

PIANO DI COLTIVAZIONE E PROGETTO DI SISTEMAZIONE
PCS2019

CAVA DI ARGILLA
POIATICA – MONTE QUERCIA

PROCEDURA DI V.I.A.

R2 – PROGETTO DEFINITIVO – PIANO DI COLTIVAZIONE
CAVA POIATICA MONTE QUERCIA
R2.3 – RELAZIONE GEOLOGICA

ESTENSORI:

COMMITTENTE:



Geode srl

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



Iren ambiente Spa
Strada Borgoforte 22 –
Piacenza (PC)

MONTE QUERCE

Società consortile a
responsabilità limitata

Via Nubi di Magellano,
30 Reggio Emilia (RE)

FILE: R2_3_PCS_MQuercia_Geo.docx

ELABORATO:

PCS R2.3

REVISIONE:

A

DATA:

DICEMBRE 2019

COMMESSA: G19_053

LAVORO A CURA DI

Geode s.c.r.l. Via Botteri, 9/A 43122 Parma Tel 0521/257057 Fax 0521/921910

Dott. Geol. Giancarlo Bonini

iscritto all'Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna (n. 802): Coordinatore.

Dott. Geol. Alberto Giusiano

iscritto all'Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna (n. 651)

Collaboratori:

Dott.ssa in Scienze Geologiche Simona Contini

Dott.ssa in Scienze Geologiche Simona Costa

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	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 censiti nel PCS	17
2.4.3	Morfologia legata alle acque di scorrimento superficiale	20
2.5	Situazione geologico-strutturale e giacimentologica della cava Poiatica-MteQuercia	21
2.6	Analisi geomeccanica ammasso roccioso e classificazione GSI	24
2.6.1	La classificazione geomeccanica delle Arenarie di Ranzano (litotipo RAN3)	25
2.6.2	La classificazione geomeccanica delle Marne di Monte Piano (MMP)	27
3	Dati geologici e stratigrafici disponibili.....	28
4	Parametri geotecnici e meccanici di progetto	44
4.1	Sintesi dei parametri meccanici delle Arenarie di Ranzano (RAN) e delle Marne di Monte Piano (MMP).....	45
4.2	Parametri meccanici della frana R4	46
4.3	Caratteristiche chimiche e mineralogiche del giacimento (dati bibliografici)	48
4.3.1	Marne di Monte Piano – analisi chimiche.....	49
4.3.2	Arenarie di Ranzano – analisi chimiche	51
5	Modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.....	53
5.1	Sismicità.....	53
5.1.1	Zonazione sismica e pericolosità	53
5.1.2	Classificazione sismica	55
5.2	Elementi di microzonazione sismica	56
5.2.1	Categorie di sottosuolo.....	57
5.2.2	Categorie topografiche	58
5.3	Modello sismico locale e parametri sismici di calcolo	58
5.4	Stabilità della cava e dei fronti di cava.....	62
5.4.1	Metodo di calcolo	62
5.5	Scelta sezioni di verifica e parametri geotecnici caratteristici	63
5.6	Verifiche di stabilità.....	64
5.6.1	Verifiche di stabilità sezione D (SdP – condizioni statiche).....	65
5.6.2	Verifiche di stabilità sezione D (SdR – condizioni statiche).....	66
5.6.3	Verifiche di stabilità sezione 12 (SdP – condizioni statiche)	67
5.6.4	Verifiche di stabilità sezione 12 (SdR – condizioni statiche)	68
5.6.5	Verifiche di stabilità sezione D (SdP – condizioni pseudo-statiche).....	69
5.6.6	Verifiche di stabilità sezione D (SdR – condizioni pseudo-statiche).....	70
5.6.7	Verifiche di stabilità sezione 12 (SdP – condizioni pseudo-statiche)	71
5.6.8	Verifiche di stabilità sezione 12 (SdR – condizioni pseudo-statiche).....	72
6	Considerazioni finali.....	73

1 INTRODUZIONE

La presente relazione rappresenta il dossier relativo alla condizione del sottosuolo dell'area della cava Poiatica-Montequerchia, 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 del comune di Carpineti. La cava ricade negli elementi 218151 (Casteldaldo) e 218152 (Corneto) alla scala 1:5.000 della CTR dell'Emilia-Romagna ed interessa un territorio compreso tra le di 334 e 470 m slm. Posizionando il riferimento della cava sulla "sella (o aia) di M.te Quercia" adiacente alle località M.te Quercia di sotto e M.te Quercia di sopra si individuano le seguenti coordinate geografiche:

WGS84: Latitudine 44,430292; Longitudine 10.564158

ED50: Latitudine 44.431240; Longitudine 10.565168

L'area di cava confina a sud con la Cava Molino di Canevarola ad ovest e sud-ovest con la Discarica di Poiatica, ad est e nord est con la Cava Le Braglio e nel margine nord con la Cava Lovaro. La cava è inserita nel Piano di Comparto Attuativo (PCA) "Dorgola".



Figura 1. Ubicazione limite di cava su ortofoto Google 2017. Con il cerchio pieno il punto di riferimento cartografico della cava. (sella di M.te Quercia o aia di M.te Quercia).

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 lacera formando una fossa tettonica che, col passare dei milioni di anni, evolverà 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. Infatti possiamo 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 mélange (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.

Chiameremo le unità più vecchie (Cretaciche) con il nome di Liguri, al disotto delle quali troviamo 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, avremo quindi le unità Liguri già deposte ed impilate al disopra delle Subliguri, mentre più ad Est di queste continua la deposizione, in zone abissali, dell'unità Toscana.

Al disopra 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 possiamo 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.

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.



1. *Tracce delle principali superfici di accavallamento, affioranti e sepolte*
2. *Tracce delle principali faglie dirette*
3. *Tracce delle principali faglie trascorrenti*
4. *Tracce assiali di pieghe coricate o rovesciate*
5. *Tracce delle superfici di accavallamento riutilizzate con meccanismi estensionali*
6. *Margine morfologico del Pedepennino*
7. *Spartiacque principale*
8. *A = Linea della Val Secchia (Struttura – fascia di deformazione)*

Figura 2. Schema tettonico-strutturale dell'Appennino Parmense – Reggiano (da De Nardo et Al. 1991).

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.

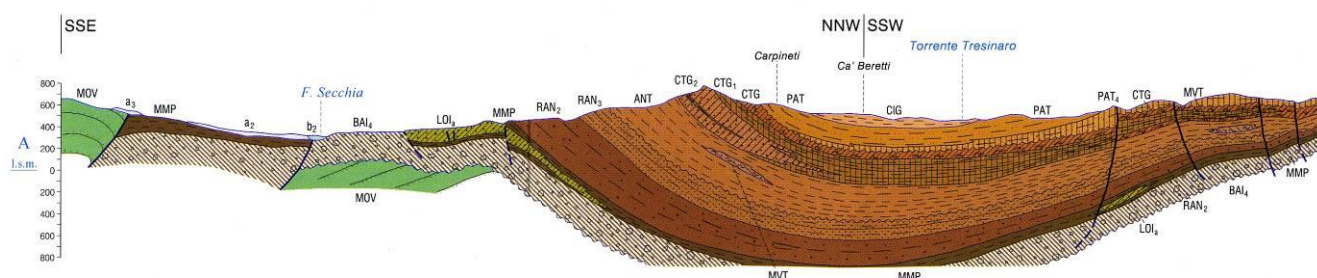


Figura 3. Sezione geologica estratta dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 218 Castelnuovo Monti

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.

Nella figura seguente è riportato un estratto della Carta 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 3a** "Carta geologica" è stata eseguita sulla base di tale cartografia. Viene riportata inoltre la descrizione della successione delle formazioni geologiche affioranti nell'area in esame dalla più antica alla più recente basata sulle note illustrative del Foglio 218.

Le descrizioni delle formazioni geologiche riportata di seguito è estratta dal sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis/>.

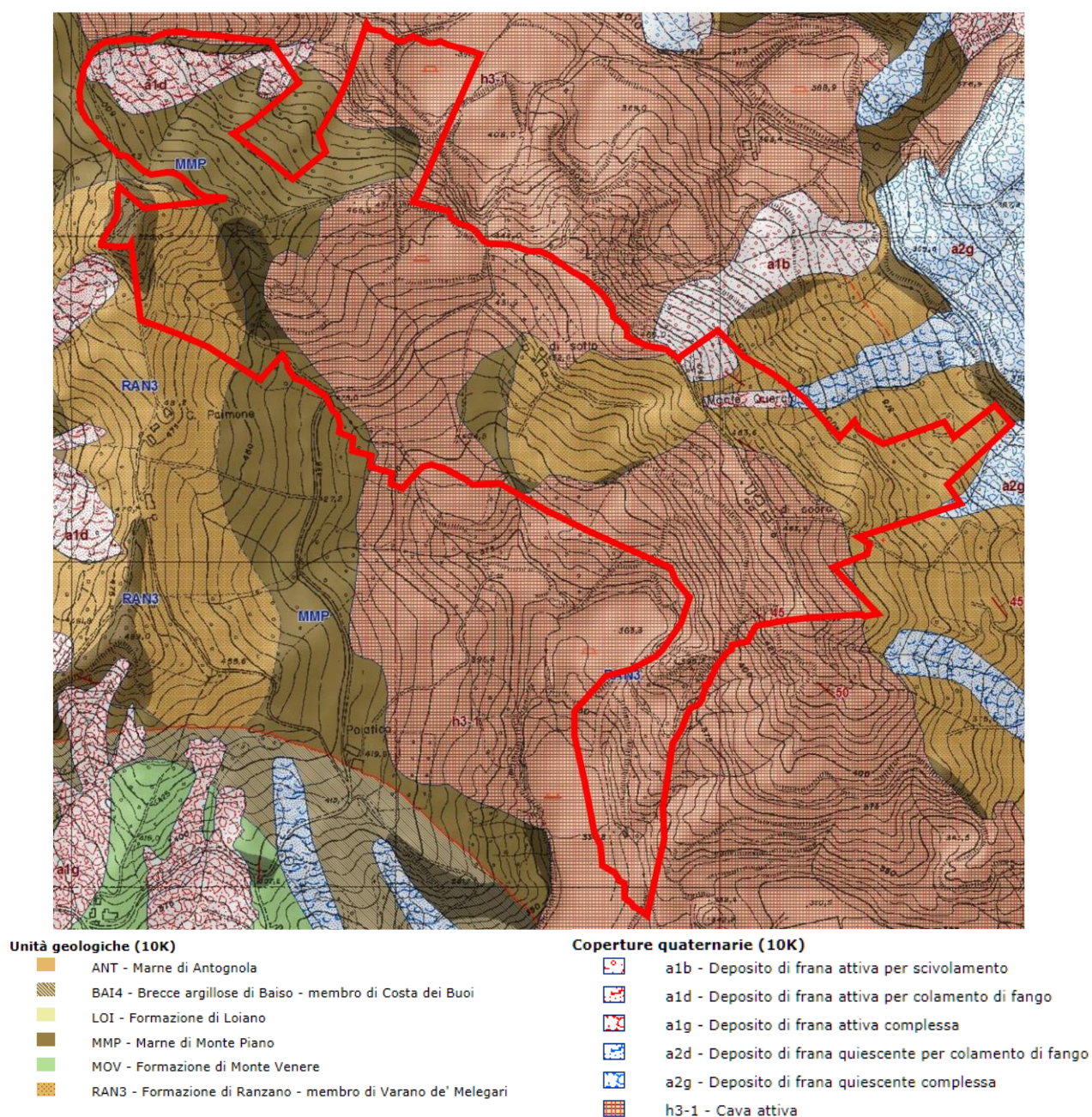


Figura 4. Carta geologica dell'area in esame estratta dalla carta geologica del progetto CARG alla scala 1:10.000 con coperture quaternarie (disponibile sul sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis/>.)

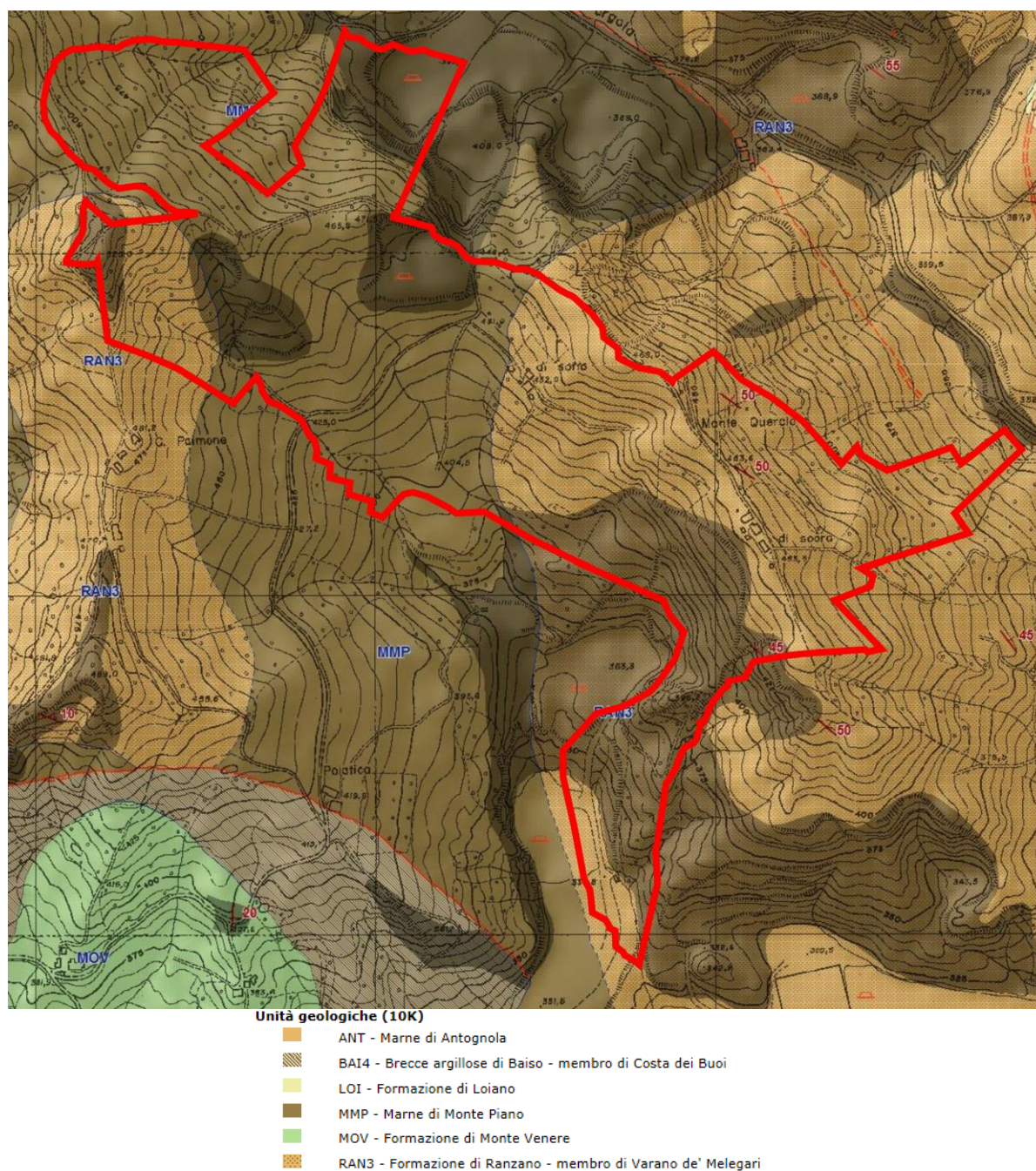


Figura 5. Carta geologica dell'area in esame estratta dalla carta geologica del progetto CARG alla scala 1:10.000 senza coperture quaternarie (disponibile sul sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis/>.)

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-pelitiche e pelitiche; 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 giaciture e stratigrafiche sono frequentemente osservabili nell'area, in particolare nelle zone marginali della placca epiligure Vetto-Carpinetti-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-Carpinetti-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 areniti è feldspatico-litica e si rinvenivano 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 Carpinetti), 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 brecce 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 brecce 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 Viola (poco a S del Foglio) peliti attribuite alle MMP contengono associazioni a nannofossili calcarei di età Oligocene inferiore.

2.3.1.3 *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.

2.4 Quadro geomorfologico

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. Si osserva inoltre come altro elemento morfologico principale per l'area in esame siano le forme e i depositi gravitazionali. Infine, altro elemento di rilievo per l'area in esame risulta essere la presenza della discarica di Poiatica.

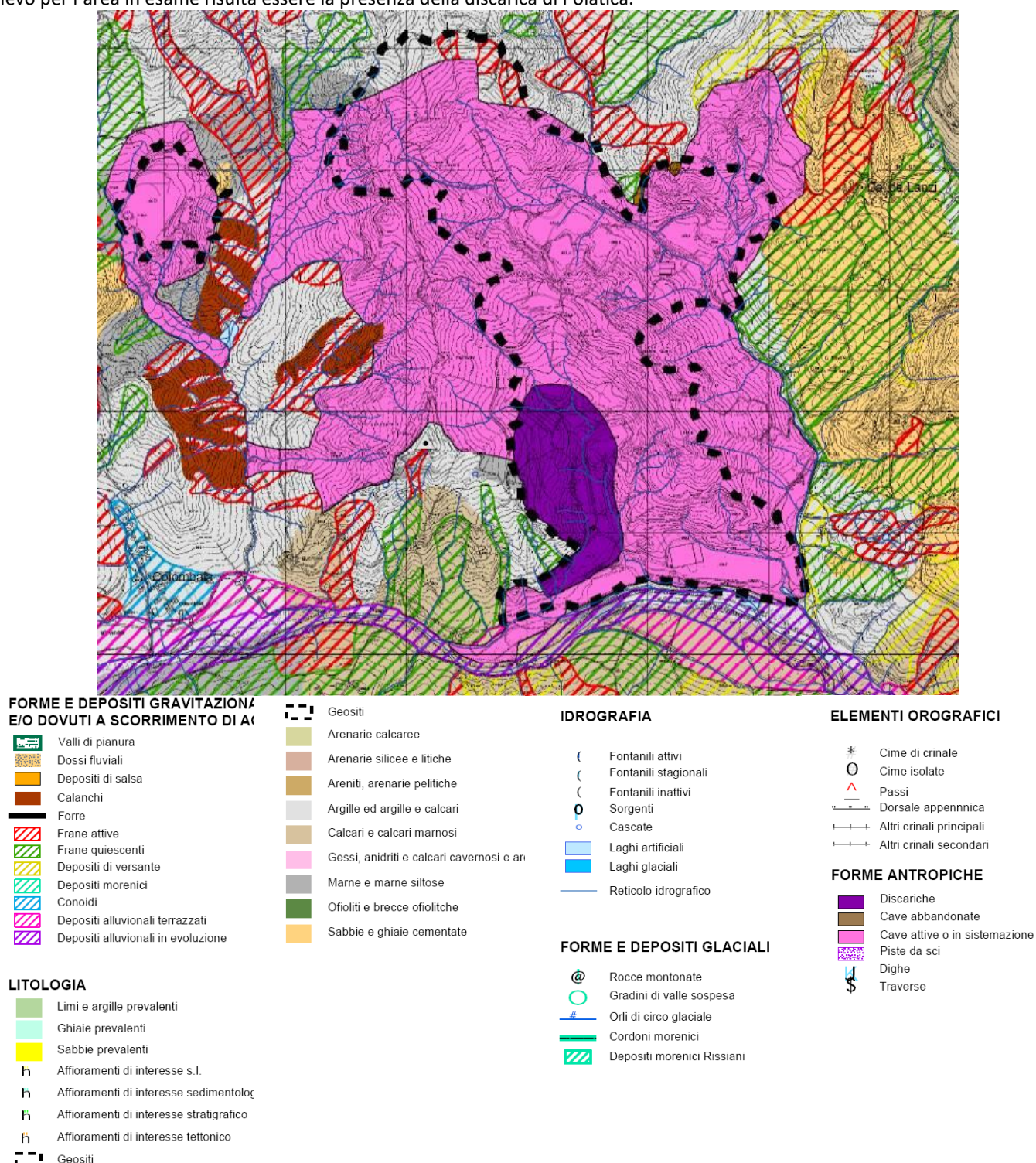


Figura 6. Estratto dalla "Carta degli elementi fisico-morfologici" Tavola 218SE.

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 rilevabile 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.

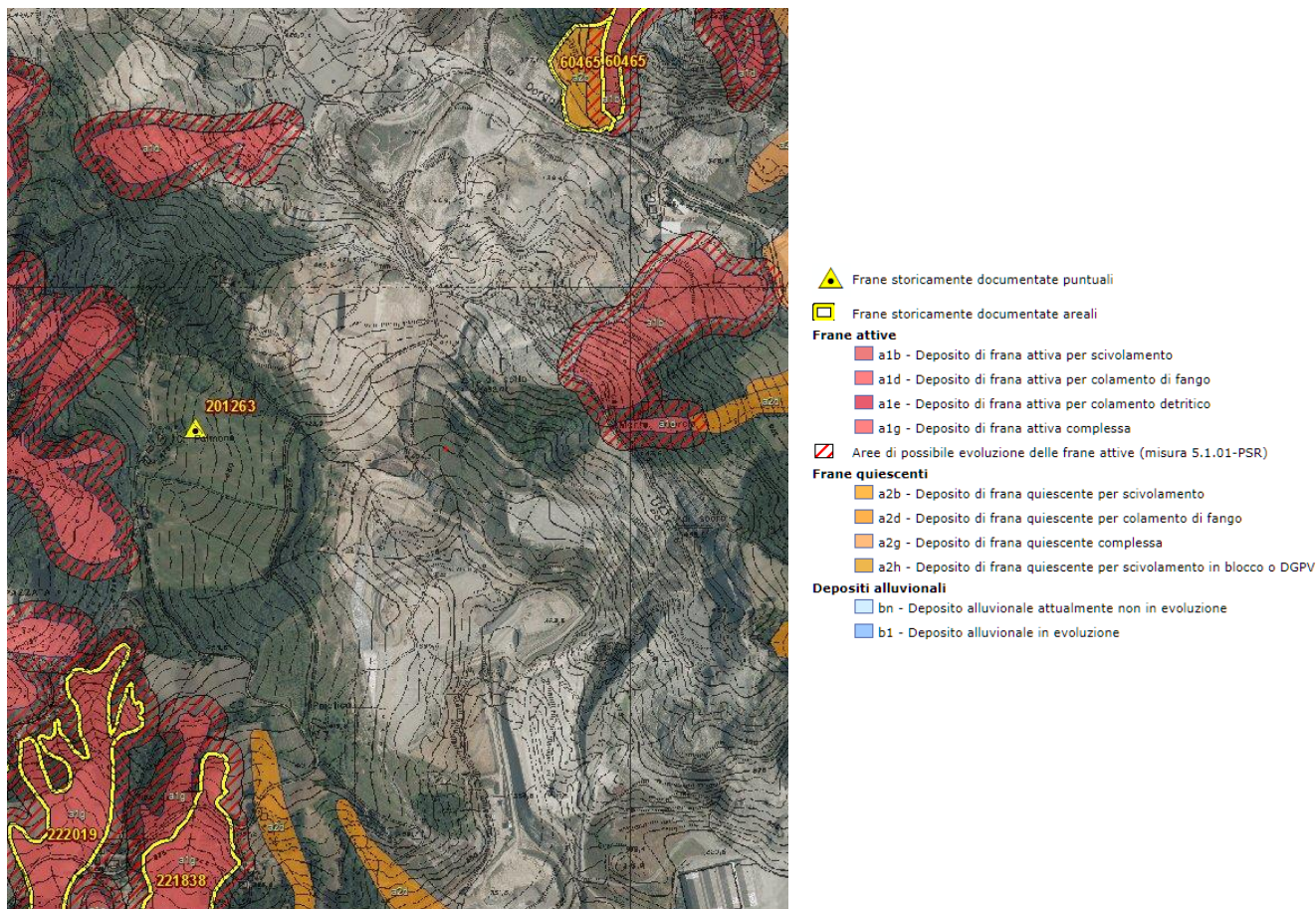


Figura 7. Estratto dalla Carta del dissesto idrogeologico dal sito https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=dissesto

Nella figura seguente si riportano le perimetrazioni individuate all'interno della Carta inventario del dissesto del PTCP della Provincia di Reggio Emilia per l'area in esame (vedasi anche Tavola 3) in cui nell'area della cava di Poiatica-Montequercia sono censiti alcuni fenomeni di dissesto attivo e quiescenti.

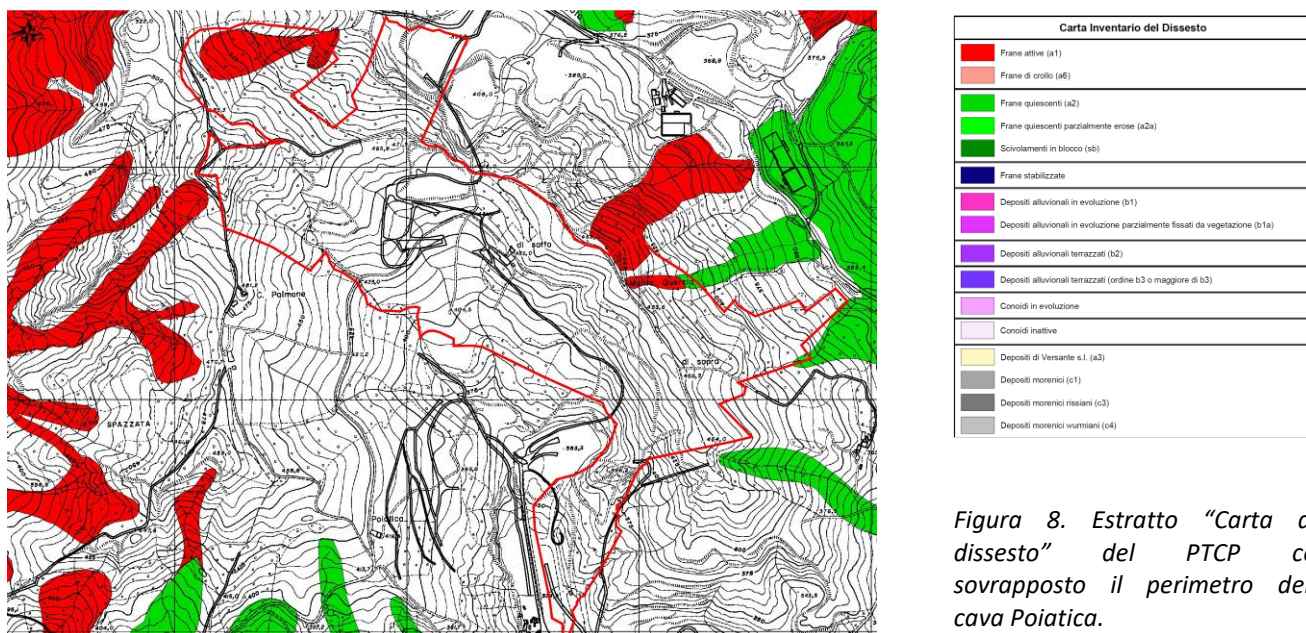


Figura 8. Estratto "Carta del dissesto" del PTCP con sovrapposto il perimetro della cava Poiatica.

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 Ghinoli): 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.

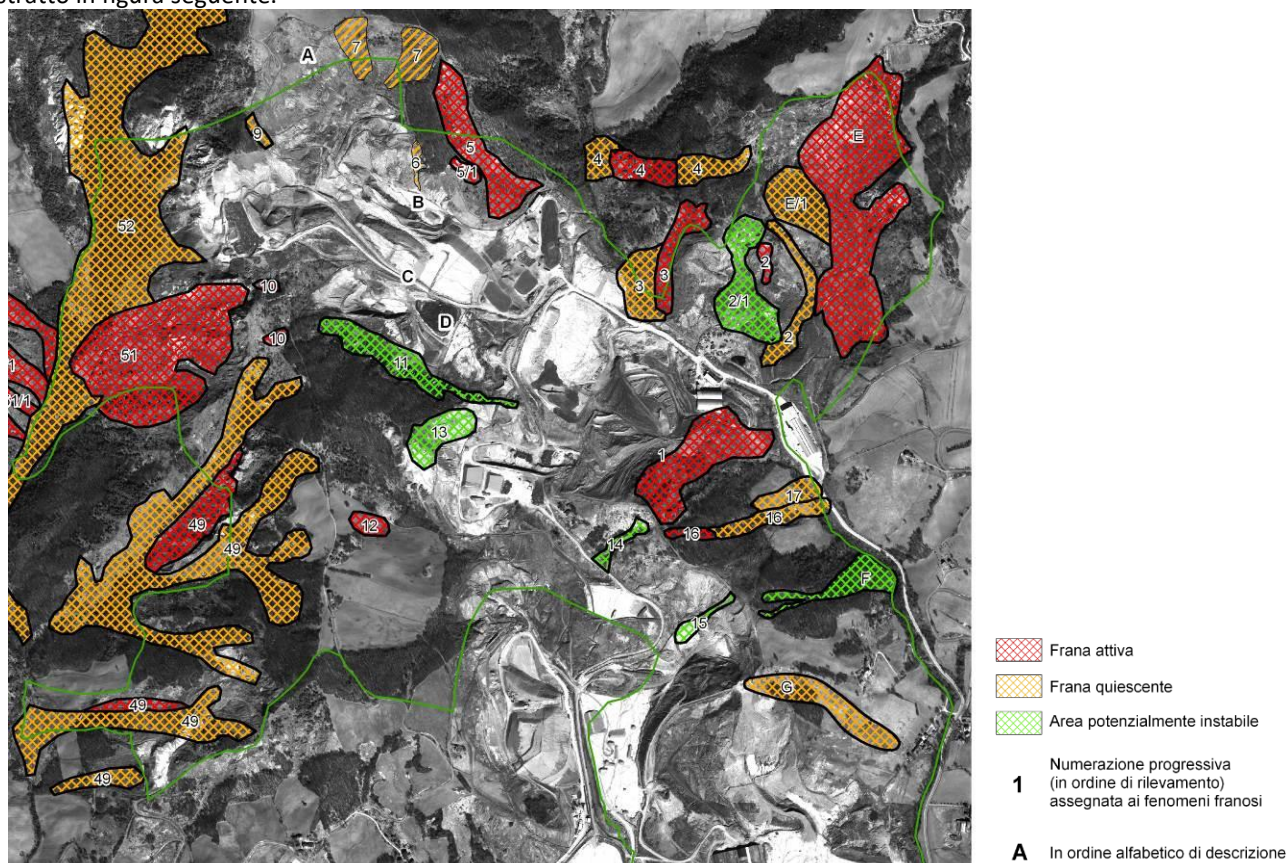


Figura 9. Estratto da Allegato 1/B Comparto Carpineti Est dello Studio di compatibilità Idraulico-geologico relativo al polo n°1 "Comparto delle argille di Carpineti"

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 censite anche dal PTCP, se interne, esterne o parzialmente interne al limite di cava e le eventuali attività proposte.

(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. **Frana attiva censita nel PTCP, marginalmente interna al limite di Cava Poiatica-M.te Quercia in una porzione di sommità laterale in buona parte boscata; prevista solo attività di monitoraggio dell'evoluzione del movimento.**

(10) Solo la porzione sommitale di questa frana sembra manifestare ancora segni di attività molto superficiali. La porzione di transito e di accumulo sembrano essere state asportate dai cavatori: la morfologia attuale risulta infatti totalmente diversa da quella rappresentata dalle curve di livello della CTR scala 1:5.000. **Elemento non censito nel PTCP; esterna al limite di Cava.**

(11) Un largo pendio interessato da colate attive. A valle degli impluvi, in raccordo con la spianata di cava, si accumulano conoidi di terra. Nelle zone sorgente, all'apice dei canali di transito, i movimenti (scivolamenti roto-traslazionali e colate) appaiono retrogressivi e numerose scarpate a gradinata si addentrano nel bosco sovrastante. I colamenti sono stati indotti soprattutto da una mal gestione delle acque superficiali e dalla assenza completa di vegetazione. In queste condizioni l'azione erosiva dell'acqua innesca e sviluppa i fenomeni sopra descritti. **Elemento non censito nel PTCP; in parte interna ed in parte esterna al limite di Cava; prevista solo attività di monitoraggio dell'evoluzione del calanco.**

(12) Area interessata da modesti scivolamenti roto-traslazionali attivi dovuti alle pendenze elevate e alla mancanza di drenaggio e/o rimboschimento (peraltro realizzati nell'adiacente porzione di versante). **Elemento non censito nel PTCP; porzione esterna al limite di Cava.**

(13) Il versante è caratterizzato da diffusi piccoli scivolamenti rotazionali e da fenomeni di ruscellamento concentrato, causati dall'elevata pendenza della scarpata di cava di dimensioni modeste indotte, quindi, da una mal gestione delle acque superficiali. **Elemento non censito nel PTCP; area interna al limite di Cava denominata A8 nel PCA; previsto rinfranco al piede per migliorare stabilità versante e sicurezza maestranze.**

(14) Frana complessa (scivolamento rotazionale e colata), attiva nella zona di distacco e quiescente in quella di accumulo. La sua presenza è da ricondurre alle forti pendenze indotte dalla attività di cava alla mal gestione delle acque superficiali: trattasi quindi di un "fenomeno indotto". **Elemento non censito nel PTCP; area rivegetata ove prevista attività di manutenzione della vegetazione esistente e di monitoraggio**

(15) Colata di recente attivazione molto superficiale, innescata, probabilmente, dall'abbandono di un fronte di scavo senza la realizzazione di un adeguato sistema di regimazione delle acque superficiali: si può classificare come fenomeno "frano indotto". **Elemento non censito nel PTCP; area interna al limite di Cava di cui è prevista la complessiva asportazione con scavo di parte del substrato sottostante secondo le corrette geometrie di stabilizzazione, realizzazione di nuovo sistema di drenaggio superficiale, conseguente recupero agronaturalistico con posa anche di biorete (georete in cocco posta su fieno).**

Nota. Il dissesto 15 si è intensamente ampliato lateralmente ed in parte verso monte e verso valle. Il dissesto arretrando ha coinvolto e coinvolge il crinale di M.te Quercia.

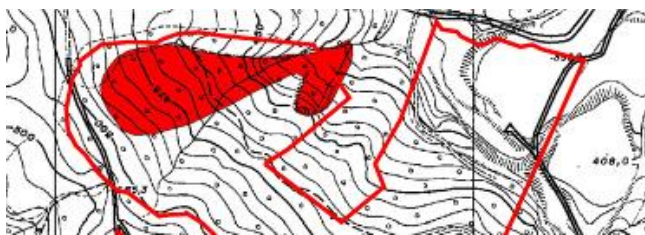
(16) Gradinate in testata di frana, segni di scivolamenti rotazionali retrogressivi. **Frana in parte attiva (sommità) e quiescente censita nel PTCP; solo in parte interna al limite di Cava; la nicchia interferisce con attività previste di sistemazione dei dissesti 14 e 15; la proposta è quella di realizzare un intervento coordinato con asportazione di parte della nicchia, regimando le acque superficiali e se necessario le acque sotterranee non modificando il corpo di frana (già ampiamente vegetato).**

(F) Rispetto a quanto indicato dalla carta dell'inventario del Dissesto si ritiene il corpo di frana quiescente denominato con la lettera F nell'allegato 1 inesistente o completamente stabilizzato. L'area è, infatti, ricoperta da una fitta boscaglia che non permette approfondite valutazioni, ma che non mostra segni di movimenti in atto né recenti né passati. Sarebbero, però, necessarie indagini geognostiche per poter completamente escludere la sua esistenza; si ritiene, quindi, maggiormente cautelativo cartografarla come "area potenzialmente instabile". **Solo in parte interna al limite di Cava si sviluppa in una settore mai coltivato. Previsto solo il monitoraggio.**

(G) trattasi di un corpo di frana al di fuori di eventuali ambiti di escavazione che quindi non può aver subito alcun rimaneggiamento; dall'analisi delle foto aeree non si evidenziano però segni indicanti movimenti in atto. Non avendo a disposizione altri elementi tecnici si conferma il perimetro indicato dalla Carta dell'Inventario del Dissesto. **Esterna al limite di Cava**

Nella cartografia del PAE non è censita la frana attiva che interessa in parte l'area A7 settore nord (figura a lato). In effetti in parte tale perimetro di sovrappone con il dissesto 11 che rappresenta un vecchio fronte di cava ormai calachizzato. La forma della frana del PTCP non corrisponde più all'attuale morfologia.

In tale area non sono previste attività di coltivazione e di sistemazione morfologica; solo attività di manutenzione della vegetazione e dei canali ivi presenti.



2.4.2 I dissesti censiti nel PCS

All'interno degli ultimi due PCS approvati veniva censita una frana in parte non segnalata nel PAE (in parte era il dissesto n. 15) e comunque non censita nel PTCP; il dissesto si è attivato nel 2010 ed ha interessato parte del fronte di coltivazione dell'argilla "grigia" (fronte Mte Quercia). La frana è ubicata nel settore meridionale della cava e si stacca dal versante sud est di Monte Quercia di sopra ed è descritta nei precedenti piani come: "uno scivolamento rotazionale che interessa circa 100.000 m³ di terreno, per uno spessore massimo di 10 m, con la formazione di colate secondarie laterali, che si sovrimpongono alla colata principale a partire dal crinale." La porzione di versante interessato dal dissesto è compreso ai mappali n°3, 9, 27, 28, 38, 39 del Foglio 85 del catasto comunale di Carpineti, mappali proprietà della ditta Monte Querce Scarl.

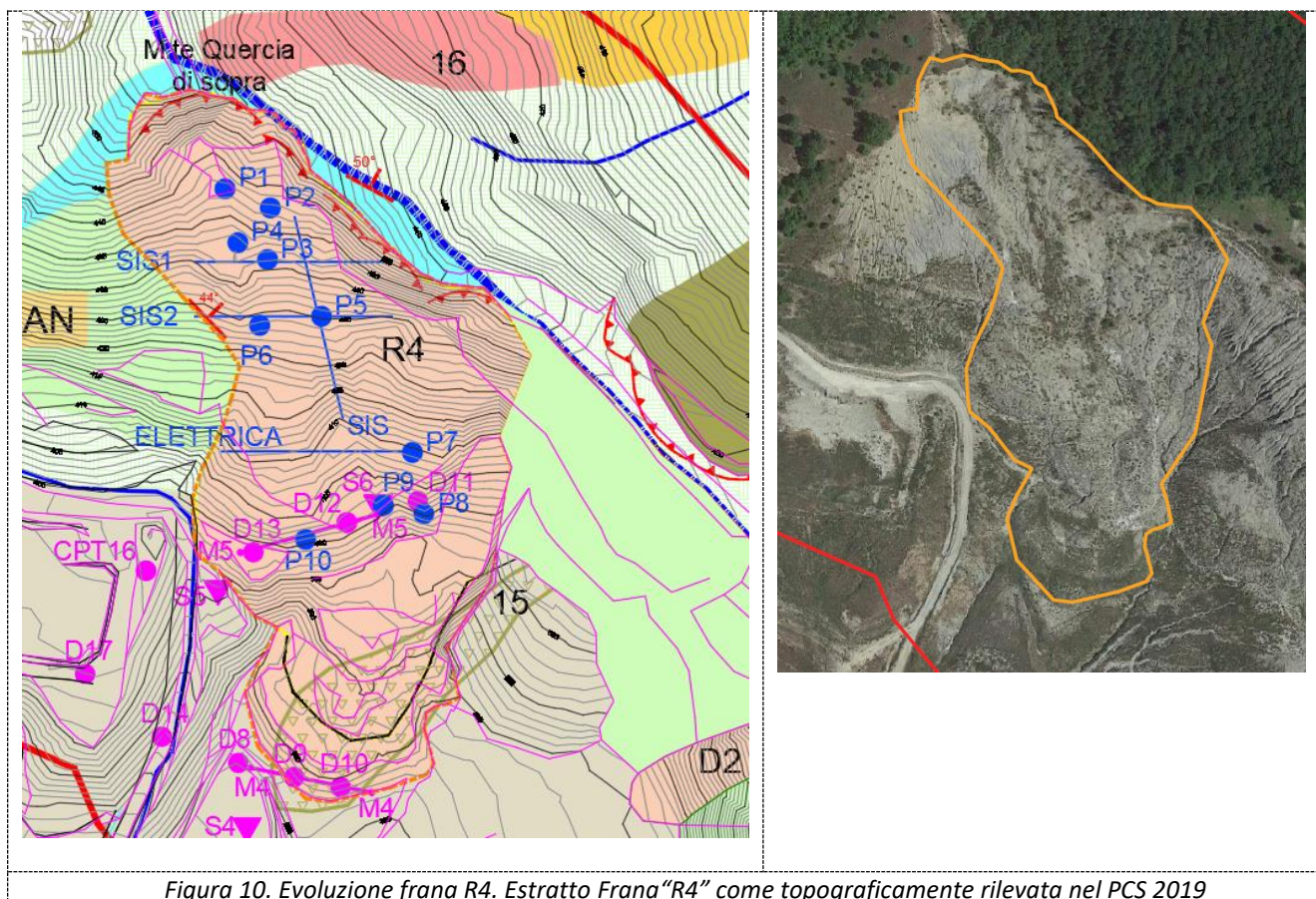
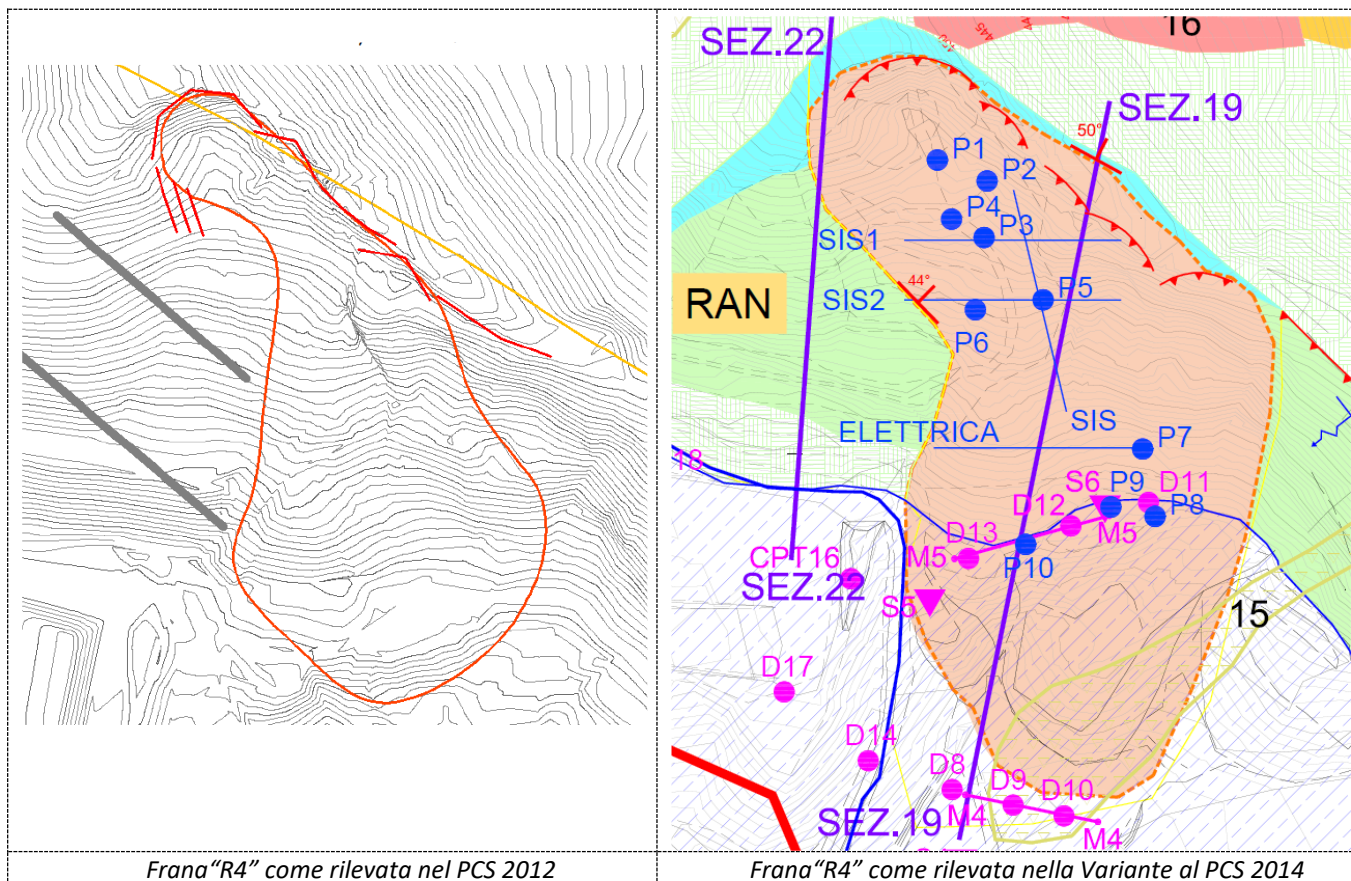
La causa scatenante è valutata "legata alla presenza ed infiltrazione di acqua, che porta al progressivo rammollimento degli strati di argilla che costituiscono la Formazione di Ranzano; l'acqua meteorica è veicolata in profondità da parte degli strati arenacei molto fratturati presenti con assetto a reggipoggio. Si riconosce una nicchia di distacco ormai svuotata, dell'altezza di 12 metri e diverse colate laterali che interessano il crinale e che ne determinano allo stato attuale il progressivo arretramento, per la presenza in corrispondenza di quella porzione di crinale, di straterelli marnosi che si detensionano con grande rapidità una volta rimasti scoperti e sono quindi fortemente soggetti all'erosione concentrata."

Ai fini della caratterizzazione geologica-geomorfologica, geotecnica ed idrogeologica dell'area furono eseguite o rielaborate una serie di indagini geognostiche di seguito elencate e descritte ai paragrafi successivi:

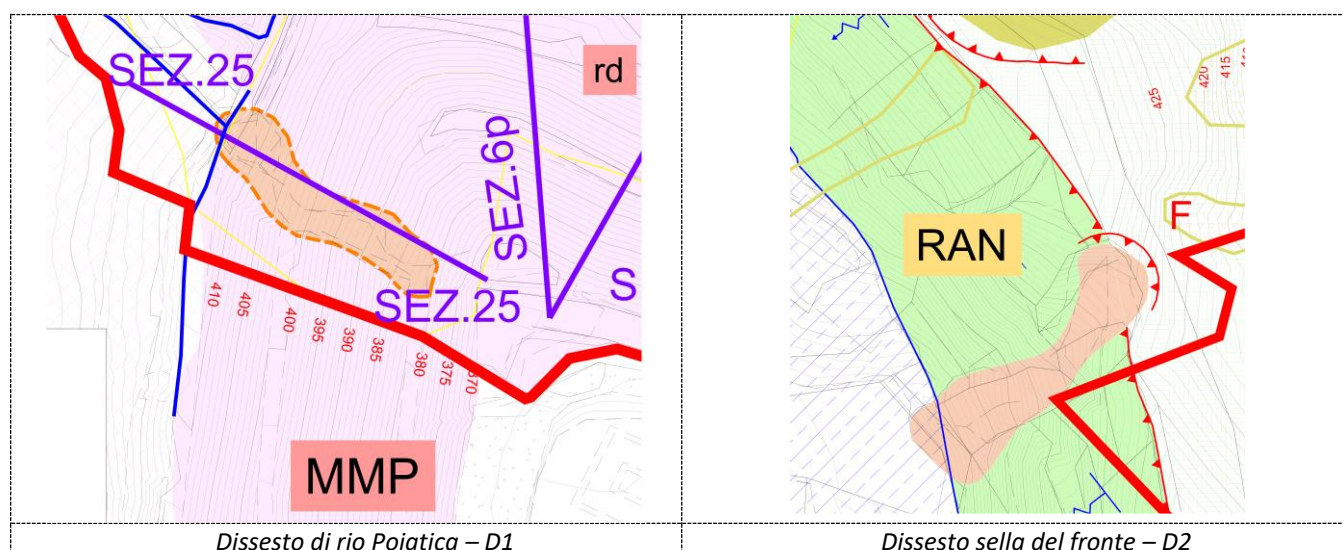
- ✓ rilievo-geologico-geomorfologico di dettaglio;
- ✓ rilievo topografico di dettaglio
- ✓ prove penetrometriche dinamiche (n° 10 prove, spinte fino alla profondità massima di 8.60 m da p.c.)
- ✓ n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni
- ✓ Sismica a rifrazione (3 linee con elaborazione tomografica)
- ✓ Geoelettrica (1 linea con elaborazione tomografica)

Il fenomeno franoso è censito nel presente piano nella categoria "fronti o ex fronti instabili da PCS" e denominato R4; il perimetro del dissesto è riportato nella tavola 8 allegata al presente progetto. Come già sopra indicato ingloba il dissesto 15 di PAE.

Nel periodo 2012 - 2019 ha subito una evoluzione ampliando la nicchia sia lateralmente sia interessando porzioni maggiori di versante verso valle. Nel presente progetto viene proposta una modifica parziale degli interventi di salvaguardia idrogeologica della frana interessando porzione più estese del versante (per la descrizione degli interventi si rimanda alla relazione di progetto).



Nella variante al PCS 2014 furono rilevate e censiti altri due dissesti rientranti nella categoria "fronti o ex fronti instabili da PCS" non presenti nella cartografia della PCS 2012. In particolare è censita una piccola frana nella zona del confine sud-occidentale della cava detto "D1 - dissesto di rio Poiatica" ed un parziale crollo dell'ex fronte di cava dell'argilla grigia verso il confine con la cava Molino di Canevarola denominato "D2 - dissesto sella del fronte".



Il dissesto D1 denominato del rio Poiatica è connesso alla situazione idraulica presente nell'area; il piccolo rio Poiatica fu interrotto durante le attività di cava pregresse e non fu individuato un reticolo idrografico sostitutivo o di mitigazione; l'assenza di una opportuna regimazione delle acque produce un ruscellamento diffuso con imbibizione dei depositi eluviali e di riporto presenti in sommità scarpata con conseguente innesco di piccole colate di fango che vanno a ricoprire il fronte delle argille rosse che nella sua complessità risulta stabile. La VPCS 2014 prevedeva la bonifica del corpo di frana anche con terre armate, l'esecuzione di una opportuna regimazione delle acque e una riprofilatura del versante con creazione di banche intermedie per migliorare la stabilità complessiva; gli interventi sono descritti nella relazione di progetto. Negli anni 2018 e 2019 sono state eseguite una serie di attività che hanno portato alla bonifica del dissesto. Il "dissesto sella del fronte" D2 è inserito nel nuovo PCS all'interno delle attività di sistemazione del dissesto R4 essendo ad esso quasi contiguo.

Nella VPCS 2014 fu anche censito un elemento morfologico rientrante nella categoria "Aree instabili esterne ai fronti o ex fronti di cava censiti nel nuovo PCS"; tale dissesto denominato D3 o "frana A4 lato Dorgola" interessa il versante del bacino del t. Dorgola in una zona che non è mai stata oggetto di coltivazione ricadente in parte nell'area A4 di PCA. In dettaglio l'area A4 di PCA interessa parte del fronte dell'argilla grigia (lato Poiatica) che rientra nel progetto di sistemazione dell'area denominata R4 e parte in area esterna al fronte (lato dorgola - area D3) di cui si propone un monitoraggio per verificare l'evoluzione del dissesto.

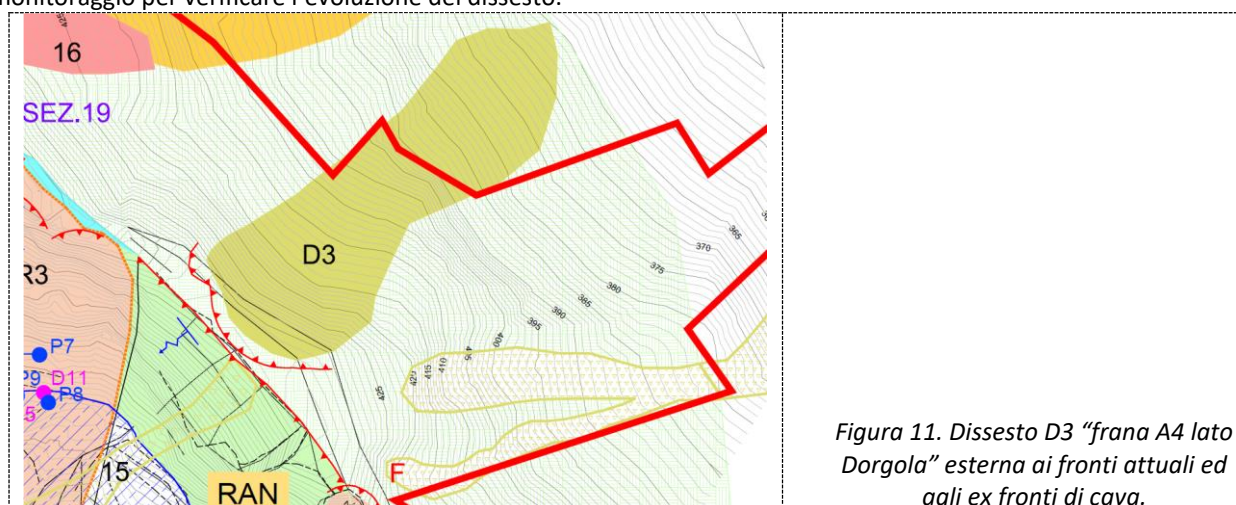


Figura 11. Dissesto D3 "frana A4 lato Dorgola" esterna ai fronti attuali ed agli ex fronti di cava.

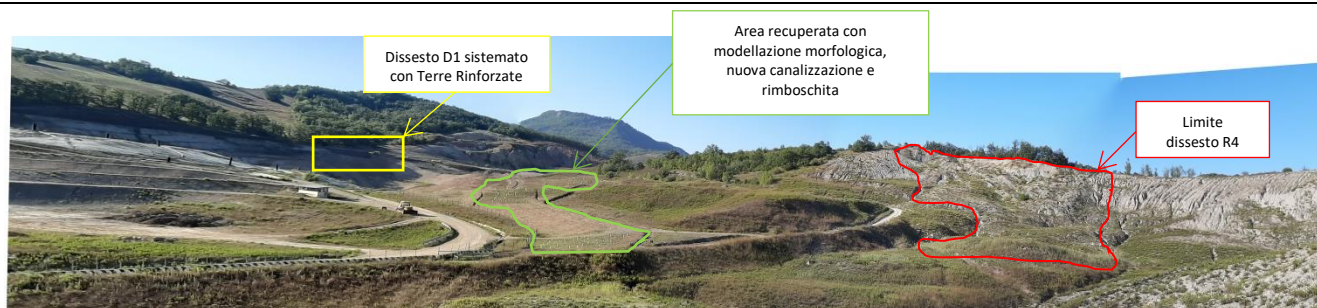


Figura 12. Panoramica nicchia di frana R4 e visuale zona di confine cava/discardica

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-Carpinetti ed il basamento affiorante anche in parte in sinistra idrografica del F. Secchia. In particolare il rio Torbido taglia longitudinalmente la struttura positiva mentre il rio Dorgola la "delimita" ad Est: essi sono quindi posti rispettivamente a ovest ed a est dell'area di Cava Poiatica Montequercia. Lo sviluppo del fosso delle Coste (ubicato ancora più ad ovest) sembra maggiormente controllato dalle differenze litologiche (competente/meno competente). Lo sviluppo di tutti i torrenti e la forma valliva è comunque fortemente influenzata dalla presenza di accumuli di frana e sovente le valli sono asimmetriche anche per la diversa degradazione dei versanti. Situazione particolare è individuata dal piccolo rio Poiatica che si sviluppa sul confine sud occidentale dell'area di cava; tale rio fu interrotto durante le attività di cava pregresse e non fu individuato un reticolo idrografico sostitutivo o di mitigazione; l'assenza di una opportuna regimazione delle acque ha quindi prodotto un ruscellamento diffuso e talvolta incanalato che sono tra le cause della presenza di piccole colate di fango che vanno a ricoprire il fronte delle argille rosse presente in tale area. La VPCS 2016 prevedeva la bonifica del versante anche con la realizzazione di terre armate, l'esecuzione di una opportuna regimazione delle acque (con realizzazione di nuovo canale di deflusso e rivestimento con pietrame di parte del rio; gli interventi eseguiti sono descritti nella relazione di progetto). Lungo questo confine di cava l'attività estrattiva confina con la discarica di Poiatica; la regimazione delle acque in tale settore risente fortemente dell'attività di gestione dei rifiuti; sono stati creati una serie di canali e canalizzazioni lungo banche realizzate che portano le acque essenzialmente verso valle in sinistra idrografica e solo marginalmente sfruttando la destra idraulica.

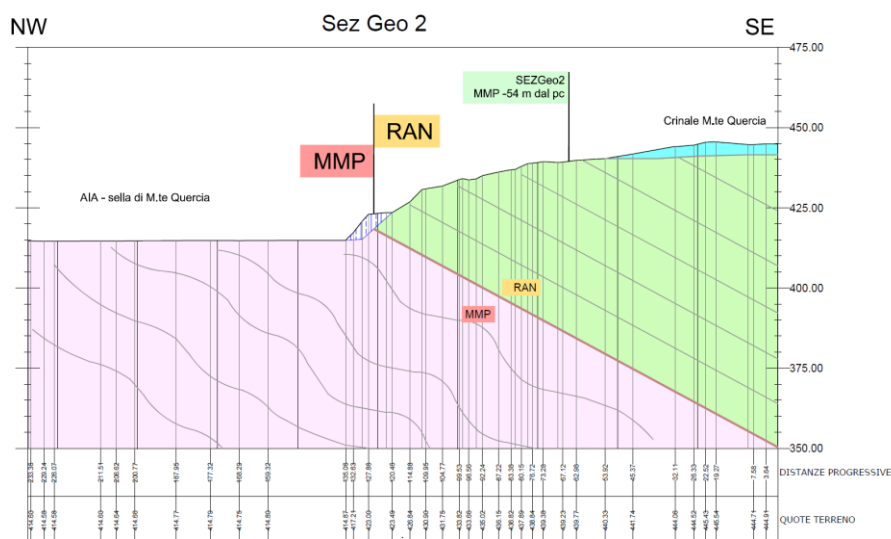
Altro impluvio relativamente rilevante è rappresentato dal rio denominato di Lovaro e posto al confine tra la cava di M.te Quercia e la cava di Lovaro ed affluente in destra del t. Dorgola. Il piccolo rio è essenzialmente antropizzato e si sviluppa in un'area a bassa pendenza ma al piede dei calanchi dell'area A7; il progetto 2016 prevedeva la pulizia e riqualificazione di parte di detto canale da troppi anni non sottoposto a manutenzione e successiva rinaturalizzazione; le attività sono in corso e termineranno nella primavera 2020. All'interno del perimetro di cava sono presenti alcuni canali per la regimazione delle acque prevalentemente antropizzati; alcuni di questi canali (zona la confine con la discarica) sono stati oggetto di regimazione e realizzazione di briglie in legno.

Lungo i versante denudati sono presenti e localmente diffusi fenomeni di ruscellamento, talora concentrato con formazione di morfologie pseudocalanchive (area A7) e di incisioni più o meno profonde all'interno del materiale argilloso.

2.5 Situazione geologico-strutturale e giacimentologica della cava Poiatica-MteQuercia

All'interno della cava Poiatica-M.te Quercia affiorano due differenti unità geologiche, in particolare il membro di Varano dè Melegari della Formazione di Ranzano (RAN₃) e le Marne di Monte Piano (MMP). Le Marne di Monte Piano rappresentano circa il 45% dell'intero territorio di cava mentre il 55% è rappresentato dalle arenarie di Ranzano. Il contatto tra le due unità attraversa la sella o aia di M.te Quercia sul margine meridionale ed è individuata sul lato "Poiatica" da una faglia che immerge verso SE ribassando il lato di valle (destro – faglia diretta) con inclinazione del piano di faglia di circa 33°. 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.

Figura 13. Sezione geologica geo2 circa ortogonale all'assetto strutturale.



Le Marne di Montepiano sono poste alla base della successione e sono caratterizzate da una giacitura verso est-sud est con inclinazione 30-50°; le superfici di strato sono mal distinguibili per la presenza di convoluzioni e fenomeni di deformazioni alla piccola e media scala; nel PCS 2012 ed in particolare nella "Relazione geologica per il progetto di sistemazione del versante a monte della discarica di Poiatica" (a cura di: dott.ssa Geol. **Dott.ssa Claudia Borelli** – geologo; Dott.ssa Laura Fantoni – geologo e Dott. Paolo Filetto – forestale) è descritta la situazione strutturale nel dettaglio e da cui si riportano le descrizioni.

Marne di Montepiano

Le Marne di Monte Piano occupano principalmente il versante orientale della dorsale di Ca' Poiatica - Ca' Palmone 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	

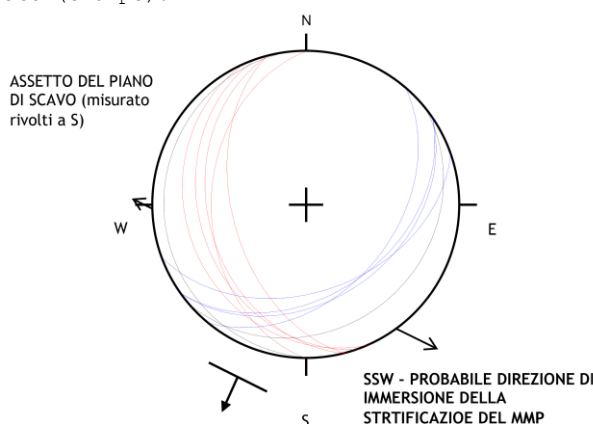


Fig. 5 - Assetto della foliazione nel MMP e relativo stereogramma di rappresentazione: con i due colori si indicano i due diversi andamenti della foliazione

Gli assetti misurati mostrano due andamenti principali, con andamento di immersione fondamentalmente NW e SE, che possono essere riferiti alle pieghe da slump che si sono formate interstrato. Considerando che le marne sono in più oggi deformate e ruotate tettonicamente, si può supporre per la formazione di MMP, limitatamente alla zona indagata, una stratificazione tendenzialmente immergente verso SSW, a reggipoggio rispetto

il versante settentrionale di M. Quercia, con un'inclinazione non molto alta (valutabile intorno ai 20°, misura riferita all'inclinazione della linea di intersezione fra i piani misurati).



Figura 14. Fronte sinistro Poiatica visto da Ovest. A/P <1/10. Spettacolare evidenza delle pieghe interessanti le MMP che sono esaltate dai livelli più limosi a tratti sabbiosi e di colore grigio chiaro. Le pieghe si presentano asimmetriche, da chiuse a serrate con fianco rovesciato; piano assiale difficilmente misurabile con probabile immersione SSE.

Le Arenarie di Ranzano sono poste alla sommità della successione ed hanno una immersione verso est – nord est con immersione variabile da 30 a 50°; sono leggermente discordanti rispetto alle sottostanti MMP. Nel PCS2012 ed in particolare nella “Relazione geologica per il progetto di sistemazione del versante a monte della discarica di Poiatica” (a cura di: **dott.ssa Geol. Dott.ssa Claudia Borelli** – geologo; Dott.ssa Laura Fantoni – geologo e Dott. Paolo Filetto – forestale) è descritta la situazione strutturale nel dettaglio e da cui si riportano le descrizioni.

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 Ca’ Palmone, ed affiorano ad est del T. Dorgola e di Lovaro. Gli assetti degli strati di RAN 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. Sono a reggipoggio sul versante meridionale (Stazione di misura n.1) ed a franappoggio più inclinato del pendio su quello settentrionale (Stazione di misura n.2).



Fig. 4 - 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



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 15. 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)	Shales (6 ± 2)
						Marls (7 ± 2)
	Non-Clastic	Carbonates	Crystalline Limestone (12 ± 3)	Sparitic Limestones (10 ± 2)	Micritic Limestones (9 ± 2)	Dolomites (9 ± 3)
		Evaporites		Gypsum 8 ± 2	Anhydrite 12 ± 2	
		Organic				Chalk 7 ± 2

Figura 16. Valori caratteristici della costante m_i per le rocce sedimentarie (Marinos e Hoek, 2001).

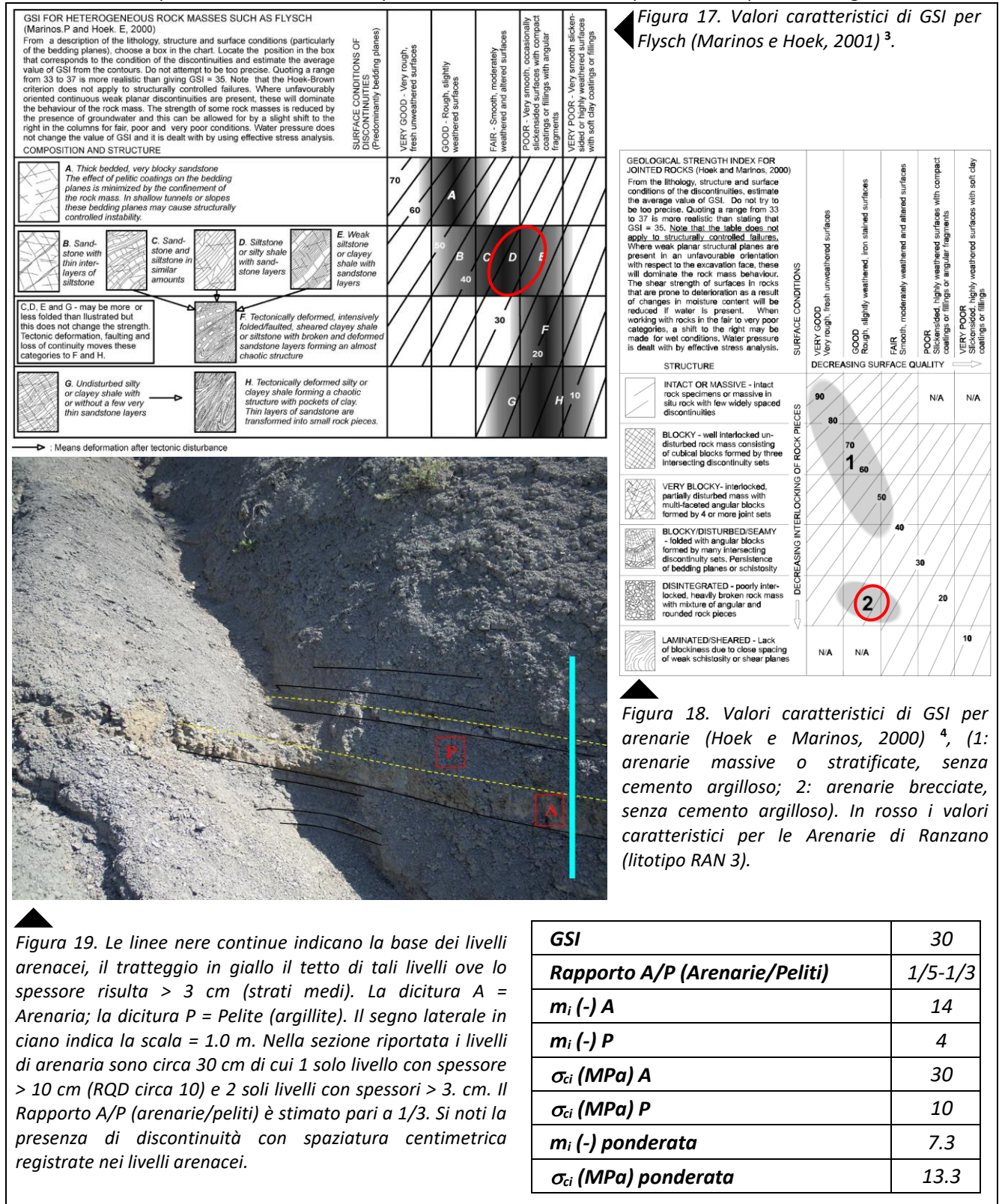
¹ Marinos P. & Hoek E. (2000) "GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation"

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 20. 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 k_1 ortogonale alla giacitura e sistema trasversale a k_1 (k_2) 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 ed E.

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

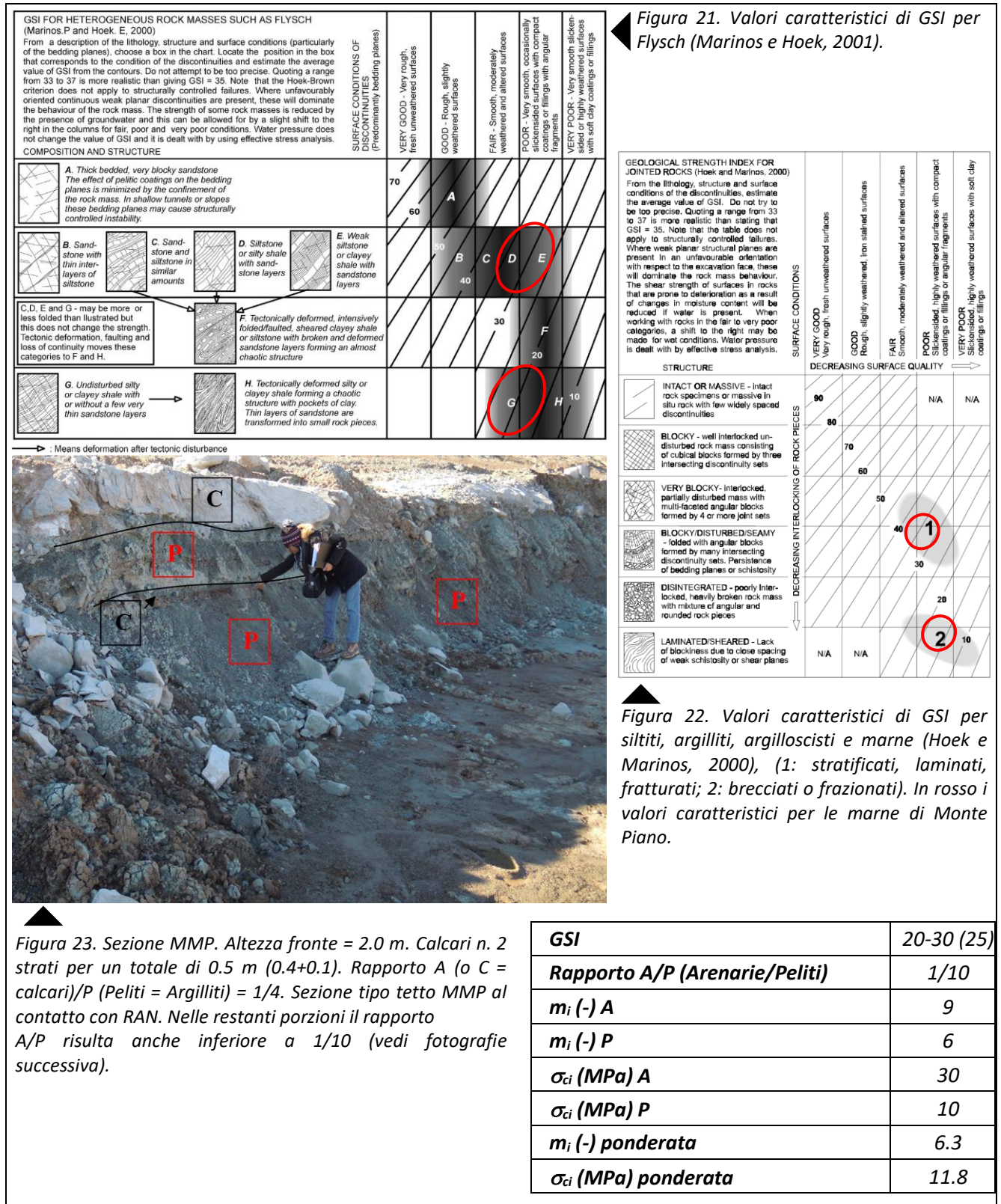




Figura 24. Sezione M.te Quercia. Assenza di strati arenacei e calcari. Fronte 30 m A/P <1/10. Sezione tipo corrispondente alle zone centrali della successione litostratigrafica del MMP

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, sia per la redazione del "Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del polo MO029 per gli anni 2011-2016" a cura della dott.ssa Geol. Claudia Borelli (luglio 2012) sia 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:

- ✓ 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.
- ✓ 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.
- ✓ 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)" – Progetto di consolidamento frana e ricostruzione e ricomposizione del crinale di Monte Quercia.
- ✓ 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).
- ✓ Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecchia di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica - Relazione Geologica (coordinamento del Dott. Geol. Franco Bacchini, Gennaio 2011).
- ✓ Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecchia di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica - Relazione Geotecnica sulle indagini eseguite (Dott. Ing. Teneggi Stefano e Dott. Ing. Rosi Michele, Gennaio 2011).
- ✓ Interventi di consolidamento e stabilizzazione di parte del versante ovest della vallecchia di Poiatica, in adiacenza all'impianto di discarica - Relazione Geotecnica sulla stabilità generale (Dott. Ing. Teneggi Stefano e Dott. Geol. Pinzani Giampietro, Gennaio 2011).
- ✓ 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 – Relazione geotecnica sulla stabilità generale (Dott. Geol. Andrea Panzani, Agosto 2011).
- ✓ 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 – Relazione geotecnica sulle indagini eseguite. (Dott. Geol. Andrea Panzani, Agosto 2011).

All'interno dell'ultimo elaborato citato in elenco sono riportate alcune indagini relative ad una campagna condotta nell'anno 2004 sempre nell'area in esame. Anche questi dati sono riportati di seguito. 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, dei quali non si hanno a disposizione le ubicazioni.

Come si osserva anche dalla figura seguente le indagini sono concentrate nel settore centro meridionale dell'area di cava: per l'ubicazione di dettaglio si rimanda alla tavola 3b.

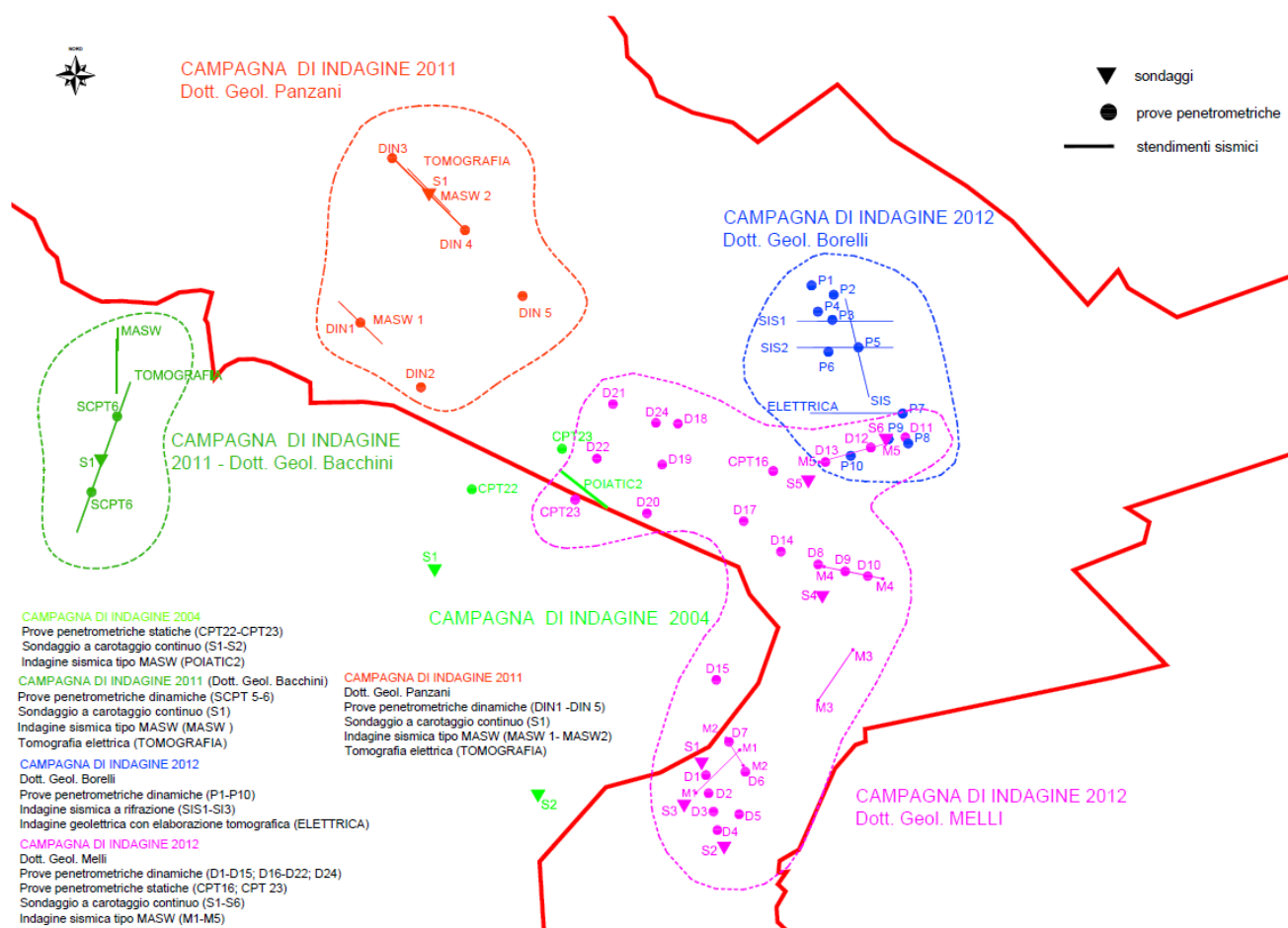


Figura 25. Ubicazione indagini.

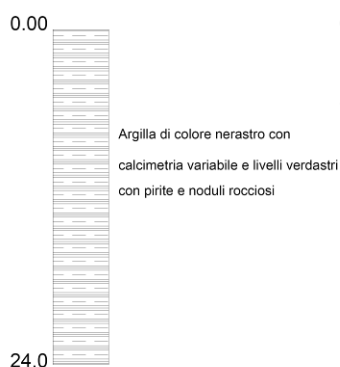
Dati pregressi da "Relazione geologica per il progetto di sistemazione del versante a monte della discarica di Poiatica" contenuta all'interno del "Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del polo MO029 per gli anni 2011-2016 (Borelli, luglio 2012)"

Di seguitosi riportano le descrizioni relative a numerosi carotaggi eseguiti tra il 1984 ed il 1997, al fine della caratterizzazione stratigrafica del sito, come riportati all'interno della relazione geologica allegata al precedente PCS. Di tali sondaggi non sono disponibili le ubicazioni.

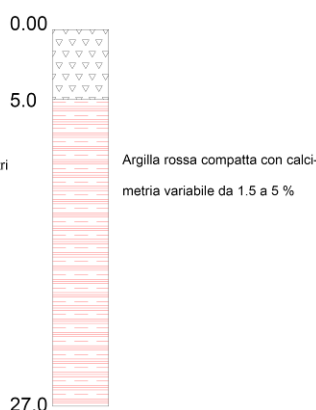
- **Carotaggio n. 1:** Quota 426,50 m slm, zona centrale aia superiore in direzione nord. Dal livello dell'aia fino a -15,50 metri di profondità si osserva argilla rossa con livelli di colore grigio ed un basso tenore di CaCO_3 . Da -15,50 metri sino a -27,00 metri argilla di colore grigio nerastro con rari livelli rossi ricca di carbonati e pirite.
- **Carotaggio n. 2:** quota 426,50 m slm, 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 slm) argilla rossa con rari livelli di argilla grigia e percentuale di CaCO_3 decrescenti verso il basso (5%-0,5%).
- **Carotaggio n. 3:** quota 435 metri. Materiale di spurgo per circa 7 metri. Da -8,00 metri fino a -21,00 metri argilla rossa compatta, più friabile e con vene di calcite tra i -10,00 e i -12,00 metri. Bassi valori di calcimetria (1-2%) con un picco di 8,5% in corrispondenza del livello con vene di calcite. Tra -21,00 e -22,00 metri argilla grigia tipo cottoforte e da 22,00 metri fino a -25,00 ancora argilla rossa grassa con CaCO_3 massimo di 1,9%;
- **Carotaggio n. 4:** quota 436 metri, area oltre le case di Montequercia di Sotto in direzione sudest. Dal piano di campagna sino a -3,50 metri materiale sterile alterato, quindi sino a -27,00 metri argilla grigia con calcimetria variabile dal 20 al 22,5%. Il materiale appariva stratificato con presenza di livelli arenacei più o meno spessi;
- **Carotaggio n. 5:** 474,00 metri zona di confine con il bosco in prossimità della cava Palladini. Dal piano di campagna sino a -24,00 metri argilla di colore nerastro con calcimetria variabile, livelli verdastri con pirite e grossi noduli rocciosi di natura magnetica.

- Carotaggio n. 6: quota 449,00 metri circa a 150 metri a valle del n. 5. Dal piano campagna sino a -5,00 metri materiale sterile, quindi sino a -27,00 metri argilla rossa compatta con calcimetria variabile da 1,5 a 5,0%.
- Carotaggio n. 7: quota 473 metri circa. Da piano campagna fino a -20,00 metri argilla nera con scadenti proprietà chimiche mineralogiche per uso ceramico.
- Carotaggio n. 8: quota 463 metri circa. Dal piano campagna fino a -12,00 metri misto argilla rossa e nera. Da -12,00 fino a -24,00 metri argilla nera.
- Carotaggio n. 9: quota 490 metri. Fino a -7,00 metri di profondità argilla rossa compatta con bassi tenori di CaCO_3 . Da -7,00 metri fino a -20,00 metri di profondità argilla grigia e nera con scarse proprietà per utilizzi ceramici.
- Carotaggio n. 10: quota 429,00 metri zona strada per Poiatica. Dal livello della strada fino a -5,00 metri materiale di scarto. Da -5,00 metri sino a -28,00 metri di profondità argilla rossa compatta intervallata con argilla grigia, questi intervalli sono più consistenti tra i -20,00 e i -24,00 metri però hanno sempre calcimetria inferiore al 6-7%.
- Carotaggio n. 11: quota 406 metri circa. Da quota campagna sino a -28,00 metri di profondità argilla rossa compatta con livelli grigiastri, calcimetria molto bassa (0,5-2,00%).
- Carotaggio n. 12: quota 406,1 metri in prossimità del confine di proprietà IRIS-Cavalieri Argille. Dal piano campagna fino alla profondità di -28,00 metri argilla rossa buona con modesti intervalli di argilla grigia. Calcimetria massima 1,5%.
- Carotaggio n. 13: quota 415 metri circa. Da quota campagna sino alla profondità di 10,00 metri argilla rossa, da rosso vivo a rosso più chiaro, con ottime caratteristiche chimiche mineralogiche (bassi tenori di carbonio organico totale, zolfo totale e perdita al fuoco) e CaCO_3 variabile da 1 a 4%. Da -10,00 a -20,00 metri di profondità argilla nera di scarse proprietà chimiche mineralogiche.
- Carotaggio n. 14: quota 415 metri circa. Dal piano di campagna fino a -4,00 metri di profondità argilla rossa compatta con ottime caratteristiche per utilizzi ceramici e CaCO_3 variabile da 1 a 4%. Da -4,00 a -8,00 metri di profondità argilla scura (tendente al nero) e da -8,00 metri fino a -20,00 metri di profondità ancora argilla rossa compatta con calcimetria bassa.
- Carotaggio n. 15: quota 380 metri circa. Da quota campagna sino alla profondità di -28,00 metri argilla rossa compatta con modesti intervalli di argilla grigia, ottime caratteristiche chimiche, CaCO_3 variabile da 2-4%.
- Carotaggio n. 16: quota 350 metri circa. Dalla base del gradone fino a -15,00 metri di profondità si rinviene argilla rossa con rari livelli di colore grigio, tenore di CaCO_3 da 3-6%.
- Carotaggio n. 17: quota 370 metri circa alla base del fronte di escavazione delle argille grigie. Sino alla profondità di -24,00 metri argille grigie con CaCO_3 variabile da 19 a 23%, il materiale appariva stratificato con presenza di livelli arenacei non molto spessi.
- Carotaggio n. 18: quota 405 metri circa. Dall'inizio del carotaggio sino alla profondità di 24,00 metri argilla grigia con calcimetria variabile da 18,5 a 23,00%. Il materiale appariva compatto e stratificato con qualche livelletto arenaceo-marnoso.

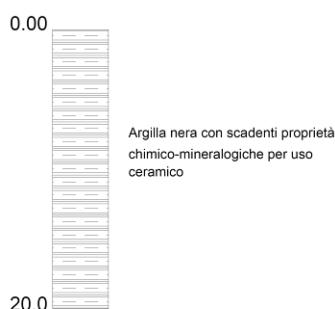
Sondaggio S5



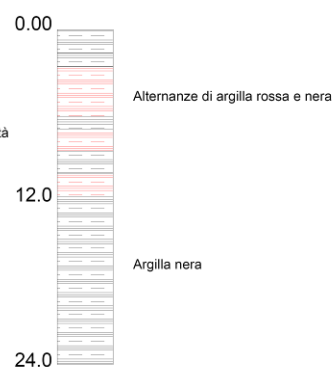
Sondaggio S6



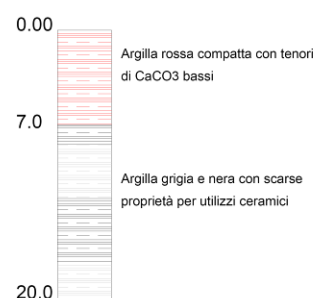
Sondaggio S7



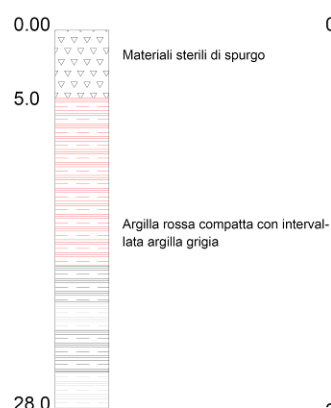
Sondaggio S8



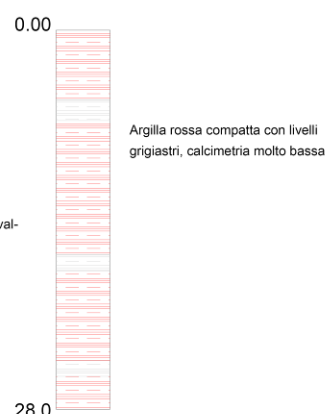
Sondaggio S9



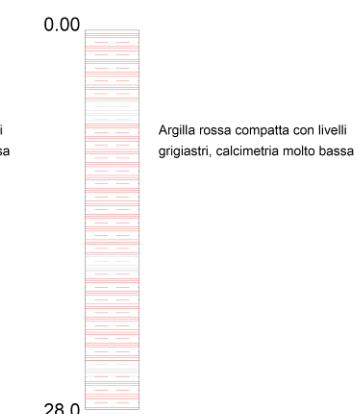
Sondaggio S10



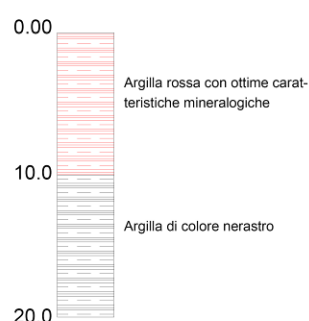
Sondaggio S11



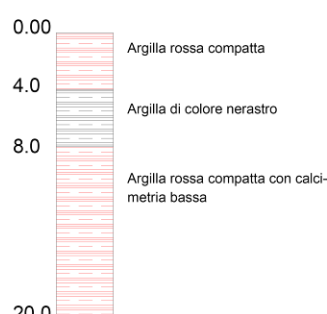
Sondaggio S12



Sondaggio S13



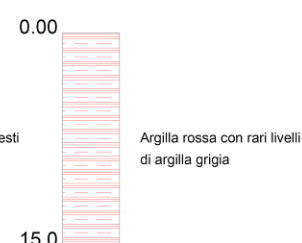
Sondaggio S14



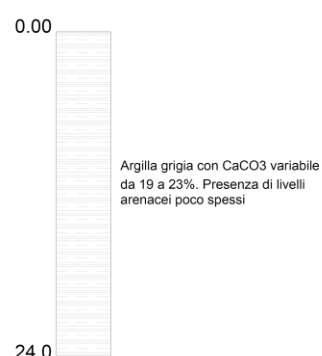
Sondaggio S15



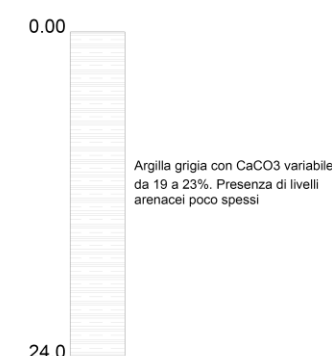
Sondaggio S16



Sondaggio S17



Sondaggio S18



Indagini pregresse - Anno 2004

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.

Nel 2004 sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo: 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 1.7m. Di seguito si riportano le stratigrafie individuate.

STRATIGRAFIA 1	
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 2	
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.

E' stato inoltre effettuato sempre nel 2004 uno stendimento sismico MASW (POIATIC2) eseguito nei pressi della CPT23 dal dott. Geol. Stefano Righetti, che indica una Vs30 pari a 294 m/s (modello migliore) e categoria di sottosuolo di tipo C.

Sono disponibili infine all'interno della suddetta relazione 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.

Indagini pregresse – Campagna di indagine 2011

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 (a cura del Dott. Geol. Andrea Panzani, agosto 2011)

All'interno della 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 stata intercettata 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 shelly 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	
7.9-8.0	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 scuro, 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 inclusi 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	

Profondità	Stratigrafia sondaggio denominato S1 del 2011	Unità geologica
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	
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	
42.2-44.5	Argille marnose, grigie consistenti, con inclusi litoidi	
44.5-50.0	Argilliti marnose fissili varicolori	Marne di Monte Piano

Campioni prelevati durante l'esecuzione del sondaggio.

Sigla	Profondità	Tipologia
S1C1	2.10-2.40	Campione indisturbato mediante campionatore a pareti sottili Shelby
S1C2	9.40-9.70	Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2
S1C3	14.70-15.00	Campione semidisturbato
S1C4	21.80-22.10	Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2
S1C5	26.50-27.00	Campione semidisturbato
S1C6	30.00-30.25	Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2
S1C7	35.00-35.40	Campione semidisturbato
S1C8	41.00-41.25	Campione indisturbato mediante carotiere doppio T2
S1C9	45.00-45.50	Campione semidisturbato

Inoltre si riportano i risultati delle prove di laboratorio eseguite su 7 dei nove campioni prelevati:

Sigla	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	9.40	9.70	10.10	2.07	1.88	1.18	31	0.44	62
S1C3	14.70	15.00	12.60	2.08	1.85	1.17	32	0.47	73
S1C4	21.80	22.10	11.90	2.02	1.81	1.14	33	0.50	64
S1C5	26.50	27.00	10.50	2.07	1.87	1.18	31	0.45	64
S1C6	30.00	30.25	9.70	2.06	1.88	1.18	31	0.44	60
S1C7	35.00	35.40	14.40	2.06	1.80	1.14	34	0.51	77
S1C9	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	Profondità	Tensione	Coesione	Angolo di	Coesione	Angolo di
-------	------------	----------	----------	-----------	----------	-----------

			verticale totale-	efficace (picco)	attrito interno (picco)	efficace (residuo)	attrito interno (residuo)
	da (m)	a (m)	kPa	kPa	(°)	kPa	(°)
S1C2	9.40	9.70	-	25.57	29	5.30	19
S1C3	14.70	15.00	85.47	-	-	-	-
S1C4	21.80	22.10	-	77.59	28	3.93	19
S1C5	26.50	27.00	144.36	-	-	-	-
S1C6	30.00	30.25	-	-1.43	28	0.55	15
S1C7	35.00	35.40	161.28	-	-	-	-
S1C9	45.00	45.50	189.76	25.01	25	6.33	15

Analisi granulometrica, limiti di Atterberg e prova edometrica:

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

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

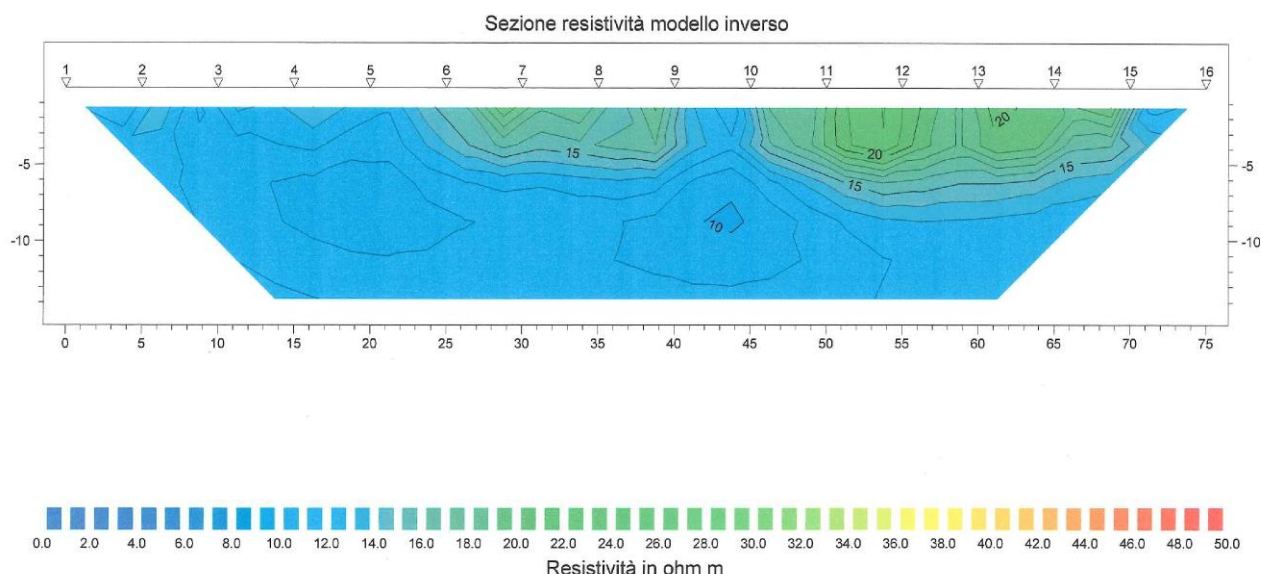
Prove edometriche							
Sigla	Profondità		Intervallo di carico		Coefficiente di consolidazione Cv	Coefficiente cons. Secondaria	Permeabilità K
	da (m)	a (m)	KPa	KPa	(cm ² /sec)		(cm/sec)
S1C2	9.40	9.70	98	196	4.82E-03	6.97E-04	8.59E-08
			196	392	5.29E-04	7.91E-04	5.87E-09
			392	784	1.28E-02	1.55E-03	9.14E-08
S1C4	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	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	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

All'interno di questo lavoro 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. 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.

In data 17/01/2011 sono stati eseguiti due stendimenti sismici tipo MASW che hanno fornito i seguenti valori di Vs.

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		

Infine è stata realizzata una tomografia elettrica che ha permesso di indagare il sottosuolo fino alla profondità di circa 14 m. Anche tale indagine ha confermato l'assenza di falda acquifera, con una possibile infiltrazione di acque meteoriche (tra la progressiva 2 e 3, tra la progressiva 9 e 10 e tra la progressiva 15 e 16). La progressiva 1 corrisponde con la prova DIN3.



Indagini pregresse da "Relazione geologica" in "Realizzazione di una discarica per rifiuti non pericolosi in località Monte Quercia in comune di Carpineti (RE)" a cura del Dott. Geol. Paolo Melli, Marzo 2012.

Ai fini del suddetto lavoro sono stati eseguiti, nel luglio 2011, 6 sondaggi a carotaggio continuo di cui di seguito si riportano le stratigrafie individuate. Complessivamente è possibile considerare come l'area indagata sia caratterizzata dalla presenza della formazione RAN3, caratterizzata prevalentemente dalla presenza di un unico strato pelitico costituito da argilliti e marne. Le coperture di rocce sciolte sono date prevalentemente da cumuli di frana attiva o quiescente nel settore di monte e prevalentemente da riporti di scarti di cava nei settori centrali e di valle. Queste coperture sono costituite da argille ed argilliti con inclusi siltitici e marnosi. Il loro spessore varia da 8 a 11 metri nel settore di monte, da 6 a 8 metri nel settore centrale e da 8 a 15 metri nel settore di valle. Il substrato marino è dato da argilliti e marne localmente calcaree, grigie, molto consistenti, fratturate, con livelli siltitici.

SONDAGGIO 1	
Profondità	Descrizione litologica
0.0-13.0	Argille ed argilliti con abbondanti inclusi siltitici e marnosi, da poco a mediamente consistenti, asciutte fino a -6.0 m, poi umide.
13.0-20.0	Argilliti e marne con inclusi, grigie, molto consistenti, umide, fratturate, con livelli siltitici.

SONDAGGIO 2	
Profondità	Descrizione litologica
0.0-12.0	Riporto costituito da argille ed argilliti con rari inclusi siltitici e marnosi, da poco a mediamente consistenti, asciutte fino a -4m, poi umide. A -6.40 laterizio. A -7.50 resti vegetali.
12.0-20.0	Argilliti e marne, localmente calcaree, con inclusi, grigie, molto consistenti, umide, fratturate, con livelli siltitici.

SONDAGGIO 3	
Profondità	Descrizione litologica
0.0-15.4	Riporto costituito da argille ed argilliti con rari inclusi siltitici e marnosi, da poco a mediamente consistenti, asciutte fino a -6.00m, poi umide e meno consistenti.
15.4-30.0	Argilliti e marne, localmente calcaree, con inclusi, grigie, molto consistenti, umide, fratturate, con livelli siltitici.

SONDAGGIO 4	
Profondità	Descrizione litologica
0.0-1.0	Riporto costituito da argille ed argilliti con rari inclusi siltitici e marnosi, molto consistente, asciutto
1.0-6.0	Riporto costituito da argille ed argilliti con rari inclusi siltitici e marnosi, grigio rossastri, da poco a mediamente consistenti, molto umido
6.0-20.0	Argilliti e marne, localmente calcaree, con inclusi, grigie, molto consistenti, umide, fratturate, con livelli siltitici. Da -12.00 a -12.80 livello alterato Da -14.40 a -15.00 livello poco consistente con acqua.

SONDAGGIO 5	
Profondità	Descrizione litologica
0.0-2.0	Riporto costituito da argille ed argilliti con rari inclusi siltitici e marnosi, nocciola, poco umido
2.0-4.8	Riporto costituito da argille ed argilliti con rari inclusi siltitici e marnosi, grigio nocciola, poco consistente, molto umido
4.8-6.0	Argillite grigia consistente
6.0-11.0	Argilla grigia, molto plastica, satura
11.0-20.0	Argilliti e marne, con inclusi, grigie, molto consistenti, da umide ad asciutte, fratturate, con livelli siltitici.

SONDAGGIO 6	
Profondità	Descrizione litologica
0.0-8.8	Detrito costituito da frammenti e clasti argillitici, siltitici, marnosi e calcarei, grigio nocciola, da mediamente addensato a poco addensato, poco umido.
8.8-20.0	Argilliti e marne, localmente calcaree, con inclusi, grigie, molto consistenti, umide, fratturate, con livelli siltitici. La frazione marnoso-calcareo aumenta con la profondità.

S	Profondità sondaggio (m)	Condizioni idrogeologiche	Acqua	Spessore coperture (m)	Coperture sciolte	Roccia in posto	Piezometri (m)	Altre informazioni
S1	20	Asciutto fino a 6 m poi umido	-	13	Argille e argilliti con inclusi	Argilliti e marne (localmente calcaree)		Cementato
S2	20	Asciutto fino a 4 m poi umido	-	12	Riporto di argille e argilliti; -6.4 laterizio -7.5 vegetali	Argilliti e marne l.c		Cementato
S3+ pz	30	Asciutto fino a 6 m e poi umido	-	15.4	Riporto di argille e argilliti	Argilliti e marne l.c	Da -2 a -19	Cementato fino a -19
S4	20	Molto umido fino a 6 metri e H2O da 14.4 a 15 m	-	6	Riporto di argille e argilliti	Argilliti e marne l.c		Cementato
S5	20	Molto umido fino a -6 m saturo da 6 a 11, asciutto da -11 a -20m.	-	11	Riporto di argille e argilliti	Argilliti e marne		Cementato
S6 +pz	20	Poco umido fino a 8.8 m, umido da 8.8 a 20 m.	-	8.8	Detrito misto	Argilliti e marne l.c	Da -3 a -13	Cementato da -13 a -20 m

S	Campione S	$\gamma(t/mc)$ -nat	$\phi(^{\circ})$	C (kPa)	Cu (kPa)	K (m/s)	Campione S	$\gamma(t/mc)$ -nat	$\phi(^{\circ})$	C (kPa)	Cu (kPa)	K (m/s)
S1	7-7.5 ind	2.08	29	55.51	85.95	4.63*E-10	13-13.3 rim	2.2	29	31.35	169.22	5.05*E-10
S2	4.1-4.5 ind	2.07	28	37.18	71.38	2.61*E-10	9.1-9.4 s.d.	2.12	26	36.24	94.95	3.43*E-10
S3	6.1-6.5 ind	2.1	28	67.82	187.45	3.51*E-10	13-13.3 s.d.	2.14				1.67*E-10
S4	4.7-5.2 ind	1.99	27	13.52	46.19	4.23*E-9	19.4-19.7 s.d.	2.19				
S5	2.2-2.5 ind	1.93	26	11.75	105.72	2.28*E-9	10.0-10.5 ind	2.15	28	9.1		1.81*E-9
S6+ pz	2.0-2.4 ind	2.21					11.4-11.7 s.d.	2.19				

Sono state inoltre eseguite 5 indagini sismiche tipo MASW i cui dati sono riassunti all'interno della tabella seguente ed hanno restituito una categoria di fondazione per l'area di tipo B.

	MASW1	MASW2	MASW3	MASW4	MASW5
V _{S30} (m/s) modello migliore	377	375	475	295	387
V _{S30} (m/s) modello medio	373	388	456	305	382

Ai fini del suddetto lavoro sono state eseguite 15 prove penetrometriche dinamiche in data 11-13/07/2011 e due prove statiche a sette prove dinamiche un data 17-18/10/2011. Su 15 fori di prova sono stati installati piezometri sui quali sono state eseguite nel tempo diverse misurazioni con freatimetro. La sintesi dei dati emersi è riportata nelle seguenti tabelle.

Din	Profondità sondaggio (m)	Condizioni idrogeologiche	In data prova	Spessore coperture (m)	Coperture sciolte	Roccia in posto	Piezometri (m)	Altre informazioni
din1 + pz	10,2	asciutto fino a 5,75 m.	-5,75	> 10,2	argille e argilliti con inclusi	-	si da p.c.	pvc fessurato
din2	10,2	asciutto fino a 3,90 m.	-3,9	> 10,2	argille e argilliti con inclusi	-	no	-
din3 + pz	16	asciutto fino a 1,60 m.	-1,6	14	argille e argilliti con inclusi	Oltre 14 m.	si da p.c.	pvc fessurato
din4	9,4	asciutto fino a 2,97 m.	-2,97	7,4	argille e argilliti con inclusi	Oltre 7,4 m.	no	-
din5 + pz	10,2	asciutto fino a 5,60 m.	-5,6	>10,2	argille e argilliti con inclusi	-	si da p.c.	pvc fessurato
din6 + pz	8,8	asciutto fino a 3,03 m.	-3,03	8	argille e argilliti con inclusi	Oltre 8 m.	si da p.c.	pvc fessurato
din7 + pz	10,2	asciutto	-	>10,2	argille e argilliti con inclusi	-	si da p.c.	pvc fessurato
din8 + pz	3,4	asciutto fino a 1,48 m.	-1,48	>3,40	argille e argilliti con inclusi	-	si da p.c.	pvc fessurato
din9	10,2	asciutto	-	6,6	argille e argilliti con inclusi	Oltre 6,60	no	-
din10 + pz	10,2	asciutto	-	5,8	argille e argilliti con inclusi	Oltre 5,80	si da p.c.	pvc fessurato
din11 + pz	10	asciutto fino a 5,03 m.	-5,03	9,2	argille e argilliti con inclusi	Oltre 9,20	si da p.c.	pvc fessurato
din12 + pz	7,2	asciutto fino a 3,45 m.	-3,45	4,8	argille e argilliti con inclusi	Oltre 4,80 m.	si da p.c.	pvc fessurato
din13 + pz	8,6	asciutto	-	8,2	argille e argilliti con inclusi	Oltre 8,20 m.	si da p.c.	pvc fessurato
din14	10,2	asciutto fino a 1,75 m.	-1,75	4,6	argille e argilliti con inclusi	Oltre 4,60 m.	no	-
din15	15	asciutto	-	12,6	argille e argilliti con inclusi	Oltre 12,60 m.	no	-

Din	Coperture	$\gamma(t/mc)$ - sat	$\Phi(^{\circ})$	Cu (kPa)	qc (kg/cm ²)	Substrato marino	$\gamma(t/mc)$ -sat	$\Phi(^{\circ})$	Cu (kPa)	qc (kg/cm ²)
din1 + pz	> 10,2	1,95	-	70		-	-	-	-	-
din2	> 10,2	1,9	-	50		-	-	-	-	-
din3 + pz	14	1,95	-	80		da -14 m.	2,21	44	175	
din4	7,4	1,9	-	65		da -7,4 m.	2,21	44	188	
din5 + pz	>10,2	1,95	-	75		-	-	-	-	-
din6 + pz	8	1,9	-	50		da -8 m.	2,21	44	119	
din7 + pz	>10,2	1,85	-	45		-	-	-	-	-
din8 + pz	>3,40	1,8	-	20		-	-	-	-	-
din9	6,6	1,8	-	22		da -6,60 m.	2	-	110	
din10 + pz	5,8	1,8	-	20		da -5,80 m. ?	1,95	-	120	
din11 + pz	9,2	1,9	-	60		da -9,20 m.	1,97	43	-	-
din12 + pz	4,8	1,8	-	20		da -4,80 m.	2	44	138	
din13 + pz	8,2	1,8	-	30		da -8,20 m.	2	44	113	
din14	4,6	1,9	-	50		da -4,60 m.	2	39	150	
din15	12,6	1,85	-	30		da -12,60 m.	1,95	38	88	

Din/Stat	Profondità sondaggio (m)	Condizioni idrogeologiche	In data prova	Spessore coperture (m)	Coperture sciolte	Roccia in posto	Piezometri (m)	Altre informazioni
Stat 16 + pz	4	asciutto	-	2	argille e argilliti con inclusi	Oltre 2 m.	si da p.c.	pvc fessurato
Stat 23	16,6	asciutto	-	12	argille e argilliti con inclusi	Oltre 12 m.	no	-
Din 17 + pz	12,6	asciutto	-	12,4	argille e argilliti con inclusi	Oltre 12,4 m.	si da p.c.	pvc fessurato
Din 18	1,6	asciutto	-	1,4	argille e argilliti con inclusi	Oltre 1,4 m.	no	-
Din 19 + pz	8	umido	-	7,4	argille e argilliti con inclusi	Oltre 7,4 m.	si da p.c.	pvc fessurato
Din 20 + pz	14,6	asciutto	-	14	argille e argilliti con inclusi	Oltre 14 m.	si da p.c.	pvc fessurato
Din 21	7	umido	-	5,6	argille e argilliti con inclusi	Oltre 5,6 m.	no	-
Din 22	11,4	asciutto	-	9,2	argille e argilliti con inclusi	Oltre 9,2 m.	no	-
Din 24 + pz	3,6	umido	-	3,4	argille e argilliti con inclusi	Oltre 3,40 m.	si da p.c.	pvc fessurato

Din	Coperture	γ (t/mc) – sat	Φ (°)		Cu (kPa)	qc (kg/cm ²)	Substrato marino	γ (t/mc) – sat	Φ (°)		Cu (kPa)	qc (kg/cm ²)
Stat 16 + pz	2	1,95	30		100	20	da -2 m.	2	30		300	70
Stat 23	12	1,9	18		60	20	da -12 m.	2	22		130	50
Din 17 + pz	12,4	1,85	-		40		da -12,4 m.	2,1	44		188	
Din 18	-	-	-		-		Da -1,4 m.	-	-		-	
Din 19 + pz	7,4	1,9	-		60		Da -7,4 m.	2,2	44		300	-
Din 20 + pz	14	1,85	-		50		Da -14 m.	2,2	44		280	-
Din 21	5,6	1,9	-		40		Da -5,6 m.	2,19	44		220	-
Din 22	9,2	1,85	-		35		Da -9,2 m.	2,21	44		250	-
Din 24 + pz	3,4	1,8	-		25		Da -3,40 m.	2,21	44		-	-

Indagini pregresse da "Progetto di consolidamento frana e ricostruzione e ricomposizione del crinale di Monte Quercia" contenuto all'interno del "Piano di Coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del Polo MO029 per gli anni 2011-2016" a cura della dott.ssa Geol. Claudia Borelli (revisione Luglio 2012)

All'interno dell'area di frana oggetto del suddetto studio sono state eseguite nel gennaio 2012 dieci prove penetrometriche dinamiche.

Numerazione	Profondità raggiunta (m da p.c.)	Presenza falda (m da p.c.)
P1	3.50	-
P2	4.80	-
P3	1.50	-
P4	6.90	6.2
P5	1.60	-
P6	5.60	-
P7	5.20	-
P8	2.00	-
P9	8.60	-
P10	5.20	-

Per ogni prova all'interno della relazione "Progetto di consolidamento frana e ricostruzione e ricomposizione del crinale di Monte Quercia" contenuta all'interno del precedente PCS sono stati calcolati i principali parametri geotecnici per i diversi livelli con differenti caratteristiche litologiche individuati.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m ²)	PuvS (t/m ²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
0,9	15,05	Coesivo Incoerente	2,07	---	40,81	1,88	150,50	150,50	0,32
1,2	4,44	Coesivo Incoerente	1,73	1,87	0	0,56	55,50	44,40	0,34
3,1	18,92	Coesivo Incoerente	2,10	---	39,99	2,37	189,20	189,20	0,32
3,5	51,09	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	6,39	510,90	510,90	0,25

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m ²)	PuvS (t/m ²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
2,7	9,36	Coesivo Incoerente	1,95	---	0	1,17	117,00	93,60	0,34

3,8	3,99	Coesivo Incoerente	1,70	1,87	0	0,50	49,88	39,90	0,35
4,7	13,14	Coesivo Incoerente	2,04	---	36,69	1,64	131,40	131,40	0,33
4,8	78,30	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	9,79	783,00	783,00	0,19

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m²)	PuvS (t/m²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm²)	Mo (Kg/cm²)	Ey (Kg/cm²)	Modulo Poisson
0,6	1,82	Coesivo Incoerente	1,55	1,85	0	0,23	22,75	18,20	0,35
1,4	26,32	Coesivo Incoerente	2,12	2,26	42	3,29	263,20	263,20	0,3
1,5	78,30	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	9,79	783,00	783,00	0,19

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m²)	PuvS (t/m²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm²)	Mo (Kg/cm²)	Ey (Kg/cm²)	Modulo Poisson
0,5	4,38	Coesivo Incoerente	1,72	1,87	0	0,55	54,75	43,80	0,34
1,1	10,18	Coesivo Incoerente	1,97	---	38,2	1,27	101,80	101,80	0,33
1,5	3,91	Coesivo Incoerente	1,69	1,87	0	0,49	48,88	39,10	0,35
3,2	25,24	Coesivo Incoerente	2,12	2,23	41,76	3,16	252,40	252,40	0,3
4,3	7,90	Coesivo Incoerente	1,90	1,90	0	0,99	98,75	79,00	0,34
5,9	13,66	Coesivo Incoerente	2,05	---	36,32	1,71	136,60	136,60	0,33
6,5	4,17	Coesivo Incoerente	1,71	1,87	0	0,52	52,13	41,70	0,35
6,9	24,86	Coesivo Incoerente	2,12	2,22	37,35	3,11	248,60	248,60	0,32

Note: H₂O = -6,2 m da p.c.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m²)	PuvS (t/m²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm²)	Mo (Kg/cm²)	Ey (Kg/cm²)	Modulo Poisson
1,2	0,20	Coesivo	1,41	1,84	--	0,03	2,50	2,00	--
1,5	16,70	Coesivo Incoerente	2,08	---	40,66	2,09	167,00	167,00	0,32
1,6	78,30	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	9,79	783,00	783,00	0,19

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m²)	PuvS (t/m²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm²)	Mo (Kg/cm²)	Ey (Kg/cm²)	Modulo Poisson
3,6	2,80	Coesivo	1,62	1,86	--	0,35	35,00	28,00	--
5,3	13,08	Coesivo	2,04	---	36,81	1,64	130,80	130,80	0,33

		Incoerente							
5,5	7,05	Coesivo Incoerente	1,86	1,90	0	0,88	88,13	70,50	0,34
5,6	54,81	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	6,85	548,10	548,10	0,24

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m²)	PuvS (t/m²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm²)	Mo (Kg/cm²)	Ey (Kg/cm²)	Modulo Poisson
1,9	1,61	Coesivo	1,53	1,85	--	0,20	20,13	16,10	--
3,6	7,78	Coesivo Incoerente	1,89	1,90	0	0,97	97,25	77,80	0,34
3,9	4,17	Coesivo Incoerente	1,71	1,87	0	0,52	52,13	41,70	0,35
4,2	7,83	Coesivo Incoerente	1,89	1,90	0	0,98	97,88	78,30	0,34
5,1	11,49	Coesivo Incoerente	2,01	---	36,11	1,44	114,90	114,90	0,33
5,2	78,30	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	9,79	783,00	783,00	0,19

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m ²)	PuvS (t/m ²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
0,4	4,89	Coesivo	1,75	1,88	--	0,61	61,13	48,90	--
1,8	10,46	Coesivo Incoerente	1,98	---	37,97	1,31	104,60	104,60	0,33
2,0	63,03	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	7,88	630,30	630,30	0,23

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m ²)	PuvS (t/m ²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
0,2	5,48	Coesivo Incoerente	1,79	1,88	0	0,69	68,50	54,80	0,34
2,7	15,63	Coesivo Incoerente	2,07	---	39,65	1,95	156,30	156,30	0,32
3,3	10,05	Coesivo Incoerente	1,97	---	36,14	1,26	100,50	100,50	0,33
4,4	19,50	Coesivo Incoerente	2,10	---	38,65	2,44	195,00	195,00	0,32
8,4	10,95	Coesivo Incoerente	1,99	---	34,88	1,37	109,50	109,50	0,33
8,6	46,98	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	40,94	5,87	469,80	469,80	0,26

Note: foro asciutto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.10

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m ²)	PuvS (t/m ²)	Φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
4,7	3,40	Coesivo	1,66	1,86	--	0,43	42,50	34,00	--
5,1	8,42	Coesivo	1,92	---	0	1,05	105,25	84,20	0,34

		Incoerente							
5,2	78,30	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	42	9,79	783,00	783,00	0,19

Note: foro asciutto

Nel mese di dicembre 2011 è stata realizzata una campagna di sismica a rifrazione con elaborazione tomografica in corrispondenza dell'area interessata dal movimento gravitativo di versante situata all'interno del perimetro di escavazione della Cava Poiatica; l'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la sismostratigrafia dei terreni investigati e la loro morfologia sepolta.

Sono stati eseguiti n. 3 stendimenti sismici per la determinazione delle onde P, per una lunghezza complessiva di 218,5 metri.

Dall'analisi dei segnali sismici è stata riscontrata una discreta risposta dei terreni investigati; la qualità dei sismogrammi ottenuti ha così consentito, con un buon grado di determinazione, di definire le caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'area investigata.

Per tutti gli stendimenti è restituito il diagramma tomografico della distribuzione delle velocità nel sottosuolo.

L'elaborazione tomografica, integrata con le informazioni geologiche disponibili relative ai sondaggi ed alle prove penetrometriche eseguite, ha consentito di individuare 3 unità sismo-stratigrafiche a partire da piano campagna:

- Unità L1, con spessori circa costanti di 6 - 7 metri; presenta velocità delle onde P inferiori a 900 m/s ed è correlabile a depositi di versante poco consistenti o materiale dislocato.
- Unità L2, è caratterizzata da velocità comprese tra 1.000 m/s e 1.800 m/s; lo spessore varia da 4 a 6 m circa. L'unità è associabile a depositi di versante da mediamente a molto consistenti.
- Unità L3, ha velocità superiori a 2000 m/s con un progressivo aumento in funzione della profondità ed è l'unità più profonda individuata. È interpretabile come materiale lapideo da debolmente alterato a compatto.

L'indagine geofisica con metodo sismico a rifrazione ed interpretazione tomografica ha consentito di definire con sufficiente precisione la sismo-stratigrafia dei terreni oggetto di studio. La sezione tomografica evidenzia la presenza di un'Unità Sismostratigrafica L1 di spessore compreso tra 6-7 m attribuibile al materiale mobilitato dal dissesto. Dall'analisi delle Sezioni T1 e T3 è possibile a grandi linee ricostruire l'andamento della superficie di scivolamento. L'unità L2 è correlabile con il detrito di versante da mediamente consistente a molto consistente che segna il passaggio con il sottostante substrato compatto individuato dall'unità L3.

Nel mese di dicembre 2011 è stata eseguita nella zona in studio, una campagna geofisica con metodo geoelettrico tomografico. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare le caratteristiche geoelettriche dei terreni ed

individuare eventuali anomalie nella distribuzione dei valori di resistività. A tale scopo è stato realizzato uno stendimento geoelettrico tomografico della lunghezza di 93,0 metri.

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di un pendio impostato su terreni argillosi con la presenza sporadica di blocchi di natura calcarea e soggetto a movimenti gravitativi. Lo stendimento geoelettrico è ubicato circa ortogonalmente alla linea di massima pendenza del versante.

Lo studio della distribuzione della resistività nel terreno ha consentito di individuare 3 unità geoelettriche ed eseguire correlazioni litologiche con i terreni indagati fino ad una profondità massima di circa 13,0 metri da piano campagna:

Unità conduttiva E1, ha valori di resistività inferiori a 7 Ohm*m circa, ed è correlabile con terreni naturali o di riporto prettamente argillosi saturi. Il passaggio all'unità E2 risulta graduale.

Unità medio resistiva E2, ha valori compresi tra 7 e 17 Ohm*m ed è associabile a terreni naturali o di riporto umidi a predominante componente argillosa. Il passaggio all'unità E3 risulta relativamente netto.

Unità resistiva E3, presenta valori maggiori di 20 Ohm*m e può essere correlata con terreni naturali o di riporto da argilloso-limosi a limoso-argillosi. I valori e le geometrie osservate dell'unità possono essere inoltre correlati con anomalie riferibili all'influenza di blocchi o livelli lapidei.

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.

Ai fini del suddetto lavoro sono state eseguite nei mesi di luglio ed agosto 2010 le seguenti indagini:

1 sondaggio a carotaggio continuo, 2 prove penetrometriche dinamiche, 1 tomografia elettrica, 1 prospezione sismica MASW, di cui 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
0.0-0.50	Limo nocciola, asciutto, con rari ciottoli e frammenti arrotondati ed angolari.
0.50-2.50	Argilla nocciola-verdastra, umida, con inclusi calcarei
2.50-13.00	Argilliti e siltiti grigio-brune, compatte, con inclusi calcarei angolari e sub angolari
13.00-23.9	Argilliti e siltiti debolmente marnose, rosse con venature verdastre, compatte, localmente fratturate, con inclusi marnosi.
23.9-30.0	Argilliti e siltiti bruno-nerastre, localmente fratturate, con inclusi marnosi ed abbondanti inclusi siltitici.

SONDAGGIO 1 CAMPIONI PRELEVATI	
Profondità	SIGLA
7.00-7.30	S1C2
20.40-21.00	S1C5
29.00-29.50	S1C7

Nel corso dell'esecuzione del sondaggio è stata registrata la presenza d'acqua alla profondità di 15.50 m da p.c. (misure eseguite durante la perforazione, con foro rivestito fino a 18.20 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/30cm) 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 MASW 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.

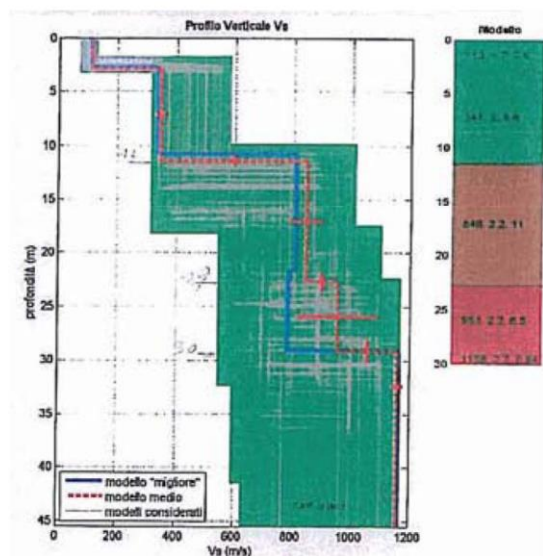


Figura 26 Diagramma desunto dall'indagine sismica MASW

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 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.

Sulla base delle considerazioni svolte si è ritenuto che il campione S1C5 fosse 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_n (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	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 da 294 a 475 m/s (v. tabella seguente) che collocano in prevalenza i terreni in esame nella categoria di sottosuolo B e secondariamente in terreni tipo C. Si evidenzia che nelle sezioni di progetto degli scavi del fronte rosso "Poiatica" e del fronte grigio "Mte Quercia" è prevista la completa asportazione dei depositi e/o spurghi presenti in superficie.

INDAGINI SISMICHE MASW					
Data	In Relazione di riferimento	Sigla	V_{s30} modello migliore	V_{s30} modello medio	categoria di sottosuolo
2004	Relazione geotecnica sulle Indagini eseguite (Panzani, 2011)	POIATIC2	294		C
08/07/2010	Relazione geotecnica sulle indagini (Teneggi e Rosi, 2011)	MASW6	412	422	B
17/01/2011	Relazione geotecnica sulle Indagini eseguite (Panzani, 2011)	MASW1	295		E
17/01/2011	Relazione geotecnica sulle Indagini eseguite (Panzani, 2011)	MASW2	386		B
lug-11	Relazione geologica (Dott. Geol Paolo Melli)	M1	377	373	B
lug-11	Relazione geologica (Dott. Geol Paolo Melli)	M2	375	388	B
lug-11	Relazione geologica (Dott. Geol Paolo Melli)	M3	475	456	B
lug-11	Relazione geologica (Dott. Geol Paolo Melli)	M4	295	305	B
lug-11	Relazione geologica (Dott. Geol Paolo Melli)	M5	387	382	B

Risulta quindi importante valutare quanto segue: V_s tipica delle due unità geomeccaniche (RAN e MMP) e valutazione della categoria di sottosuolo per le varie sezioni di scavo presenti nel progetto. L'analisi è stata condotta nei parametri successivi; risulta evidente che asportando i terreni di copertura e mettendo a giorno il substrato roccioso non sono calcolate le V_{sh} ma si fa riferimento a V_{S30} del substrato che sia per le MMP che per RAN è maggiore 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.
- Determinazione dei parametri caratteristici come inviluppo di rottura degli ammassi rocciosi secondo la classificazione GSI.
- Verifiche in back analysis del corpo di frana R4;

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 MontePiano sono stati ricavati parametri caratteristici differenti per gli scavi previsti a valle dell'aia alta rossa di M.te Quercia (sondaggio di riferimento ed analisi di laboratorio in Panzani, Agosto 2011) e per gli scavi interessanti il versante posto a valle del rio di Poiatica con indagini di riferimenti in: Dott. Geol. Bacchini, del Dott. Ing. Teneggi, Dott. Ing. Rosi e Dott. Geol. Pinzani (Gennaio 2011).

Di seguito i parametri di sintesi.

PARAMETRI MECCANICI											
Per verifiche:	Pseudostatiche									A2+M2+R2	
	γ_k	$c'k$	$\phi'k$	Cu	$\tan\phi k$	$\gamma M2c'$	$\gamma M2\phi$	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 (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 1 - sterili di cava	19	17.6	23.6		0.4369	1.25	1.25	19	0.3495	14.1	19.3
Terreni di riporto 2 - sterili di cava	19	4.0	17.0		0.3057	1.25	1.25	19	0.2446	3.2	13.7
Frana - R4	19	10.0	27.0		0.5095	1.25	1.25	19	0.4076	8.0	22.2

Tabella 4.1. 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)

Dalle prove di laboratorio sono stati ottenuti i vari dati geomeccanici:

	Parametri fisici									Parametri Meccanici				
	Prof	w	γ	n	e	S	LL	LP	IP	Qu	Cu	c'	ϕ'	σ_c
	m dal pc	%	kN/mc	%		%	%	%		kPa	kPa	kPa	°	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					
							43	23	20					
			21								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	n	e	S	LL	LP	IP	Qu	Cu	c'	ϕ'	σ_c
	%	kN/mc	%		%	%	%		kPa	kPa	kPa	°	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 2.7) 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 inviluppi di rottura.

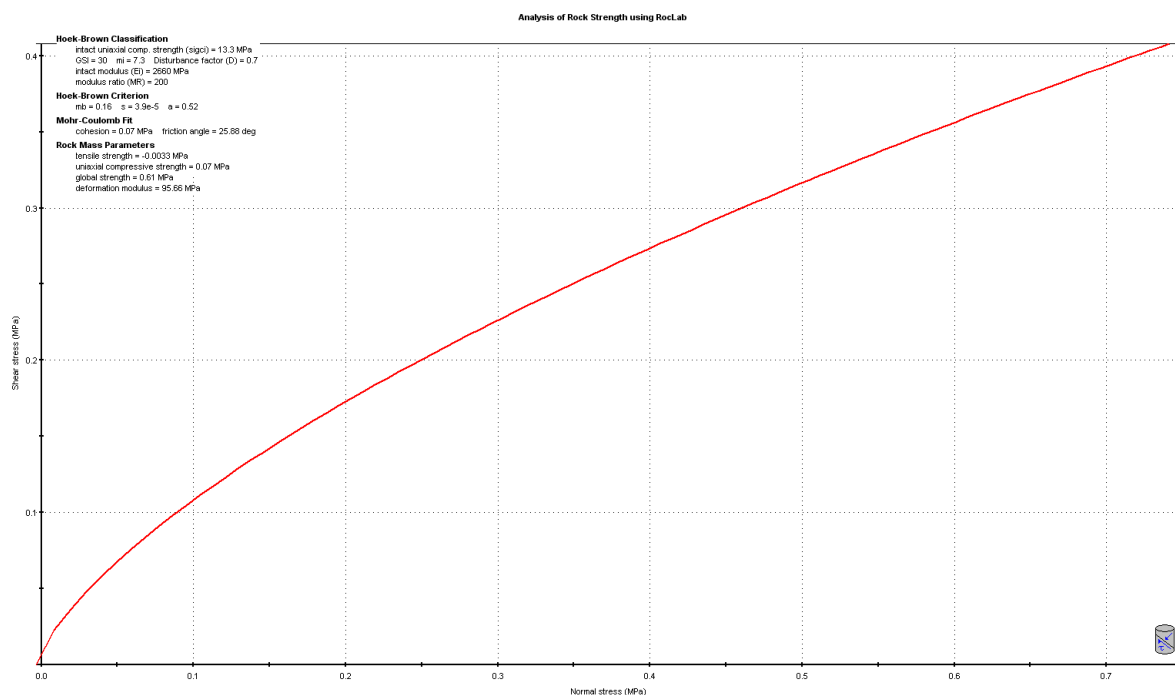


Figura 27. Involuppo di rottura per RAN ricavato con il software Roclab della Rocscience

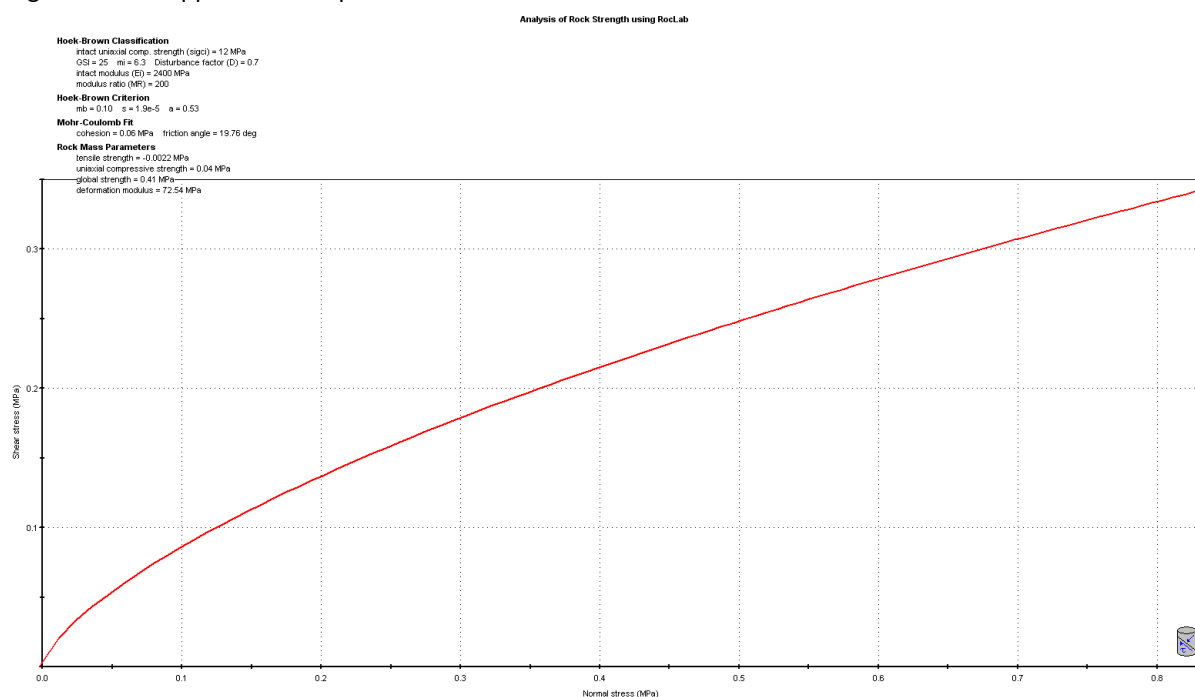


Figura 28. Involuppo di rottura per MMP ricavato con il software Roclab della Rocscience

4.2 Parametri meccanici della frana R4

Particolare interesse nel progetto presentato risulta avere la sistemazione della frana che ha interessato il fronte grigio e denominata R4. In tale area sono state eseguite varie prove di laboratorio ma generalmente prima dell'evento 2010 e se eseguite successivamente sono rappresentate da prove tipo penetrometriche dalle quali con difficoltà si ottengono i parametri caratteristici del deposito di frana. Per definire meglio tale situazione è stata eseguita una verifica in back analysis in grado di simulare la situazione reale. Le verifiche hanno fornito i seguenti dati meccanici del deposito di frana.

Litologia	C' (kPa)	Φ' (°)
Frana R4	10	27

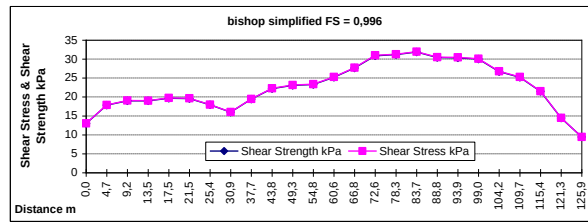
Sezione 19_SDF Statica

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety **0,996542**
Circle Center 150,85
Radius 149,47
Circle Endpoint 1 39,45 89,57
Circle Endpoint 2 169,28 43,08
Surface Intercept 1 39,45 89,57
Surface Intercept 2 169,28 43,08

Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0,00	12,96	13,01
4,67	17,83	17,89
9,24	18,98	19,05
13,53	18,97	19,04
17,55	19,67	19,73
21,51	19,57	19,63
25,42	17,92	17,98
30,86	15,98	16,03
37,66	19,43	19,50
43,75	22,20	22,28
49,29	23,06	23,14
54,81	23,30	23,38
60,63	25,18	25,26
66,75	27,66	27,76
72,85	30,88	30,98
78,31	31,18	31,29
83,68	31,86	31,97
88,76	30,41	30,51
93,88	30,34	30,45
99,05	30,00	30,10
104,22	26,68	26,78
109,66	25,19	25,28
115,39	21,45	21,53
121,26	14,45	14,50
125,85	9,42	9,46
	Rd	Ed
	564,57	566,53

Fs = **0,997**



Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 0.996542

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	4.78211	168.844	Frana	8	22.2	13.0069	12.9619	27.3409	15.1821	12.1588
2	4.5645	279.097	Frana	8	22.2	17.893	17.8311	50.3828	26.2924	24.0904
3	4.5645	307.31	Frana	8	22.2	19.0506	18.9847	55.8676	28.9502	26.9174
4	4.018	263.849	Frana	8	22.2	19.0355	18.9697	55.1172	28.2367	26.8805
5	4.018	278.583	Frana	8	22.2	19.7332	19.665	58.3976	29.8136	28.584
6	3.907	263.024	Frana	8	22.2	19.6341	19.5662	57.2903	28.9482	28.3421
7	3.907	229.632	Frana	8	22.2	17.9843	17.9221	49.5864	25.2731	24.3133
8	6.972	332.618	Frana	8	22.2	16.0322	15.9767	40.0607	20.5143	19.5464
9	6.635	428.551	Frana	8	22.2	19.496	19.4286	55.7785	27.7735	28.005
10	5.554	427.651	Frana	8	22.2	22.2769	22.1999	67.9054	33.1095	34.7959
11	5.5185	445.813	Frana	8	22.2	23.1434	23.0634	71.6493	34.7376	36.9117
12	5.5185	452.414	Frana	8	22.2	23.3838	23.3029	72.7506	35.252	37.4986
13	6.1245	545.498	Frana	8	22.2	25.2643	25.1769	80.39	38.2993	42.0907
14	6.1245	620.118	Frana	8	22.2	27.7576	27.6616	91.7176	43.5384	48.1792
15	5.663	648.058	Frana	8	22.2	30.9831	30.876	105.264	49.208	56.0558
16	5.663	656.336	Frana	8	22.2	31.2874	31.1792	106.636	49.8366	56.799
17	5.0775	593.636	Frana	8	22.2	31.9687	31.8582	108.736	50.2734	58.4629
18	5.0775	558.665	Frana	8	22.2	30.5136	30.4081	102.221	47.3119	54.9094
19	5.16733	555.22	Frana	8	22.2	30.4457	30.3404	100.946	46.2027	54.7434
20	5.16733	546.967	Frana	8	22.2	30.1029	29.9988	99.4223	45.5159	53.9064
21	5.16733	466.854	Frana	8	22.2	26.7751	26.6825	84.6293	38.8493	45.78
22	5.727	465.688	Frana	8	22.2	25.2814	25.194	77.0979	34.9652	42.1327
23	5.727	367.247	Frana	8	22.2	21.5257	21.4513	60.5354	27.574	32.9614
24	6.012	186.354	Frana	8	22.2	14.5012	14.4511	29.1366	13.3287	15.8079
25	3.17474	25.4453	Frana	8	22.2	9.45648	9.42378	6.93526	3.44641	3.48885

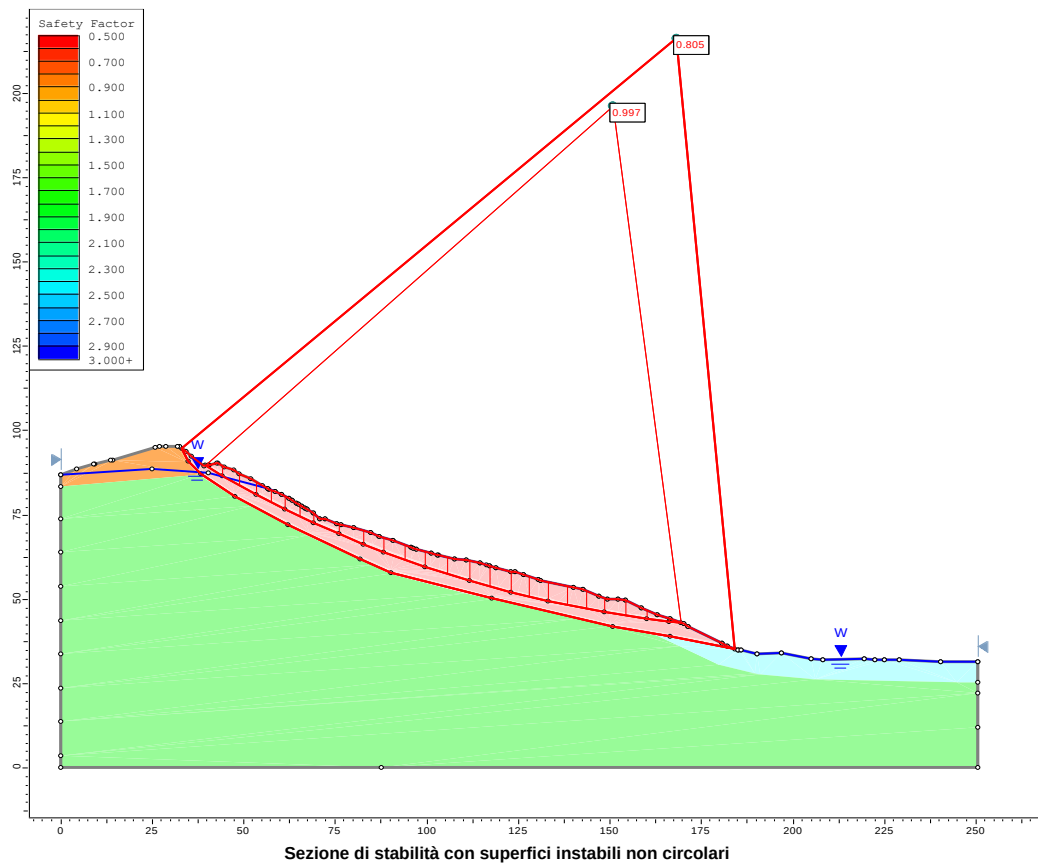


Figura 29. back analysis sezione D-frana R4

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 "Relazione geologica per il progetto di sistemazione del versante a monte della discarica di Poiatica" (a cura di: dott.ssa Geol. Dott.ssa Claudia Borelli – geologo; Dott.ssa Laura Fantoni – geologo e Dott. Paolo Filetto – forestale) presentata all'interno del precedente "Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del Polo MO029 per gli anni 2011-2016" sono riportate 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

Minerali argillosi	
Illite	Presente
Caolinite	Generalmente scarsa
Clorite	Presente
Interlaminato ^(*)	Scarsa
Minerali non argillosi	
Quarzo	Prevalente
Feldspato	Generalmente scarso
Calcite	Tracce

COMPOSIZIONE MINERALOGICA RAN6

Minerali argillosi	
Illite	Generalmente prevalente
Caolinite	Presente
Clorite	Presente
Montmorillonite	Assente
Minerali non argillosi	
Quarzo	Generalmente prevalente
Feldspato	Generalmente scarso
Calcite/Dolomite	Elevata

(*) illite/montmorillonite

30 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.

° 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

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

Analisi granulometrica

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

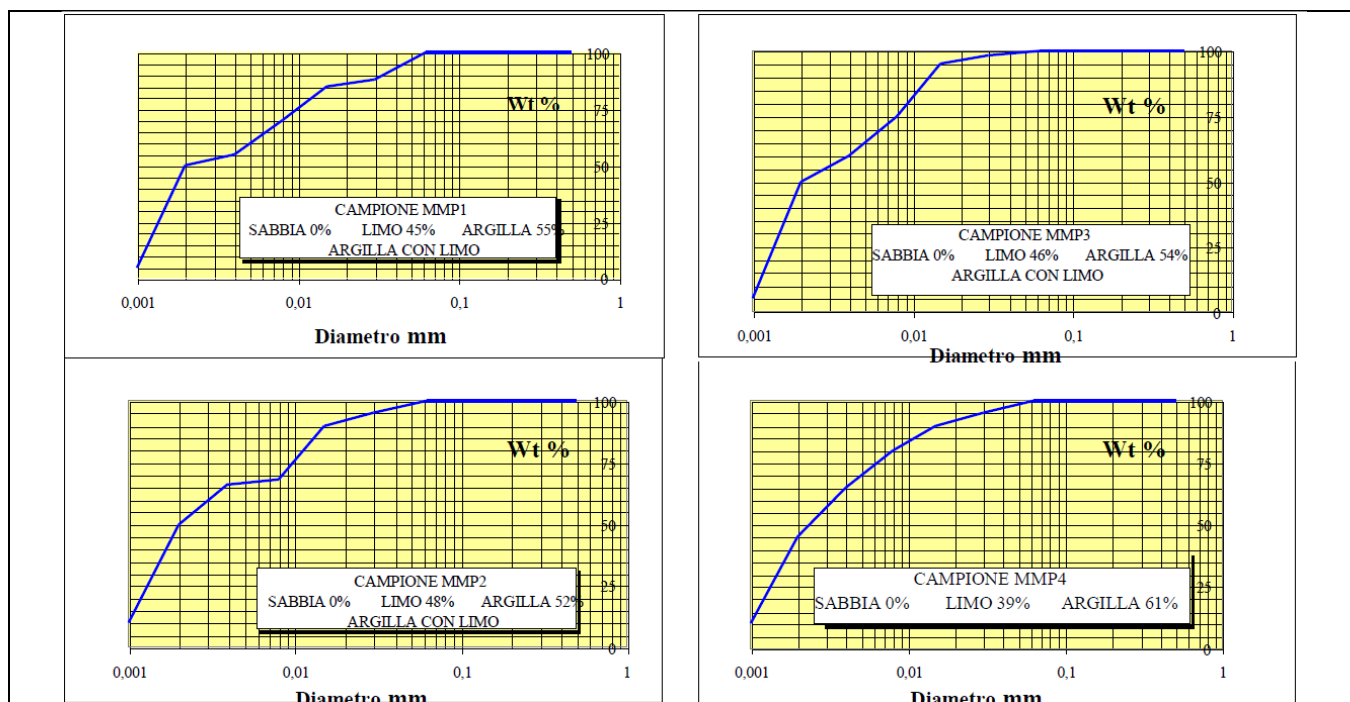
Nota:

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 (%)	Ip (%)	Ic	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-pressatura;
- 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		generalmente prevalente					2 - 0.256 mm	0.256 - 0.063 mm	0.063 - 0.0075 mm	< 0.0075 mm
Caolinite		presente				1	0.07	1.79	85.65	12.49
Clorite		presente								
Montmorillonite		assente								
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												

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.

● Marne di Montepiano
● Ranzano pelitico

100 0
90 10
80 20
70 30
60 40
50 50
40 60
30 70
20 80
10 90
0 100

ARGILLA < 0.002 mm
LIMO > 0.002 mm
SABBIA > 0.02 mm

ARGILLOSO
ARGILLO-SABBIOSO
ARGILLO-LIMOSO
LIMOSO
SABBIO-LIMOSO
SABBIO-ARGILLOSO
SABBIOSO

Foglio 52 di 77

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 seismogenic 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 seismogenic sources - DISS"⁷ disponibile al sito www.ingv.it.

Nel "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (Gruppo di lavoro CPTI15, 2016⁸), INGV, Bologna) per un intorno significativo dell'area in esame (area quadrata di lato 30 Km con centro Lat. 44.431240° e Long. 10.565168°) sono stati identificati 42 eventi significativi dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.

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.

N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TioDef	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		Reggio	CFTI4med	MM	44.698	10.631		7	bx	5.10	0.46	Mdm
328	MA	1547	03	24				Reggio	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
1044	MA	1818	12	09	18	55		Parmense	CFTI4med	MM	44.696	10.296		7	bx	5.24	0.38	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		Reggio	ENEL985	MM	44.612	10.701		6-7	bx	5.01	0.45	Mdm
1590	MA	1892	05	17	03	08	15.00	Carpinetti	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	Reggio	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		Reggio	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	Reggio	IS5	II	44.600	10.600						
2533	MA	1937	12	10	18	04		Frignano	MAM0983	MM	44.334	10.834		6	bx	5.30	0.12	Wmim
2856	MA	1963	01	08	13	51		Appennino reggiano	CFTI4med	MM	44.358	10.299		5	bx	4.16	0.46	Mdm
2876	MA	1963	10	05	11	57	39.00	Appennino reggiano	CFTI4med	MI	44.320	10.296		4	bx	3.70	0.46	Mdm
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	Reggio	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	CS11.1	II	44.501	10.716	15.1			4.06	0.19	InsC
3922	MA	1997	12	24	17	53	10.12	Garfagnana	CS11.1	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	CS11.1	II	44.693	10.633	12.1			4.88	0.30	InsC
4051	MA	2000	10	03	01	12	36.56	Frignano	CS11.1	IM	44.333	10.656	11.1	5	bx	4.22	0.07	InsO
4128	MA	2002	06	08	20	13	07.10	Frignano	CS11.1	IM	44.274	10.617	32.4	4	bx	4.23	0.07	InsO
4129	MA	2002	06	18	22	23	38.10	Frignano	CS11.1	IM	44.395	10.683	32.1	4	bx	4.30	0.07	InsO
4130	MA	2002	06	19	22	11	15.57	Frignano	CS11.1	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	ISIDE	II	44.164	10.445	19.8			5.01	0.07	InsO

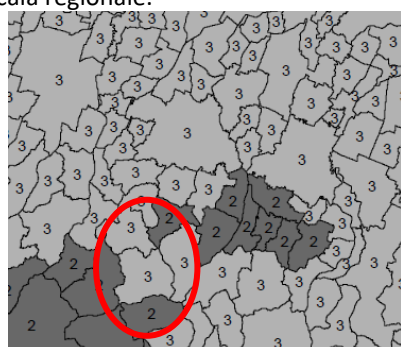
Field	Description	TLDef	Type of default location:
N	Record number (in chronological order)		- MI = macroseismic (alternative to instrumental)
Sect	Catalogue section, related to a specific seismological context MA = main NV = Phlegraean volcanic area EV = Etna volcanic area CA = Calabrian arc (subduction)		- IM = instrumental (alternative to macroseismic)
Year	Origin time: year		- II = instrumental (only choice)
Mo	Origin time: month		- MM = macroseismic (only choice)
Da	Origin time: day		- PC = from parametric catalogue
Ho	Origin time: hour		- NP = location not defined
Mi	Origin time: minutes		
Se	Origin time: seconds		
EpicentralArea	Epicentral area or area of the largest macroseismic effects	LatDef	Default epicentral latitude (WGS84)
MainRef	Main bibliographical reference: - equal to RefM when TLDef = MM, MI, ND - equal to RefIns when TLDef = II o IM - code of the reference parametric catalogue when TLDef = PC	LonDef	Default epicentral longitude (WGS84)
		DepDef	Default depth in km (instrumental; only when TLDef = II or IM)
		IoDef	Default epicentral intensity
		TioDef	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)
		MwDef	Default moment magnitude
		ErMwDef	Error associated to the default moment magnitude
		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., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

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.



■ Zona 2

■ Zona 3

Figura 32. 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; p_i 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 T_R 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 10.56517 LATITUDINE 44.43124

• Ricerca per comune: REGIONE Emilia-Romagna PROVINCIA COMUNE

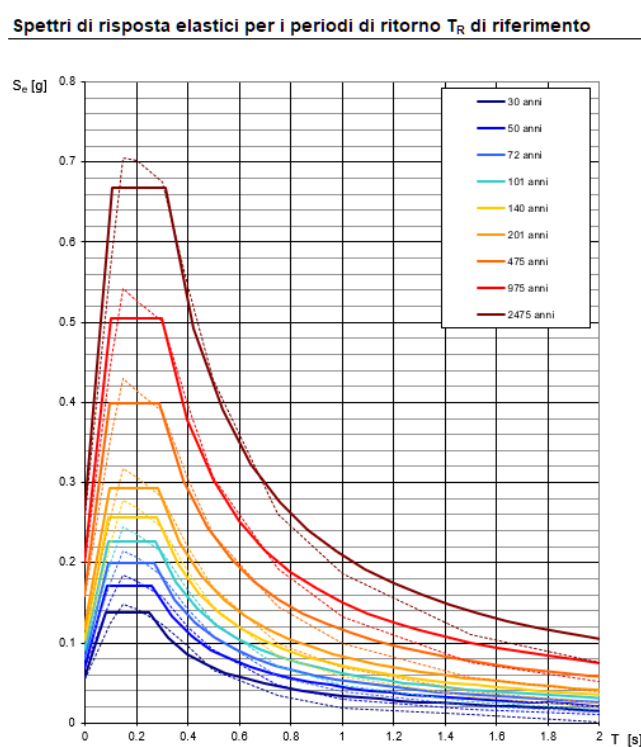
Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta Variabilità dei parametri

Elaborazioni: Tabella parametri

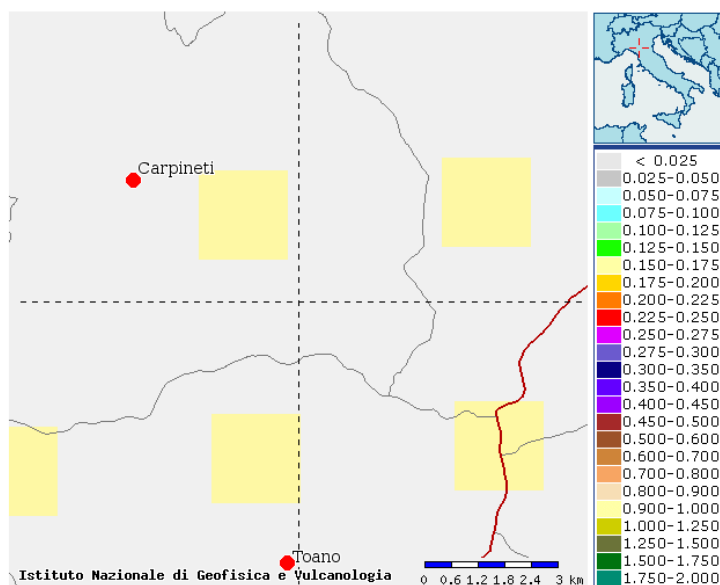
Nodi del reticolo intorno al sito

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate (STAT) 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	2.492	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	2.571	0.313



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.

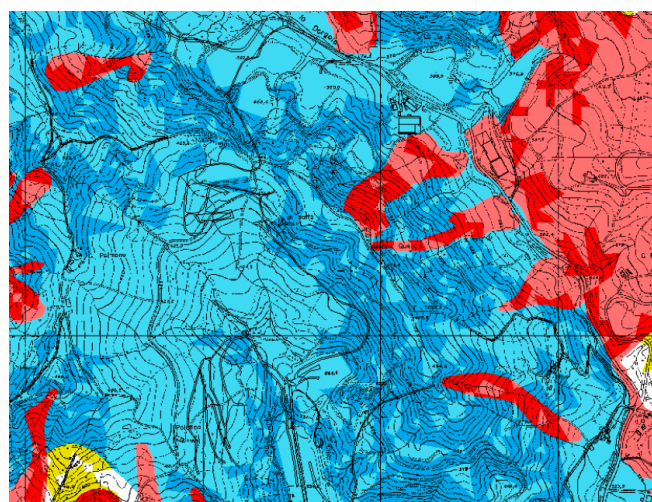


	16941	16942	17164	17163
M	4.880	4.880	4.890	4.900
D	8.610	8.600	8.660	8.580
Epsilon	0.899	0.897	0.906	0.905

Figura 33. Dati di disaggregazione estratti dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/> per i nodi relativi all'area in esame.

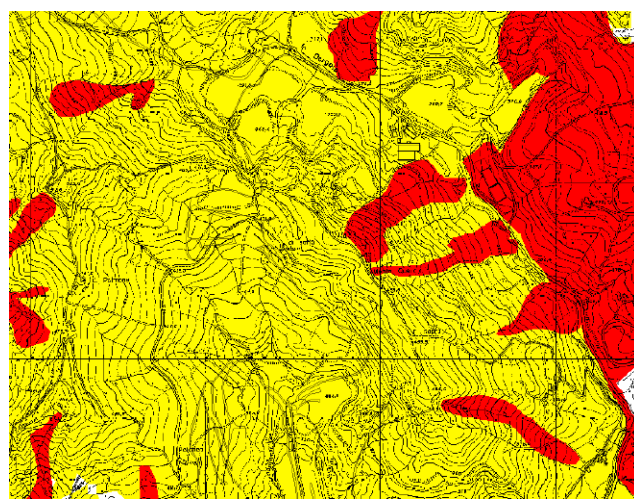
5.2 Elementi di microzonazione sismica

Nella tavola P9a (218SE) "Rischio sismico-carta degli effetti attesi" del PTCP della provincia di Reggio Emilia, la cava Poiatica – Montequercia ricade prevalentemente nelle classi "C" e "D" per le quali sono segnalati come effetti attesi amplificazione stratigrafica e topografica, per le frane presenti nel versante verso il T. Dorgola 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 frane.



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

Figura 34. Estratto dalla tavola P9a (218 SE) del PTCP della provincia di Reggio Emilia (2010) – "Rischio sismico-carta degli effetti attesi".



LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

1
2
3

Figura 35. 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 reperite è possibile classificare il sottosuolo come **tipo B ed E** in funzione delle tipologie di terreni presenti identificati dalle prove Masw reperite. L'ubicazione delle indagini è riportata nella **Tavola 8**.

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	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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 36. Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC18

Categorie sottosuolo in funzione della V_{s30}		
Prova	V_{s30}	Categoria
MASW1	285	C
MASW2	386	B
POIATIC2	294	C
M1	377	B
M2	375	B
M3	475	B
M4	295	C
M5	387	B

M1	H	V_s	V_{sh}	Categoria	AUTORE	V_s medie	Unità
	h1	17.2	266.24		MELLI 2012	708.2	RAN3+
	h2	5.2	246			632.6	RAN3-
	h3	6.6	204				
	h4	5.4	486			905.5	MMP
			809	Substrato > 800			
			373.0 V_{s30}	RAN3 E		224.7	Coperture RAN3
M2	H	V_s	V_{sh}	Categoria	AUTORE	V_s medie	Unità
	h1	30	238.95		MELLI 2012	218.4	Coperture MMP
	h2	4.1	246				
	h3	7	235				
	h4	9.1	645	Substrato < 800			
		9.8	583				
			387.7 V_{s30}	RAN3 B			
M3	H	V_s	V_{sh}	Categoria	AUTORE	V_s medie	Unità
	h1	30	165		MELLI 2012		
	h2	4.9	165				
	h3	9.3	676	Substrato < 800			
	h4	13	724				
		2.8	670				
			457.4 V_{s30}	RAN3 B			
M4	H	V_s	V_{sh}	Categoria	AUTORE	V_s medie	Unità
	h1	21.9	228.57		MELLI 2012		
	h2	6.7	127				
	h3	7.1	264				
	h4	2.9	439				
	h5	5.2	544	Substrato < 800			
		11	806	Substrato > 800			
			283.4 V_{s30}	RAN3 RAN3 E			
MASW 1	H	V_s	V_{sh}	Categoria	AUTORE	V_s medie	Unità
	h1	15.7	180.48		PANZANI 2011		
	h2	4.4	143				
	h3	11.3	201				
		14.3	963	Substrato > 800			
			294.6 V_{s30}	MMP E			
MASW 2	H	V_s	V_{sh}	Categoria	AUTORE	V_s medie	Unità
	h1	9.0	246.68		PANZANI 2011		
	h2	2.4	143				
	h3	6.6	335				
		21	557	Substrato < 800			
			404.4 V_{s30}	RAN3 B			
MASW 6	H	V_s	V_{sh}	Categoria	AUTORE	V_s medie	Unità
	h1	23	228.00		BACCHINI 2011		
	h2	12	228				
	h3	11	848	Substrato < 800			
			958				
			411.5 V_{s30}	MMP E			

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 di Vallo 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:

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

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.

Il valore di probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR 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_{VR} in funzione dello stato limite considerato

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

$T_R = 475$ anni per il fronte di scavo definitivo e/o recupero morfologico

Di seguito, a titolo esemplificativo, 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/>

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/>.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE { SLO - $P_{VR} = 81\%$
 SLD - $P_{VR} = 63\%$
 SLV - $P_{VR} = 10\%$
 Stati limite ultimi - SLU { SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

Grafici parametri azione ☐
 Grafici spettri di risposta ☐
 Tabella parametri azione ☐

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie
 -●- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,056	2,492	0,248
SLD	50	0,069	2,487	0,261
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_0	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 T2o 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 abbia avuto anche come input la sistemazione dei versanti con la o totale o parziale asportazione delle coperture superficiali (eluviali o più frequentemente vecchi "spurghi-sterili di cava"). Tale operazione porterà in affioramento o il substrato roccioso o porzione del substrato roccioso più profonde. L'analisi delle sezioni evidenzia che solo nel caso dell'area denominata R4 (ex fronte di scavo argilla grigia) permarranno coperture superficiali solo nella zona di valle subpianeggiante. Quindi per le sezioni di progetto e verifica sono state ottenute le seguenti categorie di sottosuolo.

Sezione verifica	Descrizione	Condizione geologica	Caratteri sismici	Categoria di sottosuolo
D	Interessa il Fronte delle argille grigie denominato "R4 Monte Quercia"	La sezione interessa l'ex fronte di scavo delle "argille grigie" – Arenarie di Ranzano RAN 3 – attualmente in parte franato. 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 (scarpata 30° di altezza pari a 8.0 m intervallata da banca di larghezza pari a 4.0 m). Nella zona a valle del fronte sono presenti coltri di sterili di cava di spessore plurimetrico che saranno oggetto di modellazione morfologica e sistemazione a bassa pendenza con regimazione delle acque	Assenza di contrasti di impedenza significativi nella zona dell'ex fronte mentre presenza di impedenza significativa tra gli sterili di cava ed il substrato roccioso; Vs misurato in cava delle RAN circa 700 m/s ma localmente maggiore di 800 A titolo cautelativo le verifiche sono state condotte considerando la categoria E, anche se sul fronte molto più pertinente la categoria B	E
12	Sezione interessante il fronte rosso denominato "F1-F2 Poiatica"	Presenza in affioramento lungo la sezione di scavo delle Marne di Montepiano nella facies più tipica (argilliti rossastre).	Assenza di contrasti di impedenza significativi tra i detriti ed il substrato roccioso; Vs delle MMP misurato in cava circa 00 m/s; Vs del RAN 3 misurato in cava variabile da 400 a 780 m/s	B

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 o E.

Categoria B		
Stato Limite Ultimo		SLV
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.200
Categoria topografica		T2
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.20
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = St \cdot Ss$	1.440
Amax	$Amax = Ag \cdot S$	0.2290
Coefficiente di riduzione	$\beta =$	0.38
Coefficiente sismico orizzontale	$kh = ag \cdot S \cdot \beta$	0.0870
Coefficiente sismico verticale	kv	0.0435

Stato Limite di Esercizio		SLD
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.20
Categoria topografica		T2
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.20
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = St \cdot Ss$	1.44
Amax	$Amax = Ag \cdot S$	0.1008
Coefficiente di riduzione	$\beta =$	0.47
Coefficiente sismico orizzontale	$kh = ag \cdot S \cdot \beta$	0.0474
Coefficiente sismico verticale	kv	0.0237

Tabella 5.4. Parametri per verifiche stabilità (vita nominale di 50 anni) categoria sottosuolo B.

Categoria E		
Stato Limite Ultimo		SLV
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.560
Categoria topografica		T2
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.20
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = St \cdot Ss$	1.872
Amax	$Amax = Ag \cdot S$	0.2977
Coefficiente di riduzione	$\beta =$	0.38
Coefficiente sismico orizzontale	$kh = ag \cdot S \cdot \beta$	0.1131
Coefficiente sismico verticale	kv	0.0566

Stato Limite di Esercizio		SLD
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.60
Categoria topografica		T2
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.20
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = St \cdot Ss$	1.92
Amax	$Amax = Ag \cdot S$	0.1344
Coefficiente di riduzione	$\beta =$	0.47
Coefficiente sismico orizzontale	$kh = ag \cdot S \cdot \beta$	0.0632
Coefficiente sismico verticale	kv	0.0316

Tabella 5.5. Parametri per verifiche stabilità (vita nominale di 50 anni) categoria sottosuolo E.

5.4 Stabilità della cava e dei fronti di cava

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.

5.4.1 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

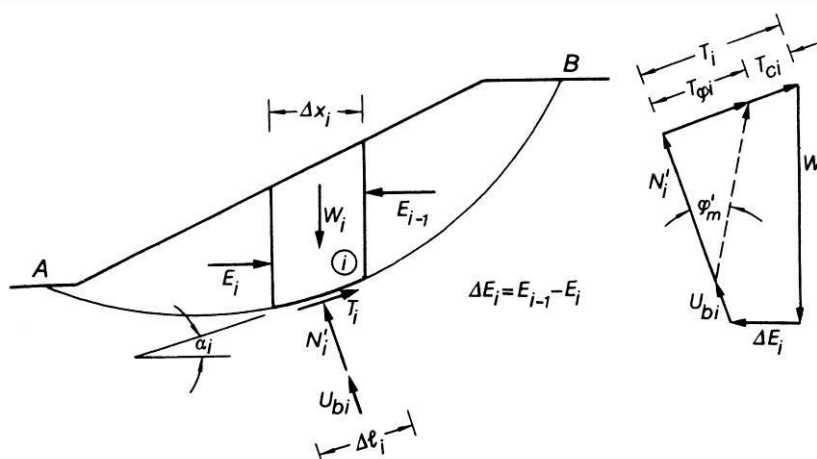
Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità 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-speudostatiche. Dal § 7.11.4 Fronti di scavo e rilevati si estrae... Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (6.2.1) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) ed impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

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.

5.5 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
D	Interessa il Fronte delle argille grigie denominato "R4 Monte Quercia"	La sezione interessa l'ex fronte di scavo delle "argille grigie" – Arenarie di Ranzano RAN 3 – attualmente in parte franato. 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 (scarpata 30° di altezza pari a 8.0 m intervallata da banca di larghezza pari a 4.0 m). Nella zona a valle del fronte sono presenti coltri di sterili di cava di spessore plurimetrico che saranno oggetto di modellazione morfologica e sistemazione a bassa pendenza con regimazione delle acque	Assenza di falda	E kh = 0.1131 Kv = 0.0566 Condizione SLV TR 475 anni
12	Sezione interessante il fronte rosso denominato "F1-F2 Poiatica"	Presenza in affioramento lungo la sezione di scavo delle Marne di Montepiano nella facies più tipica (argilliti rossastre).	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 sono riportate di seguito e nella Tavola 8.

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

Per verifiche:					PARAMETRI MECCANICI					A2+M2+R2	
	Pseudostatiche										
	γ_k kN/mc	c'k kN/mq	ϕ^k °	Cu kN/mq	$\tan\phi_k$	$\gamma M2c'$	$\gamma M2\phi$	γ_d kN/mc	$\tan\phi_d$	c'd kN/mq	ϕ^d °
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 1 - sterili di cava	19	17.6	23.6		0.4369	1.25	1.25	19	0.3495	14.1	19.3
Terreni di riporto 2 - sterili di cava	19	4.0	17.0		0.3057	1.25	1.25	19	0.2446	3.2	13.7
Frana - R4	19	10.0	27.0		0.5095	1.25	1.25	19	0.4076	8.0	22.2

Tabella 5.6. Parametri caratteristici (k) e di progetto (d). Dove: γ = peso per unità di volume; c' = coesione efficace; ϕ' = angolo di attrito interno efficace.

5.6 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 Fs	Verifica (POSITIVA SE $F > \gamma_R > 1.1$)
1	D	(SdP)	STATICA	ASSENTE	Riporti esistenti posti a valle fronte = 1.403 Fronte di scavo = 1.638	POSITIVA
2	D	(SdR)	STATICA	ASSENTE	1.635	POSITIVA
3	12	(SdP)	STATICA	ASSENTE	1.290	POSITIVA
4	12	(SdR)	STATICA	ASSENTE	1.538	POSITIVA

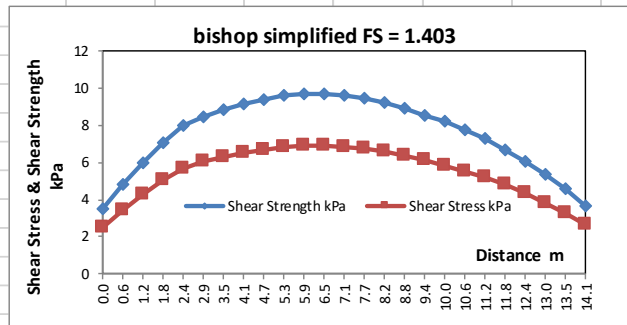
VERIFICHE PSEUDOSTATICHE - SISMICHE						
Caso	Sezione	Stato	Condizione	Falda	STABILITÀ GLOBALE VERSANTE Fs	Verifica (POSITIVA SE $F > \gamma_R > 1.2$)
1	D	(SdP)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	Riporti esistenti posti a valle fronte = 1.260 Fronte di scavo = 1.555	POSITIVA
2	D	(SdR)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	1.552	POSITIVA
3	12	(SdP)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	1.319	POSITIVA
4	12	(SdR)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	1.509	POSITIVA

5.6.1 Verifiche di stabilità sezione D (SdP – condizioni statiche)

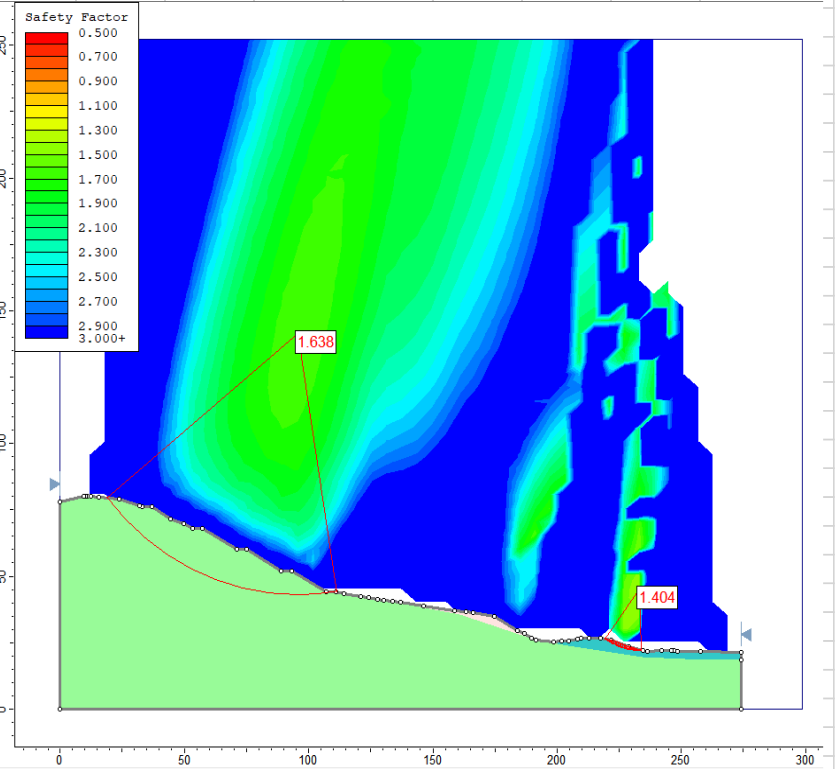
Sezione D. SdP Verifica in condizione statica

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.40391	
Circle Center	233.030	45.408
Radius	23.3391	
Circle Endpoint 1	219.325	26.517
Circle Endpoint 2	234.045	22.091
Surface Intercept 1	219.325	26.517
Surface Intercept 2	234.045	22.091



Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0.000	3.50753	2.4984
0.589	4.79679	3.41674
1.178	5.99488	4.27013
1.766	7.10488	5.06078
2.355	7.96409	5.67279
2.944	8.46051	6.02639
3.533	8.86693	6.31588
4.122	9.18979	6.54585
4.711	9.43093	6.71762
5.299	9.59199	6.83234
5.888	9.67435	6.891
6.477	9.67922	6.89447
7.066	9.6076	6.84346
7.655	9.46031	6.73854
8.244	9.23802	6.58021
8.832	8.9412	6.36878
9.421	8.58205	6.11296
10.010	8.21802	5.85367
10.599	7.79188	5.55013
11.188	7.29247	5.1944
11.777	6.71949	4.78627
12.365	6.07253	4.32544
12.954	5.351	3.8115
13.543	4.55417	3.24392
14.132	3.68112	2.62205
	Rd	Ed
	189.77	135.17

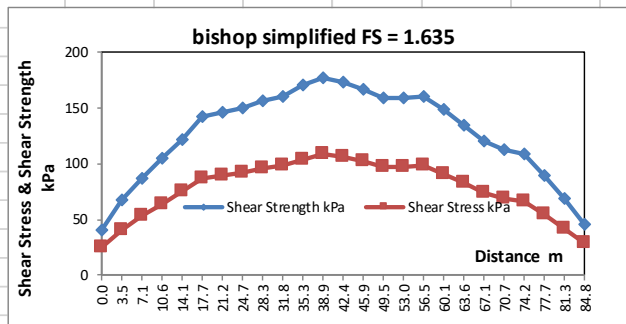


5.6.2 Verifiche di stabilità sezione D (SdR – condizioni statiche)

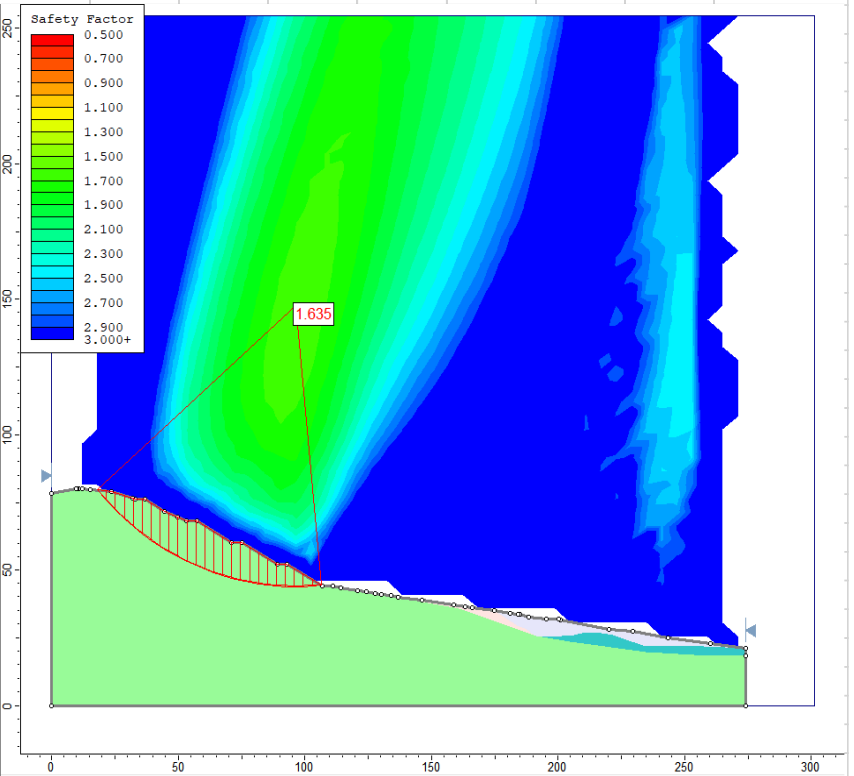
Sezione D. SdR Verifica in condizione statica

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.63514	
Circle Center	96.430	147.615
Radius	103.77	
Circle Endpoint 1	18.101	79.551
Circle Endpoint 2	106.444	44.329
Surface Intercept 1	18.101	79.551
Surface Intercept 2	106.444	44.329



Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0.000	39.8273	24.3571
3.534	66.9149	40.923
7.067	87.2233	53.343
10.601	104.343	63.813
14.135	122.372	74.8386
17.669	141.769	86.7014
21.202	146.708	89.722
24.736	149.668	91.5322
28.270	156.214	95.5356
31.803	160.745	98.3066
35.337	170.491	104.267
38.871	177.7	108.676
42.405	172.848	105.708
45.938	166.446	101.793
49.472	158.577	96.9807
53.006	158.603	96.9966
56.539	160.231	97.9922
60.073	148.424	90.7714
63.607	134.956	82.5348
67.141	120.025	73.4036
70.674	112.198	68.6166
74.208	108.215	66.1806
77.742	89.4133	54.6824
81.275	68.5992	41.9531
84.809	46.1686	28.2353
	Rd	Ed
	3168.68	1937.86

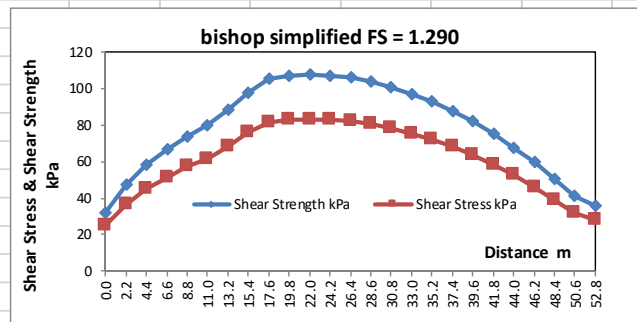


5.6.3 Verifiche di stabilità sezione 12 (SdP – condizioni statiche)

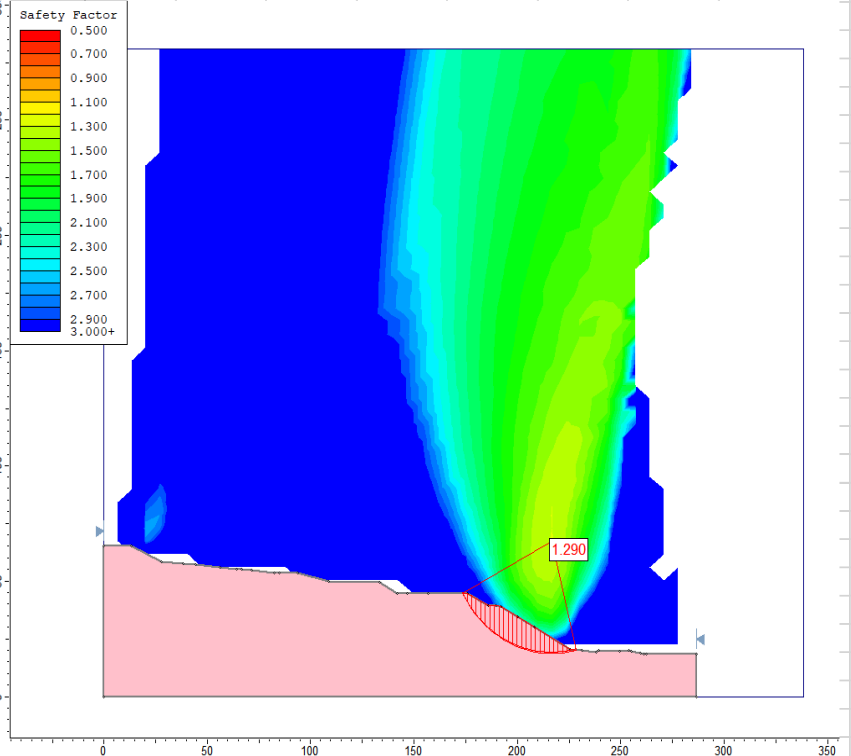
Sezione 12. SdP Verifica in condizione statica

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.2904	
Circle Center	216.636	67.364
Radius	48.7204	
Circle Endpoint 1	173.445	44.821
Circle Endpoint 2	228.488	20.107
Surface Intercept 1	173.445	44.821
Surface Intercept 2	228.488	20.107



Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0.000	31.7971	24.6413
2.202	47.6326	36.9131
4.403	58.1414	45.0569
6.605	66.7538	51.7311
8.807	73.7831	57.1785
11.009	79.679	61.7475
13.210	88.5661	68.6346
15.412	98.1173	76.0363
17.614	105.601	81.8355
19.816	107.336	83.1803
22.017	107.746	83.4985
24.219	107.302	83.1544
26.421	106.019	82.1597
28.622	103.917	80.5305
30.824	101.041	78.302
33.026	97.405	75.4843
35.228	93.0163	72.0833
37.429	87.8763	68.1
39.631	81.9812	63.5316
41.833	75.3215	58.3707
44.035	67.8819	52.6053
46.236	59.6405	46.2186
48.438	50.5682	39.188
50.640	40.9682	31.7484
52.841	35.8	27.7434



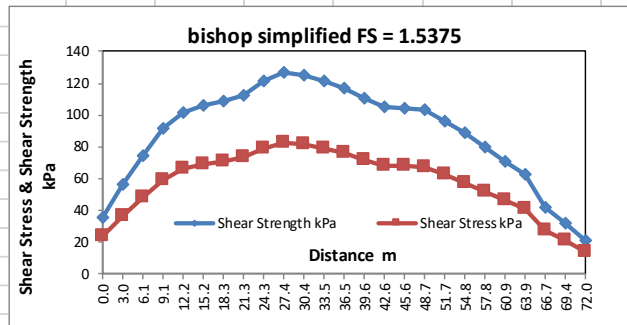
Rd Ed
1973.89 1529.67

5.6.4 Verifiche di stabilità sezione 12 (SdR – condizioni statiche)

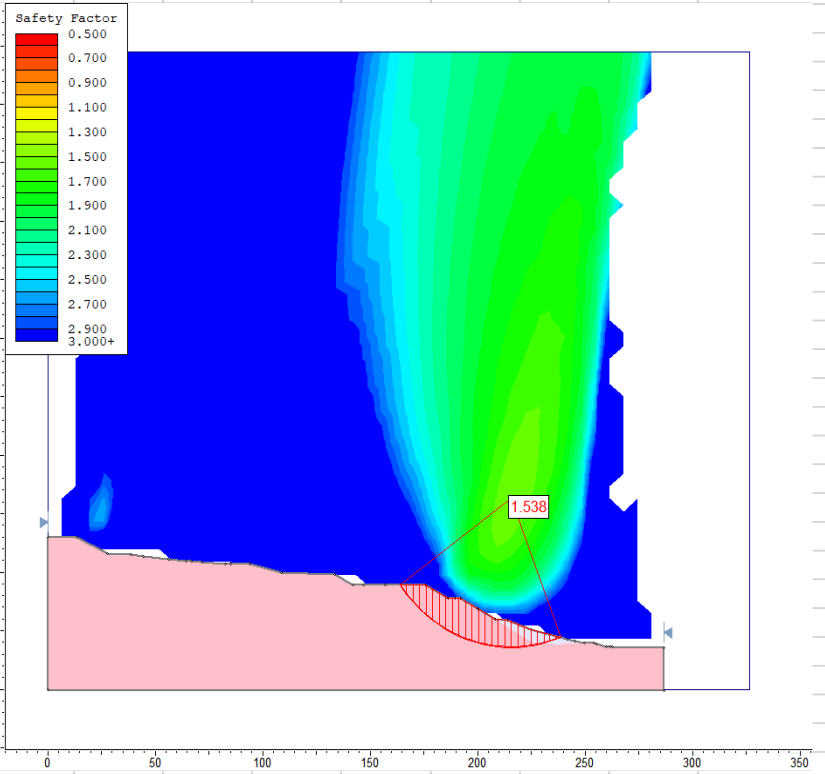
Sezione 12. SdR Verifica in condizione statica

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.5375	
Circle Center	215.467	81.649
Radius	63.5079	
Circle Endpoint 1	163.729	44.819
Circle Endpoint 2	238.610	22.508
Surface Intercept 1	163.729	44.819
Surface Intercept 2	238.610	22.508



Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0.000	35.8307	23.3045
3.043	56.1912	36.5471
6.085	74.572	48.5021
9.128	91.223	59.332
12.171	101.437	65.9755
15.213	105.92	68.8913
18.256	108.904	70.8321
21.299	112.474	73.1536
24.341	121.237	78.8535
27.384	126.869	82.5166
30.427	124.771	81.1519
33.469	121.246	78.8594
36.512	116.569	75.8169
39.555	110.766	72.0432
42.597	104.67	68.0783
45.640	104.073	67.6897
48.682	102.896	66.9242
51.725	96.4624	62.7398
54.768	88.5309	57.5811
57.810	79.4976	51.7058
60.853	70.6721	45.9656
63.896	63.0524	41.0097
66.741	41.4044	26.9297
69.389	31.851	20.7161
72.037	21.1583	13.7615
	Rd	Ed
	2212.28	1438.88

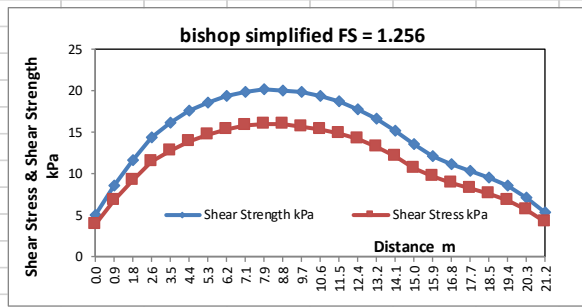


5.6.5 Verifiche di stabilità sezione D (SdP – condizioni pseudo-statiche)

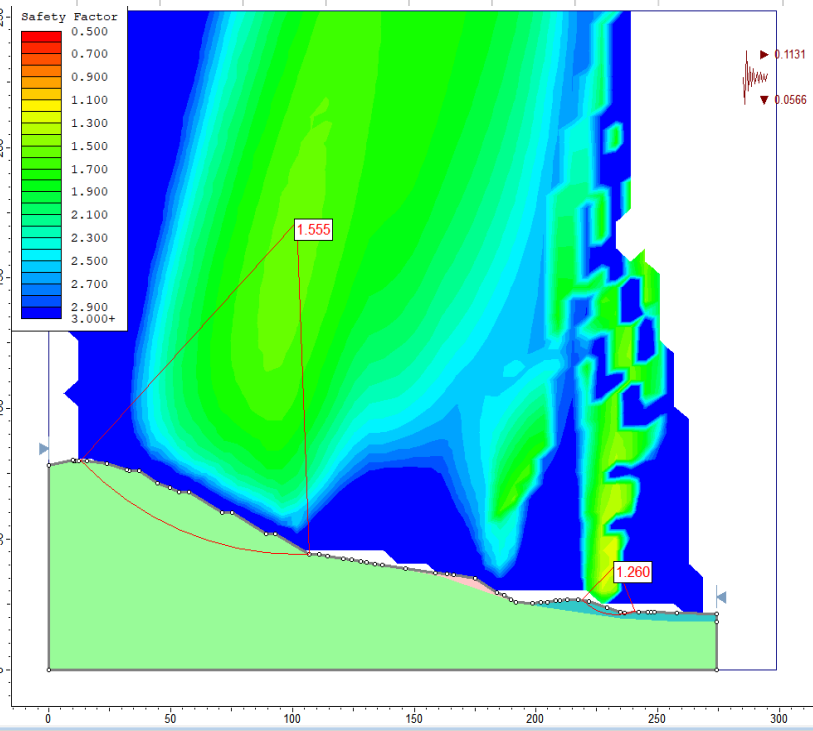
Sezione D. SdP Verifica in condizione sismiche

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.25981	
Circle Center	233.030	40.362
Radius	19.8629	
Circle Endpoint 1	218.688	26.620
Circle Endpoint 2	240.764	22.067
Surface Intercept 1	218.688	26.620
Surface Intercept 2	240.764	22.067



Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0.000	5.02057	3.98518
0.883	8.54161	6.78008
1.766	11.7087	9.294
2.649	14.4345	11.4577
3.532	16.2152	12.8711
4.415	17.5832	13.957
5.298	18.6501	14.8039
6.181	19.4283	15.4216
7.064	19.9276	15.8179
7.947	20.1551	15.9985
8.830	20.1164	15.9678
9.713	19.8217	15.7339
10.596	19.3924	15.3931
11.480	18.7513	14.8842
12.363	17.8508	14.1694
13.246	16.6873	13.2459
14.129	15.2554	12.1093
15.012	13.5479	10.7539
15.895	12.1702	9.66032
16.778	11.212	8.89979
17.661	10.3568	8.22091
18.544	9.59377	7.61525
19.427	8.53303	6.77327
20.310	7.15167	5.67678
21.193	5.42127	4.30324
Rd		Ed
	357.53	283.79

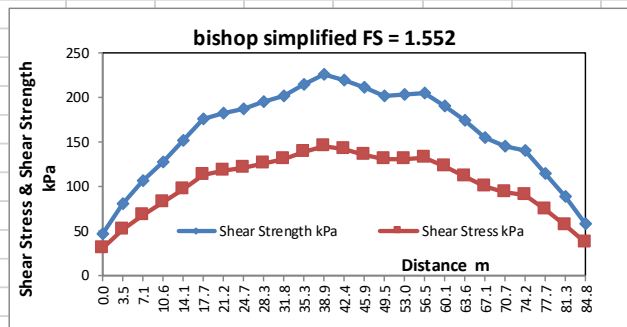


5.6.6 Verifiche di stabilità sezione D (SdR – condizioni pseudo-statiche)

Sezione D. SdR Verifica in condizione sismiche

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.55242	
Circle Center	96.430	147.615
Radius	103.77	
Circle Endpoint 1	18.101	79.551
Circle Endpoint 2	106.444	44.329
Surface Intercept 1	18.101	79.551
Surface Intercept 2	106.444	44.329



Distance m Shear Strength kPa Shear Stress kPa

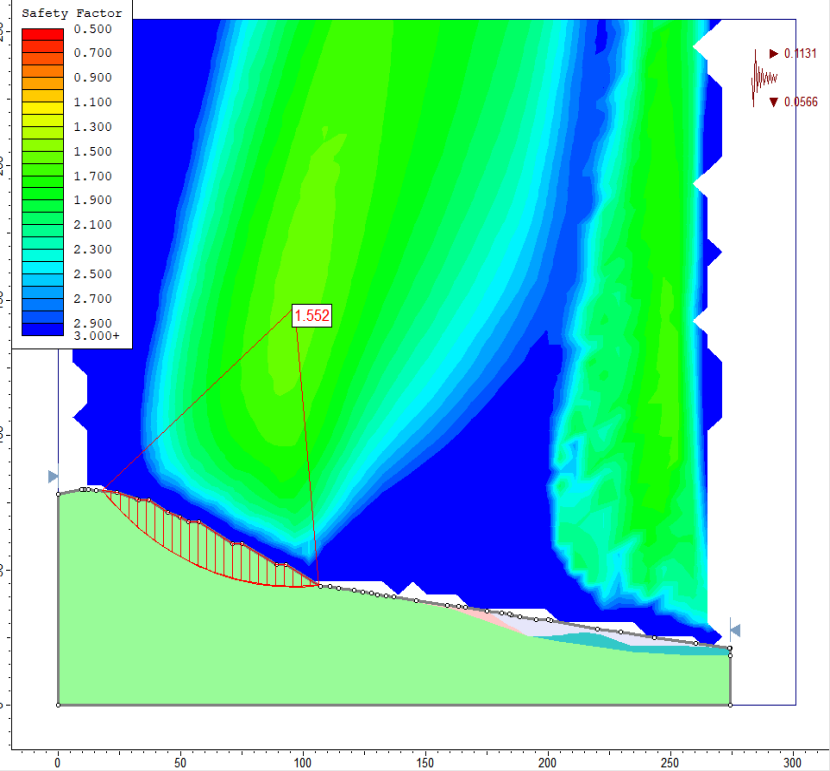
0.000	47.3488	30.5
3.534	81.0652	52.2186
7.067	106.641	68.6933
10.601	128.421	82.7231
14.135	151.477	97.5748
17.669	176.391	113.623
21.202	183.202	118.011
24.736	187.524	120.795
28.270	196.402	126.513
31.803	202.747	130.601
35.337	215.772	138.991
38.871	225.607	145.326
42.405	219.989	141.707
45.938	212.33	136.774
49.472	202.727	130.588
53.006	203.292	130.952
56.539	205.939	132.657
60.073	191.1	123.098
63.607	174.013	112.091
67.141	154.918	99.7913
70.674	145.049	93.4341
74.208	140.193	90.3058
77.742	115.744	74.5571
81.275	88.4933	57.0035
84.809	58.9381	37.9653

Rd

4015.32

Ed

2586.49



5.6.7 Verifiche di stabilità sezione 12 (SdP – condizioni pseudo-statiche)

Sezione 12. SdP Verifica in condizione sismiche

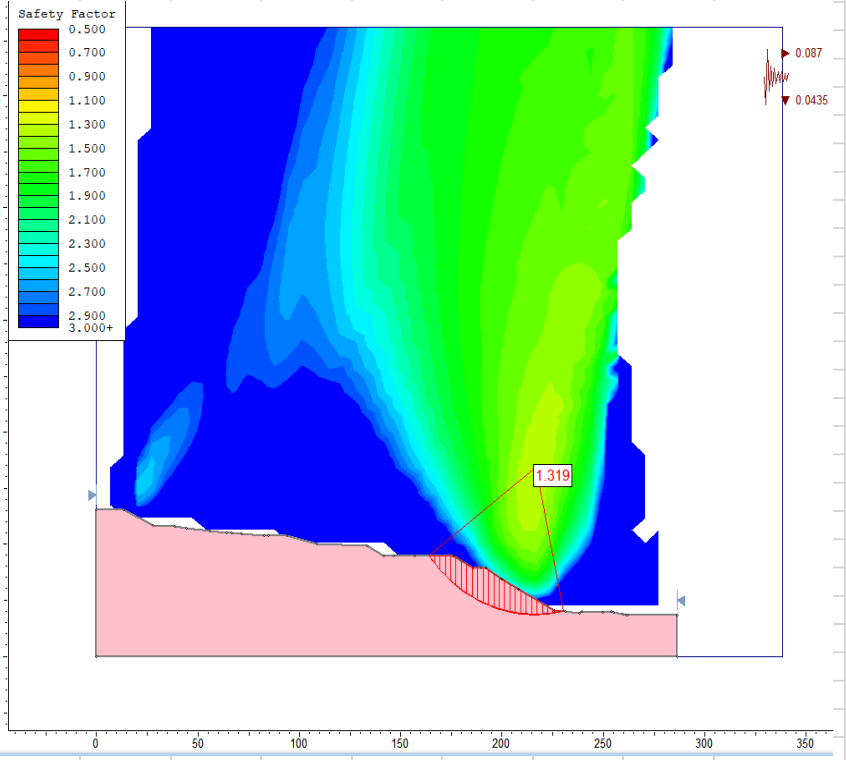
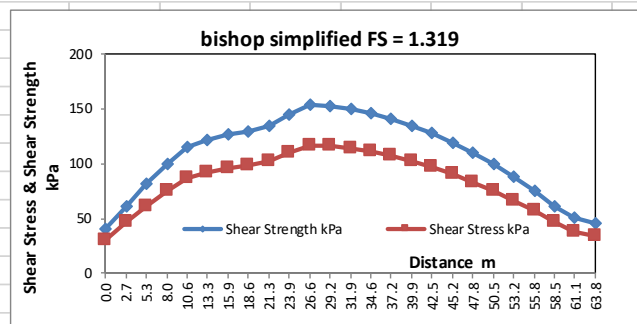
Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.31856	
Circle Center	216.636	84.205
Radius	65.6917	
Circle Endpoint 1	164.060	44.819
Circle Endpoint 2	230.516	19.996
Surface Intercept 1	164.060	44.819
Surface Intercept 2	230.516	19.996

Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0.000	40.0685	30.3881
2.658	61.3407	46.521
5.316	81.14	61.5368
7.975	99.5827	75.5238
10.633	115.045	87.2503
13.291	121.95	92.487
15.949	126.637	96.0417
18.608	129.988	98.583
21.266	134.671	102.135
23.924	145.028	109.99
26.582	153.462	116.386
29.240	152.9	115.96
31.899	150.124	113.855
34.557	146.241	110.91
37.215	141.216	107.099
39.873	135.102	102.462
42.531	127.908	97.0061
45.190	119.629	90.7271
47.848	110.251	83.6151
50.506	99.7559	75.6552
53.164	88.1151	66.8268
55.822	75.2937	57.103
58.481	61.2472	46.4501
61.139	50.0826	37.9828
63.797	45.1962	34.2769

Rd
2711.97

Ed
2056.77

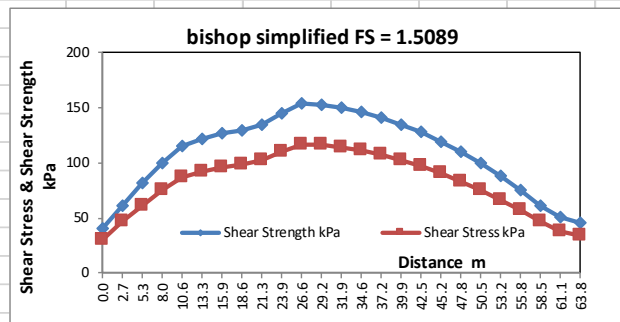


5.6.8 Verifiche di stabilità sezione 12 (SdR – condizioni pseudo-statiche)

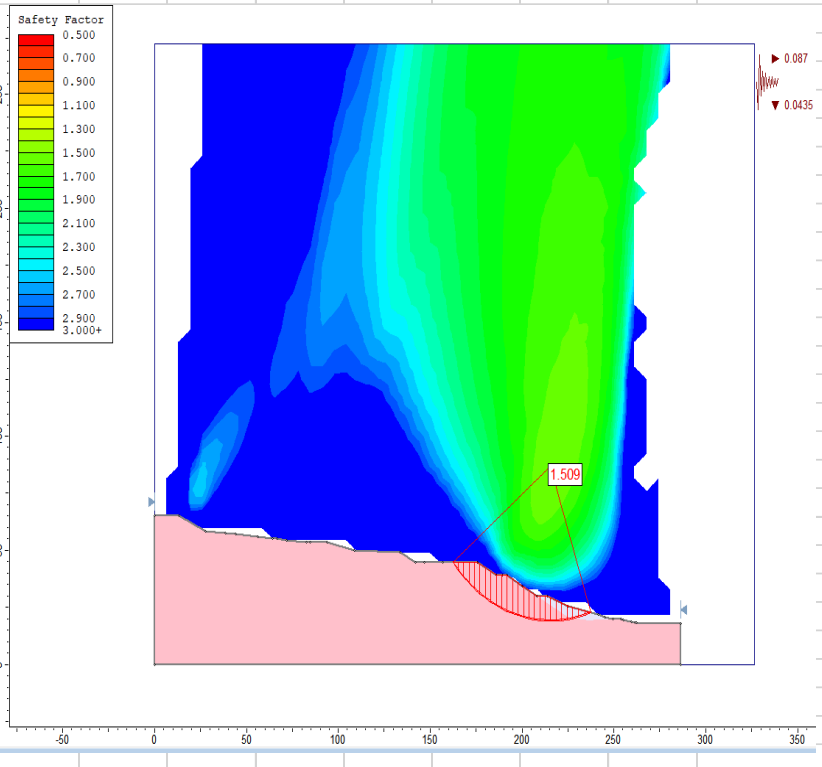
Sezione 12. SdR Verifica in condizione sismiche

Analysis Method: bishop simplified

Factor of Safety	1.50899	
Circle Center	215.467	87.092
Radius	67.9745	
Circle Endpoint 1	162.236	44.819
Circle Endpoint 2	237.468	22.777
Surface Intercept 1	162.236	44.819
Surface Intercept 2	237.468	22.777



Distance m	Shear Strength kPa	Shear Stress kPa
0.000	40.0685	30.3881
2.658	61.3407	46.521
5.316	81.14	61.5368
7.975	99.5827	75.5238
10.633	115.045	87.2503
13.291	121.95	92.487
15.949	126.637	96.0417
18.608	129.988	98.583
21.266	134.671	102.135
23.924	145.028	109.99
26.582	153.462	116.386
29.240	152.9	115.96
31.899	150.124	113.855
34.557	146.241	110.91
37.215	141.216	107.099
39.873	135.102	102.462
42.531	127.908	97.0061
45.190	119.629	90.7271
47.848	110.251	83.6151
50.506	99.7559	75.6552
53.164	88.1151	66.8268
55.822	75.2937	57.103
58.481	61.2472	46.4501
61.139	50.0826	37.9828
63.797	45.1962	34.2769



Rd	Ed
2711.97	2056.77

6 CONSIDERAZIONI FINALI

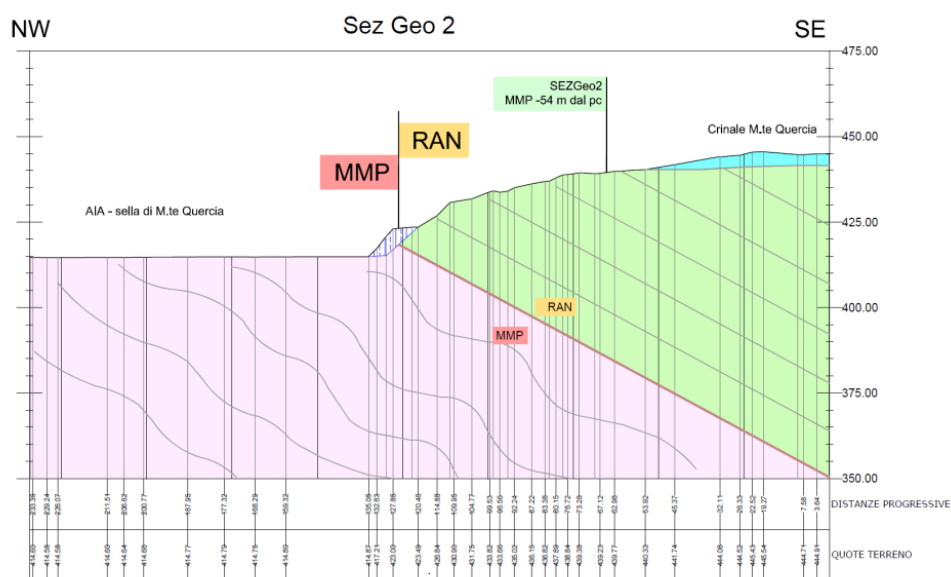
Il presente studio rappresenta il report geologico indirizzato alla valutazione di fattibilità dell'intervento in progetto. In particolare viene analizzata la situazione geologica locale con particolare riferimento alla condizione di stabilità generale dei versanti nell'area della cava di Poiatica-M.te Quercia. Lo studio eseguito ricava e definisce una serie di parametri geotecnici, meccanici, geostretturali, 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 entro l'area di cava (sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche, indagini di laboratorio rilievi sismici e geoelettrici) 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 individuazione di 2 fronti di cava (F3+R4 detto delle argille grigie di MteQuercia ed F1+F2 delle argille rosse di Poiatica) e dalla delimitazione di aree in cui eseguire opere di sistemazione morfologica e/o sistemazione agro-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 dè Melegari (RAN3).

Le Marne di Monte Piano rappresentano circa il 45% dell'intero territorio di cava mentre il 55% è rappresentato dalle arenarie di Ranzano. Il contatto tra le due unità attraversa la sella o aia di M.te Quercia sul margine meridionale ed è individuata sul lato "Poiatica" da una faglia che immerge verso SE ribassando il lato di valle (destro – faglia diretta) con inclinazione del piano di faglia di circa 33°. 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.

Sezione geologica geo2 circa
ortogonale all'assetto
strutturale.



Le Marne di Montepiano sono poste alla base della successione e sono caratterizzate da una giacitura verso est-sud est con inclinazione 30-50°; le superfici di strato sono mal distinguibili per la presenza di convoluzioni e fenomeni di deformazioni alla piccola e media scala. In particolare sul versante "Poiatica" sono evidenti spettacolari pieghe acute rovesciate della porzione poco sotto la faglia di contatto RAN/MMP.

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); 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 immersione variabile da 30 a 50°. L'ammasso roccioso è costituita da una monoclinale di livelli pelitico-argillitici intervallati da sottili e solo occasionalmente medi e grandi strati di arenaria; 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.

La disposizione strutturale individua quindi come nel versante rivolto verso il rio di Poiatica le RAN siano disposte a reggipoggio mentre le MMP a traversapoggio; il versante rivolto verso il rio Dorgola si presenta o a traversapoggio (MMP – confine con la cava Lovaro) o a franapoggio con angolo maggiore del versante per le RAN poste al confine con la cava di Le Braglie.

L'assetto morfologico attuale della cava è anche caratterizzato dalla presenza di frane e/o porzioni di fronti o ex fronti di coltivazione instabili. Nella presente relazione geologica è stato condotto un censimento anche tenendo in considerazione quanto riportato nel PTCP e negli elaborati del PAE e del PCS vigente. La descrizione delle frane è riportata nel §2.4 e le frane sono riportate e denominate nelle tavole 3 ed 8. Di seguito si riporta una descrizione dei dissesti interessanti i fronti od ex fronti di cava ove il piano prevede interventi di bonifica e/o di monitoraggio.

All'interno del "Piano di coltivazione e progetto di sistemazione per la cava "Poiatica-Montequercia" del Polo MO029 per gli anni 2012-2016" (a cura di: dott.ssa Geol. Dott.ssa Claudia Borelli – geologo; Dott.ssa Laura Fantoni – geologo e Dott. Paolo Filetto – forestale) veniva censita una frana non segnalata nel PTCP e nel PAE in quanto attivatasi nel 2010 ed interessante parte del fronte di coltivazione dell'argilla "grigia"; per far fronte al dissesto fu presentato un "Progetto di consolidamento frana e ricostruzione e ricomposizione del crinale di Monte Quercia". La frana è ubicata nel settore meridionale della cave e si stacca dal versante sud est di Monte Quercia ed è descritta nel suddetto elaborato come "uno scivolamento rotazionale che interessa circa 100.000 m³ di terreno, per uno spessore massimo di 10 m, con la formazione di colate secondarie laterali, che si sovrimpongono alla colata principale a partire dal crinale."

La causa scatenante è valutata "legata alla presenza ed infiltrazione di acqua, che porta al progressivo rammollimento degli strati di argilla che costituiscono la Formazione di Ranzano; l'acqua meteorica è veicolata in profondità da parte degli strati arenacei molto fratturati presenti con assetto a reggipoggio.

Si riconosce una nicchia di distacco ormai svuotata, dell'altezza di 12 metri e diverse colate laterali che interessano il crinale e che ne determinano allo stato attuale il progressivo arretramento, per la presenza in corrispondenza di quella porzione di crinale, di straterelli marnosi che si detensionano con grande rapidità una volta rimasti scoperti e sono quindi fortemente soggetti all'erosione concentrata."

Ai fini della caratterizzazione geologica-geomorfologica, geotecnica ed idrogeologica dell'area furono eseguite o rielaborate una serie di indagini geognostiche riportate nella relazione.

Nel periodo intercorso tra la presentazione del piano e la sua approvazione il fenomeno franoso rientrando nella categoria "fronti o ex fronti instabili da PCS" nella tavola 8 allegata alla presente variante e denominato R4 nella tavola di progetto ha subito una evoluzione ampliando la nicchia retrogradando ed espandendosi lateralmente, inoltre ha interessato porzioni maggiori di versante verso valle. Nel presente progetto viene proposta una modifica parziale degli interventi di salvaguardia idrogeologica della frana interessando porzione più estese del versante arrivando comunque alla complessiva rimozione di tale dissesto. La presente relazione verifica la sezione di progetto D interessante l'area del dissesto R4. Si evidenzia che come obiettivo generale delle verifiche di stabilità delle sistemazioni e delle bonifiche finali (stato di ripristino – SdR) è stato scelto di ottenere un coefficiente di sicurezza $F_s > 1.5$.

La successione delle condizioni evidenzia per la sezione D il passaggio da una condizione instabile attuale ad un coefficiente di sicurezza finale pari a 1.635.

Nella variante al PCS 2014 approvata 2016 furono rilevati e censiti altri due dissesti rientranti nella categoria "fronti o ex fronti instabili da PCS" non presenti nella cartografia precedente e non censiti nel PAE e nel PTCP. In particolare fu censita una piccola frana nella zona del confine sud-occidentale della cava detta "D1 - dissesto di rio Poiatica" interna al fronte di cava F1 ed un parziale crollo dell'ex fronte di cava dell'argilla grigia verso il confine con la cava Molino di Canevarola denominato "D2 - dissesto sella del fronte". Il dissesto di rio Poiatica è stato oggetto di una serie di lavorazioni importanti con l'asportazione della nicchia instabile e la ricreazione del versante con terre rinforzate, inoltre sono state eseguite opere idrauliche come briglie in legname e pietrame e rivestimento del tratto del rio di Poiatica deviato. Il progetto approvato si è concluso nell'autunno 2019 ed è stata riportata una sintesi delle attività svolte nella relazione di progetto. Attualmente la frana è da considerarsi stabilizzata/asportata.

Il "dissesto sella del fronte" D2 si presenta sospeso nella sua attività ed interessa un fronte in continuità con l'area R4 e si è quindi deciso per la sua quasi completa asportazione solo in parte vincolata da limiti di proprietà.

Per quanto riguarda le frane del PTCP nell'area sono censite 3 frane di cui di seguito si riporta descrizione e valutazione sulle interferenze con il progetto (dal punto di vista cartografico i dissesti sono riportati nella tavola 8).

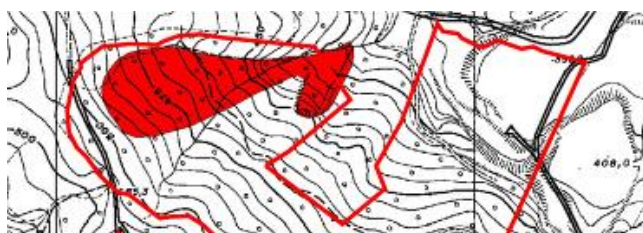
Frana 16 di PAE. Descritta nel PAE come: gradinata in testata di frana, segni di scivolamenti rotazionali retrogressivi. Frana in parte attiva (sommità) e quiescente censita nel PTCP; solo in parte interna al limite di Cava; la nicchia interferisce con attività previste di sistemazione dei dissesti 14 e 15 di PAE ed area R4 di PCS; Il progetto della sistemazione dell'area R4 prevede un arretramento della nicchia attiva del dissesto R4 che interferisce con la nicchia del dissesto 16 (presente

sul versante opposto); Il progetto propone l'asportazione della nicchia anche del dissesto 16 realizzando un intervento coordinato tra i due dissesti; inoltre prevede la regimazione delle acque superficiali e se necessario le acque sotterranee non modificando il corpo di frana del dissesto 16 essendo esso già ampiamente vegetato.

Frana n.1 di PAE. Nel PAE è descritta come segue. 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. Frana attiva censita nel PTCP, marginalmente interna al limite di Cava Poiatica-M.te Quercia; si sviluppa prevalentemente nell'attigua cava Le Braglie; solo parte della sommità laterale ricade nella cave di Poiatica-MteQuercia; in tale zona si presenta in buona parte boscata. Non interferisce con le lavorazioni di coltivazione e sistemazione è prevista la solo attività di monitoraggio dell'evoluzione del movimento.

Nella cartografia del PAE non è censita una frana attiva che interessa in parte l'area A7 settore nord – A7a (figura a lato) riportata nel PTCP. In effetti in parte tale perimetro di sovrappone con il dissesto 11 di PAE che rappresenta un vecchio fronte di cava ormai calanchizzato anche se la forma della frana del PTCP non corrisponde più all'attuale morfologia.

In tale area non sono previste attività di coltivazione e di sistemazione morfologica; solo attività di manutenzione della vegetazione e dei canali ivi presenti. E' prevista la solo attività di monitoraggio dell'ex fronte di cava calanchizzato.



Dal punto di vista idraulico la cava è esterna alle fasce fluviali del PAI; all'interno del perimetro di cava sono presenti alcuni canali per la regimazione delle acque. Sono comunque presenti diffusi fenomeni di ruscellamento, talora concentrato con formazione di morfologie pseudocalanche; tali forme erano molto diffuse nell'area A7 (settore sud A7b) che è stata in parte morfologicamente modellata; inoltre è in corso la prosecuzione delle attività previste nel PCS approvato (sistemazione morfologica ed idraulica e rivegetazione).

Situazione particolare è individuata dal piccolo rio Poiatica che si sviluppa sul confine sud occidentale dell'area di cava che fu intercettato dalle escavazioni e mai regimato; la sistemazione di tale situazione idraulica è già stata in buona parte eseguita negli anni 2018- e 2019 immettendo le acque nel sistema di raccolta e regimazione della cava; in parte le attività saranno completate e trovano continuità nel presente progetto.

Altro impluvio relativamente rilevante è rappresentato dal rio denominato di Lovaro e 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 ma al piede dei calanchi dell'area A7; il progetto approvato prevedeva la pulizia e riqualificazione di parte di detto canale che da troppi anni non era sottoposto a manutenzione e successiva rinaturalizzazione; attività in parte realizzata nel 2019 ed in parte in corso.

Nella presente relazione sono quindi previste una serie di verifiche di stabilità dei fronti di scavo e sistemazione. Le verifiche di stabilità sono state effettuate su sezioni editate in massima pendenza.

Le analisi sono state eseguite in condizioni statiche e sismiche (pseudo-statiche). Quest'ultime hanno contemplato verifiche con azioni sismiche aventi 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).

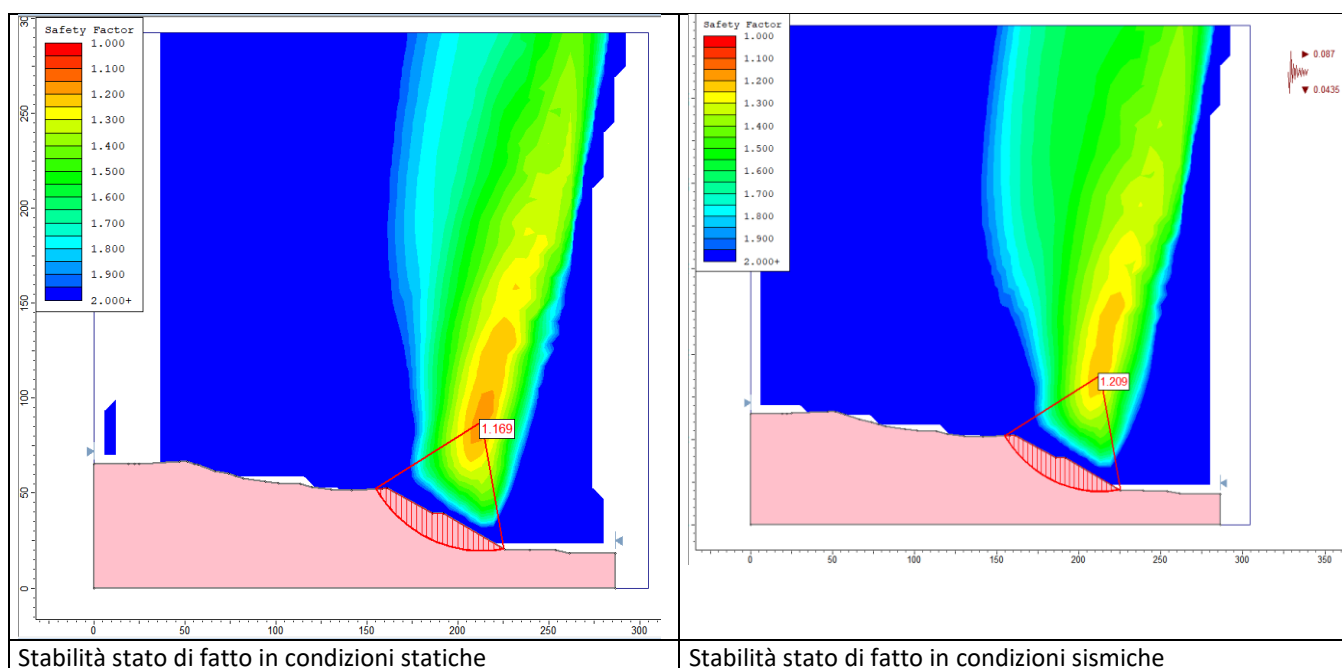
Le verifiche eseguite hanno evidenziato come le scelte progettuali comportino una generale stabilizzazione dei fronti di scavo ed un miglioramento sensibile della stabilità dei versanti. Di seguito è riportata la sintesi dei coefficienti di stabilità ottenuti.

VERIFICHE STATICHE						
Caso	Sezione	Stato	Condizione	Falda	STABILITÀ GLOBALE VERSANTE	Verifica

					Fs	(POSITIVA SE $F > \gamma_R > 1.1$)
1	D	(SdP)	STATICA	ASSENTE	Riporti esistenti posti a valle fronte = 1.403 Fronte di scavo = 1.638	POSITIVA
2	D	(SdR)	STATICA	ASSENTE	1.635	POSITIVA
3	12	(SdP)	STATICA	ASSENTE	1.290	POSITIVA
4	12	(SdR)	STATICA	ASSENTE	1.538	POSITIVA

VERIFICHE PSEUDOSTATICHE - SISMICHE						
Caso	Sezione	Stato	Condizione	Falda	STABILITÀ GLOBALE VERSANTE Fs	Verifica (POSITIVA SE $F > \gamma_R > 1.2$)
1	D	(SdP)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	Riporti esistenti posti a valle fronte = 1.260 Fronte di scavo = 1.555	POSITIVA
2	D	(SdR)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	1.552	POSITIVA
3	12	(SdP)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	1.319	POSITIVA
4	12	(SdR)	PSEUDO-STATICA	ASSENTE	1.509	POSITIVA

E' importante notare come il progetto ha cercato di migliorare le condizioni di stabilità in generale; ad esempio il fronte Poiatica (rappresentato dalla sezione 12) che presenta in condizioni attuali un Fs 1.169 in condizioni statiche e di 1.209 in condizioni sismiche; assumerà dopo gli scavi un coefficiente di sicurezza pari a 1.290 in condizioni statiche e di 1.319 in condizioni sismiche. Volendo migliorare ancora la stabilità del versante è stato programmato un rinterro di parte del fronte che comporta un miglioramento sensibile della stabilità del versante assumendo coefficienti di sicurezza pari a 1.538 in condizioni statiche e 1.509 in condizioni sismiche.



Resta comunque molto importante prevedere un sistema di monitoraggio topografico e visivo delle aree soggette a sistemazione soprattutto dove asportati i dissesti presenti nell'area R4; tali valutazioni dovranno trovare riscontro all'interno della relazione annuale evidenziando anche le eventuali criticità che si venissero creare.

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 provvisori 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 vene 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 provvisori 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.