25 | 98 | 196 | 3.30E-03 | 8.19E-04 | 1.04E-07 |
| | | | | 196 | 392 | 3.45E-03 | 1.65E-03 | 6.06E-08 |
| | | | | 392 | 784 | 1.33E-03 | 8.80E-04 | 1.15E-08 |
| S1C9 | MMP | 45.00 | 45.50 | 98 | 196 | 3.63E-03 | 6.81E-04 | 6.87E-08 |
| | | | | 196 | 392 | 1.92E-03 | 1.97E-03 | 3.60E-08 |
| | | | | 392 | 784 | 1.08E-03 | 1.69E-03 | 1.11E-08 |

Durante la campagna di indagini dell'anno 2011, come si riporta nella relazione citata, sono state eseguite anche 5 prove penetrometriche dinamiche: sulla base di tali prove è stato stimato uno spessore di riporti pari a circa 6 m in prossimità delle prove DIN1 e DIN2. Le prove DIN4 e DIN5 sono congruenti con il sondaggio S1. La prova DIN3 presenta nei primi quattro metri di profondità un numero di colpi molto basso, imputabile al rimodellamento effettuato per la realizzazione di una rampa di accesso al piazzale sottostante. Nei fori di sondaggio delle prove non è stata rilevata la presenza della falda.

Inoltre, in data 17/01/2011 sono stati eseguiti due stendimenti sismici tipo MASW che hanno fornito i seguenti valori di V_s .

| MASW 1 | | | MASW 2 | | |
|--|--------------------|--------------------------|--|--------------------|--------------------------|
| Profondità (m) | Spessore h_i (m) | Velocità $V_{s,i}$ (m/s) | Profondità (m) | Spessore h_i (m) | Velocità $V_{s,i}$ (m/s) |
| 0.00-4.40 | 4.40 | 143 | 0.00-2.40 | 2.40 | 143 |
| 4.40-15.70 | 11.30 | 201 | 2.40-9.00 | 6.60 | 335 |
| 15.70-35.00 | 19.30 | 963 | 9.00-35.00 | 26.00 | 507 |
| $V_{s30}=295$ m/s Categoria di sottosuolo E | | | $V_{s30}=386$ m/s Categoria di sottosuolo B | | |

Indagini pregresse - Anno 2004 – citate negli Elaborati bibliografici [8], [4] e [5]

Si segnala che nella relazione sopra citata "Relazione geotecnica sulle indagini eseguite - Interventi di stabilizzazione delle scarpate e sistemazione del reticolo idrico superficiale sul versante nord-est della vallecchia di Poiatica, a protezione dell'impianto di discarica (a cura del Dott. Geol. Andrea Panzani, Agosto 2011) e nella relazione bibliografica consultata "Relazione Geotecnica sulle indagini eseguite - Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecchia di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica - (Dott. Ing. Teneggi Stefano e Dott. Ing. Rosi Michele, Gennaio 2011)" sono riportate le indagini, eseguite durante una campagna di indagini geognostiche del 2004, a sud della Cava di Braglie (tra Cava Monte Quercia e la zona di fondo invaso della Discarica di Poiatica), coordinata dal Dott. Geol. Paolo Melli, ed una indagine sismica MASW (POIATIC2) eseguita dal Dott. Geol. Stefano Righetti.

Le indagini eseguite sono le seguenti: sondaggi superficiali per prove di permeabilità in sito, n°2 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S2), prelievo di campioni indisturbati, prove di laboratorio e n°2 prove penetrometriche statiche (CPT22-CPT23); inoltre è stata eseguita una indagine sismica MASW (POIATIC2).

Nel sondaggio S1, spinto fino alla profondità di 20 m è stato intercettato il substrato costituito dalla formazione delle Marne di Monte Piano. Sopra alla formazione integra è stato rilevato un cappellaccio di alterazione dello spessore di 3.4 m. Il sondaggio è stato attrezzato a piezometro, ma è stata rilevata l'assenza della falda.

Nel sondaggio S2, spinto fino alla profondità di 15 m, è stata intercettata la Formazione di Ranzano al di sotto di un cappellaccio di alterazione di spessore pari a 1.7 m. Di seguito si riportano le stratigrafie individuate.

| STRATIGRAFIA S1 - MMP | |
|-----------------------|---|
| 0.00-3.40 | Argille, marroni con rare striature grigie, da poco a mediamente consistenti, umide, con clasti e calcinoli. |
| 3.40-20.00 | Argille ed argille marnose, rossastre, grigie, consistenti, asciutte, con clasti eterogenei calcarei ed arenacei. |

| STRATIGRAFIA S2 – RAN3 | |
|------------------------|---|
| 0.00-1.70 | Argille, grigie localmente rossastre, da poco a mediamente consistenti, umide, con frequenti calcinoli e frammenti marnosi. |
| 1.70-15.0 | Argille ed argille marnose, grigio nocciola, mediamente consistenti, poco umide, con piccoli clasti e calcinoli; sostanza organica a -5.50 m. |

Si richiama brevemente la modellizzazione geotecnica individuata dal Dott. Paolo Melli in sede di verifiche di stabilità: per le Marne di Monte Piano sono stati considerati i seguenti parametri:

| | |
|---------------------------|--------|
| coesione drenata c' | 30 kPa |
| angolo di attrito ϕ' | 33° |

mentre per gli strati alterati superficiali del medesimo substrato:

| | |
|---------------------------|--------|
| coesione drenata c' | 15 kPa |
| angolo di attrito ϕ' | 20° |

All'interno della relazione sopra citata (Panzani, Agosto 2011) sono disponibili i dati relativi alla CPT22 ed alla CPT23; le prove penetrometriche statiche hanno evidenziato un notevole spessore di terreni riportati, pari rispettivamente a 10.5 m e 18 m.

Come detto in precedenza è stato inoltre effettuato, sempre nel 2004, uno stendimento sismico MASW (POIATIC2) eseguito nei pressi della CPT23 dal Dott. Geol. Stefano Righetti, che indica una V_{s30} pari a 294 m/s (modello migliore) e categoria di sottosuolo di tipo C.

Indagini pregresse da "Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecchia di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica" – relazioni geologiche, geotecniche e di stabilità (gennaio 2011) – cura del Dott. Geol. Bacchini, del Dott. Ing. Teneggi, Dott. Ing. Rosi e Dott. Geol. Pinzani. – Elaborati bibliografici [4] e [5]

Ai fini del suddetto lavoro sono state eseguite, nei mesi di luglio ed agosto 2010, le seguenti indagini: n°1 sondaggio a carotaggio continuo (S1), n°2 prove penetrometriche dinamiche (SCPT6 e SCPT5), n°1 tomografia elettrica e n°1 prospezione sismica MASW; di seguito si riportano le informazioni ottenute. Inoltre nel corso del sondaggio era stato previsto il prelievo di sette campioni indisturbati sui quali eseguire le prove di laboratorio.

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato spinto fino alla profondità di 30 m da p.c.: su tale sondaggio si è cercato di prelevare 7 campioni indisturbati, ma solo 3 sono stati estratti integri dal foro e quindi sottoposti ad indagini di laboratorio (v. tabelle seguenti).

| SONDAGGIO 1 | | |
|-------------|---|-----------------------------------|
| Profondità | Descrizione litologica | Unità Geologica |
| 0.0-0.50 | Limo nocciola, asciutto, con rari ciottoli e frammenti arrotondati ed angolari. | MMP (strato argillitico alterato) |
| 0.50-2.50 | Argilla nocciola-verdastra, umida, con inclusi calcarei | MMP (strato argillitico alterato) |
| 2.50-13.00 | Argilliti e siltiti grigio-brune, compatte, con inclusi calcarei angolari e sub angolari | MMP |
| 13.00-23.9 | Argilliti e siltiti debolmente marnose, rosse con venature verdastre, compatte, localmente fratturate, con inclusi marnosi. | MMP |
| 23.9-30.0 | Argilliti e siltiti bruno-nerastre, localmente fratturate, con inclusi marnosi ed abbondanti inclusi siltitici. | MMP |

| SONDAGGIO 1 CAMPIONI PRELEVATI | | |
|-----------------------------------|-------|---|
| Profondità | SIGLA | Unità Geologica |
| 7.00-7.30 | S1C2 | MMP substrato marnoso in buono stato |
| 20.40-21.00 | S1C5 | substrato marnoso di Monte Piano inalterato |
| 29.00-29.50 | S1C7 | substrato marnoso di Monte Piano inalterato |

Nel corso dell'esecuzione del sondaggio è stata registrata la presenza d'acqua alla profondità di 15.5 m da p.c. (misure eseguite durante la perforazione, con foro rivestito fino a 18.2 m e fondo foro a 28.0 m).

| | | | | |
|---|-------------------------------|----------------------------|--------------------|-----|
| Campione S1C2 | Profondità: | 7.00-7.30 m | | |
| Classificazione HRB-AASHTO | A7-6 | Limite Liquido: | 48% | |
| Indice plastico | 20% | Limite plastico: | 27% | |
| Passante al vaglio n°200 (% limo e argilla) | 95.5 % | W naturale: | 16% | |
| Prova di consolidazione edometrica | Coefficiente di permeabilità: | 1.63*10 ⁻⁹ cm/s | | |
| Prova di taglio diretto | Coesione: | 5.83 kPa | Angolo di attrito: | 25° |
| Prova di taglio diretto non consolidata non drenata | Coesione non drenata | 184.7 kPa | | |
| Campione S1C5 | Profondità: | 20.40-21.00 m | | |
| Classificazione HRB-AASHTO | A7-6 | Limite Liquido: | 43% | |
| Indice plastico | 18% | Limite plastico: | 25% | |
| Passante al vaglio n°200 (% limo e argilla) | 99.7 % | W naturale: | 16 % | |
| Prova di consolidazione edometrica | Coefficiente di permeabilità: | 1.53*10 ⁻⁸ cm/s | | |
| Prova di taglio diretto | Coesione: | 33.46 kPa | Angolo di attrito: | 28° |
| Prova di taglio diretto non consolidata non drenata | Coesione non drenata | 189.48 kPa | | |

| | | | | |
|---|-------------------------------|----------------------------|------|--|
| Campione S1C7 | Profondità: | 29.00-29.50 m | | |
| Classificazione HRB-AASHTO | A7-5 | Limite Liquido: | 52% | |
| Indice plastico | 22% | Limite plastico: | 30% | |
| Passante al vaglio n°200 (% limo e argilla) | 83.6 % | W naturale: | 13 % | |
| Prova di consolidazione edometrica | Coefficiente di permeabilità: | 4.91*10 ⁻⁹ cm/s | | |

Dalle analisi si è classificata la tipologia di sottosuolo come "argille con limo" con una percentuale di argilla che varia dall'83 al 99.7% e diminuisce con la profondità (la restante parte è costituita da sabbia); la permeabilità è molto bassa, l'angolo di attrito è compreso tra 25° e 28°.

Le prove penetrometriche dinamiche hanno dato i seguenti risultati:

| | |
|---------------|---|
| SCPT 5 | Indica il passaggio da uno strato superficiale degradato ad un orizzonte considerabile come substrato in buono stato attorno a 1.50 m di profondità. La consistenza dei materiali rimane poi su valori medi (6-10 colpi/30 cm) fino a circa 5 m per aumentare successivamente con costanza in profondità. |
| SCPT6 | Graduale incremento della consistenza del terreno fin a partire dai primi metri superficiali, raggiungendo discreti valori (10-12 colpi/30 cm) attorno ai 3 metri di profondità. A tale quota si ritiene di aver raggiunto il substrato in condizioni inalterate e la resistenza alla penetrazione continua a crescere. |

L'indagine sismica MASW6 ha consentito di determinare la Vs30 dei terreni analizzati, risultata pari a 412 m/s.

Il diagramma evidenzia tre cambi di strato: il primo alla profondità di 4 m distingue lo strato alterato da quello in posto; il secondo ad una profondità di circa 12 m indica un aumento di velocità dell'onda sismica di circa 440 m/s; il terzo infine mostra un altro aumento di Vs di circa 380 m/s alla profondità di circa 28 m. Si tratta di variazioni nella stratigrafia che si ritiene siano presenti all'interno delle argilliti di Monte Piano.

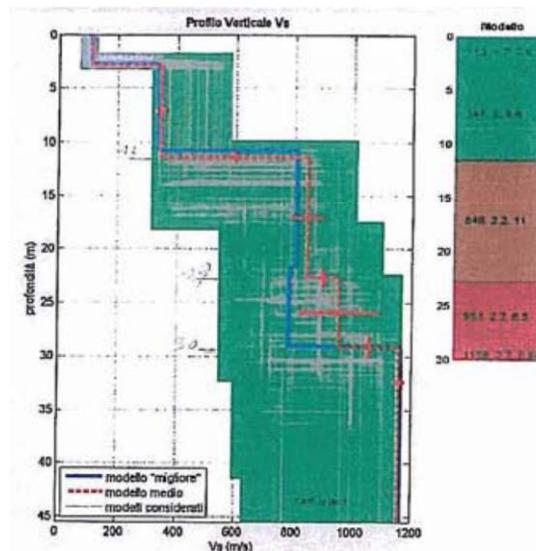


Figura 31 Diagramma desunto dall'indagine sismica MASW6

In conclusione le indagini hanno restituito dal punto di vista stratigrafico la seguente successione:

- strato argillitico alterato fino a 1.5-2.5 m di profondità
- substrato marnoso di Monte Piano in buono stato a partire da 3-5 m di profondità
- substrato marnoso di Monte Piano inalterato a partire da 10-12 m di profondità.

Sulla base dei risultati delle indagini si esclude la presenza di falde o orizzonti permeabili.

I parametri di resistenza individuati (coesione 5-35 kPa e angolo di attrito 25-28°) potrebbero essere in parte influenzati dal disturbo del campione; si evidenzia inoltre come il range di compressione assiale scelto per le prove di taglio, attestato su valori elevati, rischi di fornire valori di picco dei parametri e quindi di sovrastimare la reale resistenza della formazione.

Nella definizione dei parametri da utilizzare per le verifiche di stabilità (riportate nella relazione "Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecchia di Poitica, in adiacenza all'impianto di discarica" - Relazione Geotecnica sulla stabilità generale (Dott. Ing. Teneggi Stefano e Dott. Geol. Pinzani Giampietro, Gennaio 2011) sono state eseguite verifiche di back analysis per valutare quali siano teoricamente i parametri meccanici minimi per garantire un fattore di sicurezza FS=1 sull'esistente.

Il campione S1C5 è stato ritenuto l'unico effettivamente indisturbato e rappresentativo del comportamento meccanico complessivo del versante; quest'ultimo è stato confrontato anche con i dati pregressi (Melli, 2004) e con i dati ottenuti dalla Back Analysis:

| | Fonte del Dato | γ (KN/mc) | ϕ' (°) | c' (kPa) | c_u (kPa) |
|---|----------------|------------------|-------------|------------|-------------|
| 1 | Campione S1C2 | 20.5 | 25 | 5.83 | 184.70 |

| | | | | | |
|---|--------------------------------------|----|-------|-------|--------|
| 2 | Campione S1C5 | 21 | 28 | 33.46 | 186.48 |
| 3 | Back Analysis | 21 | 28 | 21.00 | |
| 4 | Relazione Melli (2004) | 21 | 33 | 30.00 | |
| | Valori adottati (media 2,3,4) | 21 | 29.66 | 28.15 | |

Sulla base di quanto esposto il modello geotecnico è stato definito dai seguenti parametri:

| Litologia | γ_n (KN/mc) | γ_s (KN/mc) | ϕ' (°) | c' (kPa) | c_u (kPa) |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------------|------------|-------------|
| Coperture sciolte e riporti | 19.0 | 20.0 | 18.0 | 8.0 | 20 |
| Argilliti | 21.0 | 22.0 | 29.0 | 28.0 | 180.0 |

4 PARAMETRI GEOTECNICI E MECCANICI DI PROGETTO

Per quanto riguarda i parametri sismici si evidenzia come le indagini sismiche hanno rilevato valori di V_{s30} variabili. Si evidenzia che le sezioni di progetto riguardano aree che o sono già completamente prive di spurghi o è prevista la completa asportazione dei depositi e/o spurghi presenti in superficie. Risulta quindi importante valutare quanto segue in merito alla V_s tipica delle due unità geomeccaniche (RAN e MMP) ad alla categoria di sottosuolo per le varie sezioni di scavo presenti nel progetto: asportando i terreni di copertura e mettendo a giorno il substrato roccioso risulta corretto fare riferimento alla V_{s30} del substrato che sia per le MMP che per RAN risultano generalmente maggiori di 600 m/s.

Per quanto riguarda la stima dei parametri meccanici dei terreni presenti in cava sono state eseguite le seguenti analisi e valutazioni:

- Determinazione dei parametri come valore medio delle varie prove di laboratorio eseguite nei vari anni in tutto il comparto estrattivo del Dorgola.
- Determinazione dei parametri caratteristici come inviluppo di rottura degli ammassi rocciosi secondo la classificazione GSI.
- Verifiche in back analysis del corpo di frana A3.

Definiti i parametri geotecnici come sopra descritto per gli ammassi rocciosi sono stati utilizzati i valori più cautelativi determinati con i vari metodi che sono risultati essere i parametri medi delle prove di laboratorio.

Si sottolinea che per quanto riguarda le marne di Monte Piano sono stati ricavati parametri caratteristici con riferimento alle indagini svolte presso il settore centrale della cava M.te Quercia (sondaggio di riferimento ed analisi di laboratorio in Panzani, Agosto 2011).

Di seguito i parametri di sintesi.

| Per verifiche: | PARAMETRI MECCANICI | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|------|-----------|-----|---------------|---------------|---------------|------------|--------------|------|----------|
| | Pseudostatiche | | | | Statiche | | | | | | |
| | gk | c'k | ϕ' k | Cu | $\tan\phi'$ k | $\gamma M2c'$ | $\gamma M2f'$ | γd | $\tan\phi'd$ | c'd | $\phi'd$ |
| kN/mc | kN/mq | ° | kN/mq | | | | kN/mc | | kN/mq | ° | |
| RAN3 | 22 | 42.0 | 28.5 | 350 | 0.5430 | 1.25 | 1.25 | 22 | 0.4344 | 33.6 | 23.5 |
| MMP | 21.5 | 40.0 | 20.0 | 400 | 0.3640 | 1.25 | 1.25 | 21.5 | 0.2912 | 32.0 | 16.2 |
| Terreni di riporto - sterili di cava | 19 | 17.6 | 23.6 | | 0.4369 | 1.25 | 1.25 | 19 | 0.3495 | 14.1 | 19.3 |
| Frana - A3 | 19 | 2.1 | 22.0 | | | | | | | | |

Tabella 1. Parametri caratteristici (k) e di progetto (d). Dove: γ = peso per unità di volume; c' = coesione efficace; ϕ' = angolo di attrito interno efficace

4.1 Sintesi dei parametri meccanici delle Arenarie di Ranzano (RAN) e delle Marne di Monte Piano (MMP)

I parametri meccanici delle Arenarie di Ranzano e delle Marne di Monte Piano presenti nella tabella che segue rappresentano i risultati delle diverse campagne di indagini, susseguite nei vari anni, eseguite in tutto il comparto estrattivo del Dorgola.

| | Parametri fisici | | | | | | | | | Parametri Meccanici | | | | |
|---|------------------|--------|-------------------|--------|-------|--------|---------|---------|-------|---------------------|-----------|-----------|--------------|-------------------|
| | Prof m dal pc | w % | γ kN/mc | n % | e | S % | LL % | LP % | IP | Qu kPa | Cu kPa | c' kPa | ϕ' ° | σ_C kPa |
| S1C2 | 9,55 | 10,1 | 20,7 | 31 | 0,44 | 62 | 40,8 | 24,97 | 15,83 | | | 27,57 | 29 | |
| S1C3 | 14,85 | 12,6 | 20,8 | 32 | 0,47 | 73 | | | | 85,47 | 42,735 | | | |
| S1C4 | 21,95 | 11,9 | 20,2 | 33 | 0,5 | 64 | 41,2 | 25,42 | 15,78 | | | 77,59 | 28 | |
| S1C5 | 26,75 | 10,5 | 20,7 | 31 | 0,45 | 64 | | | | 144,36 | 72,18 | | | |
| S1C6 | 30,15 | 9,7 | 20,6 | 31 | 0,44 | 60 | 36 | 22,94 | 13,06 | | | 1,43 | 28 | |
| S1C7 | 35,20 | 14,4 | 20,6 | 34 | 0,51 | 77 | | | | 161,28 | 80,64 | | | |
| S1C9 | 45,25 | 19,1 | 20,6 | 36 | 0,57 | 91 | 75,9 | 29,4 | 46,5 | 189,76 | 94,88 | 25,01 | 25 | |
| S1C1 shelby ma no prove lab - S1C9 T2 ma no prove | | | | | | | | | | | | | | |
| Borelli | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12,50 | 21,47 | 19,6 | | | | 59 | 32 | 27 | | | 30 | 20 | |
| | 13,75 | 8,65 | 22 | | | | 55 | 32 | 23 | | | 45 | 17 | |
| | 11,80 | 14,65 | 21,1 | | | | 57 | 45 | 12 | | | 35 | 19 | |
| | 12,20 | 11,34 | 21 | | | | 36 | 18 | 18 | | | | | |
| IN FRANA | 11,35 | 14,2 | 21,9 | 29 | 0,41 | 94 | | | | | | | | |
| Bonini-Cerchiari-IRIS | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,0 | | 20,77 | | | | 46 | 22 | 24 | | | | | |
| | 2,0 | | 20,9 | | | | 42 | 20 | 22 | | | | | |
| | | | 21 | | | | 43 | 23 | 20 | | | 300 | 170 | 23 |
| Macinato | | 4,94 | 23,3 | 16,97 | 0,204 | 64,66 | 41,2 | 16,9 | 24,3 | | 80 | 4 | 27,5 | 4291 |
| Macinato | | 2,33 | 23,5 | 16,73 | 0,201 | 74,2 | 60,6 | 17,3 | 43,3 | | | | | |
| | | | 21,5 | | | | | | | | 172,5 | 65 | 18,5 | |
| | | | | | | | | | | | | 40 | 21 | |
| Melli | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 61,35 | 29 | |
| S1 | 13,15 | 15,7 | 22 | 30 | 0,42 | 100 | | | | | 169 | | | |
| S4 | 19,15 | 9,2 | 21,9 | 26 | 0,35 | 71 | | | | | | | | |

I dati medi sono di seguito riportati:

| Medie | w % | γ kN/mc | n % | e | S % | LL % | LP % | IP | Qu kPa | Cu kPa | c' kPa | ϕ' ° | σ_C kPa | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|--------|---|--------|---------|---------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------------|--|
| RAN | 12,03 | 21,37 | 28,25 | | | 41,30 | 22,59 | 18,71 | | 68,89 | 41,99 | 28,50 | 4291,00 | |
| MMP | 15,04 | 20,86 | 36,00 | | | 56,58 | 31,28 | 25,30 | | 131,94 | 40,00 | 19,90 | | |
| Teneggi e Pinzani 2011 | | | | | | | | | | | | | | |
| S1C2 | 7,15 | | | | | | | | | 5,83 | 25 | | Rimaneggiato | |
| S1C5 | 20,7 | | | | | | | | | 33,46 | 28 | | | |
| 3 | Back Analysis | | | | | | | | | 21 | 28 | | | |
| 4 | | | | | | | | | | 30 | 33 | | | |

Dall'elaborazione dei dati geomeccanici di ammasso (vedi paragrafo 2.6) si ottengono i seguenti parametri:

| Litologia | c' (kPa) | Φ' (°) |
|----------------------------|----------|-------------|
| Arenarie di Ranzano RAN | 70 | 25.88 |
| Marne di Monte Piano (MMP) | 50 | 19.76 |

Come si nota i parametri di c' e ϕ' risultano maggiori se ricavati con GSI in luogo al valore medio delle prove di laboratorio. Di seguito si riportano gli involucri di rottura.

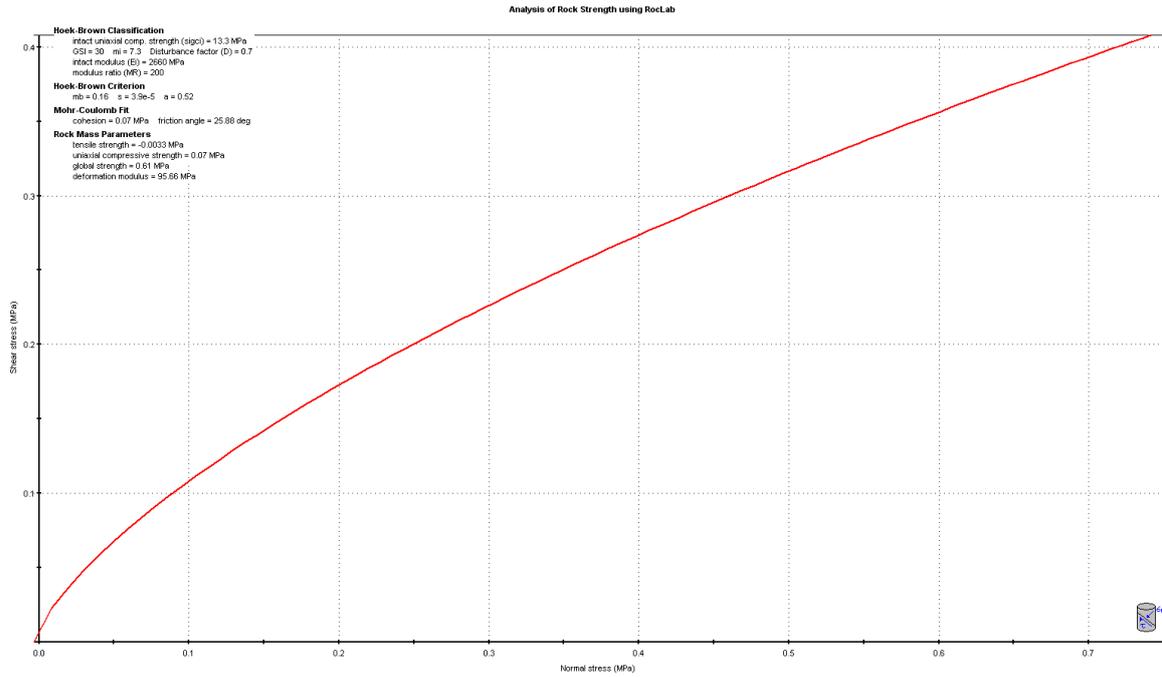


Figura 32. Involuppo di rottura per RAN ricavato con il software RockLab della Rocscience

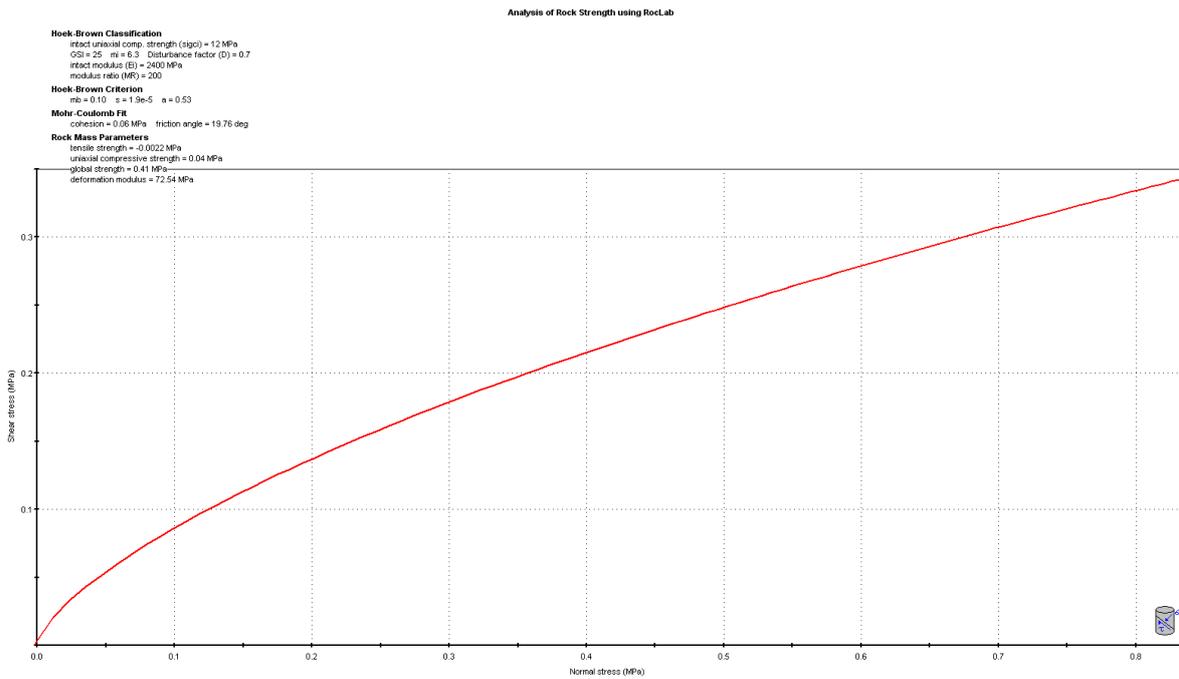


Figura 33. Involuppo di rottura per MMP ricavato con il software Rocklab della Rocscience

4.2 Parametri meccanici della frana A3

Particolare interesse nel progetto presentato risulta avere la sistemazione della frana che ha interessato la zona meridionale dell'area di cava, denominata A3. In tale area sono state eseguite varie verifiche di stabilità anche in back analysis in grado di simulare la situazione reale ed ottenere i parametri di progetto dell'area di frana. In particolare le verifiche sono state eseguite lungo la sezione 22 interessante la porzione centrale del corpo di frana; la scelta della sezione deriva dal fatto di essere considerata rappresentativa del fenomeno anche per i dati rilevati in sito quali limite contatto RANvsMMP, giacitura strati, stato di fratturazione, presenza di affioramento di MMP interno al corpo di frana, dati topografici, evidenze dell'evoluzione della frana da fotoaeree.

Le verifiche hanno fornito i seguenti dati meccanici del deposito di frana.

| Litologia | G' (ton/mc) | C' (kPa) | Φ' (°) |
|-----------|-------------|----------|-------------|
| Frana A3 | 1.9 | 2.1-8.0 | 22.0-22.2 |

La variazione dei parametri deriva dalle condizioni di verifica eseguite.

In particolare la frana è stata schematizzata come costituita da un corpo di frana e da una superficie di taglio; il modello concettuale prevede che la superficie di taglio presenti parametri meccanici più scadenti del corpo; tale considerazione è avvalorata dalla pendenza relativamente bassa del versante nel suo complesso (meccanismo di rottura condizionato da superficie di taglio) e da avvallamenti con pendenze anche elevate (meccanicismo di rottura condizionato dai parametri del corpo di frana). Il modello vuole essere una ricostruzione schematica finalizzata alla determinazione dei parametri meccanici e non un modello definitivo.

Di seguito la sezione esaminata.

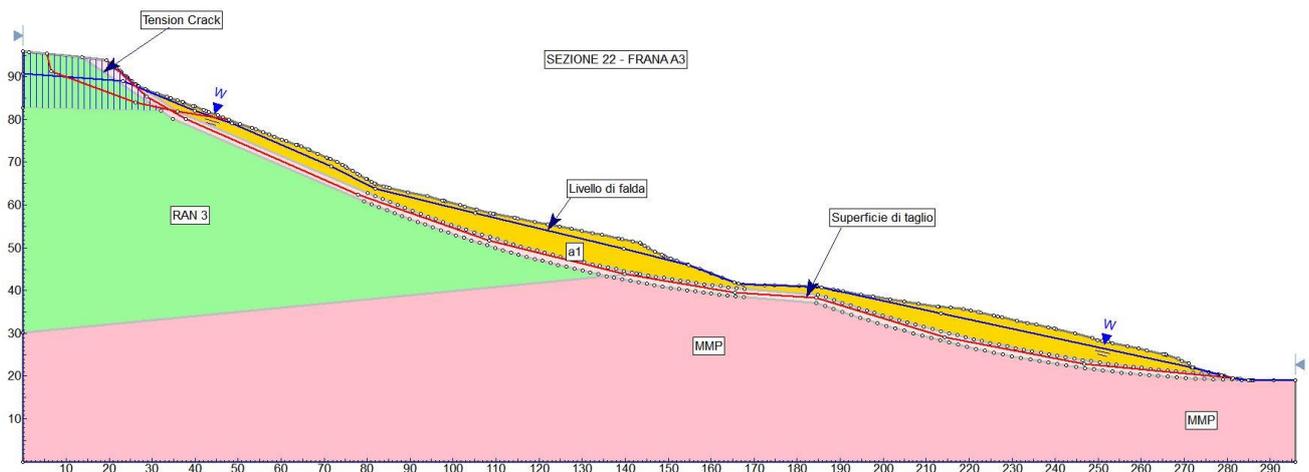


Figura 34. Sezione 22 – frana A3

Tra le variabili al contorno introdotte nelle verifiche di stabilità la falda è stata posta prossima al piano campagna; in sommità sono state introdotte "tension cracks" (superficie di discontinuità beanti) che possono favorire l'arretramento del movimento. Le tension cracks non sono evidenti in campagna e sono state introdotte a titolo cautelativo.

La Marne di Monte Piano sono state considerate a bassa o nulla permeabilità, mentre le arenarie di Ranzano sono state simulate leggermente permeabili in funzione della disposizione strutturale e della presenza in certe zone di strati arenacei anche se sovente lenticolari (strati rinvenuti alle quote di 450 m slm e 425 m slm). La ricostruzione geostrutturale evidenzia come la disposizione degli strati vari da un franapoggio generico (cataclinale – immersione degli strati concordante con il versante) a franapoggio inclinato meno del pendio (cataclinale sovra-inclinato; con immersione delle discontinuità concordante con il versante ed inclinazione minore del pendio) a traversapoggio (verso ovest con un traversapoggio plagioclinale – immersione strati obliqua rispetto al versante).

La verifica principale è stata fatta in back analysis sull'intero corpo di frana ed ha permesso di ricavare i seguenti parametri geotecnici: $c' = 2.1 \text{ KPa}$, $\phi' = 22.0^\circ$.

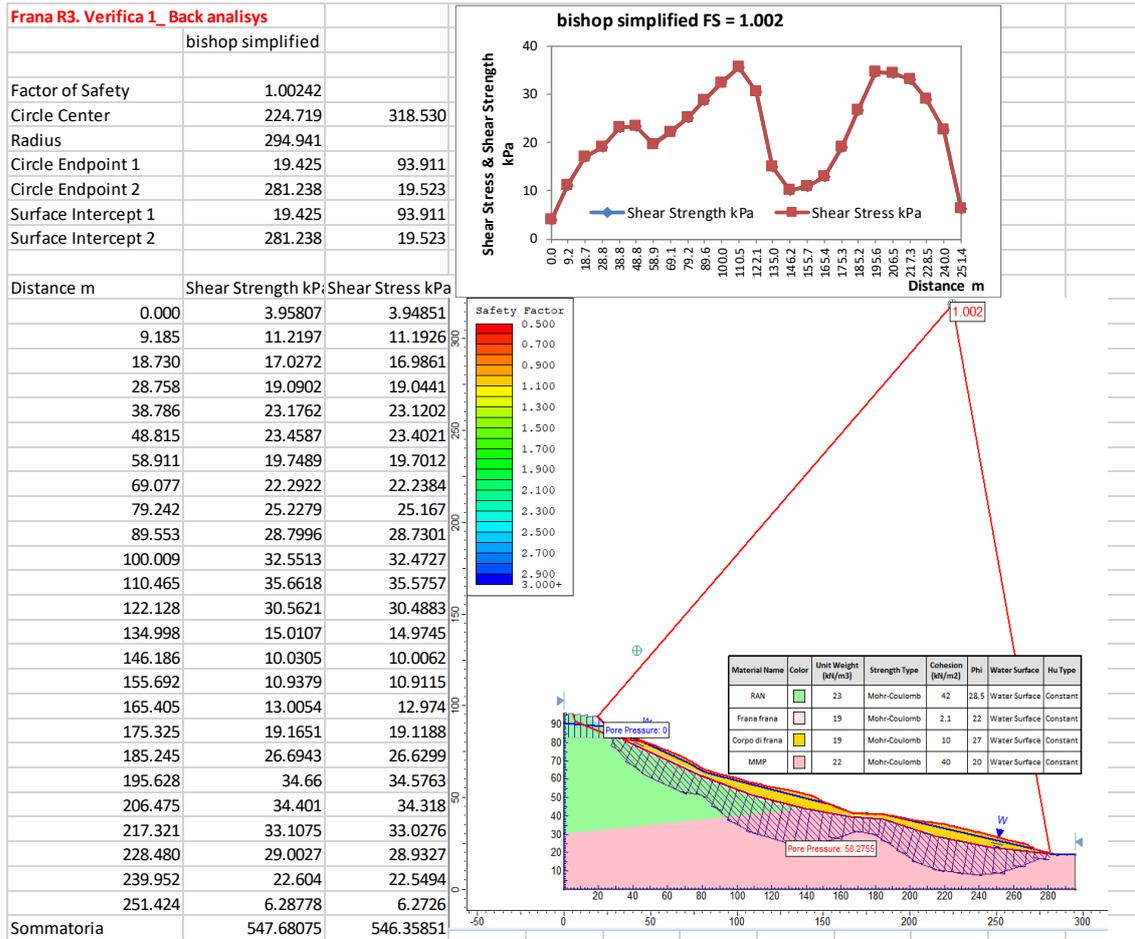


Figura 35. back analysis sezione 22 – frana A3

Una seconda e terza verifica sono state eseguite considerando una verifica interna al corpo di frana sia con rotture circolari sia con rotture non circolari.

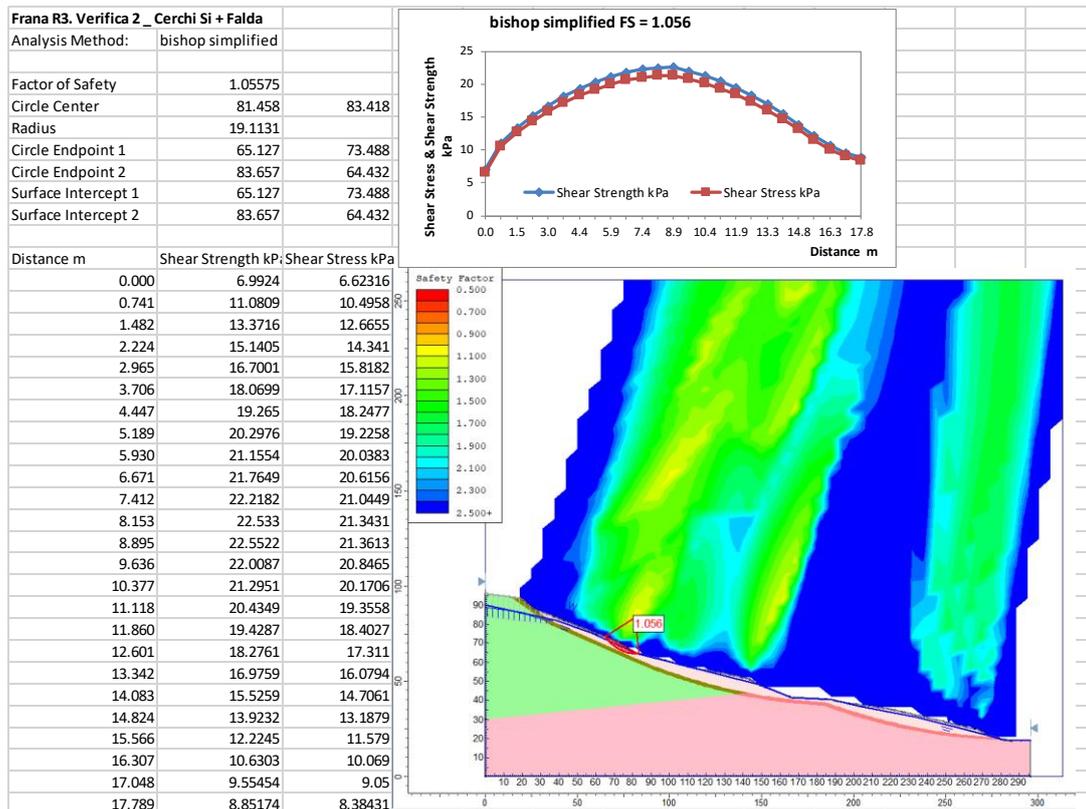


Figura 36. Verifica interna stabilità frana A3.

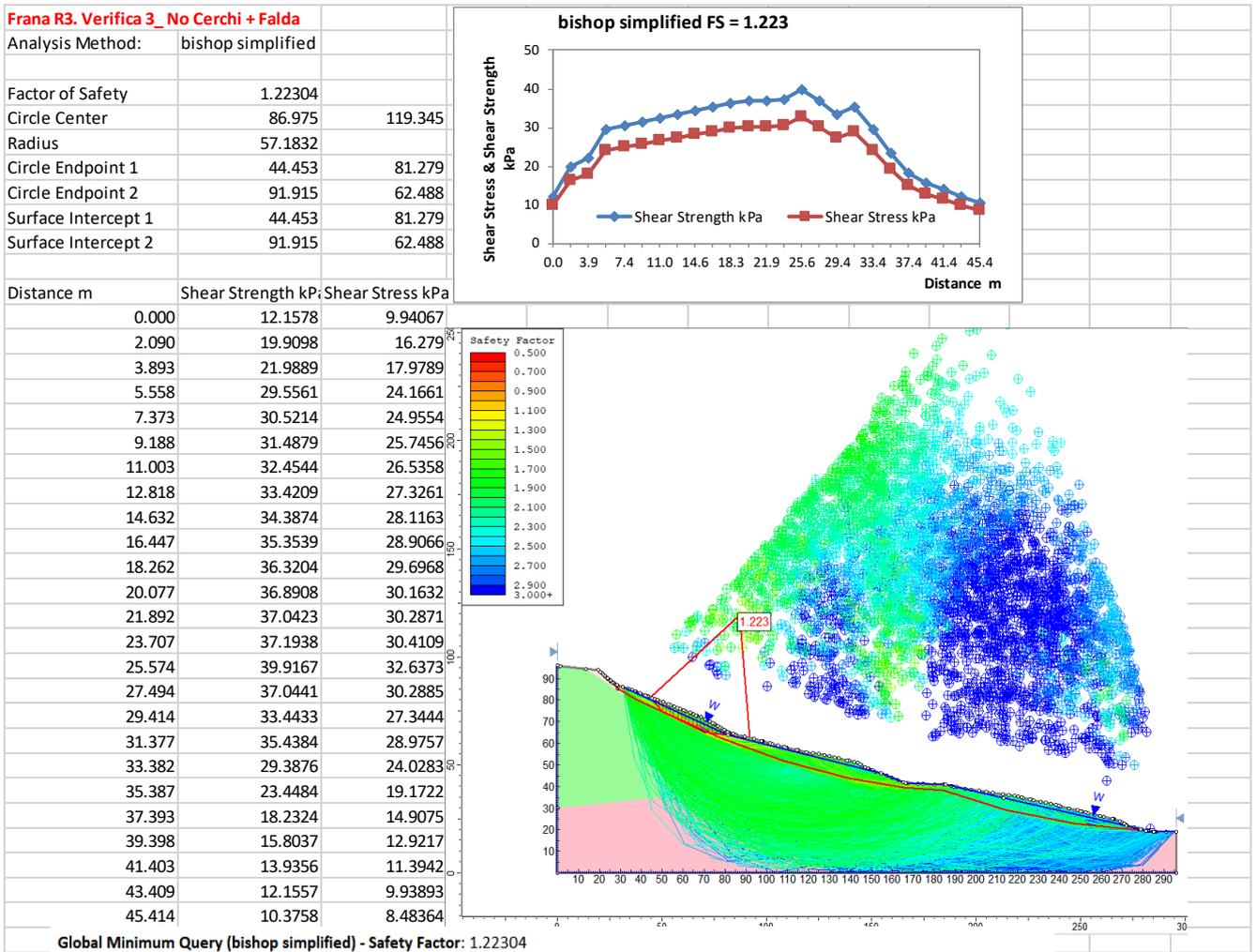


Figura 37. Verifica interna stabilità frana A3. Superfici di taglio non circolari

I valori dei parametri geotecnici forniti dalle verifiche 2 e 3 sono risultati pari a: $c' = 8.0$ kPa, $\phi' = 22.2^\circ$

4.3 Caratteristiche chimiche e mineralogiche del giacimento (dati bibliografici)

La Formazione di Monte Piano e la formazione di Ranzano all'interno dell'area di cava presentano caratteristiche chimico mineralogiche molto eterogenee. A seconda della necessità le argille disponibili vengono miscelate ed omogeneizzate. All'interno della relazione geologica del precedente Piano di Coltivazione della cava Braglie e della "Relazione geologica per il progetto di sistemazione del versante a monte della discarica di Poiatica" (entrambe a cura di: dott.ssa Geol. Dott.ssa Claudia Borelli – geologo; Dott.ssa Laura Fantoni – geologo e Dott. Paolo Filetto – forestale) sono riportati alcuni dati relativi alle caratteristiche chimiche e mineralogiche e geotecniche del giacimento.

Le principali fonti per questi dati sono rappresentate dalla tesi di laurea "Studio geologico-tecnico di una discarica controllata di rifiuti solidi urbani situata in una cava di argilla" (a cura della Dott.ssa Borelli Claudia – Università degli studi di Modena – Dipartimento di Scienze della Terra – A.A. 1196/97) e dall'articolo "Caratterizzazione delle materie prime argillose del bacino estrattivo Secchia-Dorgola, in Comune di Carpineti (prov. RE)" pubblicato su Ceramurgia n.1/199 (di R. Capelli e M. Bertolani).

Si evidenzia inoltre come i dati relativi alle analisi granulometriche ed ai parametri geotecnici provengano principalmente dalla tesi della dott.ssa Borelli e quindi le analisi granulometriche, i limiti di Atterberg e le prove di taglio diretto, con apparecchio di Casagrande sono state eseguite presso l'Università degli studi di Modena, Dipartimento di Geologia.

La nominazione dei campioni riportata ai paragrafi seguenti è quella originaria delle varie pubblicazioni.

La caratterizzazione chimico-mineralogica è stata eseguita attraverso sia il reperimento di dati bibliografici, che dati originali eseguiti su incarico della Ditta ITS (attualmente Opera).

Ai paragrafi successivi vengono riportate le analisi eseguite su entrambe le formazioni in esame.

| ANALISI CHIMICA | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|------|
| CAMP. N° | SiO ₂ Wt. % | TiO ₂ Wt. % | Al ₂ O ₃ Wt. % | Fe ₂ O ₃ Wt. % | MgO Wt. % | CaO Wt. % | Na ₂ O Wt. % | K ₂ O Wt. % | CaCO ₃ Wt. % | C org. Wt. % | P.F. |
| MMP* | 58.93 | 0.47 | 21.60 | 4.37 | 2.53 | 3.04 | 0.93 | 2.21 | 3.5 | 0.26 | 5.64 |
| RAN ₆ * | 46.32 | 0.59 | 11.93 | 5.3 | 4.47 | 12.54 | 1.25 | 2.14 | / | / | / |

Sali solubili totali 3.5%
Peso specifico (in bianco) gr/cm³ 2.52

* Articolo Capelli R. & Bertolani M.

| COMPOSIZIONE MINERALOGICA MMP | | COMPOSIZIONE MINERALOGICA RAN6 | |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Minerali argillosi | | Minerali argillosi | |
| Illite | Presente | Illite | Generalmente prevalente |
| Caolinite | Generalmente scarsa | Caolinite | Presente |
| Clorite | Presente | Clorite | Presente |
| Interlaminato ^(*) | Scarsa | Montmorillonite | Assente |
| Minerali non argillosi | | Minerali non argillosi | |
| Quarzo | Prevalente | Quarzo | Generalmente prevalente |
| Feldspato | Generalmente scarso | Feldspato | Generalmente scarso |
| Calcite | Tracce | Calcite/Dolomite | Elevata |

(*) illite/montmorillonite

Figura 38. Esempio di analisi chimica e mineralogica, eseguite sui campioni MMP e RAN6 (termine precedente per indicare Ranzano pelitico)

4.3.1 Marne di Monte Piano – analisi chimiche

| Analisi chimica | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| CAMP. N° | SiO ₂ Wt. % | TiO ₂ Wt. % | Al ₂ O ₃ Wt. % | Fe ₂ O ₃ Wt. % | MgO Wt. % | CaO Wt. % | Na ₂ O Wt. % | K ₂ O Wt. % | MnO Wt. % | P ₂ O ₅ Wt. % | CO ₂ Wt. % | H ₂ O Wt. % |
| 1* | 56.11 | 0.78 | 17.64 | 7.23 | 3.06 | 2.53 | 1.35 | 3.26 | 0.18 | 0.11 | 3.26 | 4.14 |
| 2* | 58.25 | 0.78 | 17.95 | 5.06 | 2.91 | 0.87 | 1.22 | .38 | 0.1 | 0.09 | 0.70 | 6.38 |
| 3* | 47.40 | 0.74 | 12.52 | 6.03 | 4.18 | 12.03 | 1.45 | * | 0.12 | * | * | * |
| 4 | 63.99 | 0.75 | 16.32 | 5.90 | 1.31 | 1.11 | 1.59 | 3.39 | * | * | * | * |
| 5 | 61.85 | 0.84 | 15.78 | 5.78 | 1.60 | 2.65 | 1.59 | 3.21 | * | * | * | 7.17 |
| 6 ¹⁾ | 63.65 | 0.92 | 16.15 | 5.90 | 1.36 | 1.28 | 1.42 | 3.06 | * | * | * | * |

* Articolo Capelli R. & Bertolani M.
^o Centro Chimico
¹⁾ Geoceramic Resarches

I dati relativi ai campioni 1, 2, 3 derivano dalla caratterizzazione eseguita da Capelli R. e Bertolani M.1, mentre i campioni 4 e 5 sono stati analizzati per la Ditta ITS Ceramiche S.p.A. dal Centro Chimico di Sassuolo (MO), e il campione 6 dalla Geoceramic Research.

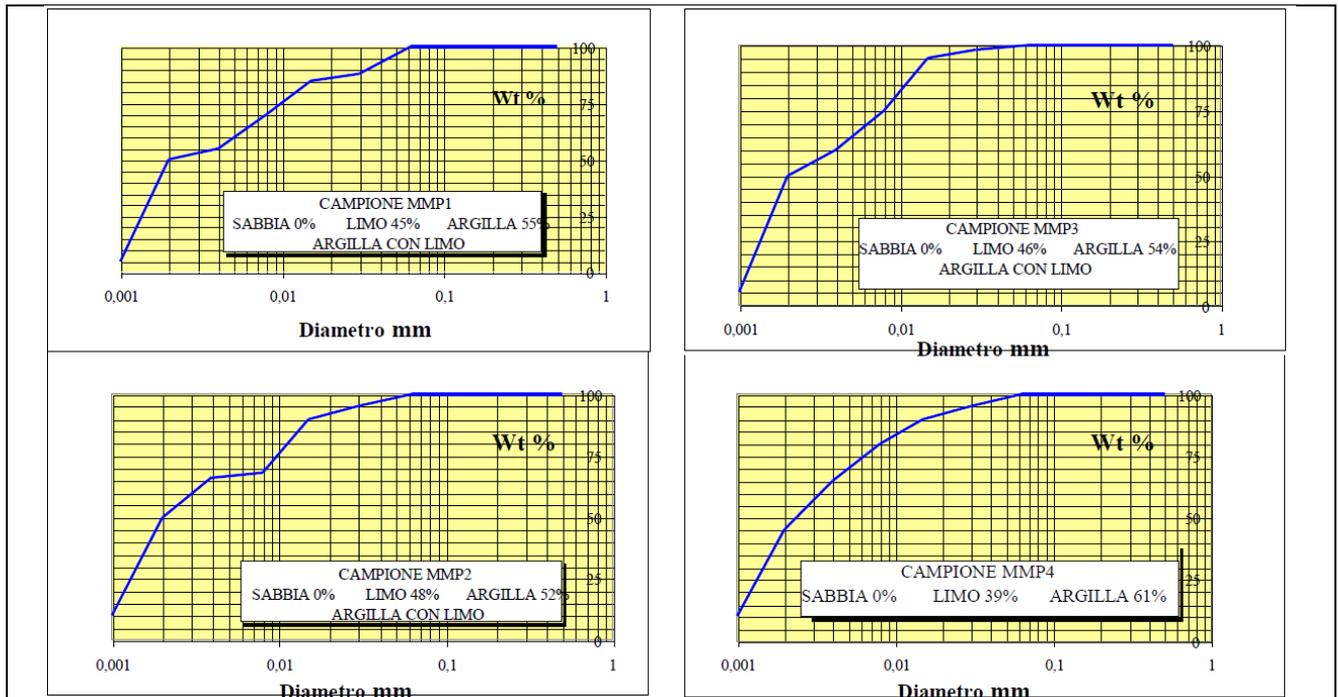
| Analisi mineralogica | | Analisi granulometrica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------|----------|---------|----------|-----------------|------------------|------------------------|--|--------|------------|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|---------|----------|---|--|--|--|--|----------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|------|------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|------|---|---|----|----|------|---|---|----|----|------|---|---|----|----|------|---|---|----|----|-----------|---|---|----|----|-----------|---|---|----|----|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Minerali argillosi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Illite</td> <td>generalmente prevalente</td> </tr> <tr> <td>Caolinite</td> <td>presente</td> </tr> <tr> <td>Clorite</td> <td>presente</td> </tr> <tr> <td>Montmorillonite</td> <td>scarsa o assente</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Minerali non argillosi</th> </tr> <tr> <td>Quarzo</td> <td>prevalente</td> </tr> <tr> <td>Feldspato</td> <td>generalmente scarso</td> </tr> <tr> <td>Calcite - Dolomite</td> <td>variabile (<7%)</td> </tr> <tr> <td>Ematite</td> <td>presente</td> </tr> </tbody> </table> | | Minerali argillosi | | Illite | generalmente prevalente | Caolinite | presente | Clorite | presente | Montmorillonite | scarsa o assente | Minerali non argillosi | | Quarzo | prevalente | Feldspato | generalmente scarso | Calcite - Dolomite | variabile (<7%) | Ematite | presente | <table border="1"> <thead> <tr> <th>CAMP. N°</th> <th>SABBIA 2 - 0.256 mm Wt. %</th> <th>SABBIA FINE - 0.063 mm Wt. %</th> <th>LIMO 0.63 - 3.9 □ Wt. %</th> <th>ARGILLA < 3.9 □ Wt. %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.35</td> <td>2.21</td> <td>70.58</td> <td>26.85</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>3.11</td> <td>36.67</td> <td>60.22</td> </tr> <tr> <td>MMP1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>45</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>MMP2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>48</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>MMP3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>46</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>MMP4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>39</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>1MMP(Mas)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>45</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>P/005/BRB</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>20</td> <td>79</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | CAMP. N° | SABBIA 2 - 0.256 mm Wt. % | SABBIA FINE - 0.063 mm Wt. % | LIMO 0.63 - 3.9 □ Wt. % | ARGILLA < 3.9 □ Wt. % | 1 | 0.35 | 2.21 | 70.58 | 26.85 | 2 | 0 | 3.11 | 36.67 | 60.22 | MMP1 | 0 | 0 | 45 | 55 | MMP2 | 0 | 0 | 48 | 52 | MMP3 | 0 | 0 | 46 | 54 | MMP4 | 0 | 0 | 39 | 61 | 1MMP(Mas) | 0 | 0 | 45 | 55 | P/005/BRB | 0 | 1 | 20 | 79 |
| Minerali argillosi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Illite | generalmente prevalente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caolinite | presente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clorite | presente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montmorillonite | scarsa o assente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minerali non argillosi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quarzo | prevalente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feldspato | generalmente scarso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcite - Dolomite | variabile (<7%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ematite | presente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAMP. N° | SABBIA 2 - 0.256 mm Wt. % | SABBIA FINE - 0.063 mm Wt. % | LIMO 0.63 - 3.9 □ Wt. % | ARGILLA < 3.9 □ Wt. % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.35 | 2.21 | 70.58 | 26.85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0 | 3.11 | 36.67 | 60.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MMP1 | 0 | 0 | 45 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MMP2 | 0 | 0 | 48 | 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MMP3 | 0 | 0 | 46 | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MMP4 | 0 | 0 | 39 | 61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1MMP(Mas) | 0 | 0 | 45 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P/005/BRB | 0 | 1 | 20 | 79 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota:

Dei campioni analizzati quelli individuati dai numeri 1-6, 1MMP, 11MMP, 15MMP, e P/005/BRB sono stati prelevati sui fronti di scavo, mentre MMP1, MMP2, MMP3 e MMP4 derivano da sondaggi effettuati nel Settembre del 1997 nella zona estrattiva denominata C, e provengono da profondità rispettivamente di 6, 7, 8 e 12 m.

| Parametri geotecnici | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|---------------------|--------|--------|--------|--------|------|-------|------|------|--------|
| Camp. | W(%) | □ KN/m ³ | WL (%) | WP (%) | WS (%) | lp (%) | lc | CF(%) | A | □ | C' KPa |
| MMP1 | 13 | 21.00 | 55 | 30 | 7 | 25 | 1.68 | 55 | 0.44 | 16.9 | 57 |
| MMP2 | 14 | 20.10 | 52 | 34 | 13 | 18 | 2.11 | 65 | 0.28 | 20 | 23 |
| MMP3 | 15 | 24.80 | 54 | 28 | 16 | 26 | 1.50 | 60 | 0.43 | 18.4 | 53 |
| MMP4 | 11 | 24.70 | 61 | 31 | 17 | 30 | 1.66 | 65 | 0.46 | * | * |
| 1MMP | 19 | 21.00 | 71 | 29 | 16 | 42 | 1.24 | 45 | 0.93 | * | * |
| 11MMP | 15 | 21.20 | 52 | 24 | 18 | 28 | 1.31 | 45 | 0.63 | * | * |
| 15MMP | 18 | 21.70 | 66 | 28 | 21 | 38 | 1.25 | 45 | 0.84 | * | * |

Curve granulometriche



Considerazioni

I campioni non presentano sabbia, tranne il n. 1, e sabbia fine è presente soltanto nei campioni 1 e 2.

Il tenore di limo varia dal 71 al 20 %, mentre quello di argilla va dal 79 al 27%. I due estremi sono rappresentati dal campione 1, che può essere definito, secondo le norme AGI, come limo con argilla debolmente sabbioso, e dal campione P/005/BRB, argilla limosa debolmente sabbiosa.

Gli altri campioni sono tutti classificabili come argilla con limo. Il contenuto d'acqua (W%) per tali materiali, cioè la percentuale in peso di acqua rispetto al peso del campione secco, che viene determinato tramite essiccamento in stufa a 110° per 24 ore, su campioni indisturbati, varia da un minimo di 11% ad un massimo di 19%; questi valori sono perfettamente compatibili con argille consolidate o sovraconsolidate, non superficiali. Infatti l'argilla ha una permeabilità bassissima, dell'ordine di 10-6 m/s, e per questa ragione il materiale che si trova a profondità di oltre 2-3 m viene difficilmente raggiunto dalle acque superficiali. L'unico meccanismo che può permettere all'acqua di penetrare nel terreno è quello dell'infiltrazione attraverso le fessure o le fratture di essiccamento.

Il peso specifico, definito come il peso dell'unità di volume del campione allo stato naturale, variano da un minimo di 21 ad un massimo di 24.8 KN/m³.

I limiti di consistenza o di Atterberg forniscono una indicazione geotecnica sul comportamento delle terre al variare del contenuto d'acqua; si applicano in prevalenza ai terreni passanti al setaccio N° 40 (diametro delle maglie inferiore a 0.42 mm). I più usati sono il limite liquido, limite plastico, limite di ritiro. Il limite liquido è quel contenuto d'acqua al di sotto del quale il terreno possiede un comportamento plastico e al di sopra del quale possiede un comportamento fluido viscoso. I valori ottenuti variano dal 52 al 71% e permettono di definire i materiali analizzati come argille grasse (montmorillonitiche). Tale definizione è confermata anche dai valori ottenuti per il limite plastico, quel contenuto d'acqua al di sotto del quale la pelite perde il comportamento plastico; infatti i dati variano dal 24 al 34%. La differenza tra il limite liquido e quello plastico definisce l'indice di plasticità; esso varia da 18 a 42. Per valori compresi tra 15 e 40 il terreno viene detto plastico, al di sopra di 40 molto plastico: tutti i campioni sono quindi definibili plastici, escluso il campione 1MMP, che è un terreno molto plastico. Il limite di ritiro può essere valutato soltanto su terre coerenti e rappresenta la perdita di volume in funzione dell'essiccamento. I valori misurati variano da un minimo di 7 ad un massimo di 21%, ed indicano un ritiro abbastanza modesto.

Dalla differenza tra il limite liquido ed il contenuto naturale d'acqua, rapportati all'indice plastico si ottiene poi l'indice di consistenza, che varia da 1.24 a 2.11. I campioni sono quindi definibili come semisolidi.

Altri parametri si possono ottenere dalla correlazione tra limiti di consistenza ed analisi granulometrica. L'attività si definisce dal rapporto tra l'indice plastico e la frazione argillosa CF (cioè la percentuale di argilla ricavata dall'analisi granulometrica), ed è un parametro adimensionale. Minore è l'attività, minore è la potenzialità del terreno di

variare il volume; i campioni MMP1, MMP2, MMP3, MMP4 E 11MMP si possono definire non attivi, mentre 1Mmpe 15MMP sono argille normali.

Sui campioni è poi stata eseguita la prova di taglio diretto consolidata drenata con l'apparecchio di Casagrande, che consiste nel sottoporre il provino ad uno sforzo tangenziale, dopo averlo opportunamente consolidato. Essa permette di ricavare il valore della coesione e di angolo di attrito interno: tali parametri variano rispettivamente da 23 a 122 KPa e da 5.5 a 20°.

Alcune analisi di laboratorio sono state effettuate dallo scrivente per valutare le caratteristiche di comportamento tecnologico e l'omogeneità del giacimento argilloso nella "Zona C". Campioni di argilla rossa sono stati prelevati durante l'esecuzione dei carotaggi n. 13 e n. 14 nel settembre 1997 da parte della Ditta Galli di Sestola (MO). I campioni sono stati preliminarmente oggetto di determinazione percentuale dei residui ai vagli da 1130, 3100 e 10.000 maglie/cm².

Dopo aver macinato a secco sono state effettuate valutazioni su carbonati totali e carbonio vegetale.

Dopo pressatura sono stati determinati:

- espansione di post-pessatura;
- resistenza meccanica alla flessione del verde;
- resistenza meccanica alla flessione del secco;
- ritiro di essiccazione.
- Dopo cottura a 1.100°C con ciclo di 60' sono stati rilevati:
- ritiro;
- assorbimento d'acqua;
- resistenza meccanica;
- coefficiente di dilatazione cubica.

Le argille rosse prelevate sono risultate tecnicamente ottime per un loro utilizzo nelle miscele attualmente prodotte in cava.

4.3.2 Arenarie di Ranzano – analisi chimiche

I dati sulla Formazione di Ranzano derivano da diverse fonti : i dati chimico- mineralogici provengono dall'articolo apparso sulla rivista Ceramurgia 1/1991, mentre le determinazioni granulometriche e geotecniche sono state effettuate in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra di Modena.

| Analisi chimica | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|-------------------------------|-----------------|------------------|
| | Wt.% | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | MnO | P ₂ O ₅ | CO ₂ | H ₂ O |
| 1 | | 46.32 | 0.59 | 11.93 | 5.3 | 4.47 | 12.54 | 1.25 | 2.14 | 0.1 | 0.4 | 11.83 | 3.13 |
| Analisi mineralogica | | | | | | | Analisi granulometrica | | | | | | |
| Minerali argillosi | | | | | | | Wt.% | SABBIA | SABBIA FINE | LIMO | ARGILLA | | |
| Illite | | | | | | | | 2 - 0.256 mm | 0.256 - 0.063 mm | 0.075 - 3.9 m | < 3.9 m | | |
| Caolinite | | | | | | | 1 | 0.07 | 1.79 | 85.65 | 12.49 | | |
| Clorite | | | | | | | | | | | | | |
| Montmorillonite | | | | | | | | | | | | | |
| Minerali non argillosi | | | | | | | | | | | | | |
| Quarzo | | | | | | | | | | | Generalmente prevalente | | |
| Feldspato | | | | | | | | | | | generalmente scarso | | |
| Calcite - Dolomite | | | | | | | | | | | Elevata(20 -23%) | | |
| Ematite | | | | | | | | | | | Presente | | |
| Parametri geotecnici | | | | | | | | | | | | | |
| Camp. | W (%) | γ kN/mq | WL (%) | WP (%) | WS (%) | Ip (%) | Ic | CF(%) | A | Φ | C' KPa | Prof. m. | |
| 1 | 15 | 21.00 | 51 | 26 | 20 | 25 | 1.40 | 36 | 0.71 | 29 | 2.5 | 0.5 | |
| 2 | 13 | 21.60 | 48 | 31 | 20 | 17 | 2.09 | 36 | 0.47 | * | * | * | |
| 3 | 17 | 21.50 | 58 | 23 | 17 | 35 | 1.18 | 36 | 0.97 | * | * | * | |
| Considerazioni | | | | | | | | | | | | | |

Dall'analisi granulometrica si può notare come la Formazione di Ranzano sia più grossolana delle Marne di Monte Piano. Infatti, mentre generalmente le argille rosse sono state classificate come argille con limo, le argille grigie, anche se è disponibile un solo campione, si possono definire come limo debolmente argilloso con tracce di sabbia. Questa differenza è mostrata anche dalla composizione mineralogica, nella quale risulta assente la montmorillonite. Il contenuto d'acqua varia da 13 a 17%, ed il peso specifico si assesta attorno a 21 Kn/m³.

Per quanto riguarda i limiti di consistenza, quello liquido va da 48 a 58%, quello plastico va da 23 a 36% e quello di ritiro varia dal 17 al 20%. Questi valori risultano in media leggermente inferiori a quelli ottenuti per le Marne di Monte Piano, infatti sulla base del WL il campione 2 è definibile un'argilla magra (illitica), mentre gli altri due sono argille grasse. Sulla base dell'indice plastico, i terreni possono essere definiti plastici e la consistenza è solida. L'attività è tipica di argille non attive nel caso dei campioni 1 e 2, mentre il campione 3 risulta un'argilla normale.

Un solo provino è stato sottoposto a prova di taglio diretto, la sua coesione è risultata di 2,5 KPa e l'angolo di attrito interno di 29°. Il valore di coesione ottenuto è da considerarsi estremamente basso, ma ciò è probabilmente dovuto alla profondità alla quale è stato estratto, di soli 0,5 m. Infatti i terreni superficiali sono sottoposti a processi di alterazione dovuti all'acqua superficiale e ad un detensionamento, conseguente alla asportazione del materiale soprastante, a causa della diminuzione del carico verticale. Per questo motivo i loro parametri geotecnici possono risultare scadenti, e non rispecchiano le caratteristiche del materiale consolidato, situato più in profondità.

In conclusione, sulla base dei dati granulometrici ottenuti è stato possibile classificare i terreni tramite il diagramma ternario riportato in figura seguente dal quale si evince come i campioni di Ranzano sono per lo più di tipo limo argilloso (uno solo è limoso), mentre i campioni di Monte Piano ricadono nel campo dei materiali argillosi.

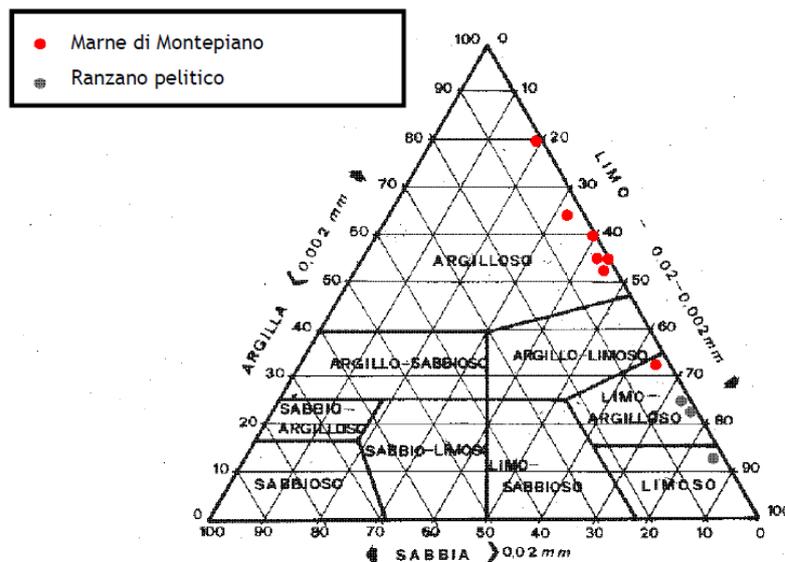


Figura 39. Diagramma triangolare per la classificazione dei terreni sciolti, per la Formazione di Ranzano e per le Marne di Montepiano. Da relazione geologica

5 MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" DEL SITO DI COSTRUZIONE

5.1 Sismicità

5.1.1 Zonazione sismica e pericolosità

L'area in esame, nella zonazione sismogenetica pubblicata sul sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> (G.d L., 2004⁵), si viene a trovare nella zona sismogenetica 913. Le zone sismogenetiche 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna.

Nel "Database of individual seismogenetic sources - DISS"⁶ disponibile al sito www.ingv.it l'area in esame ricade internamente alle sorgenti sismogenetiche individuate ed in particolare della sorgente sismogenetica denominata **ITCS027** Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga, per la quale sono riportate le informazioni sintetizzate nella tabella seguente.

| GENERAL INFORMATION | |
|---------------------|---|
| DISS-ID | ITCS027 |
| Name | Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga |
| Compiler(s) | Burrato P.(1), Mariano S.(1) |
| Contributor(s) | Burrato P.(1), Mariano S.(1) |
| Affiliation(s) | 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy |
| Created | 08-Jan-2005 |
| Updated | 17-May-2012 |
| Display map ... |  |
| Related sources | ITIS058 ITIS047 ITIS048 ITIS049 ITIS055 ITIS135 |

| PARAMETRIC INFORMATION | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-----------|----------|--|
| | PARAMETER | QUALITY | EVIDENCE | |
| | Min depth [km] | 12.0 | OD | Based on structural geology and geodynamic constraints. |
| | Max depth [km] | 22.0 | OD | Based on structural geology and geodynamic constraints. |
| | Strike [deg] min... max | 90...160 | OD | Based on geological constraints and structural geology. |
| | Dip [deg] min... max | 20...55 | OD | Based on geological constraints and structural geology. |
| | Rake [deg] min... max | 70...110 | EJ | Inferred from geological data. |
| | Slip Rate [mm/y] min... max | 0.1...0.5 | EJ | Unknown, values assumed from geodynamic constraints. |
| | Max Magnitude [Mw] | 6.2 | OD | Derived from maximum magnitude of associated individual source(s). |

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Tabella 2. Informazioni riguardanti la sorgente sismogenetica ITCS027 Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga ricavate dal "Database of individual seismogenetic sources - DISS"⁷ disponibile al sito www.ingv.it.

⁵ Gruppo di Lavoro (2004): Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma.

⁶ DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.

⁷ DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.

Nel "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (Gruppo di lavoro CPTI15 versione 2.0, 2019⁸) per un intorno significativo dell'area in esame (un rettangolo di 30 Km di lato con centro nell'area in esame) sono stati identificati 40 eventi significativi, dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.

| N | Sect | Year | Mo | Da | Ho | Mi | Se | EpicentralArea | MainRef | TLDef | LatDef | LonDef | DepDef | IoDef | TloDef | MwDef | ErMwDef | TMwDef |
|------|------|------|----|----|----|----|-------|--------------------|-----------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|--------|
| 183 | MA | 1465 | 04 | 07 | 15 | 30 | | Pianura emiliana | CFTI4med | MM | 44,698 | 10,631 | | 5-6 | bx | 4,40 | 0,46 | Mdm |
| 216 | MA | 1485 | | | | | | Reggio nell'Emilia | CFTI4med | MM | 44,698 | 10,631 | | 5 | bx | 4,16 | 0,46 | Mdm |
| 327 | MA | 1547 | 02 | 10 | 13 | 20 | | Reggiano | CFTI4med | MM | 44,698 | 10,631 | | 7 | bx | 5,10 | 0,46 | Mdm |
| 328 | MA | 1547 | 03 | 24 | | | | Reggiano | CFTI4med | MM | 44,698 | 10,631 | | 5-6 | bx | 4,40 | 0,46 | Mdm |
| 383 | MA | 1591 | 05 | 24 | | | | Reggio nell'Emilia | ENEL985 | MM | 44,698 | 10,631 | | 6 | bx | 4,63 | 0,46 | Mdm |
| 400 | MA | 1600 | 10 | 28 | | | | Reggio nell'Emilia | CAMAL011b | MM | 44,698 | 10,631 | | 7-8 | bx | 5,33 | 0,46 | Mdm |
| 406 | MA | 1607 | 12 | 31 | | | | Reggio nell'Emilia | CFTI4med | MM | 44,698 | 10,631 | | 5 | bx | 4,16 | 0,46 | Mdm |
| 407 | MA | 1608 | 01 | 06 | 22 | 20 | | Reggio nell'Emilia | CFTI4med | MM | 44,698 | 10,631 | | 5-6 | bx | 4,40 | 0,46 | Mdm |
| 1020 | MA | 1811 | 07 | 15 | 22 | 44 | | Modenese-Reggiano | ENEL985 | MM | 44,572 | 10,728 | | 6-7 | bx | 5,13 | 0,34 | Mdm |
| 1335 | MA | 1869 | 12 | 13 | 02 | 53 | | Sassuolo | MOLAL008 | MM | 44,629 | 10,779 | | 5 | bx | 4,57 | 0,39 | Mdm |
| 1358 | MA | 1873 | 05 | 16 | 19 | 35 | | Reggiano | ENEL985 | MM | 44,612 | 10,701 | | 6-7 | bx | 5,01 | 0,45 | Mdm |
| 1590 | MA | 1892 | 05 | 17 | 03 | 08 | 15,00 | Carpineti | MOLAL008 | MM | 44,377 | 10,508 | | 5 | bx | 4,28 | 0,56 | Mdm |
| 1687 | MA | 1896 | 12 | 08 | 17 | 06 | 45,00 | Sestola | MOLAL008 | MM | 44,202 | 10,817 | | 5 | bx | 4,33 | 0,52 | Mdm |
| 1844 | MA | 1904 | 02 | 25 | 18 | 47 | 50,00 | Reggiano | CFTI4med | MM | 44,490 | 10,640 | | 6 | bx | 4,81 | 0,18 | Mdm |
| 1953 | MA | 1908 | 06 | 02 | 22 | 30 | | Frignano | AMGNdT995 | MM | 44,264 | 10,823 | | 4-5 | bx | 4,50 | 0,18 | Wmim |
| 1982 | MA | 1909 | 03 | 18 | 02 | 51 | | Appennino reggiano | MOLAL008 | MM | 44,185 | 10,431 | | 4-5 | bx | 4,13 | 0,45 | Mdm |
| 2218 | MA | 1918 | 05 | 06 | 08 | 05 | | Reggiano | CFTI4med | MM | 44,691 | 10,630 | | 5-6 | bx | 4,41 | 0,56 | Mdm |
| 2295 | MA | 1923 | 06 | 28 | 15 | 12 | | Modenese | AMGNdT995 | MM | 44,595 | 10,799 | | 6 | bx | 5,04 | 0,12 | Wmim |
| 2346 | MA | 1926 | 06 | 28 | 21 | 15 | | Appennino reggiano | AMGNdT995 | MM | 44,488 | 10,488 | | 3-4 | bx | 3,46 | 0,46 | Mdm |
| 2362 | MA | 1927 | 11 | 20 | 10 | 24 | 12,00 | Appennino reggiano | MOLAL008 | MM | 44,358 | 10,378 | | 5 | bx | 4,29 | 0,33 | Mdm |
| 2425 | MA | 1930 | 09 | 24 | 19 | 10 | 55,00 | Reggiano | ISS | II | 44,600 | 10,600 | | | | | | |
| 2533 | MA | 1937 | 12 | 10 | 18 | 04 | | Frignano | MAMO983 | MM | 44,334 | 10,834 | | 6 | bx | 5,30 | 0,12 | Wmim |
| 2905 | MA | 1965 | 11 | 09 | 15 | 35 | | Appennino reggiano | CASAL996 | MI | 44,373 | 10,355 | | 5 | bx | 4,17 | 0,20 | Wmim |
| 2921 | MA | 1967 | 05 | 15 | 10 | 03 | 34,00 | Appennino reggiano | MOLAL008 | MI | 44,435 | 10,400 | | 4 | bx | 4,07 | 0,26 | Wmim |
| 3057 | MA | 1972 | 06 | 25 | 17 | 10 | 47,87 | Parmense | ISC | II | 44,638 | 10,303 | 49,6 | | | 4,01 | 0,23 | InsC |
| 3319 | MA | 1981 | 05 | 26 | 09 | 27 | 56,00 | Reggiano | CFTI4med | MI | 44,655 | 10,434 | | 5 | bx | 3,75 | 0,21 | Wmim |
| 3550 | MA | 1988 | 02 | 08 | 13 | 36 | 44,64 | Frignano | ISC | IM | 44,195 | 10,555 | 18,6 | 5 | bx | 4,28 | 0,15 | Wmim |
| 3788 | MA | 1995 | 12 | 31 | 21 | 29 | 47,60 | Appennino reggiano | CSTI1.1 | IM | 44,422 | 10,566 | 10,2 | 4-5 | bx | 4,51 | 0,10 | InsO |
| 3833 | MA | 1997 | 04 | 16 | 06 | 45 | 50,66 | Appennino reggiano | CSI1.1 | II | 44,501 | 10,716 | 15,1 | | | 4,06 | 0,19 | InsC |
| 3922 | MA | 1997 | 12 | 24 | 17 | 53 | 10,12 | Garfagnana | CSI1.1 | IM | 44,168 | 10,487 | 16,0 | 5 | bx | 4,33 | 0,07 | InsO |
| 4033 | MA | 2000 | 06 | 18 | 08 | 14 | 23,95 | Pianura emiliana | CSI1.1 | II | 44,693 | 10,633 | 12,1 | | | 4,88 | 0,30 | InsC |
| 4051 | MA | 2000 | 10 | 03 | 01 | 12 | 36,56 | Frignano | CSI1.1 | IM | 44,333 | 10,656 | 11,1 | 5 | bx | 4,22 | 0,07 | InsO |
| 4128 | MA | 2002 | 06 | 08 | 20 | 13 | 07,10 | Frignano | CSI1.1 | IM | 44,274 | 10,617 | 32,4 | 4 | bx | 4,23 | 0,07 | InsO |
| 4129 | MA | 2002 | 06 | 18 | 22 | 23 | 38,10 | Frignano | CSI1.1 | IM | 44,395 | 10,683 | 32,1 | 4 | bx | 4,30 | 0,07 | InsO |
| 4130 | MA | 2002 | 06 | 19 | 22 | 11 | 15,57 | Frignano | CSI1.1 | IM | 44,413 | 10,681 | 31,9 | 3 | bx | 4,03 | 0,07 | InsO |
| 4358 | MA | 2008 | 12 | 23 | 15 | 24 | 21,77 | Parmense | BSINGV | IM | 44,544 | 10,345 | 22,9 | 6-7 | bx | 5,36 | 0,07 | InsO |
| 4359 | MA | 2008 | 12 | 23 | 21 | 58 | 26,57 | Parmense | BSINGV | II | 44,527 | 10,355 | 23,7 | | | 4,81 | 0,07 | InsO |
| 4361 | MA | 2008 | 12 | 25 | 03 | 08 | 29,80 | Parmense | BSINGV | II | 44,556 | 10,309 | 21,9 | | | 4,09 | 0,12 | InsC |
| 4542 | MA | 2013 | 01 | 25 | 14 | 48 | 18,27 | Garfagnana | BSINGV | II | 44,164 | 10,445 | 19,8 | | | 5,01 | 0,07 | InsO |
| 4715 | MA | 2016 | 12 | 09 | 07 | 21 | 50,20 | Appennino reggiano | BSI017a | II | 44,332 | 10,481 | 9,6 | | | 3,99 | 0,19 | InsC |

| Field | Description | TLDef | Description |
|----------------|---|---------|---|
| N | Record number (in chronological order) | | Type of default location: - MI = macroseismic (alternative to instrumental) - IM = instrumental (alternative to macroseismic) - II = instrumental (only choice) - MM = macroseismic (only choice) - PC = from parametric catalogue - NP = location not defined |
| Sect | Catalogue section, related to a specific seismological context MA = main NV = Phlegraean volcanic area EV = Etna volcanic area CA = Calabrian arc (subduction) | | |
| Year | Origin time: year | LatDef | Default epicentral latitude (WGS84) |
| Mo | Origin time: month | LonDef | Default epicentral longitude (WGS84) |
| Da | Origin time: day | DepDef | Default depth in km (instrumental; only when TLDef = II or IM) |
| Ho | Origin time: hour | IoDef | Default epicentral intensity |
| Mi | Origin time: minutes | TloDef | Source of the default epicentral intensity: - bx = from macroseismic data, determined using Boxer - pc = from parametric catalogue - dm = from macroseismic data according to the referenced study (RefM) |
| Se | Origin time: seconds | MwDef | Default moment magnitude |
| EpicentralArea | Epicentral area or area of the largest macroseismic effects | ErMwDef | Error associated to the default moment magnitude |
| MainRef | Main bibliographical reference: - equal to RefM when TLDef = MM, MI, ND - equal to RefIns when TLDef = II or IM - code of the reference parametric catalogue when TLDef = PC | TMwDef | Default moment magnitude determination code: - InsO = instrumental, recorded - InsC = instrumental, converted from other magnitude scales - Mdm = macroseismic, from intensity data - Mlo = macroseismic, converted from epicentral intensity - Mpc = from the source parametric catalogue - Wmim = mean of MwIns and MwM, weighted with the inverse of the related variances |

Tabella 3. Estratto dal Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani.

⁸ Rovida A., Locati M., Camassi R., Lelli B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>

5.1.2 Classificazione sismica

Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il Comune di **Carpineti** viene classificato in **zona 3**. Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale.

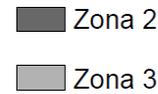
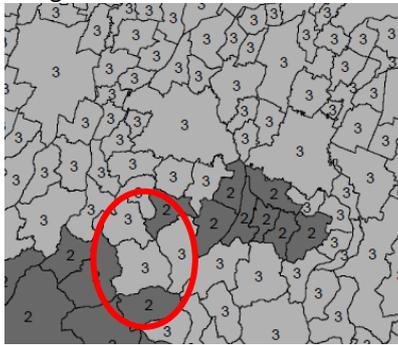


Figura 40. Estratto dall'allegato B della DGR n.1164/2018.

Nel D.M 17 gennaio 2018. "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" per il calcolo della pericolosità si fa riferimento agli allegati delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. n°29 del 04/02/08) in cui in particolare è fornita la pericolosità sismica su reticolo di riferimento per diversi intervalli di riferimento (sito <http://esse1.mi.ingv.it/>). Poiché l'area in esame non ricade precisamente su uno di tali punti, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento attraverso la seguente espressione:

dove
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$
 p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame; pi è il valore del parametro di interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame; d è la distanza del punto in esame dall'iesimo punto della maglia suddetta.

Di seguito si riportano i parametri a_g , F_0 e T_c' per diversi periodo di ritorno TR ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://www.cslp.it/cslp/>.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 10,56988 LATITUDINE: 44,43358

Ricerca per comune
 REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche: Grafico spettri di risposta, Variabilità dei parametri
 Elaborazioni: Tabella parametri

Reticolo di riferimento: Controllo sul reticolo (Site esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta)

Interpolazione: media ponderata

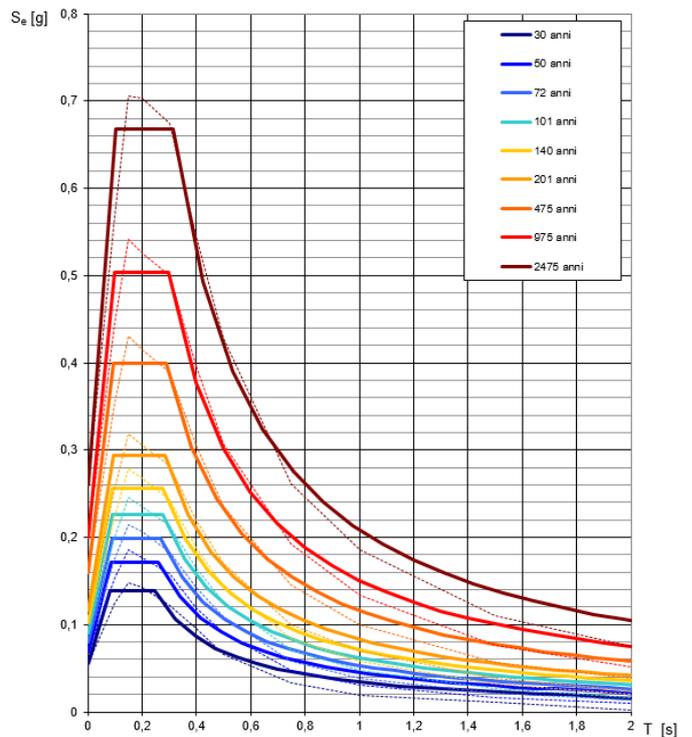
Nodi del reticolo intorno al sito:

| | |
|-------|-------|
| 16941 | 16942 |
| 17163 | 17164 |

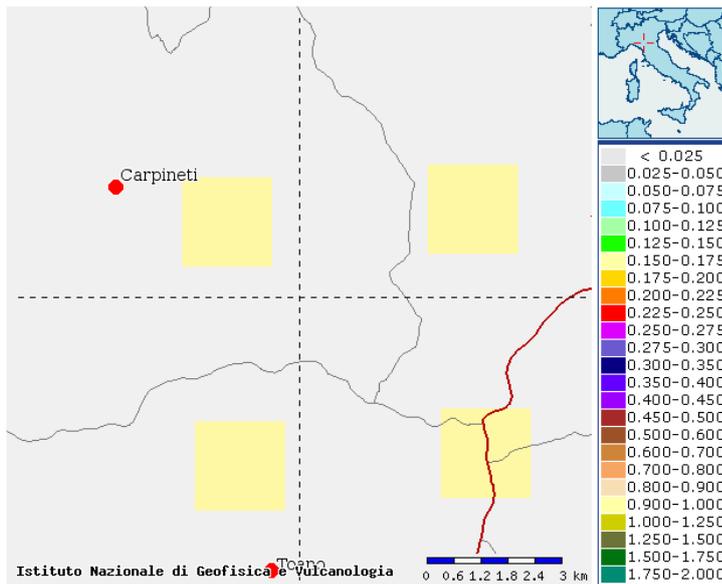
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

| T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_c' [s] |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| 30 | 0,056 | 2,492 | 0,247 |
| 50 | 0,069 | 2,487 | 0,261 |
| 72 | 0,080 | 2,500 | 0,268 |
| 101 | 0,091 | 2,486 | 0,274 |
| 140 | 0,103 | 2,493 | 0,278 |
| 201 | 0,117 | 2,501 | 0,284 |
| 475 | 0,159 | 2,514 | 0,290 |
| 975 | 0,200 | 2,523 | 0,299 |
| 2475 | 0,260 | 2,570 | 0,313 |

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



I dati di disaggregazione riportati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/> per i vertici identificati, per a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (SLV), indicano magnitudo (M) comprese tra 4-6 e distanze (D) comprese tra 0-30 km.

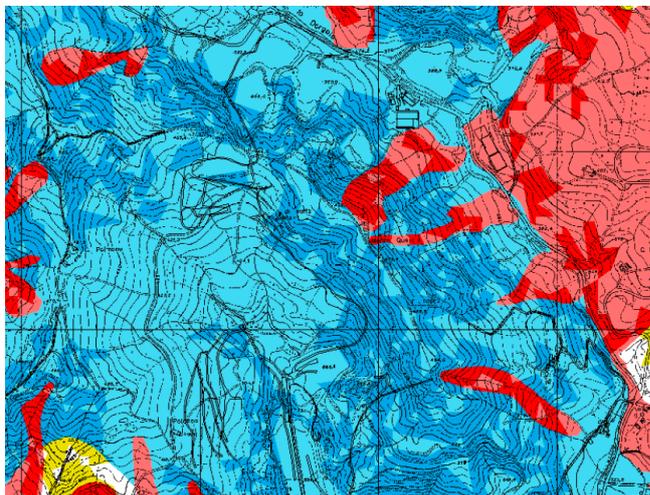


| | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 16941 | 16942 | 17164 | 17163 |
| M | 4.880 | 4.880 | 4.890 | 4.900 |
| D | 8.610 | 8.600 | 8.660 | 8.580 |
| Epsilon | 0.899 | 0.897 | 0.906 | 0.905 |

Figura 41. Dati di disaggregazione estratti dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/> per i nodi relativi all'area in esame.

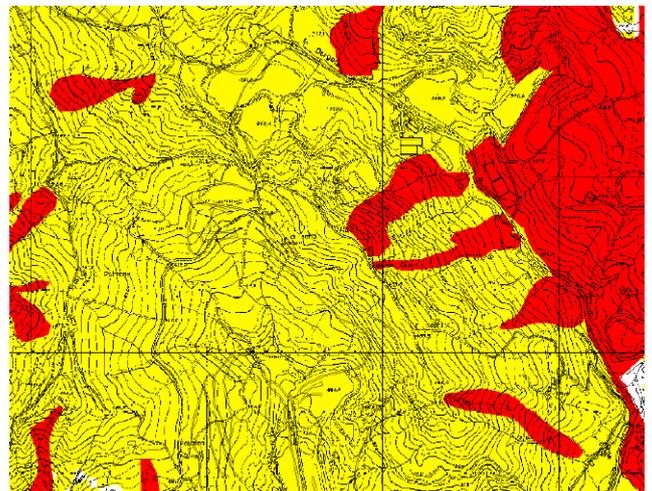
5.2 Elementi di microzonazione sismica

Nella tavola P9a (218SE) "Rischio sismico-carta degli effetti attesi" del PTCP della provincia di Reggio Emilia, la cava Braglie ricade prevalentemente nelle classi "C" e "D" per le quali sono segnalati come effetti attesi amplificazione stratigrafica e topografica; per le aree in dissesto sono indicate le classi "A" e "B" caratterizzate da instabilità di versante, amplificazione stratigrafica e topografica. Nella tavola P9b (218SE) "Rischio sismico - carta dei livelli di approfondimento" è indicato un livello di approfondimento "2" e localmente "3" per le aree in frana.



| | | EFFETTI ATTESI | | | | |
|--------|---|------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|--------------|
| | | AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA | AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA | INSTABILITA' DI VERSANTE | CEDIMENTI | LIQUEFAZIONE |
| CLASSI | A | X | | X | | |
| | B | X | X | X | | |
| | C | X | | | | |
| | D | X | X | | | |
| | E | | X | | | |
| | F | X | | | | X |
| | G | X | | | X (potenziale) | |
| | H | | | | | |

Figura 42. Estratto dalla tavola P9a (218 SE) del PTCP della provincia di Reggio Emilia (2010) – "Rischio sismico-carta degli effetti attesi".



LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

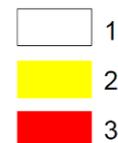


Figura 43. Estratto dalla tavola P9b (218 SE) del PTCP della provincia di Reggio Emilia (2010) – "Rischio sismico-carta dei livelli di approfondimento".

5.2.1 *Categorie di sottosuolo*

Per la definizione dell'azione sismica si è fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle **NTC2018**.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Dove h_i =spessore dell'i-esimo strato; $V_{s,i}$

velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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

Sulla base dei valori di V_s ricavati dalle prove sismiche (MASW) reperite e ritenute significative per i terreni presenti all'interno della cava Braglie, è possibile classificare il sottosuolo come **tipo B**.

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

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| 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. |

Figura 44. Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC18

5.2.2 *Categorie topografiche*

Per la definizione delle categorie topografiche si è fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle NTC2018 che si basa sull'individuazione di categorie topografiche di riferimento così come riportate nelle tabelle 3.2.III. e 3.2.V.

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni topografiche bidimensionali e devono essere considerate per altezza maggiore a 30m.

Si evidenzia come ai sensi delle NTC la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica sia definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario. La conformazione topografica dell'area del fronte della cava Braglie può essere schematizzata o come uno scavo in corrispondenza della sommità o come un rilievo con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$, pertanto può essere classificata come categoria T2 o T3 con S_s pari a 1.2.

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 $i > 30^\circ$ |

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30° | 1,4 |

5.3 Modello sismico locale e parametri sismici di calcolo

Le verifiche sono state seguite assumendo un'opera con Vita Nominale $V_N > 50$ (fronte di scavo definitivo e/o recupero morfologico finale) come previsto nella tabella 2.4.I delle NTC 2018; è stata inoltre assunta una Classe d'uso II, da cui deriva un coefficiente $C_U = 1.0$ (vedasi tabella 2.4.II delle NTC 2018).

Sulla base delle definizioni precedenti le azioni sismiche si possono calcolare in relazione ad un periodo di riferimento V_R , che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U secondo la relazione riportata nella formula 2.4.1 delle NTC 2018 e di seguito riportata.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per l'opera in esame il valore di V_R risulta pari a **50** anni.

Come parametro caratterizzante della pericolosità sismica è utilizzato il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni e calcolato secondo la formula (1) dell'allegato A delle NTC 2008, riportata di seguito:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Il valore di probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} cui riferirsi per individuare l'azione sismica in ciascuno degli stati limite è riportato nella tabella 3.2.I delle NTC2018.

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

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

Per il fronte di scavo definitivo e/o recupero morfologico il periodo di ritorno dell'azione sismica risulta pari a **$T_R = 475$** anni.

Di seguito si riportano i dati relativi all'area di interesse per una costruzione con Vita Nominale 50 anni e coefficiente d'uso $C_U = 1.0$ ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://www.cslp.it/cslp/>.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

| 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 |

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

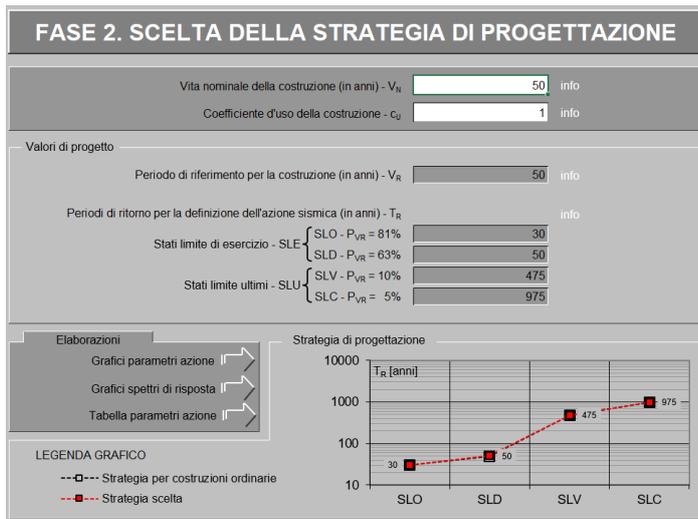
| CLASSE D'USO | I | II | III | IV |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE C_U | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

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 DM 5/11/2001, 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.



| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_c' [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| SLO | 30 | 0.056 | 2.492 | 0.248 |
| SLD | 50 | 0.069 | 2.487 | 0.262 |
| SLV | 475 | 0.159 | 2.514 | 0.290 |
| SLC | 975 | 0.200 | 2.523 | 0.299 |

| | | |
|--------|-------|------|
| V_N | 50 | anni |
| C_U | 1 | |
| V_R | 50 | |
| T_R | 475 | anni |
| a_g | 0.159 | g |
| F_o | 2.514 | - |
| T_c' | 0.290 | s |

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} è stata determinata con la seguente relazione

$$a_{max} = S_s \times S_t \times a_g / g$$

dove: a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido; S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_t = coefficiente di amplificazione topografica. Il prodotto $S_s \times S_t = S$ rappresenta il coefficiente di amplificazione locale.

Per quello che riguarda la classificazione topografica generale, l'area in esame rientra nella categoria T2 o T3 con $S_t = 1.2$.

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo si evidenzia come per comprendere in dettaglio la situazione geologico-sismica sono state ricostruite una serie di sezioni geologiche e litologiche utilizzando i dati di rilievo geologico e delle indagini geognostiche; le sezioni utilizzate sono state estratte sulla base topografica di progetto per valutare la reale situazione della stratigrafia verticale di verifica delle sezioni di scavo.

Le sezioni evidenziano come il progetto preveda la sistemazione dei versanti con la totale asportazione delle eventuali coperture superficiali (eluviali o più frequentemente vecchi "spurghi-sterili di cava"). Tale operazione porterà in affioramento o il substrato roccioso. Quindi per le sezioni di progetto e verifica sono state ottenute le seguenti categorie di sottosuolo.

| Sezione verifica | Descrizione | Condizione geologica | Condizione idrogeologica | Categoria di sottosuolo e parametri sismici |
|------------------|---|--|--------------------------|---|
| 3 | Attraversa la cava in direzione E-W, da una quota di 420 m s.l.m. sino a circa 365 m s.l.m. | La sezione interessa totalmente la formazione delle Marne di Monte Piano; attraversa il fronte di scavo della zona ovest della cava, parzialmente coperto da sterili, passando poi per l'aia superiore e l'aia inferiore e termina in prossimità del piazzale della zona di collegamento. Lo scavo prevede l'asportazione completa dei materiali superficiali fino alla messa a giorno del substrato roccioso secondo le pendenze conformi alle norme di PAE. Alla base del fronte di scavo la sezione attraversa l'area dei riporti degli sterili prevista dal PGR. | Assenza di falda | B |
| 8 | Attraversa la cava in direzione SW-NE, da una quota di 435 m s.l.m. sino a circa 370 m s.l.m. | La sezione interessa la formazione di Ranzano e la formazione delle Marne di Monte Piano; attraversa il fronte di scavo nella zona più a sud, passando poi per l'aia inferiore e termina in prossimità del piazzale della zona di collegamento. Alla base del fronte di scavo la sezione attraversa l'area dei riporti degli sterili prevista dal PGR. | Assenza di falda | B |

| Sezione verifica | Descrizione | Condizione geologica | Condizione idrogeologica | Categoria di sottosuolo e parametri sismici |
|------------------|---|--|--------------------------|---|
| 20 | Attraversa la cava in direzione SSW-NNE, da una quota di 430 m s.l.m. sino a circa 389 m s.l.m. | La sezione interessa la formazione di Ranzano e la formazione delle Marne di Monte Piano ed attraversa il fronte di scavo nella zona sud della cava. | Assenza di falda | B |

Nella zona della frana A3 è stata eseguita una verifica in back analysis per determinare il range di parametri e valutare l'efficacia degli interventi previsti.

Alla luce di quanto sopra descritto sono stati ricavati i parametri sismici necessari per l'esecuzione delle verifiche di stabilità dei versanti. In particolare nelle analisi pseudostatiche delle condizioni di stabilità dei pendii, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi secondo le formule seguenti:

Componenti orizzontali

$$F_h = K_h * W$$

$$K_h = \beta_s * \frac{a_{max}}{g}$$

Componenti verticali

$$F_v = K_v * W$$

$$K_v = \pm 0.5 * K_h$$

W = Peso volume potenzialmente instabile; K_h = coefficiente sismico orizzontale; K_v = coefficiente sismico verticale; a_{max} = accelerazione orizzontale massima al sito; g = accelerazione di gravità; β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (come da paragrafo 7.11.4 delle NTC2018).

Il valore del coefficiente β_s , sulla base di quanto riportato nelle NTC 2018 risulta, pari a $\beta_s=0.38$ per le verifiche in SLV e 0.47 per le verifiche in SLD.

Di seguito si riportano i parametri calcolati in funzione dei tempi di ritorno TR e della categoria di sottosuolo B.

Categoria B

| Stato Limite Ultimo | | SLV | |
|--|---------------------------|-----------------|-------------------|
| accelerazione di progetto | ag | 0.159 | g |
| Parametro spettrale | Fo | 2.514 | - |
| Parametro spettrale | Tc' | 0.29 | s |
| Stato Limite di Esercizio | | SLD | |
| accelerazione di progetto | ag | 0.069 | g |
| Parametro spettrale | Fo | 2.487 | - |
| Parametro spettrale | Tc' | 0.262 | s |
| Stato Limite Ultimo | | SLV | |
| Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo | Ss | 1.200 | di progetto |
| Categoria topografica | | T2 | |
| Coefficiente di amplificazione topografica | St | 1.20 | |
| Coefficiente di amplificazione sismica locale | $S = St * Ss$ | 1.440 | |
| | Amax | $Amax = Ag * S$ | 0.2290 g |
| Coefficiente di riduzione | $\beta =$ | 0.38 | Da tabella 7.11.I |
| Coefficiente sismico orizzontale | $k_{hk} = ag * S * \beta$ | 0.0870 | |
| Coefficiente sismico verticale | kv | 0.0435 | |
| Stato Limite di Esercizio | | SLD | |
| Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo | Ss | 1.20 | di progetto |
| Categoria topografica | | T2 | |
| Coefficiente di amplificazione topografica | St | 1.20 | |
| Coefficiente di amplificazione sismica locale | $S = St * Ss$ | 1.44 | |
| | Amax | $Amax = Ag * S$ | 0.0994 g |

Tabella 4. Parametri per verifiche stabilità (vita nominale di 50 anni) categoria sottosuolo B.

6 STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

Le verifiche di stabilità sono state eseguite con il programma di calcolo *Slide* della Società Canadese Rocscience, secondo quanto previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM del 17 gennaio 2018.

6.1.1 Metodo di calcolo

La verifica, che confronta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione E_d con quello di progetto della resistenza del sistema geotecnico R_d , è stata condotta secondo:

- 1) Condizioni statiche. Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1 considerando i coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC2018:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Q1} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | γ_γ | 1,0 | 1,0 |

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

| COEFFICIENTE | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1,1 |

- 2) Condizioni sismiche-pseudostatiche. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale. (§ 7.11.3.5.2)

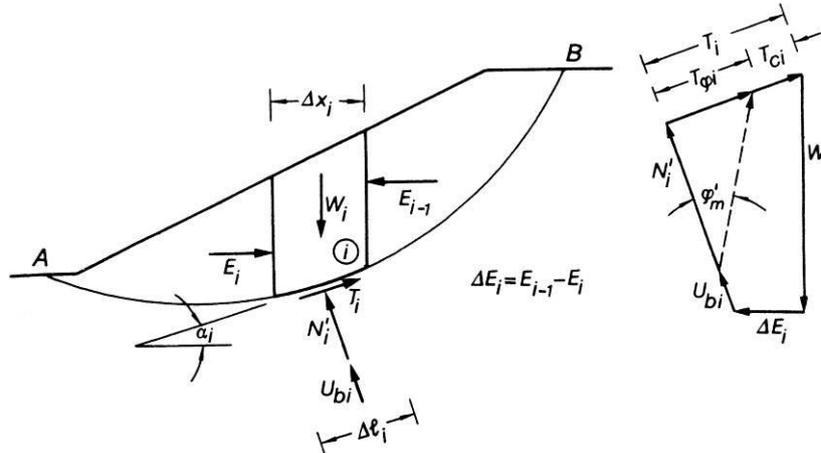
$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad [7.11.3]$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad [7.11.4]$$

Adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

- Per fronti di scavo e rilevati:
 $\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

Le verifiche sono state eseguite utilizzando i metodi di Bishop (1955) e Jambu (1955) ed ipotizzando superfici di scorrimento circolari di raggio r , con il materiale coinvolto nella rottura suddiviso in concii di larghezza b , per ognuna delle quali vengono valutati il momento stabilizzante M_s e il momento ribaltante M_r calcolati rispetto al centro del cerchio.



Il contributo al momento stabilizzante M_s di un concio è fornito in generale dalla resistenza alla base, somma della componente del peso W ortogonale alla base moltiplicata per la tangente dell'angolo di resistenza al taglio ϕ e della eventuale coesione c , moltiplicata per la lunghezza $b/\cos\alpha$, dove α è l'inclinazione della base del concio rispetto all'orizzontale.

Nei casi in esame l'azione di progetto E_d corrisponde al momento ribaltante M_r e la resistenza di progetto R_d al momento stabilizzante M_s ; la verifica viene quindi soddisfatta, considerando il fattore parziale γ_r sulla resistenza di progetto, se:

$$E_d \leq R_d \Leftrightarrow M_r \leq \frac{M_s}{\gamma_r}$$

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte mediante l'analisi di tipo pseudo-statico che considera un sistema di forze orizzontali e verticali applicate ai volumi di terreno coinvolti; la determinazione delle forze è riportata nel paragrafo 5.3.

6.2 Scelta sezioni di verifica e parametri geotecnici caratteristici

Le verifiche di stabilità sono state eseguite sulle seguenti sezioni.

| Sezione verifica | Descrizione | Condizione geologica | Condizione idrogeologica | Categoria di sottosuolo e parametri sismici |
|------------------|---|--|--------------------------|---|
| 3 | Attraversa la cava in direzione E-W, da una quota di 420 m s.l.m. sino a circa 365 m s.l.m. | La sezione interessa totalmente la formazione delle Marne di Monte Piano; attraversa il fronte di scavo della zona ovest della cava, parzialmente coperto da sterili, passando poi per l'aia superiore e l'aia inferiore e termina in prossimità del piazzale della zona di collegamento. Lo scavo prevede l'asportazione completa dei materiali superficiali fino alla messa a giorno del substrato roccioso secondo le pendenze conformi alle norme di PAE. Alla base del fronte di scavo la sezione attraversa l'area dei riporti degli sterili prevista dal PGR. | Assenza di falda | B kh = 0.0870 Kv = 0.0435 Condizione SLV TR 475 anni |
| 8 | Attraversa la cava in direzione SW-NE, da una quota di 435 m s.l.m. sino a circa 370 m s.l.m. | La sezione interessa la formazione di Ranzano e la formazione delle Marne di Monte Piano; attraversa il fronte di scavo nella zona più a sud, passando poi per l'aia inferiore e termina in prossimità del piazzale della zona di collegamento. | Assenza di falda | B kh = 0.0870 Kv = 0.0435 Condizione SLV TR 475 anni |

| Sezione verifica | Descrizione | Condizione geologica | Condizione idrogeologica | Categoria di sottosuolo e parametri sismici |
|------------------|---|--|--------------------------|---|
| 20 | Attraversa la cava in direzione SSW-NNE, da una quota di 430 m s.l.m. sino a circa 389 m s.l.m. | La sezione interessa la formazione di Ranzano e la formazione delle Marne di Monte Piano ed attraversa il fronte di scavo nella zona sud della cava. | Assenza di falda | B kh = 0.0870 Kv = 0.0435 Condizione SLV TR 475 anni |

Le sezioni sono state editate in massima pendenza, scegliendo le più cautelative o quelle maggiormente rappresentative. Le tracce e le sezioni tipo sono riportate di seguito (le tracce delle sezioni sono anche presenti in Tavola 8).

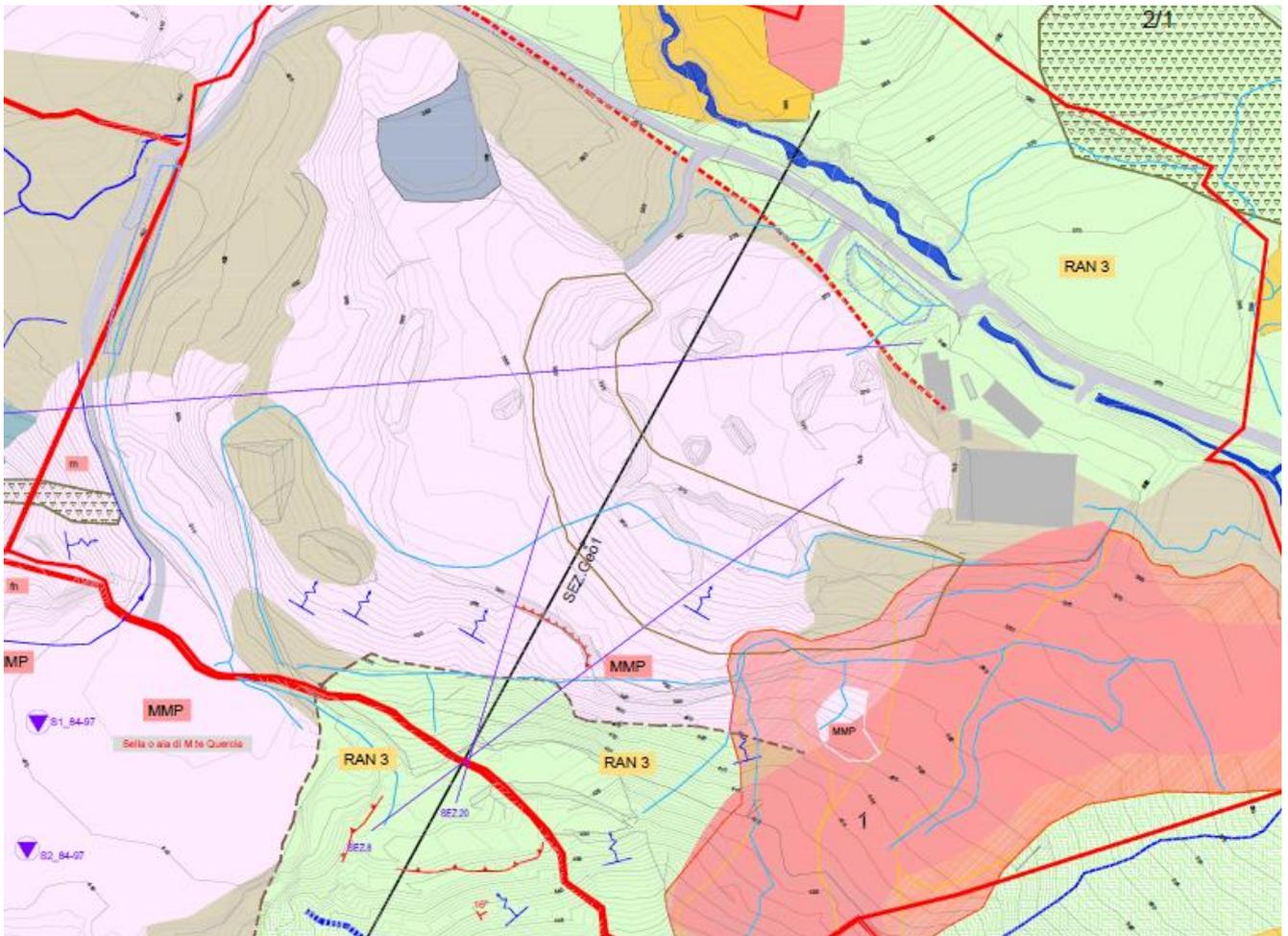


Figura 45. Estratto tavola 8 con rappresentate le tracce delle sezioni sopraelencate.

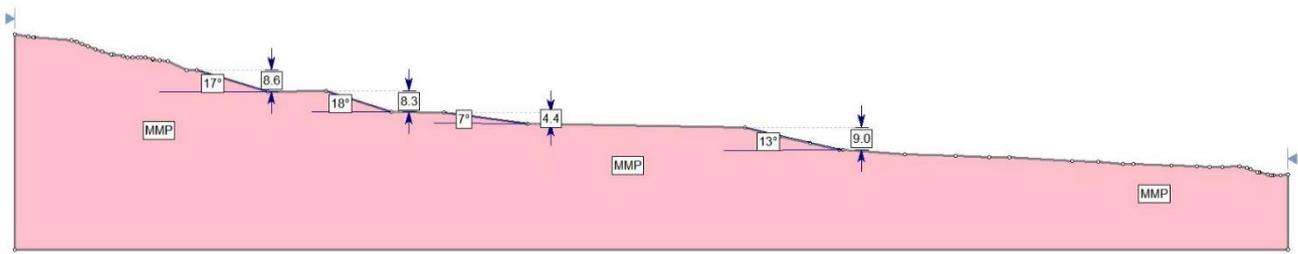


Figura 46. Sezione tipo n°3.

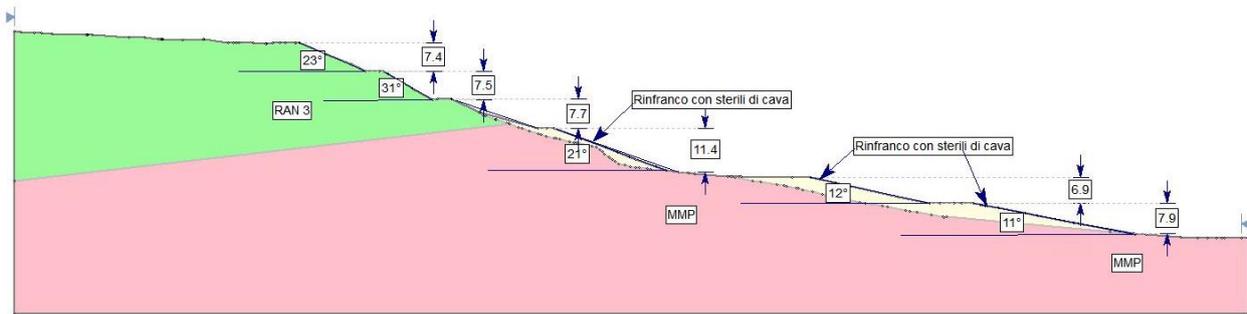


Figura 47. Sezione tipo n°8.

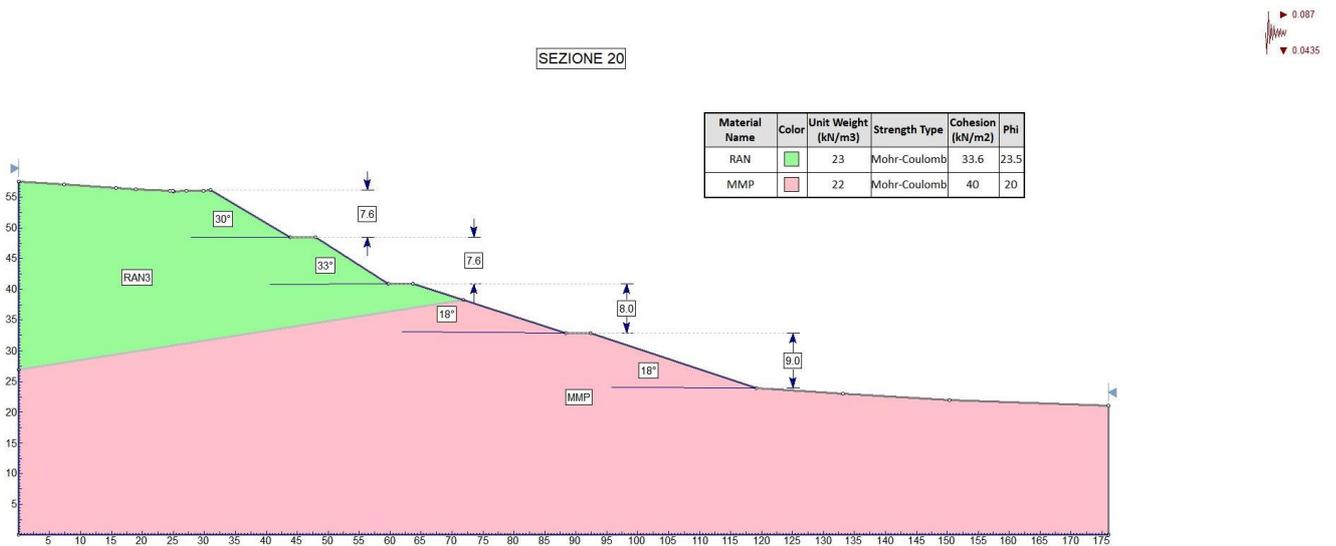


Figura 48. Sezione tipo n°20.

I parametri meccanici caratteristici e di progetto utilizzati sono riportati e descritti nel cap. 4 e di seguito sintetizzati.

| Per verifiche: | PARAMETRI MECCANICI | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|------|
| | Pseudostatiche | | | | | | | Statiche | | | |
| | gk | c'k | φ'k | Cu | tanφ'k | γM2c' | γM2f' | γd | tanφ'd | c'd | φ'd |
| | kN/mc | kN/mq | ° | kN/mq | | | | kN/mc | | kN/mq | ° |
| RAN3 | 22 | 42.0 | 28.5 | 350 | 0.5430 | 1.25 | 1.25 | 22 | 0.4344 | 33.6 | 23.5 |
| MMP (aia rossa alta di M.te Quercia) | 21.5 | 40.0 | 20.0 | 400 | 0.3640 | 1.25 | 1.25 | 21.5 | 0.2912 | 32.0 | 16.2 |
| Terreni di riporto - sterili di cava | 19 | 17.6 | 23.6 | | 0.4369 | 1.25 | 1.25 | 19 | 0.3495 | 14.1 | 19.3 |
| Frana - A3 | 19 | 2.1* | 22.0* | | | | | | | | |

Tabella 5. Parametri caratteristici (k) e di progetto (d). Dove: γ = peso per unità di volume; c' = coesione efficace; φ' = angolo di attrito interno efficace. * Valori minimi ipotetica sup. di taglio

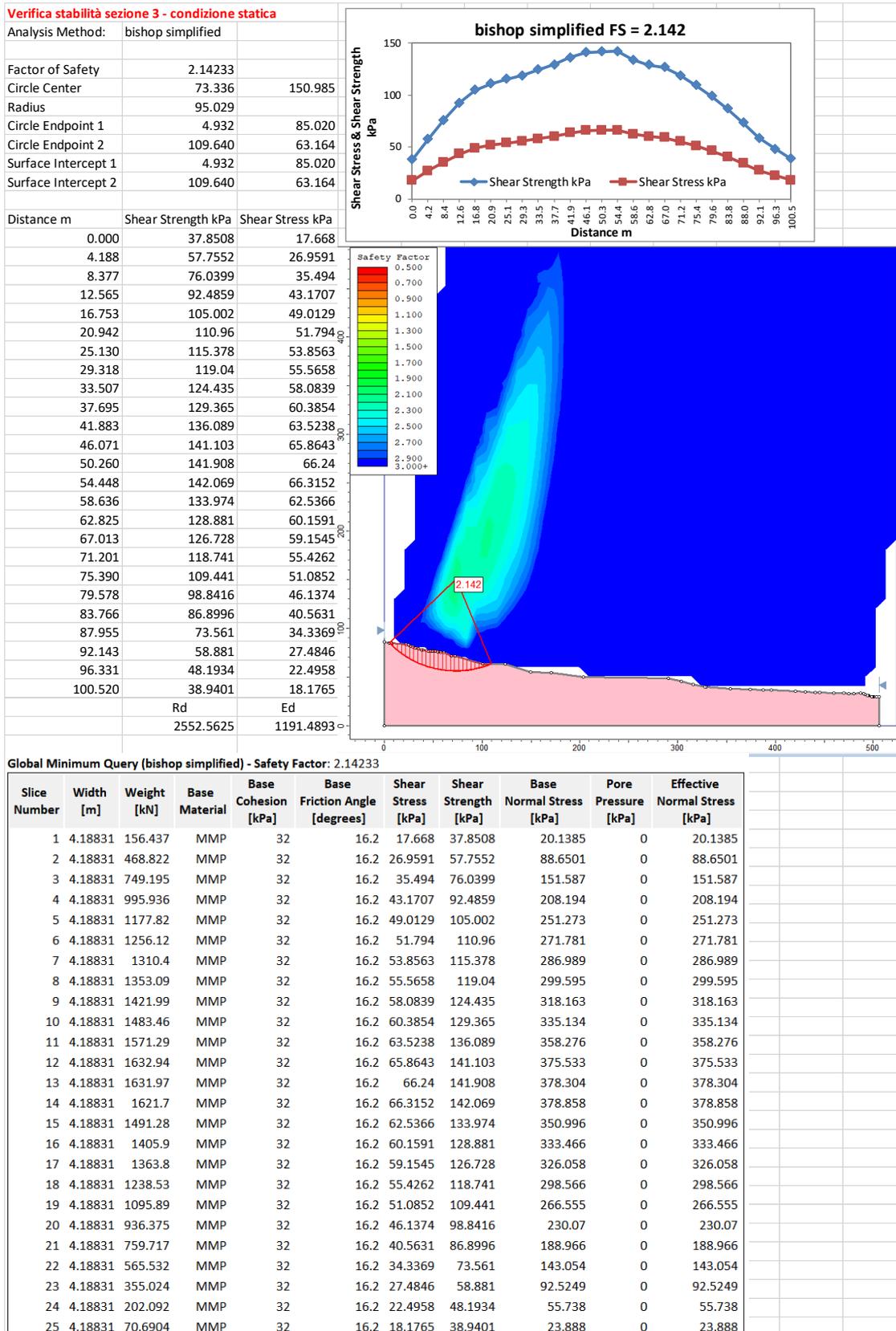
6.3 Verifiche di stabilità

Le verifiche sono state eseguite in condizioni statiche ed in condizioni pseudo-statiche. Di seguito uno schema riassuntivo delle analisi stabilità effettuate; le verifiche sono state eseguite nella fase di scavo (denominata SdP) e nella fase di ripristino (denominata SdR).

| VERIFICHE STATICHE | | | | | | |
|--------------------|---------|-------|------------|---------|---|---|
| Caso | Sezione | Stato | Condizione | Falda | STABILITÀ GLOBALE VERSANTE F _s | Verifica (POSITIVA SE F>γ _R >1.1) |
| 1 | 3 | (SdP) | STATICA | ASSENTE | 2 . 142 | POSITIVA |
| 2 | 8 | (SdR) | STATICA | ASSENTE | 1 . 574 | POSITIVA |
| 3 | 20 | (SdP) | STATICA | ASSENTE | 1 . 552 | POSITIVA |

| VERIFICHE PSEUDOSTATICHE - SISMICHE | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|-------|----------------|---------|---|---|
| Caso | Sezione | Stato | Condizione | Falda | STABILITÀ GLOBALE VERSANTE F _s | Verifica (POSITIVA SE F>γ _R >1.2) |
| 1 | 3 | (SdP) | PSEUDO-STATICA | ASSENTE | 1 . 892 | POSITIVA |
| 2 | 8 | (SdR) | PSEUDO-STATICA | ASSENTE | 1 . 519 | POSITIVA |
| 3 | 20 | (SdP) | PSEUDO-STATICA | ASSENTE | 1 . 511 | POSITIVA |

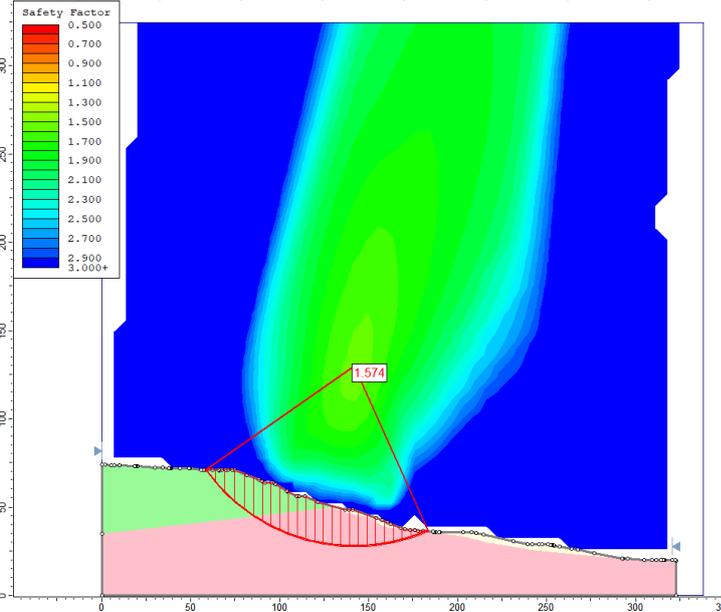
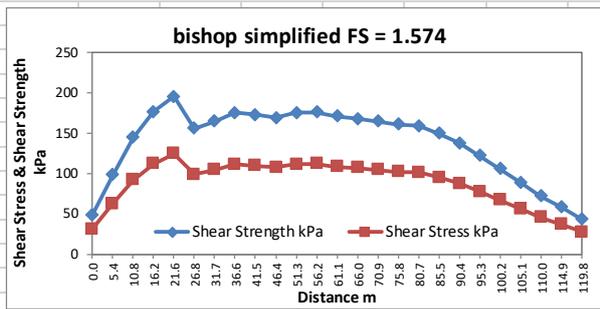
6.3.1 Verifiche di stabilità sezione 3 (SdP – condizioni statiche)



6.3.2 Verifiche di stabilità sezione 8 (SdR – condizioni statiche)

Verifica stabilità sezione 8 - condizione statica

| | | |
|---------------------|--------------------|------------------|
| Analysis Method: | bishop simplified | |
| Factor of Safety | 1.57404 | |
| Circle Center | 142.027 | 129.806 |
| Radius | 102.244 | |
| Circle Endpoint 1 | 58.337 | 71.070 |
| Circle Endpoint 2 | 183.322 | 36.272 |
| Surface Intercept 1 | 58.337 | 71.070 |
| Surface Intercept 2 | 183.322 | 36.272 |
| Distance m | Shear Strength kPa | Shear Stress kPa |
| 0.000 | 49.1147 | 31.203 |
| 5.405 | 98.4145 | 62.5235 |
| 10.810 | 144.859 | 92.0301 |
| 16.216 | 176.985 | 112.44 |
| 21.621 | 195.952 | 124.49 |
| 26.772 | 156.311 | 99.3056 |
| 31.670 | 164.693 | 104.631 |
| 36.568 | 175.568 | 111.54 |
| 41.466 | 173.131 | 109.991 |
| 46.364 | 169.527 | 107.702 |
| 51.262 | 175.306 | 111.373 |
| 56.160 | 176.222 | 111.955 |
| 61.058 | 170.937 | 108.598 |
| 65.956 | 168.337 | 106.946 |
| 70.854 | 164.896 | 104.76 |
| 75.752 | 161.083 | 102.337 |
| 80.650 | 159.572 | 101.377 |
| 85.548 | 150.087 | 95.3515 |
| 90.446 | 138.088 | 87.7284 |
| 95.344 | 122.578 | 77.8745 |
| 100.242 | 105.826 | 67.232 |
| 105.140 | 88.9161 | 56.4891 |
| 110.038 | 71.9192 | 45.6908 |
| 114.936 | 58.2873 | 37.0304 |
| 119.834 | 42.9911 | 27.3126 |
| Rd | Ed | |
| | 3459.6009 | 2197.9115 |



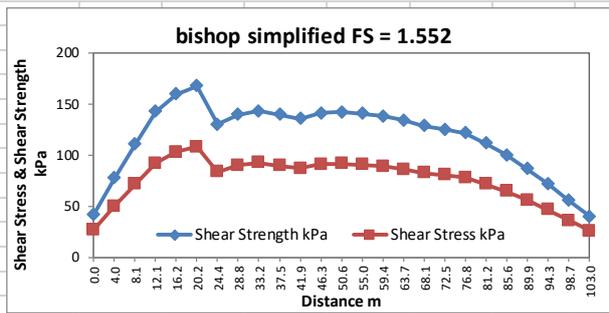
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.57404

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 5.4052 | 412.02 | RAN | 33.6 | 23.5 | 31.203 | 49.1147 | 35.6814 | 0 | 35.6814 |
| 2 | 5.4052 | 1176.86 | RAN | 33.6 | 23.5 | 62.5235 | 98.4145 | 149.063 | 0 | 149.063 |
| 3 | 5.4052 | 1852.57 | RAN | 33.6 | 23.5 | 92.0301 | 144.859 | 255.878 | 0 | 255.878 |
| 4 | 5.4052 | 2279.92 | RAN | 33.6 | 23.5 | 112.44 | 176.985 | 329.762 | 0 | 329.762 |
| 5 | 5.4052 | 2497.91 | RAN | 33.6 | 23.5 | 124.49 | 195.952 | 373.385 | 0 | 373.385 |
| 6 | 4.89799 | 2399.75 | MMP | 32 | 16.2 | 99.3056 | 156.311 | 427.88 | 0 | 427.88 |
| 7 | 4.89799 | 2519.06 | MMP | 32 | 16.2 | 104.631 | 164.693 | 456.732 | 0 | 456.732 |
| 8 | 4.89799 | 2683.71 | MMP | 32 | 16.2 | 111.54 | 175.568 | 494.165 | 0 | 494.165 |
| 9 | 4.89799 | 2604.93 | MMP | 32 | 16.2 | 109.991 | 173.131 | 485.776 | 0 | 485.776 |
| 10 | 4.89799 | 2508.26 | MMP | 32 | 16.2 | 107.702 | 169.527 | 473.37 | 0 | 473.37 |
| 11 | 4.89799 | 2581.6 | MMP | 32 | 16.2 | 111.373 | 175.306 | 493.263 | 0 | 493.263 |
| 12 | 4.89799 | 2568.58 | MMP | 32 | 16.2 | 111.955 | 176.222 | 496.415 | 0 | 496.415 |
| 13 | 4.89799 | 2447.95 | MMP | 32 | 16.2 | 108.598 | 170.937 | 478.224 | 0 | 478.224 |
| 14 | 4.89799 | 2376.29 | MMP | 32 | 16.2 | 106.946 | 168.337 | 469.276 | 0 | 469.276 |
| 15 | 4.89799 | 2291.55 | MMP | 32 | 16.2 | 104.76 | 164.896 | 457.43 | 0 | 457.43 |
| 16 | 4.89799 | 2201.89 | MMP | 32 | 16.2 | 102.337 | 161.083 | 444.307 | 0 | 444.307 |
| 17 | 4.89799 | 2152.36 | MMP | 32 | 16.2 | 101.377 | 159.572 | 439.105 | 0 | 439.105 |
| 18 | 4.89799 | 1969.99 | MMP | 32 | 16.2 | 95.3515 | 150.087 | 406.458 | 0 | 406.458 |
| 19 | 4.89799 | 1748.65 | MMP | 32 | 16.2 | 87.7284 | 138.088 | 365.159 | 0 | 365.159 |
| 20 | 4.89799 | 1473 | MMP | 32 | 16.2 | 77.8745 | 122.578 | 311.769 | 0 | 311.769 |
| 21 | 4.89799 | 1181.54 | MMP | 32 | 16.2 | 67.232 | 105.826 | 254.111 | 0 | 254.111 |
| 22 | 4.89799 | 892.345 | MMP | 32 | 16.2 | 56.4891 | 88.9161 | 195.906 | 0 | 195.906 |
| 23 | 4.89799 | 606.736 | MMP | 32 | 16.2 | 45.6908 | 71.9192 | 137.403 | 0 | 137.403 |
| 24 | 4.89799 | 379.388 | MMP | 32 | 16.2 | 37.0304 | 58.2873 | 90.4816 | 0 | 90.4816 |
| 25 | 4.89799 | 130.396 | MMP | 32 | 16.2 | 27.3126 | 42.9911 | 37.8315 | 0 | 37.8315 |

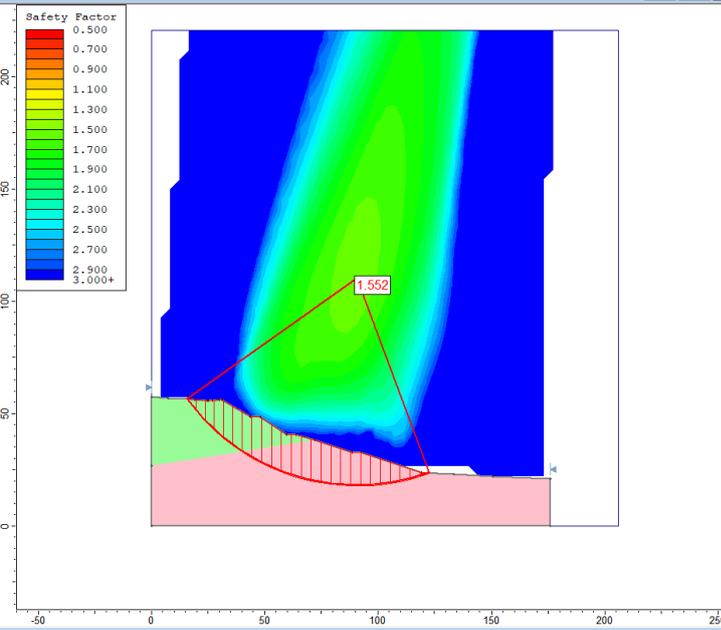
6.3.3 Verifiche di stabilità sezione 20 (SdP – condizioni statiche)

Verifica stabilità sezione 20 - condizione statica

| | | |
|---------------------|-------------------|---------|
| Analysis Method: | bishop simplified | |
| Factor of Safety | 1.5519 | |
| Circle Center | 90.689 | 110.332 |
| Radius | 92.4281 | |
| Circle Endpoint 1 | 15.537 | 56.525 |
| Circle Endpoint 2 | 122.769 | 23.650 |
| Surface Intercept 1 | 15.537 | 56.525 |
| Surface Intercept 2 | 122.769 | 23.650 |



| Distance m | Shear Strength kPa | Shear Stress kPa |
|------------|--------------------|------------------|
| 0.000 | 42.2018 | 27.1936 |
| 4.048 | 77.823 | 50.1469 |
| 8.097 | 111.071 | 71.5712 |
| 12.145 | 143.034 | 92.167 |
| 16.194 | 160.105 | 103.167 |
| 20.242 | 168.149 | 108.35 |
| 24.449 | 130.36 | 84.0002 |
| 28.814 | 139.759 | 90.0567 |
| 33.180 | 143.658 | 92.5691 |
| 37.545 | 139.725 | 90.0348 |
| 41.910 | 135.726 | 87.458 |
| 46.276 | 141.657 | 91.2797 |
| 50.641 | 142.463 | 91.7991 |
| 55.006 | 140.966 | 90.8345 |
| 59.372 | 138.289 | 89.1095 |
| 63.737 | 134.246 | 86.5043 |
| 68.102 | 128.817 | 83.0057 |
| 72.468 | 125.35 | 80.7722 |
| 76.833 | 121.67 | 78.4007 |
| 81.198 | 111.65 | 71.9437 |
| 85.564 | 100.112 | 64.5091 |
| 89.929 | 87.0019 | 56.0615 |
| 94.294 | 72.2404 | 46.5496 |
| 98.660 | 55.7266 | 35.9086 |
| 103.025 | 40.1276 | 25.8571 |
| | Rd | Ed |
| | 2931.9283 | 1889.2498 |



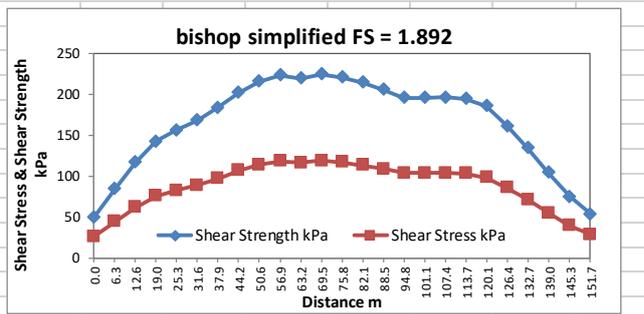
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.5519

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 4.04839 | 222.563 | RAN | 33.6 | 23.5 | 27.1936 | 42.2018 | 19.7828 | 0 | 19.7828 |
| 2 | 4.04839 | 640.093 | RAN | 33.6 | 23.5 | 50.1469 | 77.823 | 101.706 | 0 | 101.706 |
| 3 | 4.04839 | 1008.07 | RAN | 33.6 | 23.5 | 71.5712 | 111.071 | 178.173 | 0 | 178.173 |
| 4 | 4.04839 | 1346.32 | RAN | 33.6 | 23.5 | 92.167 | 143.034 | 251.681 | 0 | 251.681 |
| 5 | 4.04839 | 1504.2 | RAN | 33.6 | 23.5 | 103.167 | 160.105 | 290.942 | 0 | 290.942 |
| 6 | 4.04839 | 1558.52 | RAN | 33.6 | 23.5 | 108.35 | 168.149 | 309.441 | 0 | 309.441 |
| 7 | 4.36533 | 1704.91 | MMP | 32 | 16.2 | 84.0002 | 130.36 | 338.556 | 0 | 338.556 |
| 8 | 4.36533 | 1833.72 | MMP | 32 | 16.2 | 90.0567 | 139.759 | 370.908 | 0 | 370.908 |
| 9 | 4.36533 | 1871.23 | MMP | 32 | 16.2 | 92.5691 | 143.658 | 384.33 | 0 | 384.33 |
| 10 | 4.36533 | 1782.42 | MMP | 32 | 16.2 | 90.0348 | 139.725 | 370.793 | 0 | 370.793 |
| 11 | 4.36533 | 1695.4 | MMP | 32 | 16.2 | 87.458 | 135.726 | 357.026 | 0 | 357.026 |
| 12 | 4.36533 | 1768.51 | MMP | 32 | 16.2 | 91.2797 | 141.657 | 377.44 | 0 | 377.44 |
| 13 | 4.36533 | 1760.17 | MMP | 32 | 16.2 | 91.7991 | 142.463 | 380.215 | 0 | 380.215 |
| 14 | 4.36533 | 1716.47 | MMP | 32 | 16.2 | 90.8345 | 140.966 | 375.063 | 0 | 375.063 |
| 15 | 4.36533 | 1655.53 | MMP | 32 | 16.2 | 89.1095 | 138.289 | 365.849 | 0 | 365.849 |
| 16 | 4.36533 | 1574.83 | MMP | 32 | 16.2 | 86.5043 | 134.246 | 351.933 | 0 | 351.933 |
| 17 | 4.36533 | 1474.43 | MMP | 32 | 16.2 | 83.0057 | 128.817 | 333.244 | 0 | 333.244 |
| 18 | 4.36533 | 1405.16 | MMP | 32 | 16.2 | 80.7722 | 125.35 | 321.314 | 0 | 321.314 |
| 19 | 4.36533 | 1333.63 | MMP | 32 | 16.2 | 78.4007 | 121.67 | 308.647 | 0 | 308.647 |
| 20 | 4.36533 | 1169.28 | MMP | 32 | 16.2 | 71.9437 | 111.65 | 274.155 | 0 | 274.155 |
| 21 | 4.36533 | 985.222 | MMP | 32 | 16.2 | 64.5091 | 100.112 | 234.441 | 0 | 234.441 |
| 22 | 4.36533 | 781.243 | MMP | 32 | 16.2 | 56.0615 | 87.0019 | 189.318 | 0 | 189.318 |
| 23 | 4.36533 | 556.88 | MMP | 32 | 16.2 | 46.5496 | 72.2404 | 138.509 | 0 | 138.509 |
| 24 | 4.36533 | 311.498 | MMP | 32 | 16.2 | 35.9086 | 55.7266 | 81.6674 | 0 | 81.6674 |
| 25 | 4.36533 | 83.575 | MMP | 32 | 16.2 | 25.8571 | 40.1276 | 27.9754 | 0 | 27.9754 |

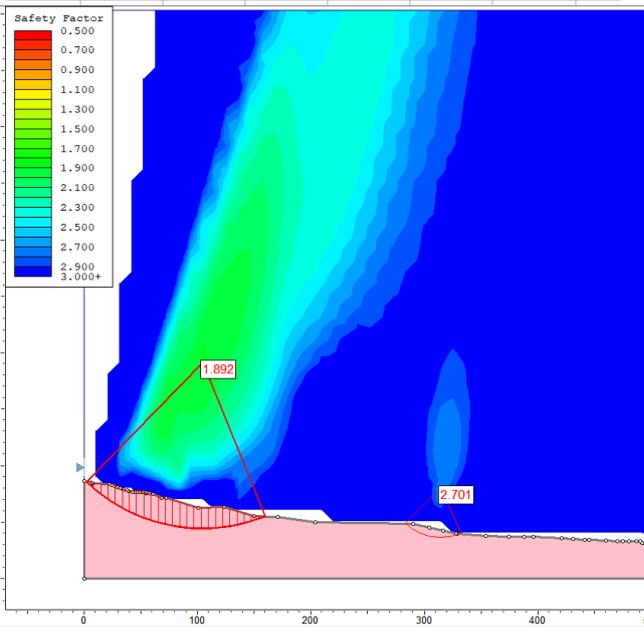
6.3.4 Verifiche di stabilità sezione 3 (SdP – condizioni pseudo-statiche)

Verifica stabilità sezione 3 - condizione pseudostatica

| | | |
|---------------------|-------------------|---------|
| Analysis Method: | bishop simplified | |
| Factor of Safety | 1.89164 | |
| Circle Center | 104.766 | 191.248 |
| Radius | 147.273 | |
| Circle Endpoint 1 | 2.198 | 85.563 |
| Circle Endpoint 2 | 160.173 | 54.795 |
| Surface Intercept 1 | 2.198 | 85.563 |
| Surface Intercept 2 | 160.173 | 54.795 |



| Distance m | Shear Strength kPa | Shear Stress kPa |
|------------|--------------------|------------------|
| 0.000 | 50.0775 | 26.4731 |
| 6.319 | 84.6788 | 44.7648 |
| 12.638 | 117.56 | 62.1469 |
| 18.957 | 143.277 | 75.7422 |
| 25.276 | 156.672 | 82.8234 |
| 31.595 | 168.627 | 89.1433 |
| 37.914 | 184.198 | 97.3748 |
| 44.233 | 202.709 | 107.16 |
| 50.552 | 216.276 | 114.333 |
| 56.871 | 223.712 | 118.264 |
| 63.190 | 220.397 | 116.511 |
| 69.509 | 225.306 | 119.106 |
| 75.828 | 221.308 | 116.993 |
| 82.147 | 214.858 | 113.583 |
| 88.466 | 206.043 | 108.923 |
| 94.785 | 196.376 | 103.813 |
| 101.104 | 196.486 | 103.871 |
| 107.423 | 196.986 | 104.135 |
| 113.742 | 195.237 | 103.21 |
| 120.061 | 185.956 | 98.3041 |
| 126.380 | 162.104 | 85.695 |
| 132.699 | 134.93 | 71.3297 |
| 139.018 | 104.747 | 55.3737 |
| 145.337 | 75.1167 | 39.7098 |
| 151.656 | 54.2443 | 28.6758 |



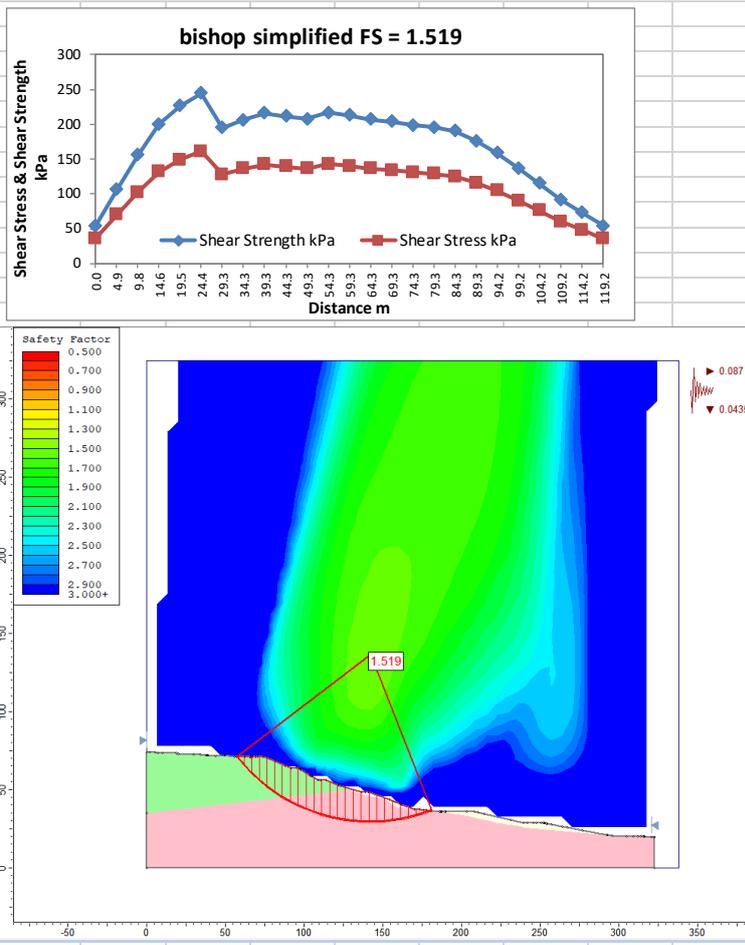
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.89164

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 6.319 | 314.331 | MMP | 40 | 20 | 26.4731 | 50.0775 | 27.6876 | 0 | 27.6876 |
| 2 | 6.319 | 964.446 | MMP | 40 | 20 | 44.7648 | 84.6788 | 122.753 | 0 | 122.753 |
| 3 | 6.319 | 1564.77 | MMP | 40 | 20 | 62.1469 | 117.56 | 213.093 | 0 | 213.093 |
| 4 | 6.319 | 2017.34 | MMP | 40 | 20 | 75.7422 | 143.277 | 283.752 | 0 | 283.752 |
| 5 | 6.319 | 2233.23 | MMP | 40 | 20 | 82.8234 | 156.672 | 320.553 | 0 | 320.553 |
| 6 | 6.319 | 2419.96 | MMP | 40 | 20 | 89.1433 | 168.627 | 353.401 | 0 | 353.401 |
| 7 | 6.319 | 2669.97 | MMP | 40 | 20 | 97.3748 | 184.198 | 396.181 | 0 | 396.181 |
| 8 | 6.319 | 2969.19 | MMP | 40 | 20 | 107.16 | 202.709 | 447.04 | 0 | 447.04 |
| 9 | 6.319 | 3176.17 | MMP | 40 | 20 | 114.333 | 216.276 | 484.314 | 0 | 484.314 |
| 10 | 6.319 | 3272.48 | MMP | 40 | 20 | 118.264 | 223.712 | 504.744 | 0 | 504.744 |
| 11 | 6.319 | 3180.29 | MMP | 40 | 20 | 116.511 | 220.397 | 495.635 | 0 | 495.635 |
| 12 | 6.319 | 3232.52 | MMP | 40 | 20 | 119.106 | 225.306 | 509.124 | 0 | 509.124 |
| 13 | 6.319 | 3131.38 | MMP | 40 | 20 | 116.993 | 221.308 | 498.139 | 0 | 498.139 |
| 14 | 6.319 | 2990.36 | MMP | 40 | 20 | 113.583 | 214.858 | 480.419 | 0 | 480.419 |
| 15 | 6.319 | 2811.68 | MMP | 40 | 20 | 108.923 | 206.043 | 456.2 | 0 | 456.2 |
| 16 | 6.319 | 2621.45 | MMP | 40 | 20 | 103.813 | 196.376 | 429.639 | 0 | 429.639 |
| 17 | 6.319 | 2596.31 | MMP | 40 | 20 | 103.871 | 196.486 | 429.941 | 0 | 429.941 |
| 18 | 6.319 | 2577.51 | MMP | 40 | 20 | 104.135 | 196.986 | 431.315 | 0 | 431.315 |
| 19 | 6.319 | 2521.68 | MMP | 40 | 20 | 103.21 | 195.237 | 426.511 | 0 | 426.511 |
| 20 | 6.319 | 2344.08 | MMP | 40 | 20 | 98.3041 | 185.956 | 401.012 | 0 | 401.012 |
| 21 | 6.319 | 1934.89 | MMP | 40 | 20 | 85.695 | 162.104 | 335.478 | 0 | 335.478 |
| 22 | 6.319 | 1479.22 | MMP | 40 | 20 | 71.3297 | 134.93 | 260.819 | 0 | 260.819 |
| 23 | 6.319 | 983.64 | MMP | 40 | 20 | 55.3737 | 104.747 | 177.891 | 0 | 177.891 |
| 24 | 6.319 | 505.362 | MMP | 40 | 20 | 39.7098 | 75.1167 | 96.4824 | 0 | 96.4824 |
| 25 | 6.319 | 171.126 | MMP | 40 | 20 | 28.6758 | 54.2443 | 39.1359 | 0 | 39.1359 |

6.3.5 Verifiche di stabilità sezione 8 (SdR – condizioni pseudo-statiche)

Verifica stabilità sezione 8 - condizione dinamica

| | | |
|---------------------|--------------------|------------------|
| Analysis Method: | bishop simplified | |
| Factor of Safety | 1.51949 | |
| Circle Center | 142.027 | 136.296 |
| Radius | 107.188 | |
| Circle Endpoint 1 | 56.935 | 71.114 |
| Circle Endpoint 2 | 181.089 | 36.479 |
| Surface Intercept 1 | 56.935 | 71.114 |
| Surface Intercept 2 | 181.089 | 36.479 |
| Distance m | Shear Strength kPa | Shear Stress kPa |
| 0.000 | 54.514 | 35.8765 |
| 4.877 | 105.834 | 69.6513 |
| 9.754 | 156 | 102.666 |
| 14.631 | 200.506 | 131.956 |
| 19.508 | 226.277 | 148.916 |
| 24.385 | 244.657 | 161.013 |
| 29.321 | 194.537 | 128.028 |
| 34.315 | 206.482 | 135.889 |
| 39.310 | 216.04 | 142.179 |
| 44.304 | 211.163 | 138.97 |
| 49.298 | 207.474 | 136.542 |
| 54.292 | 216.809 | 142.685 |
| 59.287 | 213.181 | 140.298 |
| 64.281 | 207.258 | 136.4 |
| 69.275 | 203.788 | 134.116 |
| 74.270 | 198.719 | 130.78 |
| 79.264 | 195.774 | 128.842 |
| 84.258 | 190.063 | 125.083 |
| 89.252 | 176.005 | 115.832 |
| 94.247 | 158.577 | 104.362 |
| 99.241 | 136.808 | 90.0353 |
| 104.235 | 115.001 | 75.684 |
| 109.229 | 92.0027 | 60.5484 |
| 114.224 | 72.6983 | 47.8439 |
| 119.218 | 54.158 | 35.6422 |
| | Rd | Ed |
| | 4254.326 | 2799.8386 |



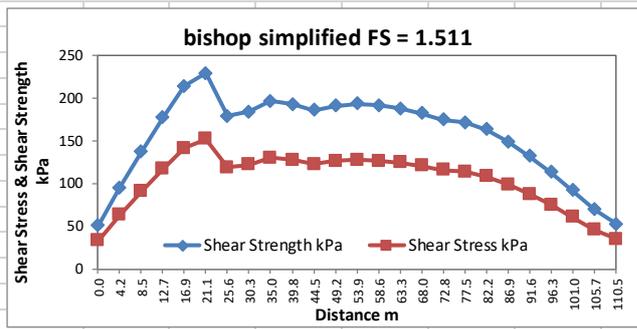
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.51949

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 4.87706 | 310.823 | RAN | 42 | 28.5 | 35.8765 | 54.514 | 23.0479 | 0 | 23.0479 |
| 2 | 4.87706 | 892.663 | RAN | 42 | 28.5 | 69.6513 | 105.834 | 117.568 | 0 | 117.568 |
| 3 | 4.87706 | 1426.22 | RAN | 42 | 28.5 | 102.666 | 156 | 209.963 | 0 | 209.963 |
| 4 | 4.87706 | 1870.48 | RAN | 42 | 28.5 | 131.956 | 200.506 | 291.932 | 0 | 291.932 |
| 5 | 4.87706 | 2093.25 | RAN | 42 | 28.5 | 148.916 | 226.277 | 339.397 | 0 | 339.397 |
| 6 | 4.87706 | 2231.41 | RAN | 42 | 28.5 | 161.013 | 244.657 | 373.248 | 0 | 373.248 |
| 7 | 4.99428 | 2383.25 | MMP | 40 | 20 | 128.028 | 194.537 | 424.587 | 0 | 424.587 |
| 8 | 4.99428 | 2517.46 | MMP | 40 | 20 | 135.889 | 206.482 | 457.405 | 0 | 457.405 |
| 9 | 4.99428 | 2615.42 | MMP | 40 | 20 | 142.179 | 216.04 | 483.667 | 0 | 483.667 |
| 10 | 4.99428 | 2505.29 | MMP | 40 | 20 | 138.97 | 211.163 | 470.267 | 0 | 470.267 |
| 11 | 4.99428 | 2415.98 | MMP | 40 | 20 | 136.542 | 207.474 | 460.131 | 0 | 460.131 |
| 12 | 4.99428 | 2512.14 | MMP | 40 | 20 | 142.685 | 216.809 | 485.779 | 0 | 485.779 |
| 13 | 4.99428 | 2427.09 | MMP | 40 | 20 | 140.298 | 213.181 | 475.812 | 0 | 475.812 |
| 14 | 4.99428 | 2312.84 | MMP | 40 | 20 | 136.4 | 207.258 | 459.539 | 0 | 459.539 |
| 15 | 4.99428 | 2234.4 | MMP | 40 | 20 | 134.116 | 203.788 | 450.003 | 0 | 450.003 |
| 16 | 4.99428 | 2136.15 | MMP | 40 | 20 | 130.78 | 198.719 | 436.076 | 0 | 436.076 |
| 17 | 4.99428 | 2067.87 | MMP | 40 | 20 | 128.842 | 195.774 | 427.988 | 0 | 427.988 |
| 18 | 4.99428 | 1964.32 | MMP | 40 | 20 | 125.083 | 190.063 | 412.293 | 0 | 412.293 |
| 19 | 4.99428 | 1754.27 | MMP | 40 | 20 | 115.832 | 176.005 | 373.672 | 0 | 373.672 |
| 20 | 4.99428 | 1504.97 | MMP | 40 | 20 | 104.362 | 158.577 | 325.789 | 0 | 325.789 |
| 21 | 4.99428 | 1205.57 | MMP | 40 | 20 | 90.0353 | 136.808 | 265.977 | 0 | 265.977 |
| 22 | 4.99428 | 911.863 | MMP | 40 | 20 | 75.684 | 115.001 | 206.064 | 0 | 206.064 |
| 23 | 4.99428 | 609.733 | MMP | 40 | 20 | 60.5484 | 92.0027 | 142.876 | 0 | 142.876 |
| 24 | 4.99428 | 359.473 | MMP | 40 | 20 | 47.8439 | 72.6983 | 89.8379 | 0 | 89.8379 |
| 25 | 4.99428 | 124.333 | MMP | 40 | 20 | 35.6422 | 54.158 | 38.8988 | 0 | 38.8988 |

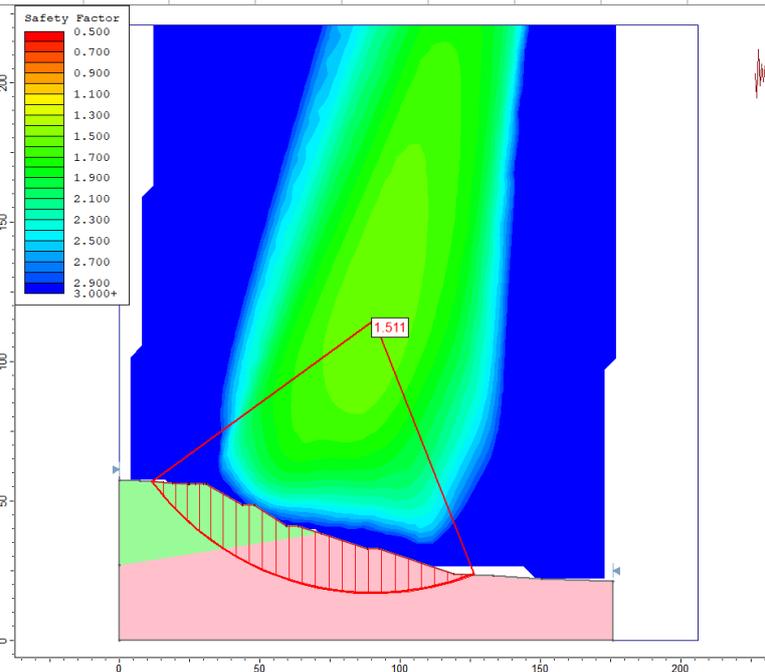
6.3.6 Verifiche di stabilità sezione 20 (SdP – condizioni pseudo-statiche)

Verifica stabilità sezione 20 - condizione pseudostatica

| | | |
|---------------------|-------------------|---------|
| Analysis Method: | bishop simplified | |
| Factor of Safety | 1.51111 | |
| Circle Center | 90.689 | 114.745 |
| Radius | 98.0808 | |
| Circle Endpoint 1 | 11.569 | 56.781 |
| Circle Endpoint 2 | 126.496 | 23.434 |
| Surface Intercept 1 | 11.569 | 56.781 |
| Surface Intercept 2 | 126.496 | 23.434 |



| Distance m | Shear Strength kPa | Shear Stress kPa |
|------------|--------------------|------------------|
| 0.000 | 50.6795 | 33.5379 |
| 4.229 | 95.2709 | 63.047 |
| 8.459 | 137.232 | 90.8152 |
| 12.688 | 177.216 | 117.275 |
| 16.918 | 214.314 | 141.826 |
| 21.147 | 229.83 | 152.093 |
| 25.618 | 179.635 | 118.876 |
| 30.332 | 184.382 | 122.018 |
| 35.045 | 197.119 | 130.446 |
| 39.758 | 193.294 | 127.915 |
| 44.471 | 186.072 | 123.136 |
| 49.185 | 191.047 | 126.428 |
| 53.898 | 193.769 | 128.23 |
| 58.611 | 191.8 | 126.927 |
| 63.324 | 188.141 | 124.505 |
| 68.037 | 182.519 | 120.785 |
| 72.751 | 174.926 | 115.76 |
| 77.464 | 172.101 | 113.89 |
| 82.177 | 163.672 | 108.312 |
| 86.890 | 149.275 | 98.785 |
| 91.603 | 132.602 | 87.7517 |
| 96.317 | 113.534 | 75.1328 |
| 101.030 | 91.9175 | 60.8278 |
| 105.743 | 69.3685 | 45.9057 |
| 110.456 | 52.6954 | 34.872 |
| | Rd | Ed |
| | 3912.4118 | 2589.0971 |



Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.51111

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 4.22942 | 237.136 | RAN | 42 | 28.5 | 33.5379 | 50.6795 | 15.9855 | 0 | 15.9855 |
| 2 | 4.22942 | 680.412 | RAN | 42 | 28.5 | 63.047 | 95.2709 | 98.1127 | 0 | 98.1127 |
| 3 | 4.22942 | 1070.36 | RAN | 42 | 28.5 | 90.8152 | 137.232 | 175.396 | 0 | 175.396 |
| 4 | 4.22942 | 1421.94 | RAN | 42 | 28.5 | 117.275 | 177.216 | 249.037 | 0 | 249.037 |
| 5 | 4.22942 | 1731.5 | RAN | 42 | 28.5 | 141.826 | 214.314 | 317.362 | 0 | 317.362 |
| 6 | 4.22942 | 1828.85 | RAN | 42 | 28.5 | 152.093 | 229.83 | 345.939 | 0 | 345.939 |
| 7 | 4.71321 | 2062.79 | MMP | 40 | 20 | 118.876 | 179.635 | 383.644 | 0 | 383.644 |
| 8 | 4.71321 | 2089.62 | MMP | 40 | 20 | 122.018 | 184.382 | 396.685 | 0 | 396.685 |
| 9 | 4.71321 | 2228.38 | MMP | 40 | 20 | 130.446 | 197.119 | 431.681 | 0 | 431.681 |
| 10 | 4.71321 | 2139.25 | MMP | 40 | 20 | 127.915 | 193.294 | 421.172 | 0 | 421.172 |
| 11 | 4.71321 | 2008.05 | MMP | 40 | 20 | 123.136 | 186.072 | 401.329 | 0 | 401.329 |
| 12 | 4.71321 | 2043.16 | MMP | 40 | 20 | 126.428 | 191.047 | 414.999 | 0 | 414.999 |
| 13 | 4.71321 | 2048.46 | MMP | 40 | 20 | 128.23 | 193.769 | 422.476 | 0 | 422.476 |
| 14 | 4.71321 | 1993.12 | MMP | 40 | 20 | 126.927 | 191.8 | 417.068 | 0 | 417.068 |
| 15 | 4.71321 | 1917.5 | MMP | 40 | 20 | 124.505 | 188.141 | 407.013 | 0 | 407.013 |
| 16 | 4.71321 | 1818.65 | MMP | 40 | 20 | 120.785 | 182.519 | 391.568 | 0 | 391.568 |
| 17 | 4.71321 | 1697.06 | MMP | 40 | 20 | 115.76 | 174.926 | 370.708 | 0 | 370.708 |
| 18 | 4.71321 | 1636.92 | MMP | 40 | 20 | 113.89 | 172.101 | 362.944 | 0 | 362.944 |
| 19 | 4.71321 | 1508.92 | MMP | 40 | 20 | 108.312 | 163.672 | 339.785 | 0 | 339.785 |
| 20 | 4.71321 | 1310.91 | MMP | 40 | 20 | 98.785 | 149.275 | 300.23 | 0 | 300.23 |
| 21 | 4.71321 | 1089.57 | MMP | 40 | 20 | 87.7517 | 132.602 | 254.422 | 0 | 254.422 |
| 22 | 4.71321 | 844.457 | MMP | 40 | 20 | 75.1328 | 113.534 | 202.033 | 0 | 202.033 |
| 23 | 4.71321 | 574.943 | MMP | 40 | 20 | 60.8278 | 91.9175 | 142.642 | 0 | 142.642 |
| 24 | 4.71321 | 300.982 | MMP | 40 | 20 | 45.9057 | 69.3685 | 80.6894 | 0 | 80.6894 |
| 25 | 4.71321 | 100.462 | MMP | 40 | 20 | 34.872 | 52.6954 | 34.8804 | 0 | 34.8804 |

7 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio rappresenta il report geologico indirizzato alla valutazione di fattibilità dell'intervento in progetto.

In particolare viene analizzata la situazione geologica locale con particolare riferimento alla condizione di stabilità generale dei versanti nell'area della cava di Braglie. Lo studio eseguito ricava e definisce una serie di parametri geotecnici, meccanici, geostrutturali, idrogeologici e sismici dei terreni affioranti o sub affioranti nell'area.

Per far questo sono stati consultati e sintetizzati i vari studi geologici-geomeccanici pregressi, in particolare estraendo le diverse indagini geognostiche realizzate nel comparto Carpineti est (sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche, indagini di laboratorio rilievi sismici e geoelctrici) e le relative caratterizzazioni geotecniche.

L'analisi si conclude con la valutazione di fattibilità geologica dell'intervento mediante la determinazione della stabilità dei fronti di cava o delle porzioni di versanti oggetto di ripristino in funzione delle scelte progettuali operate.

In sintesi si può affermare che il progetto è costituito dalla coltivazione del fronte di cava e da aree interessate da interventi di modellazione morfologica finalizzata alla ripiena delle volumetrie di cava o alla predisposizione degli interventi di ripristino vegetazionale.

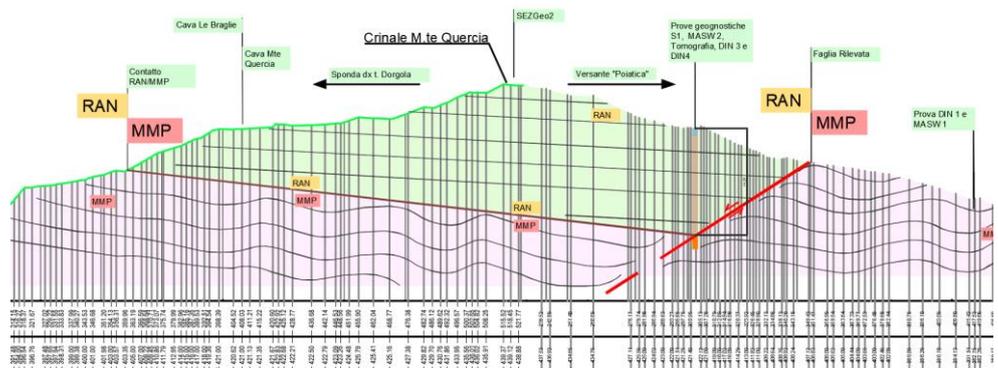
I versanti, e quindi i fronti di cava o le zone di ripristino, interessano litologie differenti afferenti alle Marne di Monte Piano (MMP) e alla Formazione di Ranzano – Membro di Varano de' Melegari (RAN3).

Le Marne di Monte Piano rappresentano circa il 43% dell'intero territorio di cava mentre il 57% è rappresentato dalle arenarie di Ranzano.

Il contatto tra le due unità attraversa la sella o aia di M.te Quercia sul margine orientale, a sud della cava in esame ed affiora all'interno del settore meridionale della cava Braglie con direzione circa est ovest. La zona di transizione tra le sovrastanti RAN3 e le sottostanti MMP è stata anche rilevata nel Sondaggio S1 del 2011 ad una profondità di 44.5 m dal pc.

Le arenarie di Ranzano affiorano anche nel settore settentrionale della cava: il contatto con le Marne di Monte Piano è indicato lungo una faglia con direzione NW-SE.

Sezione geologica geo1 circa ortogonale all'assetto strutturale nel Settore meridionale della cava Braglie (estratto da tavola 8)



Le Marne di Montepiano sono poste alla base della successione e sono caratterizzate da una giacitura verso est-sud est con inclinazione 20-40°; le superfici di strato sono mal distinguibili per la presenza di convoluzioni e fenomeni di deformazioni alla piccola e media scala.

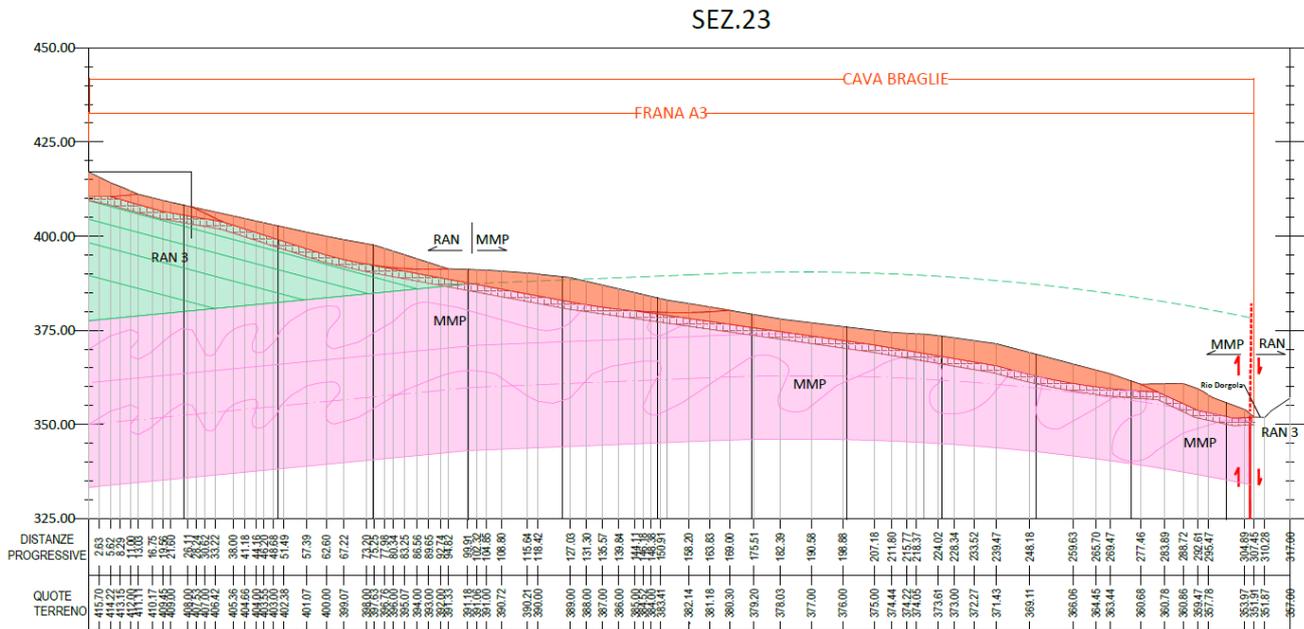
In generale l'ammasso roccioso è costituito da argilliti e peliti rosse prevalenti a stratificazione sottile e molto sottile localmente e lateralmente passanti ad argilliti grigie; rari gli strati arenacei e verso la sommità sono presenti livelli arenitici biancastri (quarzo-feldspatici); il rapporto A/P (arenaria su pelite) è <<<1. Verso la base dell'unità è presente un corpo litologico di argillite nera e grigio-scura denominata nella cartografia allegata (Tavola 8) fn (facies nera - fn); localmente l'ammasso è interessato da corpi litologici ad aspetto brecciato (m nella carta geologica di Tavola 8).

Le Arenarie di Ranzano sono poste alla sommità della successione ed hanno una immersione verso est – nord est con angolo variabile da 16° (zona in sommità cava Braglie) a 55° (sponda sinistra t. Dorgola – ex cava Sant'Apollinare). L'ammasso roccioso è costituito da una monoclinale di livelli pelitico-argillitici intervallati da sottili e solo occasionalmente medi e grandi strati di arenaria; gli strati arenacei sono soventi lenticolari; le superficie di strato presentano ondulazioni laterali; il rapporto A/P (arenaria su pelite) misurato al confine tra la cava M.te Quercia e Molino di Canevarola è di circa 1/4 - 1/5; nella sommità della cava Braglie e nella zona sovrastante della cava M.te Quercia è di 1/3 – 1/4.

In particolare il versante orientato verso nord-nord-est interno alla cava Braglie presenta giacitura media degli strati N60/16 e quindi con disposizione da traversapoggio - franapoggio che nella zona di sommità, ove affiorante il RAN3, presenta un

franapoggio con pendenza minore del pendio. In alcuni casi come nella sezione 23, di seguito riportata la pendenza degli strati è prossima alla pendenza del versante.

Nella tavola 8 e nella tavola A3 sono riportate alcune sezioni geologiche che ricostruiscono l'assetto del versante.



Come descritto all'interno degli specifici elaborati di progetto, la frana sarà oggetto di interventi di modellazione morfologica con sistemazione del reticolo drenante ed esecuzione di trincee drenanti ai fini della stabilizzazione complessiva dell'area.

Le aree interessate da tali dissesti ricadono esternamente alle aree di coltivazione del fronte di scavo e dalle aree interessate dalle lavorazioni di scavo del presente PCS. E' prevista la piantumazione della vecchia aia e quindi anche della porzione di frana posta in destra Dorgola attualmente non boscata.

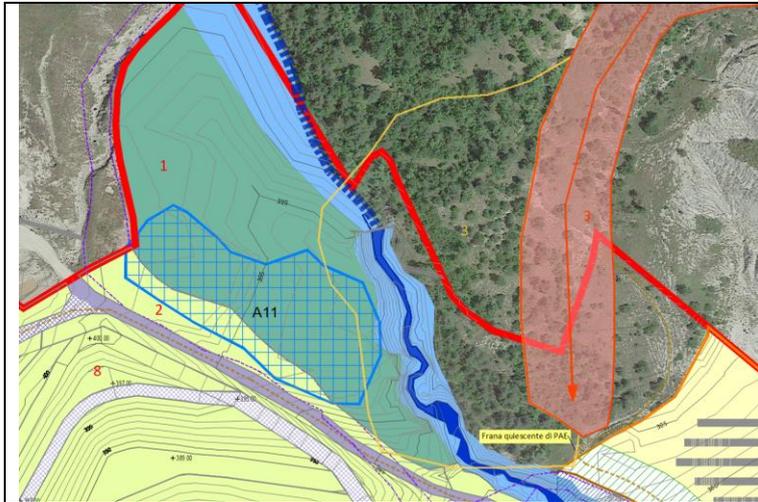


Figura 50. Sovrapposizione lite di frana e zona di recupero vegetazionale

Dal punto di vista idraulico la cava è esterna alle fasce fluviali del PAI; la cava è attraversata dal t. Dorgola che separa le zone ove ancora attualmente viene eseguita l'attività estrattiva (area in destra idraulica) dalle zone che non sono interessate da attività estrattiva, ma di recupero (in sinistra idraulica). Il tratto del t. Dorgola interno al limite di cava è individuato nel PCA come area B2 soggetta a sistemazione idraulica, morfologica ed ambientale; tale operazione è incentivata dall'utilizzo dei volumi aggiuntivi. I volumi di pertinenza "Braglie" sono utilizzati ad altro esercente per l'esecuzione della Briglia sul t. Dorgola posta a valle della frana A3; nello studio idraulico e nel progetto approvato è anche prevista la risagomatura delle sezioni di alveo per un tratto a monte della briglia verso la cava Braglie.

A titolo di integrazione e attività di ripristino ambientale, il tratto del torrente interno alla cava sarà oggetto di un ripristino morfologico e soprattutto ambientale nello spirito e seguendo i concetti del PCA approvato.

Nell'area di cava sono altresì presenti alcuni canali per la regimazione delle acque. Sono comunque presenti diffusi fenomeni di ruscellamento, talora concentrato con formazione di incisioni più o meno profonde e morfologie pseudocalanchive. Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo reticolo scolante per le acque meteoriche, convogliate alle vasche di decantazione, evitando la corrivazione delle acque dei fronti verso zone instabili.

Nella presente relazione sono riportate una serie di verifiche di stabilità dei fronti di scavo e dei versanti di abbandono. Le verifiche di stabilità sono state effettuate su sezioni edite in massima pendenza.

Le analisi sono state eseguite in condizioni statiche e sismiche (pseudo-statiche), considerando tempi di ritorno pari a 475 anni in quanto le operazioni di scavo e di ripristino coincidono (scavo a pendio di progetto da monte verso valle).

Le verifiche eseguite hanno evidenziato come le scelte progettuali sono pienamente conformi alla normativa vigente (NTC2018). Di seguito è riportata la sintesi dei coefficienti di stabilità ottenuti.

| VERIFICHE STATICHE | | | | | | |
|--------------------|---------|-------|------------|---------|---|---|
| Caso | Sezione | Stato | Condizione | Falda | STABILITÀ GLOBALE VERSANTE F _s | Verifica (POSITIVA SE $F > \gamma_R > 1.1$) |
| 1 | 3 | (SdP) | STATICA | ASSENTE | 2 . 142 | POSITIVA |
| 2 | 8 | (SdR) | STATICA | ASSENTE | 1 . 574 | POSITIVA |
| 3 | 20 | (SdP) | STATICA | ASSENTE | 1 . 552 | POSITIVA |

| VERIFICHE PSEUDOSTATICHE - SISMICHE | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|-------|----------------|---------|---|---|
| Caso | Sezione | Stato | Condizione | Falda | STABILITÀ GLOBALE VERSANTE F _s | Verifica (POSITIVA SE $F > \gamma_R > 1.2$) |
| 1 | 3 | (SdP) | PSEUDO-STATICA | ASSENTE | 1 . 892 | POSITIVA |
| 2 | 8 | (SdR) | PSEUDO-STATICA | ASSENTE | 1 . 519 | POSITIVA |
| 3 | 20 | (SdP) | PSEUDO-STATICA | ASSENTE | 1 . 511 | POSITIVA |

Infine si segnala che per una corretta gestione dei fronti di scavo si ritiene opportuno prevedere quanto segue:

1. Durante l'esecuzione dei lavori di scavo dovranno essere rispettate rigorosamente le inclinazioni e le profondità di scavo indicate nel piano di coltivazione.
2. Le scarpate dovranno essere delimitate da segnaletiche (cartelli Ammonitori) e/o recinzioni per evitare l'accesso o segnalare il pericolo alle persone non autorizzate all'ingresso in cava.
3. Dovrà essere evitato il più possibile lo scorrimento delle acque meteoriche lungo i profili di scavo con la realizzazione dei canali definitivi previsti nel piano di coltivazione e durante le attività di gestione della cava con la realizzazione di canali provvisionali in sommità alle scarpate e/o la realizzazione degli arginelli temporanei posti a bordo scarpate (altezza max 1.0 m).
4. Si raccomanda la realizzazione delle piste e delle banche in contropendenza.
5. E' fatto divieto del transito dei mezzi di trasporto sul ciglio degli scavi, fatta eccezione il transito dei mezzi sulle piste di progetto. Dereghe possono essere rilasciate temporaneamente dal Direttore Responsabile di Cava.
6. Gli accumuli temporanei e definitivi del materiale scavato dovranno essere caratterizzati da pendenze poco accentuate e dovranno essere posizionati a distanze idonee dai fronti in fase di coltivazione, nonché costipati in modo opportuno.
7. Eventuali rinvenimenti di venute di acque sotterranee lungo i versanti di scavo dovranno essere captate ed allontanate dal versante stesso; nel caso di presenza di acquiferi veri e propri sarà necessario provvedere ad una revisione delle verifiche di stabilità del versante ed eventualmente alle geometrie di scavo provvisionali e definitive.
8. E' molto importante seguire la programmazione prevista dei recuperi ed in modo particolare prevedere la copertura con essenze erbacee dei fronti di scavo abbandonati immediatamente dopo la fine della coltivazione del fronte.