

COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO

PROVINCIA DI MODENA

PIANO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE DELLA CAVA “LA ZAVATTONA 11”



COMMITTENTE

Alluminsil
S.P.A.

Via Marchiani 158 - 41026 PAVULLO n. F. (MO)

Tel. 0536/21607 - fax 0536/325108

e-mail: alluminsil@cimone.it

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

RESPONSABILE:

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

V.LE CADUTI IN GUERRA, 1

41121 MODENA

valerianofranchi@gmail.com

COLLABORATORI:

Geom. Gaetano Ferrari

Geol. Alessandro Ghinoi

Geol. Stefania Asti

Geol. Gianluca Vaccari

Dott.ssa Agnese Costi

Dott.ssa Francesca Rametta

Dott.ssa Lara Vandelli

Dott. For. Edoardo Viti

Arch. Carla Ferrari

Disegni:

Kostantinos Moustakas

Nome file

Scala

PCS-RGEO-01

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI

Rev.

Data

Descrizione

Redatto

0

Novembre 2023

Piano di Coltivazione

V.F.

GRUPPO DI LAVORO:

TEMATISMO

Suolo, sottosuolo e acque:

Rumore:

Aria:

Vegetazione, fauna:

Aspetti paesaggistici:

Elaborazioni GIS e calcoli volumetrici:

Rilievi geomeccanici ed analisi di stabilità:

Rilievi topografici:

Progettazione:

Elaborazioni grafiche:

Geol. Stefania Asti

Dott.sa Lara Vandelli

Dott.sa Agnese Costi

Dott.sa Francesca Rametta

For. Edoardo Viti

Arch. Carla Ferrari

Geol. Alessandro Ghinoi

Geol. Gianluca Vaccari

Geom. Gaetano Ferrari

Geol. Valeriano Franchi

Geom. Gaetano Ferrari

Kostadinos Moustakas

INDICE

PREMESSA	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	7
2.1. STRATIGRAFIA.....	10
2.2. TETTONICA.....	12
2.3. SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	13
2.4. GEOMORFOLOGIA	18
3. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE.....	20
4. IDROGEOLOGIA	23
5. PIANO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE 2023.....	29
5.1. STATO DI FATTO E DI PROGETTO	29
5.2. STABILITÀ GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI CAVA	31
5.2.1. RILIEVO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	31
5.2.2. RILIEVO GEOMECCANICO ANNO 2015	31
5.2.3. RILIEVO GEOMECCANICO ANNO 2012	33
5.2.4. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO E DI RIPRISTINO.....	38
5.3. REGIMAZIONE IDRAULICA	48
5.3.1. VERIFICA IDRAULICA	49

PREMESSA

L'area oggetto di intervento è posta in Comune di Pavullo nel Frignano, nella porzione sud-occidentale del territorio comunale; la stessa è compresa all'interno dell'area perimetrata nel P.I.A.E. - Piano Infraregionale Attività Estrattive della Provincia di Modena (approvato con Del. C.P. n. 44 del 16/03/2009) come Polo Estrattivo n. 18 "La Zavattona", al quale è assegnato un quantitativo massimo estraibile pari a 1.700.000 mc di "sabbie per ceramiche".

Il Polo 18 è inoltre perimetrato nel "P.A.E." del Comune di Pavullo nel Frignano (approvato con Delibera di C.P. n. 44 del 16/03/2009) che assegna al Polo stesso una potenzialità estrattiva in ampliamento pari a 1.700.000 mc.

Oggetto del presente PCS è l'estrazione di una quota del volume di materiale utile di cui all'Accordo siglato tra le parti il 20/12/2018 rep. n. 5655, per l'attuazione del PAE 2009, per dare attuazione alla terza fase estrattiva.

In particolare con l'Accordo si prevede di continuare, verso nord, l'escavazione della dorsale che costituisce la porzione orientale del Polo estrattivo, già iniziata col precedente PCS.

Parte dei quantitativi verranno reperiti anche all'interno del perimetro di cava attualmente in attuazione, come conseguenza dell'abbassamento della quota di fondo scavo.

Al termine dell'intervento estrattivo, come previsto dalla Del. C.C. n. 72 del 30/11/2010, l'area che non verrà più interessata da attività estrattive, anche future per la completa attuazione del PAE, sarà sistemata realizzando nuovamente una compagine boschiva con radure, come previsto dal Piano di ripristino.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto del PCS è posta nella porzione sud-occidentale del Comune di Pavullo nel Frignano, ed è caratterizzata, dal punto di vista orografico, da un assetto morfologico tipico delle zone di bassa montagna. Il territorio è contraddistinto da una fisionomia paesaggistica alquanto varia, con una porzione alta stabile ed acclive e da una porzione media e bassa a minor pendenza, irregolarmente ondulata; a queste specifiche situazioni fisiografiche si associano inoltre gli ambiti fluviali delle valli del Fosso Giordano e del Fosso dell'Acqua Puzzola, con andamenti dei corsi d'acqua a meandri incassati e le tipiche forme terrazzate dei depositi alluvionali.

In questa porzione del territorio comunale le quote variano dai 755 m s.l.m., in località Poggio Serretta, a SW del perimetro del Polo n. 18, sino a 600 m s.l.m. del fondovalle del Fosso Giordano, a nord dell'ambito d'intervento.

L'area in esame dista, in linea d'aria, circa 3.0-4.0 km in direzione SW dal capoluogo comunale, mentre si trova nelle immediate vicinanze dell'abitato di Gaianello.

La cartografia alla quale si fa riferimento è la seguente:

- Carta topografica 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna, Tavola 236 NO "Lama Mocogno";
- CTR 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna, Sezione n°236060 "Montecenere";
- CTR 1:5.000 della Regione Emilia-Romagna, Elemento n°236062 "Camatta".

L'area d'intervento è attualmente in proprietà della Ditta Alluminsil S.p.A. ed è identificata al Nuovo Catasto Terreni del Comune di Pavullo nel Frignano al Foglio 97, mappali 63 parte - 64 parte - 65 parte - 66 parte - 79 parte - 80 parte - 81 parte - 82 parte - 89 parte - 90 parte - 91 - 92 - 93 parte - 94 parte - 95 - 96 - 97 - 98 - 99 - 114 parte - 115 parte - 116 - 117 - 134 parte - 135 - 271 parte - 272 parte - 278 parte - 279 - 280 - 286 - 287 parte - 365 parte.

Fig. 1 - Inquadramento geografico del perimetro di cava. CTR Emilia-Romagna, Tavola nr. 236 NO "Lama Mocogno". (Poligono rosso - perimetro di cava come da PIAE della Provincia di Modena 2009).

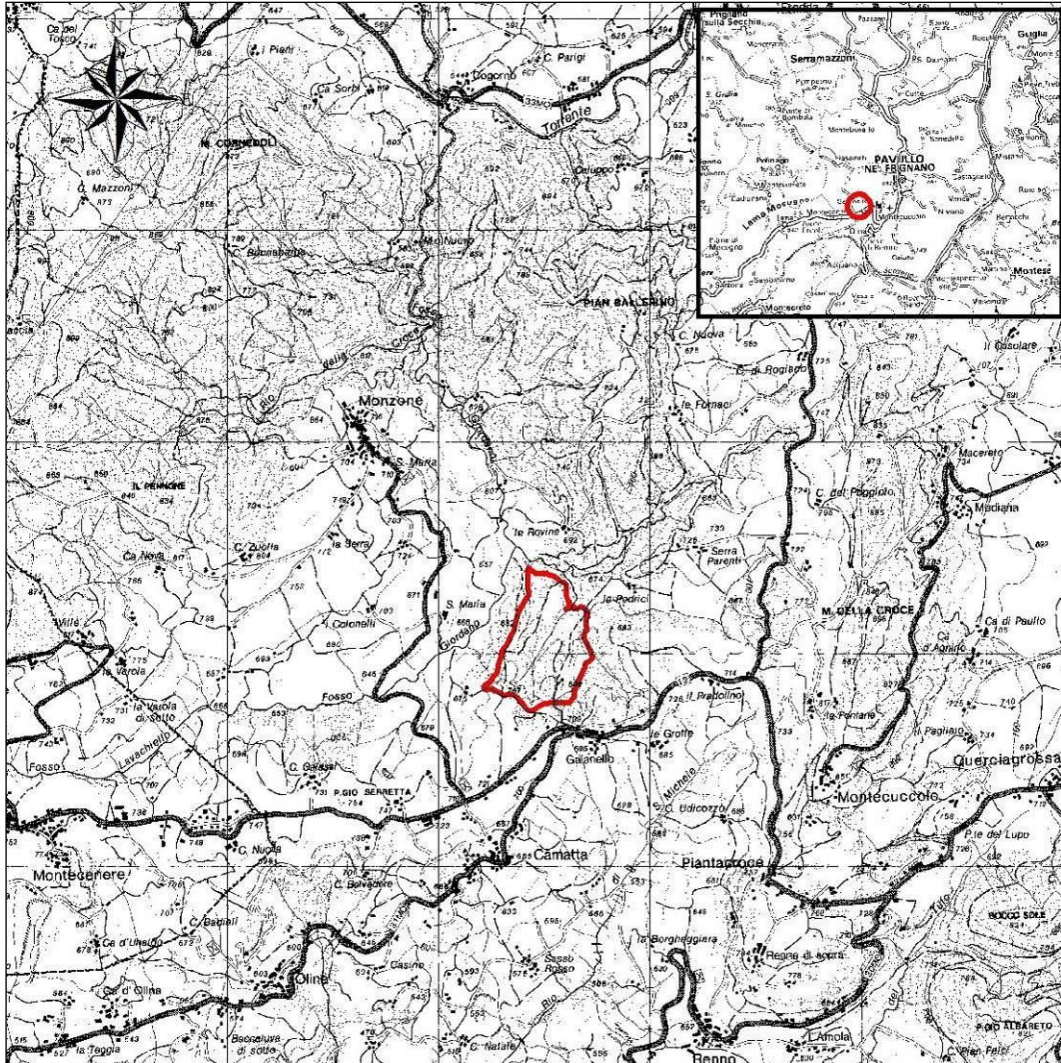
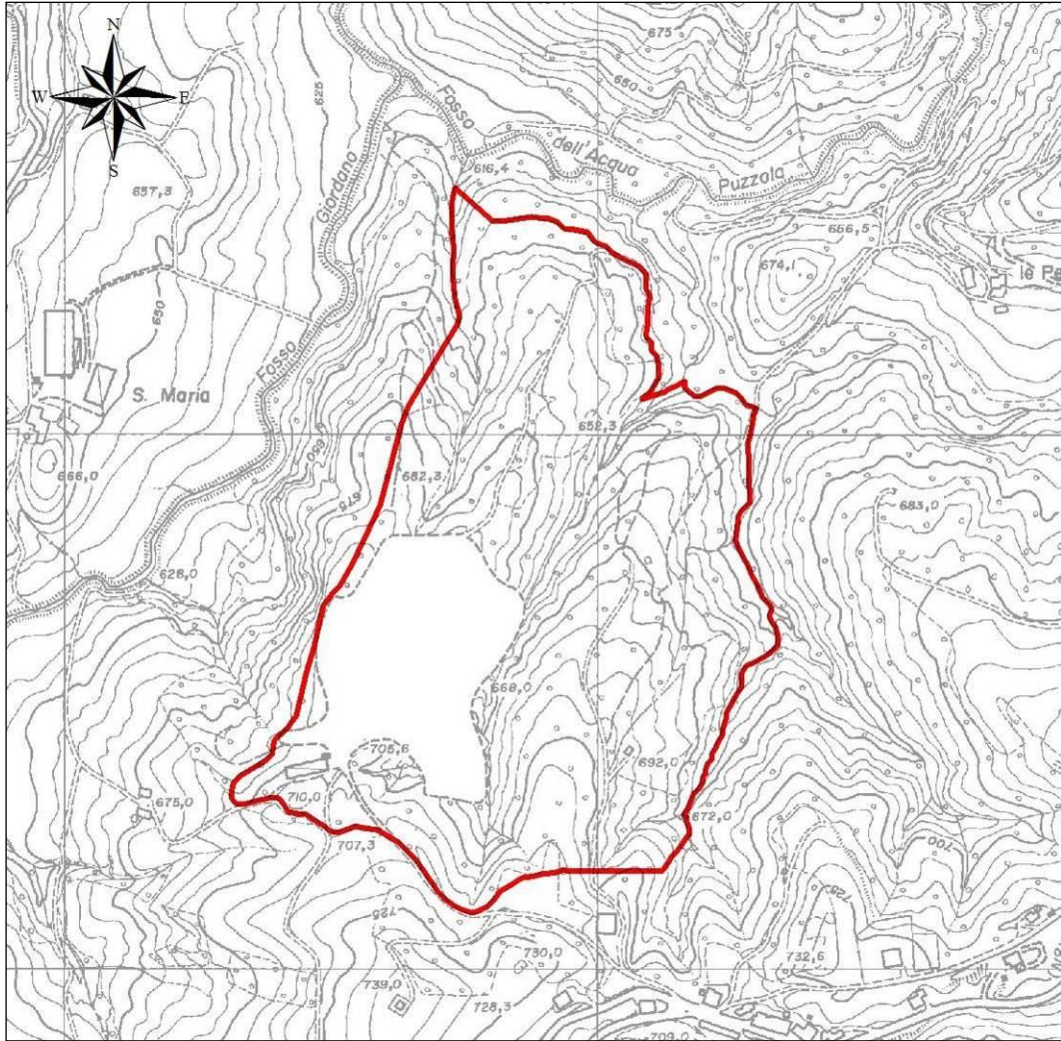


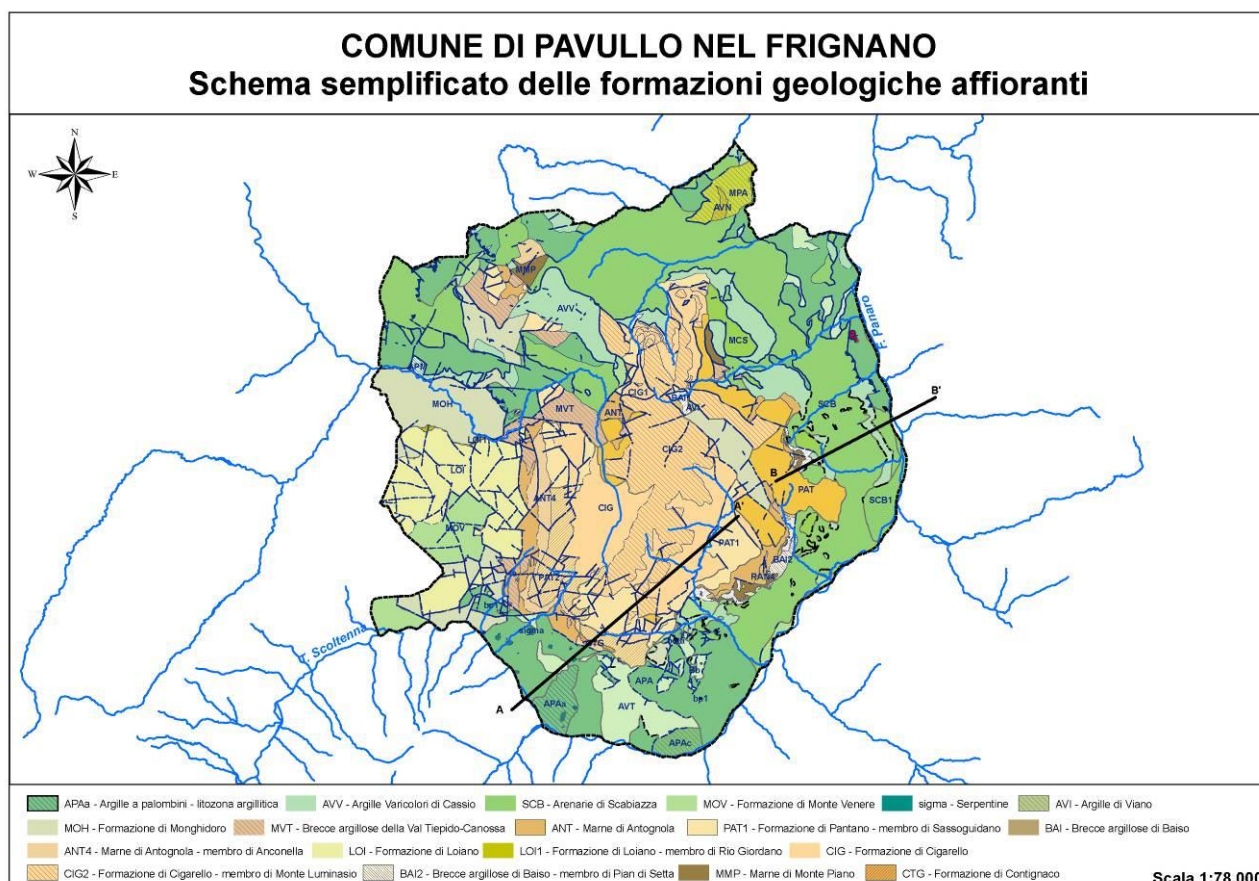
Fig. 2 - Ubicazione dell'area di studio. CTR Emilia-Romagna, Elemento nr. 236062 "Camatta". (Poligono rosso - perimetro di cava come da PIAE della Provincia di Modena 2009).



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per un inquadramento geologico del territorio è stata utilizzata la più recente produzione cartografica geologica della Regione Emilia-Romagna, disponibile in formato PDF, alla scala 1:10.000, all'interno del Catalogo dei Dati Geografici del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli¹. Per la descrizione delle unità geologiche e dei loro rapporti stratigrafici e tettonici si è fatto riferimento alle note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 236 "Pavullo nel Frignano (Bettelli et al., 2002).

Fig. 3 - Litologie affioranti nel territorio comunale di Pavullo nel Frignano e traccia di sezioni geologiche.



Le formazioni affioranti, riportate nella carta geologica semplificata di Fig. 3, appartengono al Dominio paleogeografico Ligure (le formazioni rappresentate in carta con tonalità di verde) ed alla Successione Epiligure (formazioni rappresentate in carta con tonalità di marrone). Le litologie della Successione Epiligure sono rappresentate da arenarie, areniti, marne e marne argilloso - siltose, breccie poligeniche e peliti arenacee.

Le formazioni appartenenti al Dominio Ligure vengono suddivise in due tipologie distinte: le formazioni flyschoidi (Cretaceo sup. – Paleogene), rappresentate prevalentemente da litologie calcareo-marnose ed arenaceo-argillose, e le formazioni pre-flysch (Cretaceo inf. – Campaniano), rappresentate essenzialmente da litologie argillose.

I rapporti stratigrafico-tettonici esistenti tra le formazioni presenti sono schematizzati dalle sezioni geologiche di Fig. 4 e 5.

¹ http://geo.regione.emilia-romagna.it/catalogo_web/catalogo/

Fig. 4 - Sezione geologica A-A' (Bettelli et al., 2002)

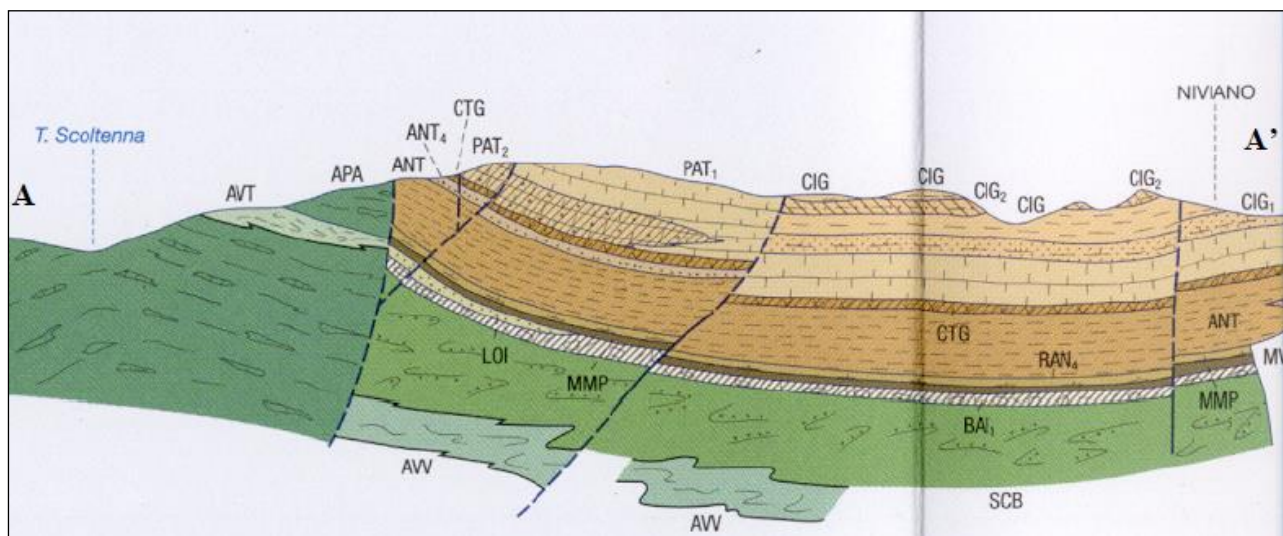
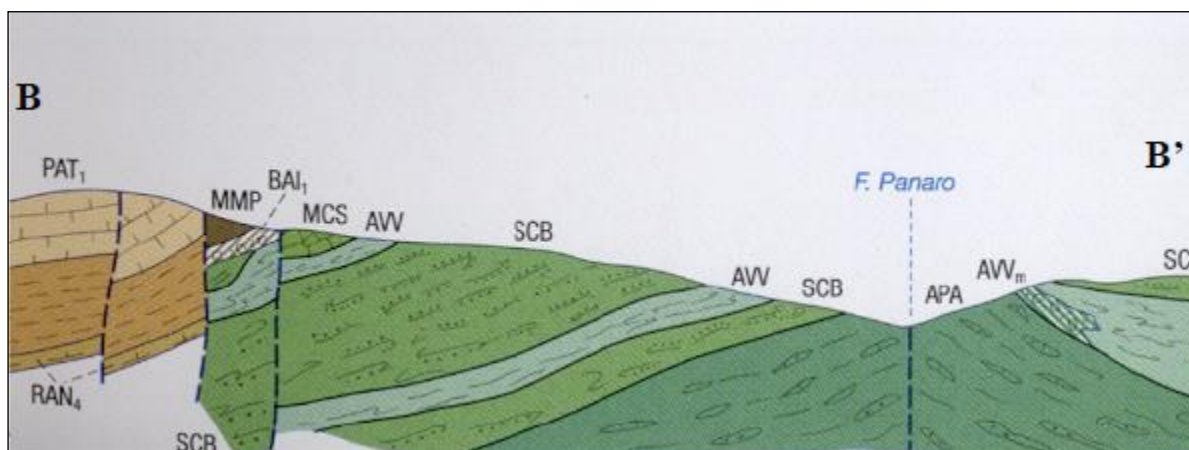


Fig. 5 - Sezione geologica B-B' (Bettelli et al., 2002)



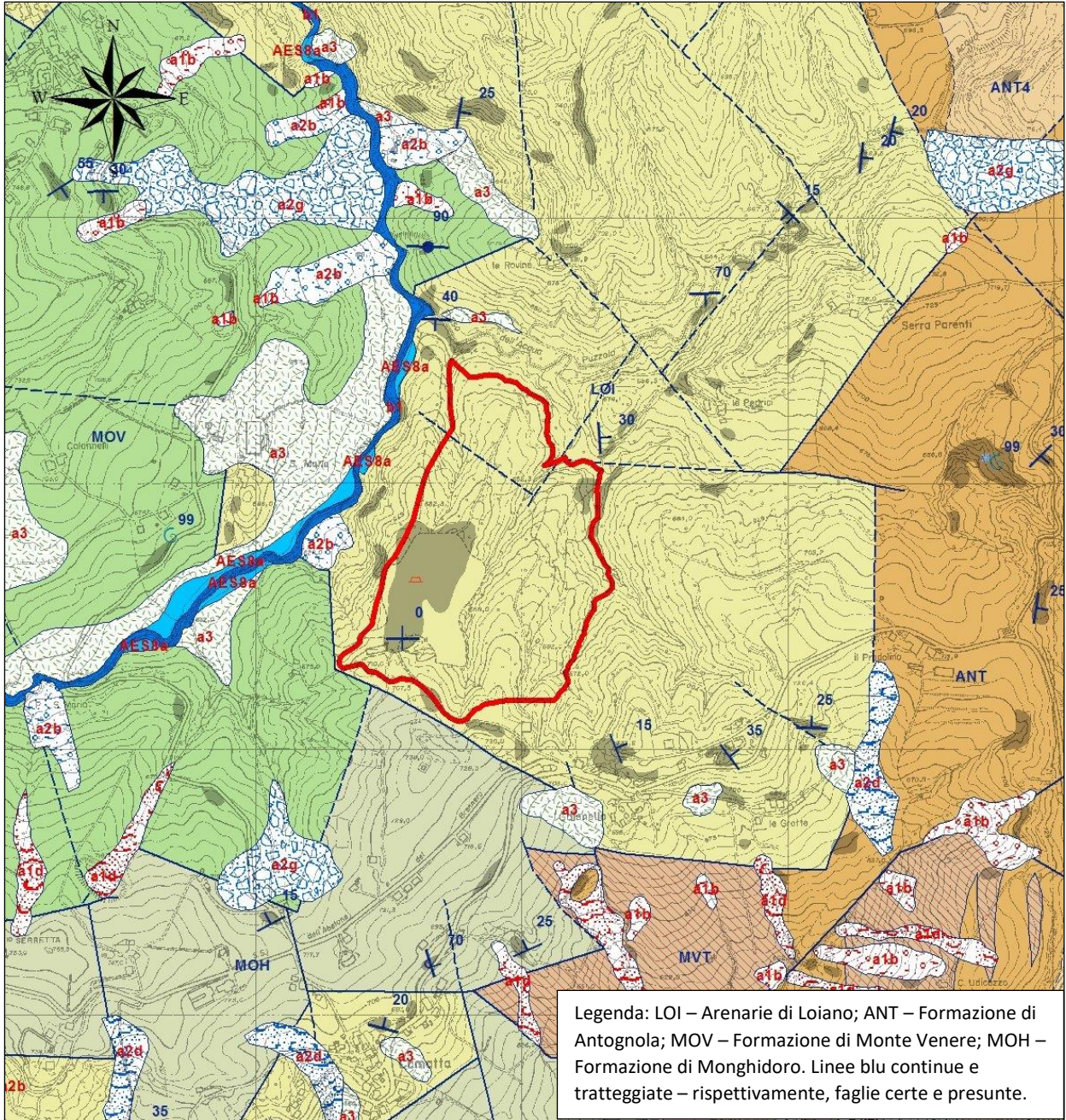
In esse è evidente la discordanza angolare della Successione Epiligure sul Dominio Ligure e il sistema principale di discontinuità tettoniche, a direzione prevalentemente appenninica e immersione sub-verticale.

In corrispondenza dei fondi vallivi dei corsi d'acqua principali sono presenti sedimenti alluvionali grossolani e fini appartenenti al Subsistema di Ravenna (Olocene) e all'Unità di Modena (post VI secolo d.C.).

Con particolare riferimento all'area d'intervento, nella zona considerata affiorano terreni di varia natura e consistenza, appartenenti a diverse formazioni geologiche, i cui reciproci rapporti stratigrafici risultano, a volte, non rilevabili in quanto mascherati da significativi depositi caotici di origine gravitativa.

Per inquadrare cartograficamente i caratteri geologici e litologici dell'area specifica d'indagine e di un suo intorno significativo, ai fini del presente studio, è stato utilizzato uno stralcio della Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 - Sezione n° 236060 "Montecenero" (Fig. 6), nella quale si osserva come nella zona in studio, affiorino terreni appartenenti a tre diverse unità tettoniche, ovvero alla Successione Loiano-Bismantova, alla Successione Monte Venere-Monghidoro ed al Complesso di base di Monghidoro (quest'ultima ha un'estensione molto ridotta nell'area di interesse).

Fig. 6 - Carta geologica (scala 1:5.000) - (Poligono rosso - perimetro di cava come da PIAE della Provincia di Modena 2009)



La Successione Loiano-Bismantova appartiene alle Epiliguridi, costituite da depositi, posteriori alla fase tettonica ligure, la cui deposizione risulta strettamente controllata dalla rimobilizzazione delle unità liguri, su cui generalmente giacciono in discordanza, ed esprimono pertanto gradi di alloctonia via, via decrescenti a partire dai termini dell'Eocene superiore, fino a quelli di età pliocenica. La Successione epiligure è costituita da depositi prevalentemente terrigeni di "fore-arc" (Reutter, 1981; Ricci Lucchi e Ori, 1985; Treves, 1984) ed è stata suddivisa in formazioni, o gruppi di formazioni, esprimenti significativi eventi deposizionali, spesso separati da discontinuità stratigrafiche, talora aventi una precipua collocazione geografica.

La Successione Monte Venere-Monghidoro è attribuibile ai Flysch ad Elmintoidi, grande insieme stratigrafico e strutturale costituito da formazioni torbiditiche calcareo-marnose od arenacee di età cretacea superiore e dal loro tetto stratigrafico torbiditico e/o emipelagico di età terziaria.

Il Complesso di base, poco rappresentato nell'area di studio, appartiene ad un insieme comprendente formazioni di età cretacea inferiore e superiore che originariamente costituivano la base stratigrafica dei Flysch ad Elmitoidi, ma che attualmente sono tettonicamente indipendenti e possono sottostare od essere giustapposte meccanicamente a questi ultimi. Sono in genere caratterizzate da un severissimo grado di tettonizzazione e per questo indicate con termini quali "Complesso Caotico" o "Alloctono Indifferenziato" (Losacco, 1966).

2.1. STRATIGRAFIA

SUCCESSIONE LOIANO-BISMANTOVA

La Successione di Loiano affiora dall'Appennino bolognese fino alla zona di studio; essa poggia, come già accennato, sulla Successione Monte Venere-Monghidoro o su terreni liguri appartenenti ai Complessi di base, nel caso più specifico alle "Argilliti a Palombini con arenarie". La successione non si presenta ovunque completa; molto probabilmente la mancata deposizione dei termini inferiori è dovuta alla concomitante messa in posto, nel bacino, della coltre ligure.

Nella Sezione della Carta geologica considerata la successione inizia con le Argille di Rio Giordano (equivalenti alle Marne di Monte Piano) seguiti dalle Arenarie di Loiano; è inoltre presente la Formazione di Antognola in diversi suoi membri. Infine, al tetto della successione, sono presenti i terreni appartenenti alla Formazione di Bismantova. Di seguito verranno descritte esclusivamente le caratteristiche litologiche delle formazioni appartenenti alla successioni affioranti nell'area di studio.

Arenarie di Loiano

Le Arenarie di Loiano sono costituite da torbiditi prevalentemente arenacee biancastre a granulometria da grande a fine, scarsamente cementate, grigio chiare o grigiastre per alterazione. Si presentano in banchi per lo più saldati, o con un sottile livello pelitico a tetto; a luoghi sono presenti intercalazioni di strati arenaceo-pelitici di spessore medio. Il rapporto arenaria/pelite è in media uguale a due. Lo spessore della formazione va da 450 a 600 m; è discordante sulle formazioni di Monte Venere e di Monghidoro. L'età della formazione risulta compresa tra l'Eocene medio e l'Oligocene inferiore (?).

Le modalità di deposizione delle diverse facies riconoscibili sembra suggerire una disposizione dovuta a flussi gravitativi ad alta concentrazione oltre che a correnti torbide dense, con orientamenti della tracce di corrente disperse intorno alla direzione N-S. Nella parte alta della formazione si possono osservare a luoghi livelli discontinui di argille color rosso cupo o rosato con livelli nerastri o grigio verdognoli con intercalazioni di sottili strati arenaceo-siltosi scompaginati.

Le Arenarie di Loiano affiorano estesamente nell'area studiata e rappresentano la risorsa mineraria interessata dalle attività estrattive.

Formazione di Antognola

L'unità si presenta litologicamente eterogenea, a dominanza marnosa: sono presenti marne argillose grigie e verdognole con spalmature nerastre e subordinate intercalazioni arenaceo-pelitiche grigie, in strati sottili; nella parte alta si riscontrano frequentemente livelli di marne selciose. Nella Formazione di Antognola, ove possibile, sono state distinte una unità arenaceo-pelitica ed una costituita da materiale eterogeneo.

La prima è costituita da strati torbiditici da sottili a spessi di arenarie grigie da medie a fini, talora poco cementate, e peliti siltose e marnose grigio-verdastre. Il rapporto arenaria/pelite è pari circa ad uno. Talora si ritrovano subordinati corpi lenticolari, potenti 10-20 m, di arenarie da grossolane a fini, poco cementate, in strati molto spessi, giallastre per alterazione. La potenza di questa unità varia da 20 a 100 m ed è distribuita entro ed al tetto della Formazione di Antognola.

La seconda unità, denominata Unità di Canossa, è costituita da olistostromi a dominante pelitica, formati da breccie poligeniche ed eterometriche con matrice argillosa nerastra e grigia, raramente varicolore ed a scheletro sabbioso fine. I clasti ed i blocchi presenti, generalmente spigolosi, sono rappresentati da calcilutiti grigie (calcari palombini), arenarie micacee, siltiti mangesifere, peliti. Il membro può contenere anche lembi di Flysch ad Elmintoidi, torbiditi arenaceo-pelitiche, argille variegata, torbiditi arenacee grossolane e marne di Antognola. La potenza dell'Unità di Canossa varia da 50 a 100 m; localmente sono presenti lembi di pochi metri all'interno delle Marne di Antognola.

Per quanto riguarda l'ambiente di deposizione della formazione si passa da una deposizione di bacino a una deposizione di conoide con facies locali di scarpata. In generale la Formazione di Antognola presenta una potenza di circa 350 m e si ritrova discordante sul membro arenaceo-pelitico della Formazione di Monghidoro, sulle Argilliti a Palombini e con un contatto di natura incerta con la Formazione di Loiano; l'età va dall'Oligocene inferiore al Miocene superiore.

La Formazione di Antognola affiora nel settore sud-orientale dell'area di studio.

SUCCESSIONE MONTE VENERE-MONGHIDORO

La successione torbiditica, attribuibile ai Flysch ad Elmintoidi, affiora sotto forma di lembi e di placche di dimensioni estremamente variabili fino a coprire intere regioni. Essa è costituita da una successione torbiditica prevalentemente calcareo-marnosa (Formazione di Monte Venere), di cui manca la base, che diventa arenacea al tetto (Formazione di Monghidoro). Soltanto nell'Appennino modenese, lungo la Val Rossenna, è presente il tetto stratigrafico della successione, rappresentato da una formazione essenzialmente pelitica e da un mélange sedimentario.

Formazione di Monte Venere

La formazione, che costituisce il termine inferiore della successione, è caratterizzata dalla ripetizione in senso verticale di torbiditi calcareo-marnose alternate a torbiditi arenaceo-pelitiche.

Le prime sono un elemento distintivo e sono rappresentate da strati molto spessi e banchi (fino ad oltre 20 m) costituiti da una porzione basale carbonatica, arenaceo-calcareo, fine o media seguita da un potente intervallo marnoso o calcareo-marnoso di color grigio chiaro, a luoghi sormontato da argille siltose nerastre emipelagiche. Le torbiditi arenaceo-pelitiche, in alternanza alle precedenti, si presentano in singoli strati o pacchi, di minore spessore ma maggiore frequenza.

L'associazione di facies è quella tipica di piana sottomarina. La potenza minima della formazione è stata valutata attorno ai 600 m. Dalla letteratura è possibile assegnare alla formazione, che peraltro non presenta mai al tetto contatti stratigrafici con altre, un'età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Paleocene (?).

I terreni appartenenti a questa formazione affiorano prevalentemente nel settore occidentale dell'ambito indagato.

Formazione di Monghidoro

Dal punto di vista litologico la formazione è costituita da torbiditi a dominante arenacea suddivise, in base al rapporto arenaria/pelite, in tre membri tra loro parzialmente eteropici.

Nell'area di studio è presente un solo membro, quello arenaceo-pelitico, costituito da arenarie fini e medie, localmente grossolane e microconglomeratiche, grigie e giallastre, a cementazione variabile, passanti ad argille siltose grigio scure o nerastre e, più raramente, a peliti debolmente marnose grigio verdi. Gli strati, localmente lenticolari, variano da molto sottili a molto spessi. Il rapporto arenaria/pelite è maggiore di uno. Sono spesso evidenti controimpronte basali. Ad intervalli irregolari sono presenti singoli strati a pacchi di torbiditi calcareo-marnose da medi a molto spessi (fino a 15 m).

La deposizione delle Arenarie di Monghidoro è da riferire ad ambienti di conoide sottomarina con caratteristiche di relativa prossimalità (Abbate, 1969), la stessa che aveva alimentato le torbide arenacee

della Formazione di Monte Venere, con la quale la Formazione di Monghidoro mostra un passaggio graduale. La potenza massima è pari a 500 m circa, l'età è Cretaceo superiore-Eocene inferiore. Questi terreni affiorano prevalentemente nel settore meridionale della zona analizzata.

2.2. TETTONICA

Com'è possibile evincere dalla carta geologica riportata in precedenza, l'area di studio risulta essere interessata da diversi lineamenti tettonici.

Per quanto riguarda la tettonica generale, riguardante un'area più vasta di quella studiata, è stato possibile documentare (Bettelli, Bonazzi & Panini, 1987) la presenza di una importante impronta tettonica impressa sulle Liguridi e sulle Epiliguridi dall'evoluzione più recente dell'intera catena appenninica e individuare le principali strutture tettoniche di rilevanza regionale, rappresentate da grandi sistemi di dislocazione prevalentemente a direzione appenninica. La maggior parte di questi sistemi ripercorrono il limite tra le diverse unità tettoniche riconosciute all'interno delle Liguridi; i rapporti tra i limiti delle unità tettoniche e le sovrastanti Epiliguridi mostrano che essi rappresentano antiche zone di giustapposizione e di saldatura pre - mioceniche, non ovunque riattivate dalla tettonica post-tortoniana.

Questi allineamenti tettonici ad andamento appenninico sono interrotti da sistemi di faglie a direzione antiappenninica, come la linea di Polinago che, interrompendo bruscamente la sinclinale rovesciata della Val Rossenna, lascia affiorare a SE, su un elemento dell'Unità di Monghidoro molto deformato, le sovrastanti Argille di Rio Giordano e le Arenarie di Loiano fortemente discordanti. Ancora più a SE un'altra faglia, anch'essa antiappenninica ed in prosecuzione di quella della Val Scoltenna, accosta la Successione Monte Venere - Monghidoro e la sovrastante Formazione di Montepiano (Argille di Rio Giordano) ai terreni del Complesso di base sui quali si trova una successione epiligure caratterizzata da un diverso sviluppo dei termini eocenico - oligocenici (Bettelli et alii, 1987).

Il complesso sistema di dislocazioni impostatosi nell'area di studio, caratteristico di molte zone dell'Appennino settentrionale, è illustrato nelle sezioni geologiche riportate in Fig. 4 e 5.

Per quanto concerne l'ambito indagato, dall'osservazione della carta geologica si può notare come l'area, da un punto di vista tettonico, sia interessata da un sistema di faglie con due orientazioni preferenziali; quella prevalente è costituita da un insieme di faglie fra loro parallele o sub-parallele con direzione NNW-SSE che risulta dislocare l'altro importante sistema con direzione prevalente NNE-SSW. La presenza di queste strutture disgiuntive risulta particolarmente evidente in corrispondenza delle zone di affioramento delle formazioni di Antognola e di Monghidoro mentre si presenta relativamente meno frequente in corrispondenza delle aree in cui sono presenti le Arenarie di Loiano e le torbiditi di Monte Venere.

Nell'area non risultano presenti altri tipi di strutture tettoniche (sovrascorrimenti, pieghie-faglie ecc.).

Fig. 7 - Principali elementi strutturali - Schema introduttivo alla geologia delle Liguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe - Mem. Soc. Geol. It, 39 Bettelli e al - (1987).



2.3. SONDAGGI GEOGNOSTICI

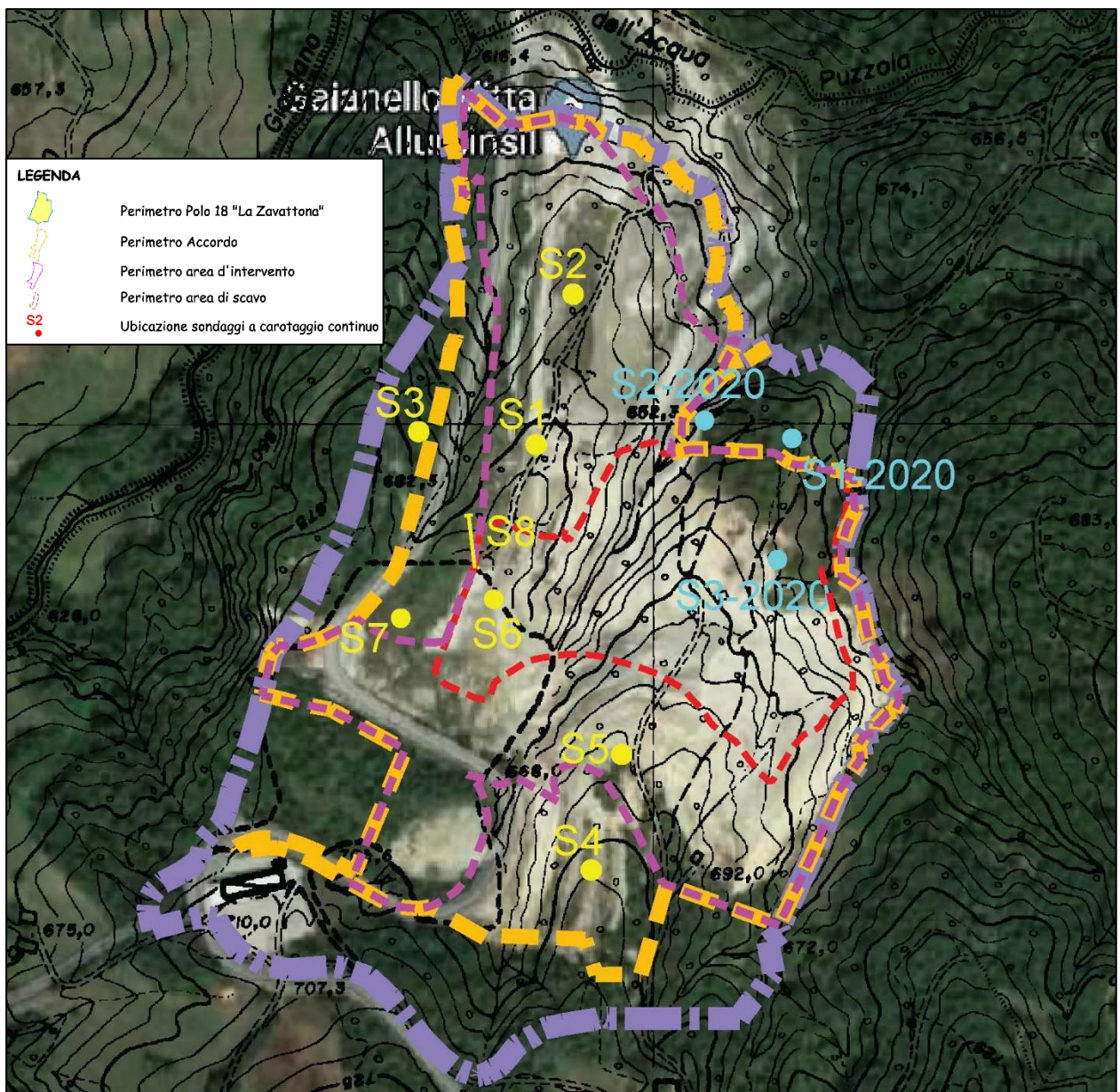
Nell'area oggetto del presente studio sono stati eseguiti 7 sondaggi a carotaggio continuo (in giallo in figura), spinti fino a profondità variabili da 10 a 30 m, che hanno permesso una dettagliata caratterizzazione litologica del giacimento e conseguentemente una stima sufficientemente attendibile del quantitativo del materiale sterile presente.

La precisa ubicazione dei sondaggi geognostici eseguiti è riportata nella figura seguente, mentre la schematizzazione, mediante colonne stratigrafiche, della stratigrafia riscontrata è riportata in coda alla presente in Allegato 1. Come accennato, è stata operata una distinzione tra il materiale utile ed i livelli sterili, all'interno dei quali sono stati ricompresi anche i livelli sabbiosi non utilizzabili per la presenza di materiale non idoneo, difficilmente separabile.

I sondaggi S1 e S2, localizzati sulla dorsale costituente il settore settentrionale del Polo, ora scavata, sono stati spinti fino alla profondità di 20 m dal p.c..

Il SONDAGGIO S1 ha evidenziato la presenza, superato il primo metro di suolo e sabbia alterata, di sabbia a grado di cementazione variabile; dalla profondità di 9.4 m circa i terreni sabbiosi risultano prevalentemente cementati. I livelli più consistenti di materiale sterile si ritrovano tra 5.5 e 6.5 m di profondità; essi consistono sempre in sabbie, ma con presenza di inclusi ossidati, livelletti di argilla plastica organica, inclusi argillosi e torba. Il sondaggio ha evidenziato inoltre la presenza di due livelli argillosi, di spessore pari a 50 cm circa, a 8.75 m e 14.0 m di profondità dal p.c.; al di sotto di quest'ultimo livello, le sabbie sono caratterizzate da una granulometria più grossolana. Complessivamente la percentuale di materiale utile, stimata sulla base della stratigrafia ricavata dal sondaggio, è pari all'89% circa dello spessore attraversato.

Fig. 8 - Ubicazione sondaggi



Nel SONDAGGIO S2, localizzato poco più a monte del precedente, non è stato ritrovato il livello sabbioso di scarto descritto in precedenza; ad esclusione dei primi 120 cm di suolo e materiale alterato, si è rilevata la presenza di sabbie a grana media, con grado di cementazione variabile, fino ad una profondità di 11.2 m dal p.c., al di sotto della quale si ritrovano sabbie cementate. Alla profondità di 11.8 m dal p.c. è

presente un modesto livello di argilla (20 cm di spessore); un secondo livello di materiale sterile (argilla scura e sabbia fine cementata) è localizzato tra 15.8 m e 16.2 m di profondità. Al di sotto di esso la granulometria delle sabbie aumenta, fino allo strato posto a 19.5 m, al di sotto del quale si ritrovano sabbie fini grigio-biancastre, sempre cementate. Complessivamente, in corrispondenza del sondaggio S2, la percentuale di spessore utile del materiale si attesta sul 97%.

Il SONDAGGIO S3, ubicato sempre nella porzione settentrionale del Polo ma sul versante opposto della vallecchia dell'affluente del Fosso dell'Acqua Puzzola, ad ovest della dorsalina indagata dai sondaggi precedentemente descritti, ha evidenziato la seguente situazione:

- superati i primi 150 cm di sabbia fine alterata, è stato attraversato un primo livello di sabbie grigie medio-fini, suddivisibili in diversi strati in base al grado di cementazione, fino a 6.0 m di profondità, in corrispondenza della quale si ritrova il primo livello, spesso circa 80 cm, di materiale sterile, costituito da una fitta alternanza di argilla nocciola (prevalente) e sabbia;
- al di sotto di tale livello l'alternanza di livelli di sabbia e materiale sterile si fa più frequente, almeno fino a 10.2 m dal p.c.;
- da 10.2 m a fine sondaggio (15 m) è presente un solo livello argilloso, spesso circa 30 cm, posto a 12.7 m di profondità, ad interrompere una sequenza di strati sabbiosi, prevalentemente cementati, a varia granulometria;
- nel foro di sondaggio, chiuso a 12.5 m di profondità, è stata misurata una soggiacenza del livello dell'acqua pari a 12.1 m dal p.c..

In corrispondenza del sondaggio S3 la percentuale di spessore di materiale utile è pari al 86% circa del totale.

I sondaggi S4 e S5, entrambi spinti ad una profondità di 30 m dal p.c., sono stati eseguiti nella parte sud orientale del Polo.

Il SONDAGGIO S4 ha evidenziato, al di sotto di un primo livello (3.0 m) di sabbia alterata, la presenza di un primo pacco di strati sabbiosi, distinguibili prevalentemente su base granulometrica e per grado di cementazione, aventi uno spessore di 5.4 m. Tra 8.4 e 9.0 m di profondità si è rilevata la presenza di uno strato di sabbie grigio-nocciola cementate con argilla, non utilizzabili a fini commerciali. Tra 9.0 m e 14.2 m dal p.c. si ritrovano sabbie a grana media ma differente grado di cementazione; al di sotto di tali depositi è presente un nuovo livello di materiale sterile, costituito da sabbie medio-fini cementate con argilla, spesso una trentina di centimetri. La sequenza prosegue con vari strati sabbiosi, a diversa granulometria, colore e grado di cementazione, fino a 18.4 m di profondità, al di sotto della quale si ritrovano sabbie prevalentemente cementate. Tra 19.6 m e 23.2 m si rileva un aumento della granulometria del materiale (medio-grossolana con presenza di ghiaietto fine). È presente un ulteriore livello di materiale sterile tra 23.6 m e 23.9 m; al di sotto di esso si rinvenivano sabbie fini e compatte, fino a fondo sondaggio. La percentuale di spessore di materiale utile si attesta, in questo caso, intorno al 96% dello spessore complessivo attraversato.

Il SONDAGGIO S5, posto ad una quota inferiore rispetto al precedente, ha evidenziato la seguente situazione:

- superati i primi 2 m di suolo e sabbia alterata, si ritrovano sabbie da poco cementate a sciolte fino alla profondità di 4.7 m, al di sotto della quale è presente un primo livello (40 cm) di materiale sterile, costituito da sabbie fini poco cementate con livelletti limo-argillosi;
- da 5.1 a 11.6 m dal p.c. è presente un'alternanza di strati sabbiosi cementati e sciolti, a granulometria da media a medio-grossolana, al di sotto dei quali è presente un secondo livello di materiale sterile (argilla, sabbia e materiale organico) spesso circa 40 cm;
- da 11.0 a 18.2 m si rileva la presenza di livelli sabbiosi a granulometria prevalentemente medio-grossolana e tendenzialmente cementati;

- proseguendo, la sequenza di materiale utile ai fini estrattivi, è interrotta da un sottile (20 cm) livello argilloso a 18.2 m e da un ulteriore livello, composto da argilla e sabbia molto fine con livelletti limosi e argillosi, posto tra 24.9 e 25.5 m dal p.c..

In corrispondenza del sondaggio S5 la percentuale di materiale utile è pari al 94% dello spessore totale attraversato.

I sondaggi denominati S6 e S7 sono stati spinti sino alla profondità di 10.5 e 12.0 m dal p.c..

Il SONDAGGIO S6 ha evidenziato la seguente situazione:

- i livelli di materiale utile presenti sino alla profondità di 3.6 m dal p.c., distinguibili sostanzialmente in base alla granulometria, sono costituiti da sabbie tendenzialmente poco cementate;
- le sabbie attraversate al di sotto di tale quota risultano invece cementate e a granulometria prevalentemente grossolana;
- sono presenti due livelli di materiale sterile, costituiti da argilla (da 4.2 a 4.5 m) e da argilla e sabbia con inclusi organici (da 7.4 a 7.7 m), che rappresentano complessivamente il 6% dello spessore totale attraversato dal sondaggio.

La percentuale di materiale utile si attesta quindi sul 94% del totale.

Il SONDAGGIO S7 ha evidenziato la presenza di livelli sabbiosi poco cementati fino alla profondità di 9.0 m dal p.c., di diverso colore e granulometria, intervallati a livelli di materiale sterile, poco potenti (30 cm), costituiti da sabbia e argilla difficilmente separabili, posti a 1.2 e 2.0 m dal p.c.. Tra 9.0 e 9.5 m si ritrova un ulteriore livello di sabbia con argilla, al di sotto del quale, come già accennato, le sabbie attraversate dal sondaggio si presentano cementate. Tra 10.5 e 11.8 m è presente un più potente livello di argilla limosa, che contribuisce ad elevare la percentuale di materiale sterile. Di conseguenza lo spessore complessivo di materiale utile ai fini estrattivi risulta pari al 91% del totale.

Nell'estate 2020 sono stati eseguiti ulteriori sondaggi (in azzurro in figura) nell'area del Polo, nella porzione centro orientale. Si tratta di 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti a diverse profondità da 35 a 45 m, eseguiti per avere una caratterizzazione litologica del giacimento più dettagliata e di conseguenza una stima sufficientemente attendibile del quantitativo del materiale sterile presente.

Il SONDAGGIO S1-2020 ha evidenziato la seguente situazione:

- superati i primi 80 cm di sabbia fine limosa, con radici, si ritrovano sabbie fini limose e medio-fini limose grigie con livelletti color ocra fino alla profondità di 4.3 m, intercalati da livelli limo argillosi dai 3 m di profondità.
- da 4.3 a 21.60 m dal p.c. è presente un'alternanza di strati sabbiosi cementati (arenaria), a granulometria da media a medio-grossolana, intervallata da livelli di argilla, limo e limo argilloso.
- da 21.6 a 23.3 m si rileva la presenza di marne siltose di colore grigio;
- proseguendo, la sequenza di materiale utile ai fini estrattivi, è caratterizzata dalla presenza di alternanze di livelli di arenarie ben cementate o poco cementate fino a fondo foro; presenza di livelletti di argilla marnosa tra 24.70 e 25.10 e tra 28.00 e 28.20.

Il SONDAGGIO S2-2020 ha evidenziato la seguente situazione:

- superati i primi 1.30 m di materiale di riporto composto da sabbia fine limosa giallastra, si riscontrano sabbie con limo marrone-giallastre, passanti a limo e limo sabbioso alla profondità di 2 m dal p.c.;
- da 2.50 a 3.10 m è presente sabbia medio-fine di colore marrone-grigio;
- da 3.10 a 3.70 m è presente argilla marnosa siltosa;
- da 3.70 a 6.50 m dal p.c. presenza di sabbia media-fine di colore grigio e grigio-nocciola;
- livelletto caratterizzato da argilla marnosa tra 6.50 e 6.70 m dal p.c.;

- da 6.70 a 9.70 m è presente arenaria media-grossolana ben cementata, di colore grigio con venature nocciola. Da 8 m risulta poco cementata e tra 8.40 e 9.50 non cementata;
- da 9.70 a 23.00 m dal p.c. si riscontra un'arenaria medio-grossolana, poco cementata. Presenza di livelletti in cui l'arenaria risulta non cementata. Presenza di diversi livelli con argilla marnosa, oltre alla presenza di arenaria fine molto cementata tra 16.40 e 16.80 m dal p.c.. Presenza di frustoli carboniosi in un livello centimetrico alla profondità di 19.80;
- da 23.00 a 27.70 m presenza di sabbia fine e media-fine, da poco cementata a sciolta;
- alternanza di diversi litotipi tra 27.70 e 31.10 tra cui: arenaria media-grossolana di colore grigio-nocciola (27.70 – 28.00), sabbia media-fine da poco cementata a sciolta (28.00 – 28.70), conglomerato fine estremamente cementato di colore grigio (28.70 – 29.00), sabbia media-fine di colore grigio, da poco cementata a sciolta (29.00 – 29.40), marna siltosa di colore grigio scuro-verdastro (29.40 – 29.90) e fino a 31.10 m dal p.c., arenaria media-fine di colore grigio con venature nerastre, con livello di 20 cm composto da marne di colore grigio scuro;
- da 31.10 e 40.00 m dal p.c. è presente arenaria media-grossolana di colore grigio, con livelli poco cementati. Non cementata tra 36.50 e 38.40 m e tra 38.60 e 39.50 m dal p.c.. Livello di 10 cm di spessore di argilla marnosa a 32.60 m dal p.c..

Il SONDAGGIO S3-2020 ha evidenziato la seguente situazione:

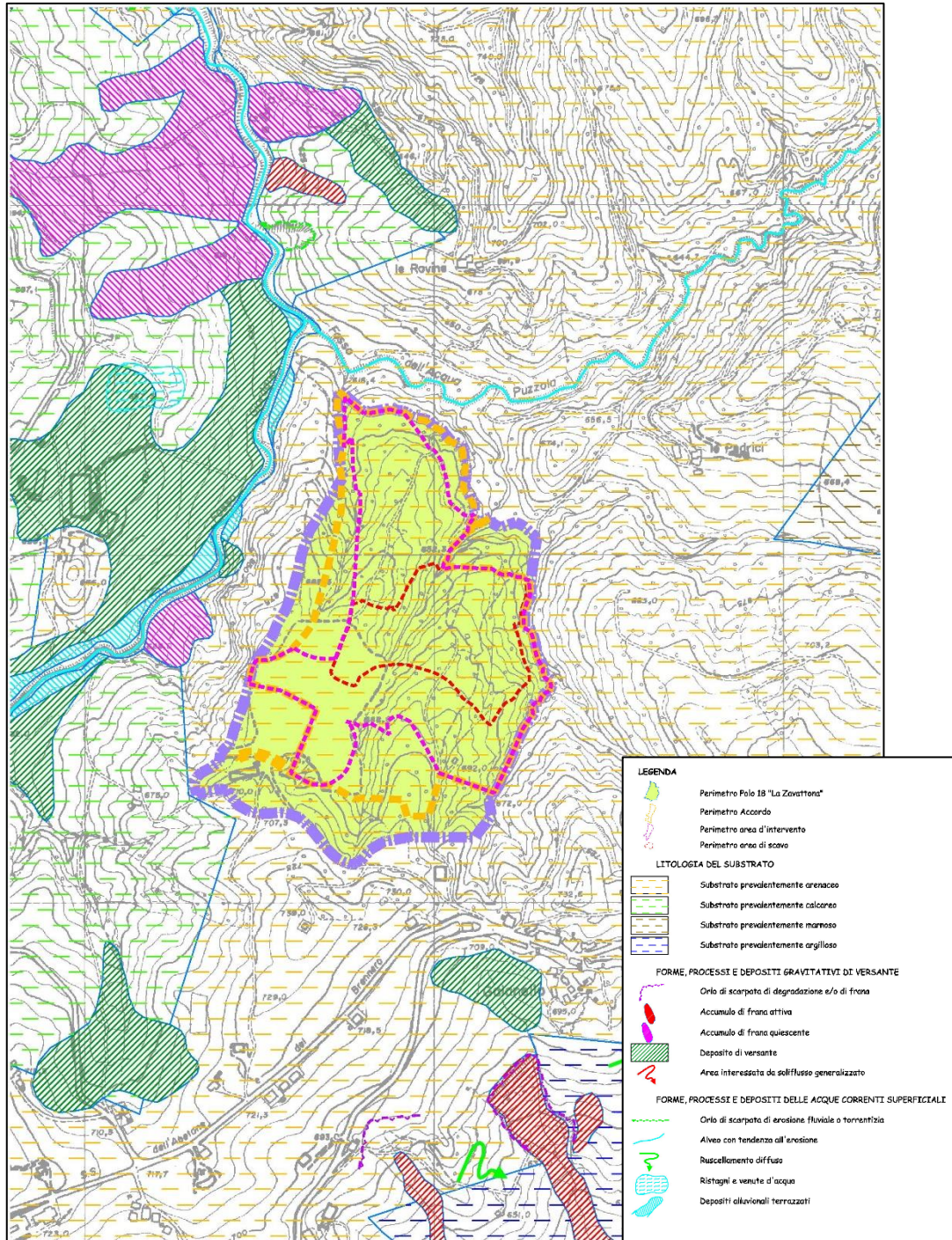
- nei primi 80 cm presenza di materiale di riporto composto da sabbia di colore marrone. Segue una sabbia medio-fine grigia, a tratti poco cementata fino alla profondità di 1.80 m.
- da 1.80 a 3.60 m dal p.c. è presente limo argilloso di colore marrone con livelletti sabbiosi;
- da 3.60 a 10.00 m dal p.c. presenza di arenaria media-grossolana, debolmente cementata con livelli di arenaria ben cementata e livelli di argille marnose; segue un altro strato, da 12.80 a 27.70, caratterizzato da arenaria media-grossolana, da cementata a debolmente cementata, di colore grigio, intercalato da livelletti di argilla marnosa e di arenaria fine ben cementata;
- da 27.70 a 29.40 m dal p.c. è presente uno strato di arenaria grossolana ben cementata, passante in certi livelli, a conglomerato fine molto cementato (29 – 29.10 m dal p.c.). Presenza di marne argillose e marne siltose in livelletti.
- da 29.40 a 32.20 m si rileva sabbia media-fine di colore grigio, debolmente cementata fino a 30.70 m poi cementata e di dimensione media-grossolana. Da 31.60 m dal p.c. presenza di marna argillosa con livelli siltosi;
- da 32.20 a 45.00 m arenaria in livelli medio-fine e medio-grossolana, con diversi gradi di cementazione (da debolmente cementata a cementata), di colore grigio. Locali passaggi a conglomerato fine e presenza di livelli caratterizzati da argilla marnosa, marna siltosa e marna argillosa siltosa con piccoli inclusi carbonatici.

In Allegato (Stratigrafie sondaggi), oltre alla stratigrafia relativa ai sondaggi suddetti, è inoltre rappresentata la stratigrafia un tempo osservabile su una parete di scavo della cava ora completamente rimossa, rilevata in occasione della redazione del P.P. del Polo estrattivo; ovviamente non sono emerse sostanziali differenze rispetto a quanto evidenziato dai sondaggi precedentemente descritti. Tendenzialmente i livelli di materiale cementato risultano meno frequenti, anche se tale caratteristica potrebbe risultare meno evidente a causa dei processi di alterazione che hanno interessato il fronte scoperto. Il materiale affiorante si presenta generalmente a granulometria da medio-fine a fine. I livelli di materiale di scarto sono costituiti prevalentemente da sabbie limose con livelli di argilla o inclusi argillosi. La percentuale di materiale utile rispetto all'altezza totale della parete considerata, rapportata alla verticale per omogeneità con i dati precedentemente commentati, risulta pari all'83% circa dello spessore totale.

2.4. GEOMORFOLOGIA

Le forme del paesaggio che caratterizzano l'ambito territoriale in esame sono state riconosciute sulla base del rilevamento geologico della zona; le risultanze di tale indagine sono state integrate con ulteriori elementi ricavati dalla fotointerpretazione e dal confronto con cartografie elaborate in altri studi eseguiti sulla zona.

Fig. 9 - Carta geomorfologica



In Figura 9 viene riportata la carta geomorfologica in cui, oltre ad essere state rappresentate le principali forme del terreno, sono state evidenziate le zone di affioramento dei principali tipi di substrato, allo scopo

di mettere in risalto l'incidenza e la frequenza delle forme, in rapporto alla natura litologica dei terreni sui quali esse si producono ed evolvono; osservando la carta si può infatti notare come la distribuzione di forme e processi che si producono per azione della gravità e delle acque correnti, vari sensibilmente in funzione dei principali substrati, che coincidono con le formazioni geologiche descritte precedentemente. Esse sono perciò state raggruppate in quattro gruppi, rappresentati da:

- Substrato prevalentemente arenaceo, corrispondente all'unità arenaceo-pelitica della Formazione di Antognola, alla Formazione di Loiano ed al membro arenaceo-pelitico della Formazione di Monghidoro;
- Substrato prevalentemente calcareo, corrispondente alla Formazione di Monte Venere;
- Substrato prevalentemente marnoso, corrispondente alla Formazione di Antognola;
- Substrato prevalentemente argilloso, corrispondente all'Unità di Canossa della Formazione di Antognola e alle Argilliti a Palombini.

Nel dettaglio si osserva che in corrispondenza del substrato costituito da formazioni prevalentemente calcaree, i processi gravitativi sono presenti in discreto numero. Questa formazione flyschoidale, nonostante la continuità degli strati e la loro struttura massiva, che dovrebbero conferire una discreta resistenza agli sforzi di taglio e quindi stabilità all'insieme, si presenta invece con una potenziale predisposizione al dissesto; ciò a causa di una sfavorevole disposizione a franapoggio degli strati ed alla mancanza di una copertura arborea dovuta alla spiccata vocazione agricola di quest'area.

Sul versante destro della valle del Fosso Giordano sono infatti presenti alcune frane attive di modeste dimensioni ed un accumulo di depositi colluviali costituiti da materiali movimentati dall'azione combinata della gravità e delle acque di scorrimento superficiale; entrambi i tipi di accumulo risultano impostati in corrispondenza di linee di impluvio.

Sul versante opposto, in sinistra idraulica, si rileva invece una vasta frana quiescente che, dal margine dell'abitato di Monzone, a quota 725 m s.l.m., scende fino a raggiungere l'alveo del corso d'acqua, a quota 600 m s.l.m., che presenta, in questo tratto, una riduzione della sezione di deflusso ed un andamento che denota uno spostamento del suo percorso. In questo lato della valle risultano inoltre presenti estese coperture detritiche formate in parte dall'accumulo, movimentato per gravità, dei prodotti della degradazione esercitata su questi depositi da fenomeni sia fisici che chimici e, in parte, dall'alterazione in posto della roccia sub-affiorante. In corrispondenza di questi depositi sono stati inoltre rilevati dei ristagni e delle venute d'acqua.

Nelle zone in cui affiora la sequenza prevalentemente arenacea della Formazione di Loiano, le frane risultano invece completamente assenti, in virtù della continuità e della struttura tendenzialmente massiva degli strati, che conferisce a questi terreni un'ottima resistenza agli sforzi di taglio e quindi una buona stabilità d'insieme. Le zone di affioramento delle arenarie sono infatti contraddistinte da forme del rilievo generalmente più aspre, con versanti fortemente acclivi, che a volte possono presentare scarpate non di rado sub-verticali; inoltre questi terreni sono contraddistinti da una abbondante vegetazione arborea con un'elevata copertura ed in ottimo stato vegetativo. Sono presenti, nella parte centro-meridionale della zona di affioramento, alcuni depositi di versante di dimensione estremamente limitata. In questa categoria di terreni è stato incluso anche il Membro arenaceo-pelitico della Formazione di Monghidoro; anche su questi terreni non sono stati rilevati depositi di frana o di versante, a testimonianza del loro grado di stabilità. Le differenze più significative rispetto alle Arenarie di Loiano sono date dal fatto che questi terreni sono contraddistinti da un andamento morfologico più dolce, con modeste pendenze, e dalla totale assenza di copertura arborea, essendo quest'area destinata prevalentemente ad usi agricoli. Il substrato prevalentemente marnoso, corrispondente ai depositi della Formazione di Antognola, risulta invece contraddistinto da processi dovuti alla sola azione di gravità; la zona coinvolta è rappresentata da una stretta fascia che corre longitudinalmente in corrispondenza del margine orientale dell'ambito indagato. Qui s'individuano alcune porzioni di pendio mediamente poco acclive, con un'alta densità di

lobi, ondulazioni e decorticazioni del terreno che denotano fenomeni di soliflusso generalizzato, mentre non risultano presenti frane attive e/o quiescenti, né depositi colluviali.

Il substrato costituito dalle argille eterogenee, corrispondenti alle brecce poligeniche ed eterometriche dell'Unità di Canossa ed alle Argille a Palombini, affiorante marginalmente all'area d'interesse, è contraddistinto da una spiccata propensione al dissesto, fondamentale legata alla presenza di abbondante percentuale argillosa che, per le proprie caratteristiche intrinseche, risulta particolarmente sensibile al contenuto d'acqua, variabile in funzione degli apporti prevalentemente meteorici, che producono significative variazioni volumetriche; tutto ciò si traduce in una forte instabilità ed erodibilità da parte, rispettivamente, delle acque di infiltrazione e di ruscellamento superficiale.

In corrispondenza di questi terreni, che affiorano prevalentemente in corrispondenza dei fianchi della valle del Rio S. Michele, si osserva infatti che le principali forme del pendio che li caratterizzano, per frequenza ed estensione, sono le frane; ne deriva quindi che dell'intero ambito indagato questa rappresenta la zona più predisposta al dissesto idrogeologico. Il meccanismo di scivolamento gravitativo si produce prevalentemente per colamento di terra.

Sempre in corrispondenza di questo tipo di substrato risultano evidenti anche i processi che si producono ad opera delle acque correnti superficiali: si tratta di un accentuato ruscellamento diffuso, tipico delle zone denudate e caratterizzato da un finissimo reticolo di minuti rivoletti non rappresentabili cartograficamente in maniera singola, e un'erosione per fossi di ruscellamento concentrato, che coincidono con i principali impluvi presenti all'interno dei corpi franosi, in cui si manifesta una spiccata e progressiva azione erosiva.

Tra i processi morfogenetici che interessano la zona, si rilevano infine quelli di origine fluviale. In particolare in corrispondenza del Fosso Giordano si rinvengono, nel tratto più a valle, alcune scarpate di erosione fluviale di discreta entità, che hanno profondamente inciso i depositi alluvionali presenti ai suoi margini. Come rappresentato anche nella carta geologica, tali depositi sono organizzati in due ordini di terrazzi che risultano particolarmente estesi, in particolare in corrispondenza del tratto mediano del fosso, che attraversa la zona indagata. Gli altri corsi d'acqua, in particolare il Fosso dell'Acqua Puzzola, risultano notevolmente incassati nelle rispettive valli, a causa della consistenza lapidea dei terreni che attraversano.

3. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

Al fine di pervenire ad una descrizione il più possibile precisa dell'idrologia superficiale dell'area presa in esame, è stata ricostruita la "Carta del drenaggio idrico superficiale" riportata in Fig. 10 nella quale sono stati evidenziati, oltre ai corsi d'acqua principali, anche le linee d'impluvio secondarie e le tracce degli spartiacque delimitanti bacini e microbacini presenti.

Dall'osservazione della carta emerge che, sotto l'aspetto idrografico, l'elemento maggiormente rilevante è costituito dallo spartiacque posto a sud dell'area, in prossimità della S.S. n° 12, che suddivide trasversalmente la zona in due microbacini distinti.

A nord di tale linea il reticolo principale è costituito dal Fosso Giordano, nel quale si immette, poco a nord dell'area d'interesse, il Fosso dell'Acqua Puzzola; in entrambi i corsi d'acqua si riversano numerose linee di impluvio. Questo reticolo fa parte del sottobacino del torrente Cogorno, il quale, a sua volta, rientra nel bacino del T. Rossenna, affluente di destra del fiume Secchia.

A sud del crinale è presente il microbacino del Rio S. Michele, che raccoglie le acque che scorrono lungo questo versante e che si immette, dopo un breve percorso, nel T. Scoltenna, affluente di sinistra del F. Panaro.

Va osservato come l'acqua raccolta dai due microbacini scorra nei collettori principali secondo versi esattamente opposti: risulta infatti che a nord del crinale, nel bacino del Fosso Giordano, le acque scorrono prevalentemente verso settentrione, mentre a sud le acque raccolte dal bacino del Fosso S. Michele fluiscono secondo una componente principale rivolta verso meridione.

Per quanto riguarda l'idrografia minore si nota la presenza di numerosi spartiacque di ordine inferiore, che suddividono ulteriormente i due microbacini sopra descritti, e di una miriade di piccoli fossi, con una

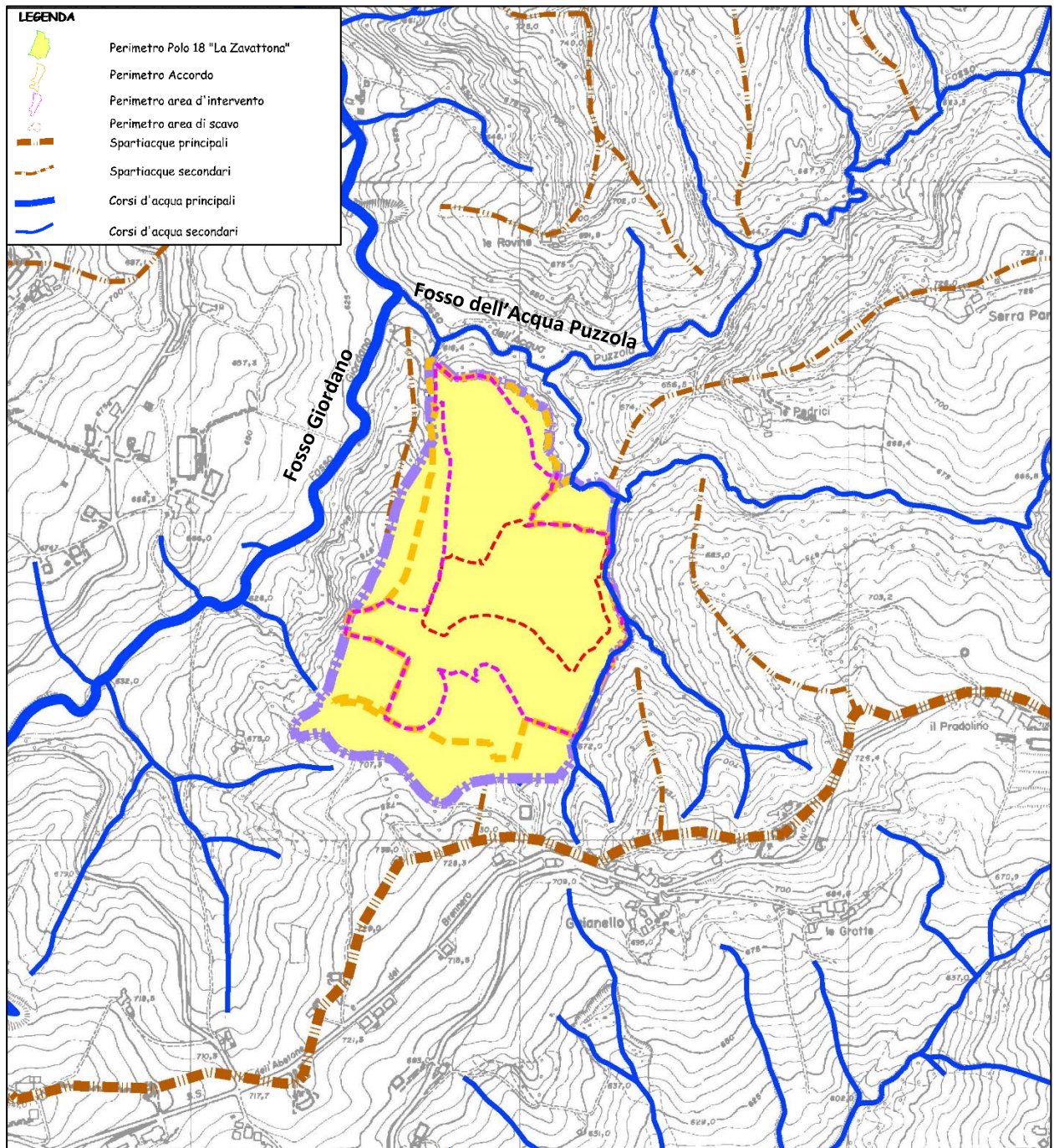
direzione prevalente verso nord, caratterizzati da portate modeste e direttamente influenzate dalle precipitazioni; il loro percorso è in genere molto breve (al massimo circa 1 Km) e dà quindi origine a tempi di corrivazione brevissimi.

Il pattern del reticolo idrografico risulta notevolmente diversificato sia per la natura litologica delle rocce affioranti nella zona che per le loro diverse proprietà fisiche (compattezza, durezza, permeabilità ecc.).

Nelle zone di affioramento delle torbiditi calcareo-marnose della Formazione di Monte Venere, ad ovest dell'area di studio, il reticolo idrografico presenta una densità da scarsa a molto scarsa rispettivamente in sinistra ed in destra idraulica del Fosso Giordano; le linee d'impluvio sono generalmente impostate in corrispondenza delle zone di accumulo delle frane ed in corrispondenza dei depositi. La scarsa densità del drenaggio è con tutta probabilità da mettere in relazione all'accentuata parcellizzazione dei terreni sfruttati a scopi agricoli, che ha comportato la modificazione del reticolo idrografico originario, sostituito da una miriade di fossi, ubicati nelle aree di confine, confluenti in collettori connessi direttamente ai corsi d'acqua principali.

Lungo tutta la fascia centrale dell'area d'indagine, il reticolo si presenta con una densità alquanto variabile: a sud, in corrispondenza delle torbiditi arenaceo-pelitiche della Formazione di Monghidoro, il reticolo risulta molto scarso o addirittura assente, probabilmente per le medesime considerazioni relative ai terreni flyschoidi calcareo-marnosi.

Fig. 10 - Carta del drenaggio idrico superficiale.



In corrispondenza della zona di affioramento delle Arenarie di Loiano, il reticolo idrografico si presenta invece discretamente organizzato. Il pattern è prevalentemente di tipo parallelo di erosione, tipico dei versanti a forte pendenza, con tendenza a produrre vallecole molto incise; ciò risulta evidente a nord dell'area di Polo, sul fianco destro della valle del Fosso dell'Acqua Puzzola.

Infine nella zona a sud-ovest dell'area d'indagine, in cui affiorano i terreni marnoso-argillosi della Formazione di Antognola e le breccie poligeniche ed eterometriche dell'Unità di Canossa, si osserva un drenaggio, di discreta densità, a pattern di tipo sub-dendritico-angolare: questo tipo di reticolo è caratteristico di terreni omogenei, impermeabili e con tessitura fine, caratteristiche che favoriscono lo scorrimento superficiale delle acque piovane. Questa condizione ha favorito l'instaurarsi di fenomeni di erosione laminare ad opera delle acque correnti, che si sono progressivamente trasformati in forme di

erosione sempre più accentuate, responsabili, in particolare, dell'attivazione delle numerose frane attive presenti in quest'area. La disposizione di alcuni rami fa supporre come questi siano stati soggetti ad un forte controllo strutturale da parte del sistema coniugato di faglie descritte nel paragrafo relativo alla tettonica dell'area.

4. IDROGEOLOGIA

L'esatta definizione delle caratteristiche idrogeologiche e di permeabilità delle diverse unità presenti nella zona rilevata risulta alquanto difficoltosa a causa dell'eterogeneità delle formazioni e della presenza di coperture più o meno diffuse. Nonostante ciò si è proceduto, anche attraverso una definizione comparata delle altre caratteristiche geologiche zonali, alla caratterizzazione idrogeologica dell'area, che ha consentito di distinguere le cinque unità idrogeologiche rappresentate nella "Carta Idrogeologica" e riportata in Fig. 11.

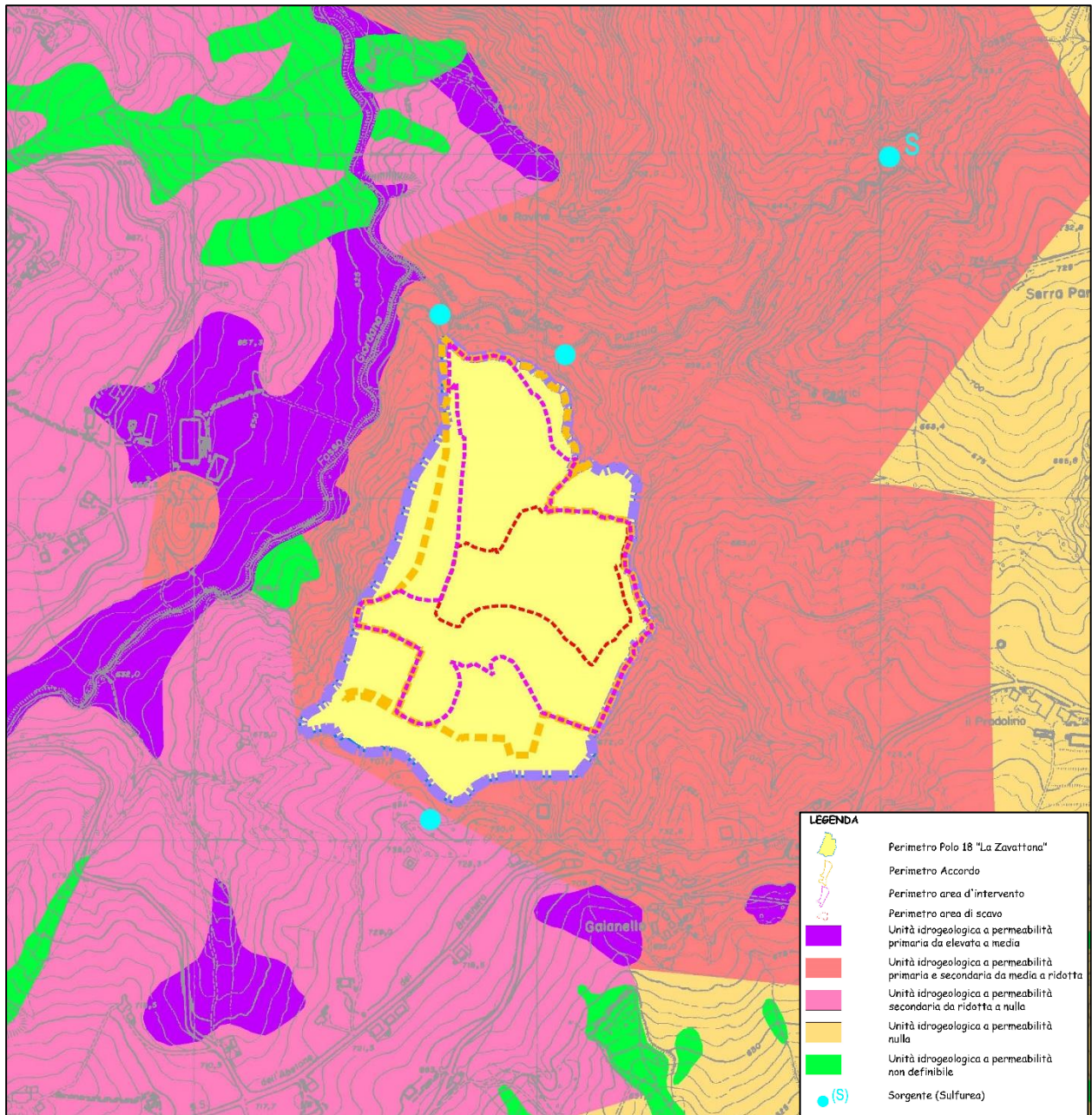
- *Unità idrogeologica a permeabilità primaria da elevata a media:* in questa categoria sono stati compresi i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi, i depositi di versante e quelli colluviali, costituiti da materiali eterometrici ed eterogenei.
- *Unità idrogeologica a permeabilità primaria e secondaria da media a ridotta:* comprende la sequenza torbiditica delle Arenarie di Loiano.
- *Unità idrogeologica a permeabilità secondaria da ridotta a nulla:* a questa unità appartengono le torbiditi calcareo-marnose della Formazione di Monte Venere ed il Membro arenaceo-pelitico della Formazione di Monghidoro.
- *Unità idrogeologica a permeabilità nulla:* comprende sostanzialmente i terreni ascrivibili alla Formazione di Antognola ed alle Argilliti a Palombini.
- *Unità idrogeologica a permeabilità non definibile:* a questa categoria appartengono tutte quelle aree interessate da depositi di frana, sia attiva che quiescente, caratterizzate, a causa della caoticità degli ammassi, da una permeabilità non quantificabile, ma sicuramente minima, se non nulla.

Dallo studio della Carta Idrogeologica, in cui sono rappresentate anche le sorgenti presenti e gli elementi tettonici principali (faglie), è possibile effettuare alcune semplici osservazioni in merito alle principali caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio.

- le aree a permeabilità maggiore risultano essere quelle coperte dai depositi di versante e dai depositi alluvionali, sia in evoluzione che terrazzati, dei corsi d'acqua principali (Unità 1). Tali depositi presentano una permeabilità primaria o per porosità di grado da medio ad elevato ($k \cong 1 \times 10^{-4} \div 1 \times 10^{-3}$ cm/s); sono perciò favorite sia l'infiltrazione che la filtrazione;
- la zona di affioramento delle arenarie di Loiano presenta una permeabilità, di tipo misto, da media a ridotta (Unità 2). Questa classe si presenta nel complesso potenzialmente significativa dal punto di vista dei flussi idrici sotterranei; è infatti qui presente sia una permeabilità secondaria (per fessurazione), acquisita a seguito degli stress geologico-strutturali subiti, sia una discreta permeabilità primaria legata alla porosità intrinseca di questi depositi ($k \cong 1 \times 10^{-5} \div 1 \times 10^{-4}$ cm/s). L'area di affioramento di questi terreni è infatti sede della maggior parte delle sorgenti presenti in tutta l'area, anche se di portata non sempre perenne e comunque limitata. Altre caratteristiche di questa zona sono la maggiore densità apparente, rispetto alle zone circostanti, di fratture (faglie) e la scarsa cementazione, a luoghi, delle arenarie arcose costituenti la formazione;
- le aree di affioramento dei flysch di Monghidoro e di Monte Venere sono caratterizzate da una permeabilità secondaria da ridotta a nulla (Unità 3). La permeabilità di queste sequenze torbiditiche è data dalla fessurazione, ad opera delle numerose fratturazioni che hanno subito i banchi stratificati a seguito di azioni di tipo tettonico; la costante presenza della componente pelitico-marnosa, talora predominante, che tende a impermeabilizzare le varie fratture, è responsabile dei valori del coefficiente di permeabilità estremamente bassi di tali terreni ($k \cong 1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-5}$ cm/s);

- è stata infine individuata una classe di permeabilità nulla nella parte orientale dell'area di studio (Unità 4), coincidente con i terreni a componente prevalentemente pelitica, quali argille di Rio Giordano, Argilliti a Palombini, Marne di Antognola.

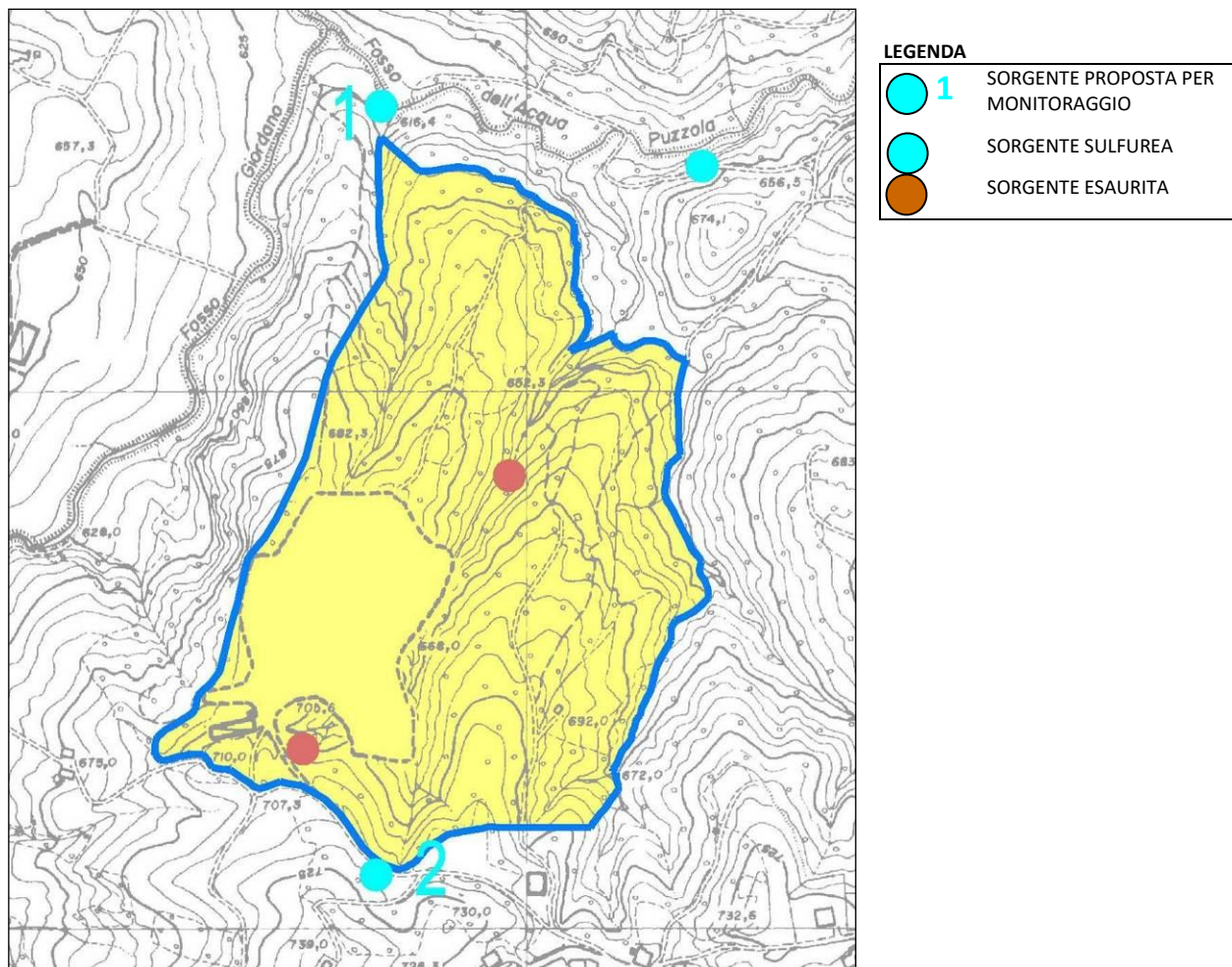
Fig. 11 - Carta idrogeologica



Queste considerazioni permettono di ipotizzare che le rocce serbatoio siano qui rappresentate prevalentemente dai depositi di versante, che però non presentano una grande diffusione areale. A seconda delle variazioni litologiche e del grado di fratturazione possono essere sede di acquiferi anche le formazioni arenacee e calcaree (principalmente Loiano, poi Monte Venere e Monghidoro).

Le sorgenti situate a minore distanza dall'area di intervento ricadono all'interno della zona di affioramento delle Arenarie di Loiano; un rilevamento di dettaglio nelle immediate vicinanze dell'area di Polo ne ha permesso l'esatta ubicazione (Fig. 12).

Fig. 12 - Ubicazione sorgenti prossime all'area di cava ed utilizzate per il monitoraggio della qualità delle acque sotterranee.



Un elemento interessante dal punto di vista idrogeologico è costituito dalla presenza di sorgenti minerali, più precisamente sulfuree, segnalate anche nella "Relazione sullo stato dell'ambiente nella Provincia di Modena" nella parte relativa appunto al "Censimento delle acque minerali e medicinali". Si tratta di almeno sei sorgenti, di cui una, quella di Brandola, posta a Sud del M. Moro (anche se la sua ubicazione esatta deducibile dalla bibliografia del secolo scorso non è molto agevole) è stata utilizzata anche in tempi storici. Un altro gruppo di emergenze d'acqua sulfurea è costituito dalle sorgenti del Fosso dell'Acqua Puzzola, proprio a Nord dell'area della cava "La Zavattona". Per tale sorgente sulfurea, posta in prossimità della confluenza tra il fosso che delimita ad est il polo estrattivo ed il Fosso dell'acqua Puzzola, è di difficile determinazione la portata, in quanto la scaturigine non è localizzata, ma diffusa per un tratto di circa 2 m; in modo molto approssimativo può però essere stimata una portata di 0,1 lt/sec.

Nella figura precedente è riportata l'ubicazione di tutte le sorgenti presenti all'interno della cava o nelle immediate vicinanze.

In occasione di passate ricognizioni è stato accertato l'esaurimento di due sorgenti precedentemente censite ("Barilino" e "Gradoni"). La sorgente 2 "Strada Zavattona" posta a monte è captata con specifica concessione alla derivazione rilasciata dalla RER; l'acqua, prima raccolta in una cisterna, viene portata in cava mediante una tubazione dedicata ed utilizzata per le bagnature delle piste.



Sorgente Barilino esaurita



Sorgente 1 - Canalina



Sorgente 1 - Canalina

Per il monitoraggio si conferma quanto già proposto in passato, ovvero di mantenere l'utilizzo della sorgente 1 – "Canalina", posta a valle della cava e della sorgente 2 "Strada Zavattona", posta a monte.

Dal 2019 ad oggi, dai dati del monitoraggio si evince che la sorgente "Canalina" e la sorgente "Strada Zavattona" abbiano rispettivamente una portata di circa 17 ml/min e circa 333 ml/min.



Sorgente 2 – Strada Zavattona



Sorgente 2 – Strada Zavattona

Nel gennaio 2016 è stata effettuata un'ulteriore ricognizione delle eventuali sorgenti presenti in corrispondenza e/o al contorno del settore orientale del Polo (figura 12). Questo al fine di individuare possibili nuove scaturigini pertinenti a tale settore, potenzialmente oggetto di impatto quali-quantitativo da parte di future attività di coltivazione e, per questo, da eleggere quali addizionali punti di monitoraggio della qualità delle acque. In Fig. 13 sono rappresentati la traccia GPS del percorso effettuato in occasione del rilevamento ed i punti GPS degli stop di maggior rilievo ai fini dell'analisi dell'effettiva potenzialità idrogeologica.

Lungo tutto il tracciato seguito durante il rilevamento non sono state identificate risorgive. Inoltre, tutti i fossi sono risultati completamente privi d'acqua, con alcune eccezioni di brevi tratti interessati da un velo di acqua stagnante, in gran parte, considerato il periodo dell'anno, congelata. Acqua corrente è stata individuata soltanto nel Fosso dell'Acqua Puzzola (Fig. 14, b). Falde effimere e spazialmente discontinue sembrano essere presenti all'interno dell'esiguo spessore di suolo, a partire dal piano campagna sino al contatto con il substrato sub-affiorante della Formazione di Loiano. Tali falde sub-superficiali producono frequenti scaturigini di modestissima portata ed effimere, laddove intersecano le scarpate in roccia prodotte dall'erosione dei fossi. Durante il rilevamento sono risultate tutte congelate (Fig. 14, a).

Fig. 13 - Traccia GPS del rilevamento eseguito nel gennaio 2016 per l'individuazione di eventuali scaturigini/sorgenti relative al settore dell'area PIAE-PAE 2009 ad est dell'area attualmente in coltivazione, potenzialmente impattabili dalle attività di coltivazione del presente PCS.

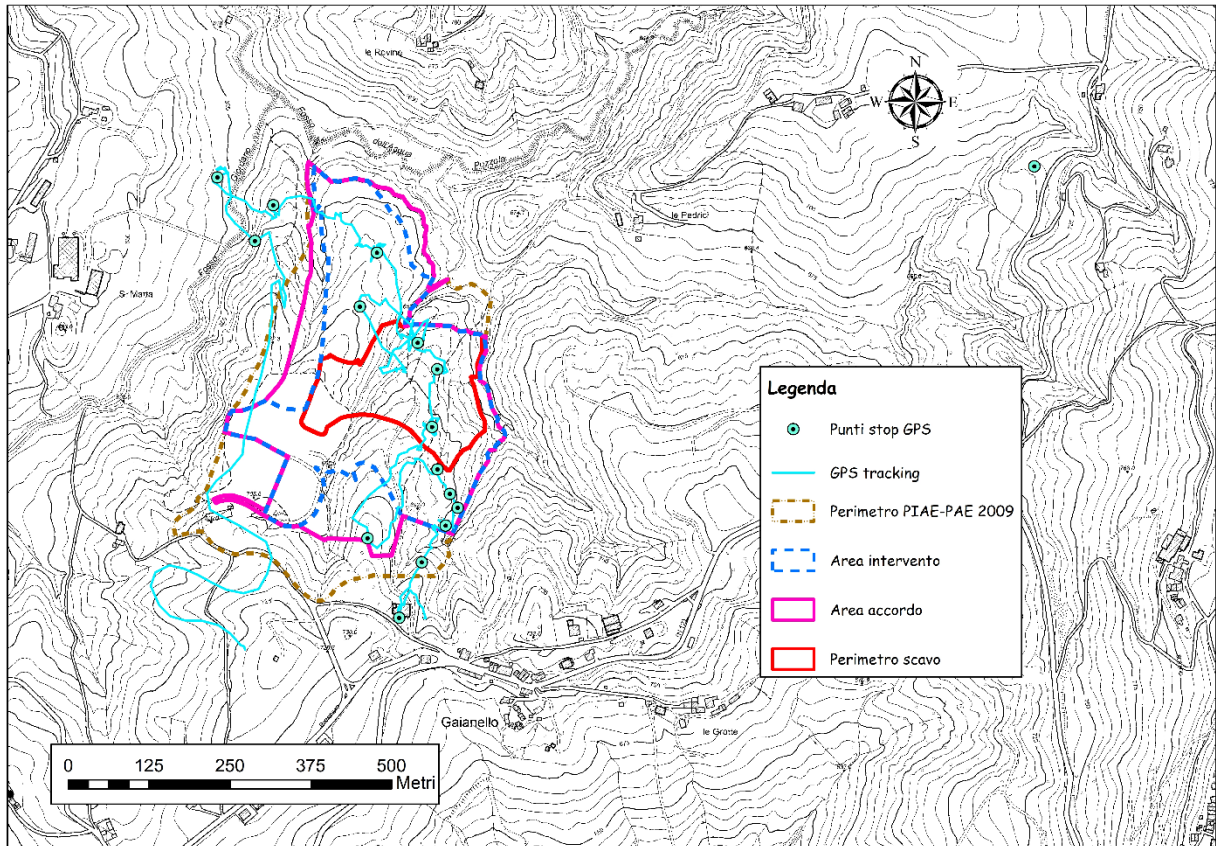
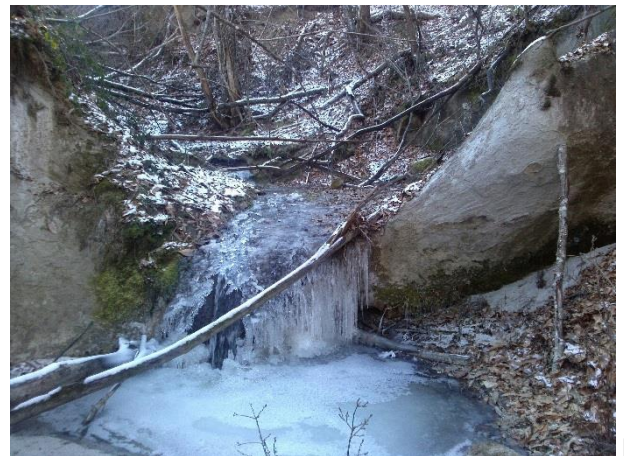


Fig. 14 - a) Scaturigine congelata da una falda effimera contenuta nello spessore di suolo a contatto con la formazione sub-affiorante di Loiano; b) acqua corrente in corrispondenza del Fosso della Acqua Puzzola.



a)



b)

5. PIANO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE 2023

5.1. STATO DI FATTO E DI PROGETTO

Trattandosi di un PCS che coinvolge in parte nuove aree ed in parte aree di cava attualmente in esercizio, di seguito si riporta lo stato di fatto del polo estrattivo.

Fig. 15 - Stato di fatto

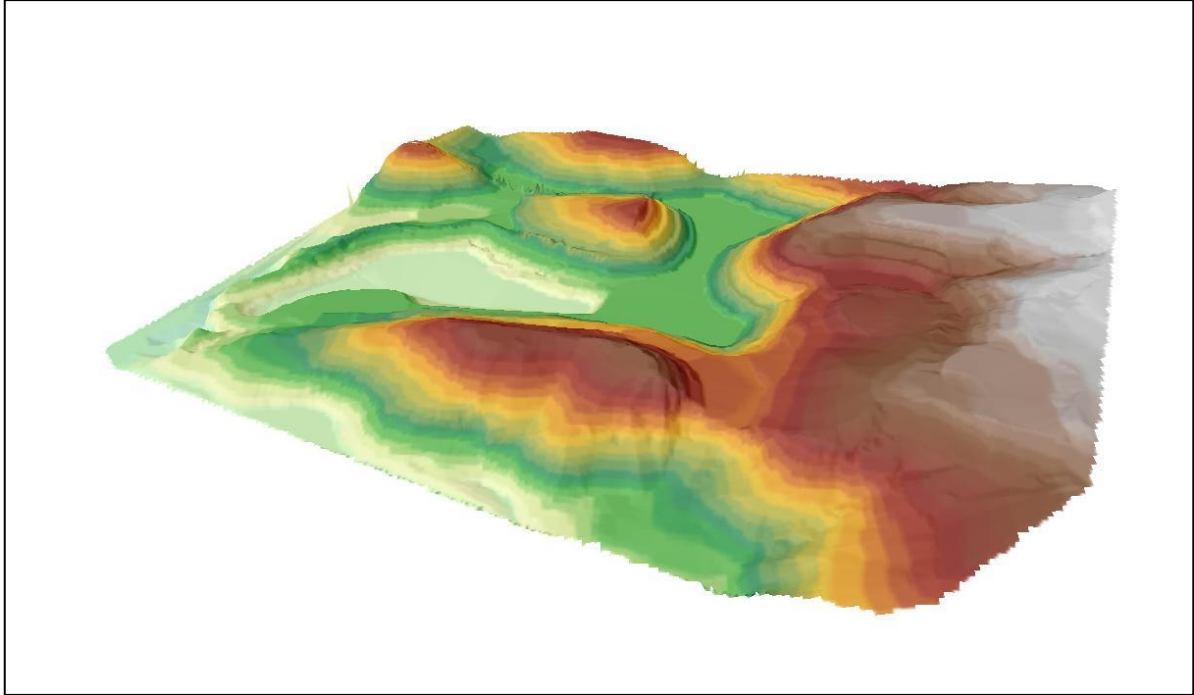
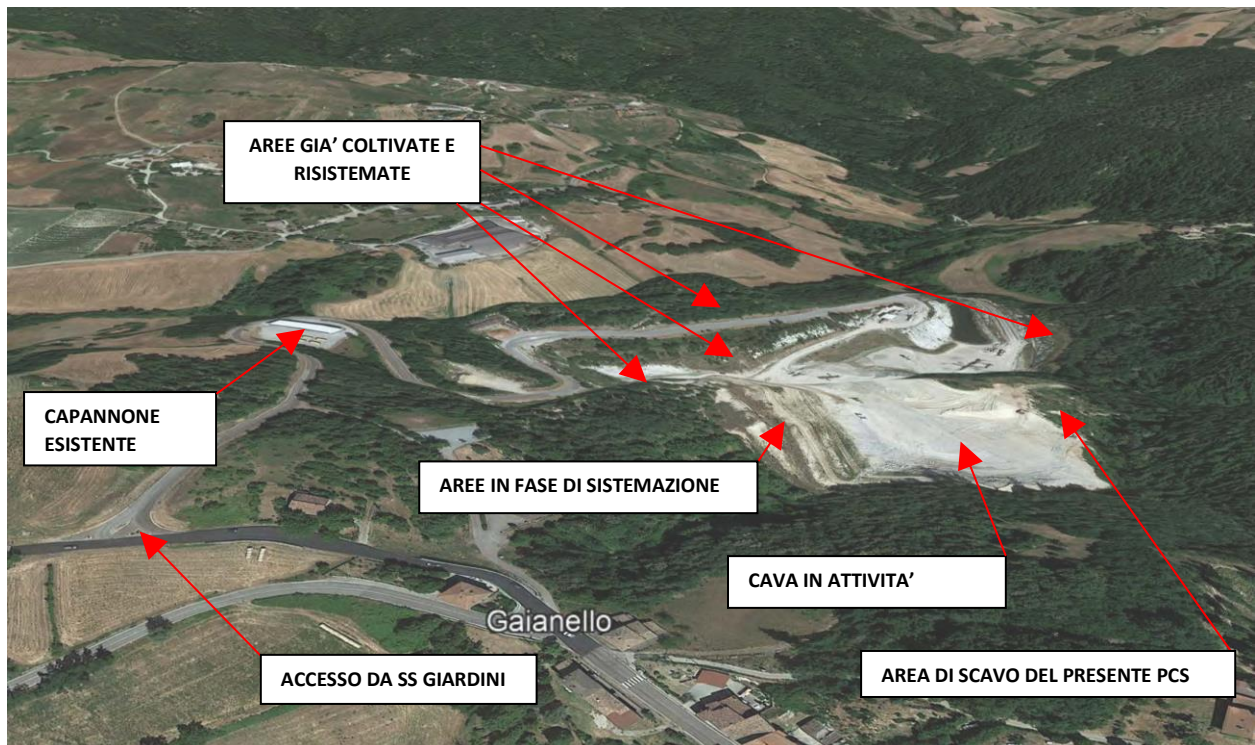
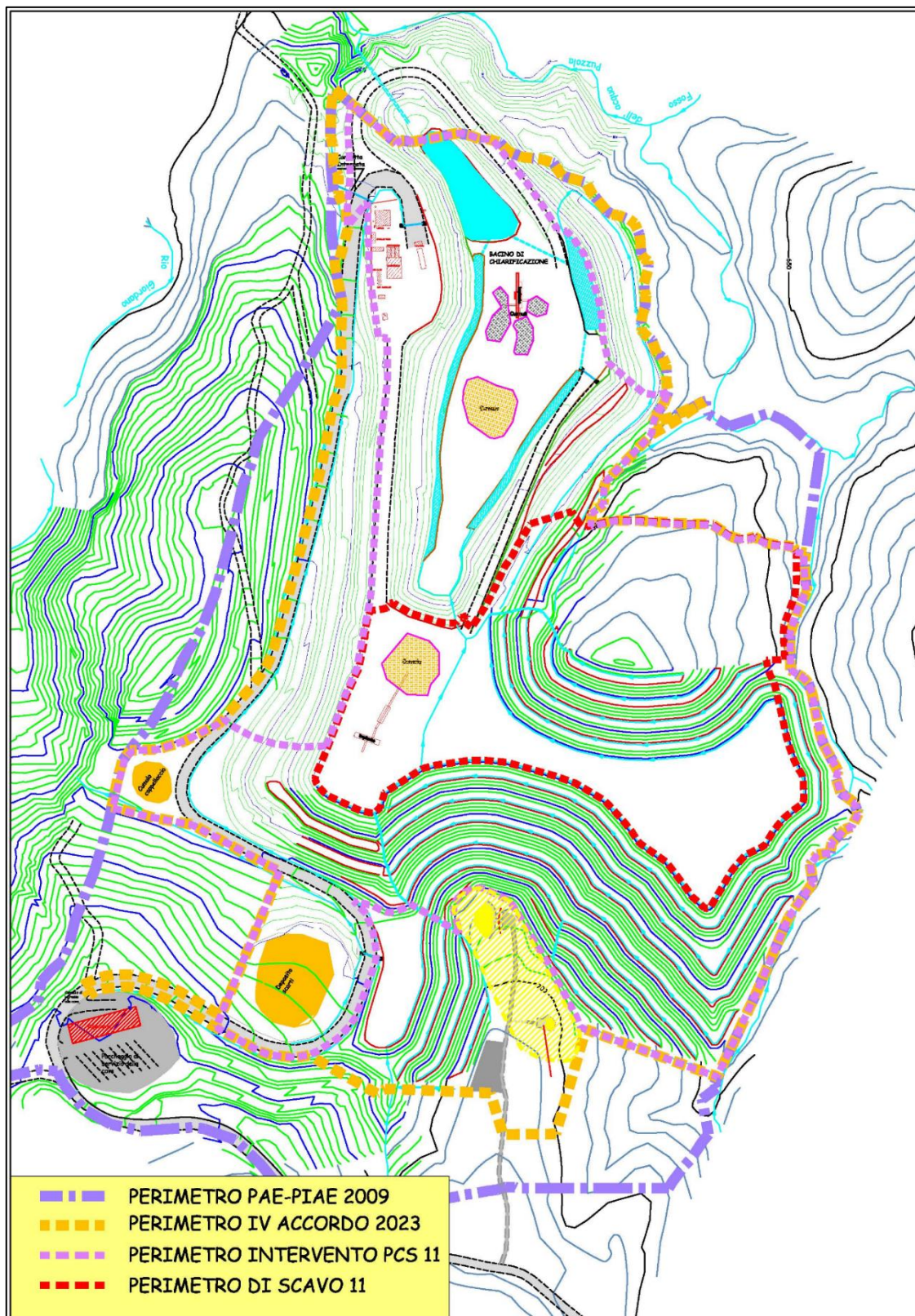


Fig. 16 - Stato di fatto: veduta aerea obliqua.



La superficie complessiva del Polo n. 18 così come perimetrato nella pianificazione risulta essere pari a 197.700 m² dei quali 143.793 m² sono oggetto dell'Accordo e, di questi ultimi, 113.450 m² sono interessati dal presente PCS, dei quali solo 38.115 m² sono coinvolti nella coltivazione.

Fig. 17 - Stato di fatto corrispondente allo stato di progetto del PCS autorizzato, in cui è riportato il perimetro dell'area oggetto di Accordo e l'area oggetto del presente PCS (area di scavo)



5.2. STABILITÀ GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI CAVA

La caratterizzazione geologico-strutturale dell'area in studio è stata realizzata mediante l'esecuzione delle seguenti indagini:

- Rilievo geologico-geomorfologico di dettaglio;
- Rilievo geomeccanico;
- Raccolta dati bibliografici.

I risultati ottenuti dalle indagini e rilievi eseguiti sono stati tra loro confrontati e correlati in modo da ricostruire un modello geologico-geotecnico che è stato utilizzato per l'esecuzione dell'analisi della stabilità delle scarpate di progetto.

5.2.1. RILIEVO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Sull'area di cava ed in un suo intorno significativo, è stato eseguito un rilievo geologico-geomorfologico di dettaglio, finalizzato al controllo ed aggiornamento dei dati raccolti nella documentazione tecnica e scientifica esistente.

Per quanto riguarda gli aspetti geologici, l'attenzione è stata rivolta ad una verifica degli assetti giacitureali ed in particolare all'acquisizione di dati riguardo agli strati presenti nell'attuale area di cava e messi a nudo dall'escavazione.

Durante il rilievo è stato effettuato un controllo di alcuni affioramenti posti a sud-est dell'area di cava, che sono stati scelti per l'esecuzione del rilievo geomeccanico, in quanto gli unici in cui è risultata visibile la superficie stratigrafica e l'andamento delle principali discontinuità, nonché in relazione al fatto che su tale versante nel mese di febbraio 2011 si era verificato un dissesto.

Tra le cause che avevano generato la frana vi era sicuramente la presenza di una importante discontinuità orientata con direzione N70° ed inclinazione pari a 30° che presenta un assetto sfavorevole rispetto all'andamento della topografia del versante. La superficie di questa discontinuità corrisponde alla superficie di scivolamento di monte e il materiale dislocato è scivolato verso valle staccandosi da questa estesa frattura della roccia.

Una delle cause concomitanti è stata sicuramente la presenza di acqua nel sottosuolo; questo è testimoniato dalla presenza di venute d'acqua all'interno del corpo di frana rilevate al momento del distacco, anche se durante rilievi più recenti la zona risultava asciutta. Il fatto che l'area sia ricca di acqua è confermato anche dal sistema di drenaggi e fossi di scolo, realizzati per drenare le venute d'acqua e consentire le operazioni di escavazione.

Il coronamento della zona interessata dai movimenti è posto ad una decina di metri dalla nicchia di distacco principale, dove sono evidenti abbassamenti del terreno e profonde fratture del substrato roccioso, il coronamento rimane sempre all'interno dell'area di polo estrattivo.

Si trattò di un dissesto di modesta entità, con una superficie di scivolamento posta a ridotta profondità dal piano campagna stimata intorno ai 5-6 m.

5.2.2. RILIEVO GEOMECCANICO ANNO 2015

Il rilievo geomeccanico eseguito nel 2015, è stato effettuato lungo la bancata di arenaria posta a nord-est dell'area di cava.

Dal rilievo, che è stato effettuato lungo le tre scarpate di cava presenti nell'area, si evince che la roccia, costituita da arenaria grossolana, si presenta molto compatta e non risultano evidenti famiglie di fratture di particolare rilevanza.

Nel rilievo eseguito sono stati misurati i seguenti assetti:

Tipo di Superficie	Assetti			
Strato	235°N 16°	240°N 12°	280°N 12°	240°N 20°
Frattura K1	350°N 73°	360°N 80°	360°N 85°	
Frattura K2	250°N 80°	250°N 80°		

Considerato che i dati sopra riportati sono le uniche fratture individuate su un fronte lungo circa 150 m si ritiene che effettuare uno studio dell'ammasso roccioso con una tale situazione sia poco significativo; per questo motivo nelle verifiche di stabilità si è cautelativamente fatto riferimento ai risultati dello studio effettuato per la redazione della Relazione Geologica-Geotecnica del gennaio 2012.

In Fig. 18 e Fig. 19 sono riportate due immagini che riprendono l'ammasso roccioso oggetto di rilievo.

Fig. 18 - Veduta dell'ammasso roccioso sul quale è stato eseguito il rilievo geomeccanico 2015



Fig. 19 - Veduta dell'ammasso roccioso sul quale è stato eseguito il rilievo geomeccanico 2015



5.2.3. RILIEVO GEOMECCANICO ANNO 2012

Nel rilievo geomeccanico eseguito nel 2012 erano stati misurati tutti i parametri necessari per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso interessato dalle attività di escavazione.

Tutti i dati ricavati da quel rilievo erano stati utilizzati per la determinazione della classe di appartenenza dell'ammasso roccioso studiato, al fine di individuarne qualitativamente le caratteristiche meccaniche attraverso le classificazioni tecniche di Bieniawski 1989 e di Barton 1979.

Fig. 20 - Veduta dell'ammasso roccioso sul quale è stato eseguito il rilievo geomeccanico 2012



La scelta della zona in cui eseguire il rilievo geomeccanico era stata particolarmente difficoltosa in quanto erano rari gli affioramenti nei quali erano chiaramente visibili sia la stratificazione che l'andamento delle discontinuità. In ogni caso era stata scelta un'area posta in corrispondenza del fronte di scavo sud-orientale. L'area scelta per il rilievo era quella che risultava la più rappresentativa dal punto di vista geologico e strutturale, dell'ampia zona ove era previsto l'ampliamento (Fig. 20).

I dati rilevati erano stati confrontati ed integrati con altri parametri desunti da bibliografia ed in particolare si era fatto riferimento alla tesi di laurea del Dott. Simone Barbieri dal titolo "Studio Geomeccanico e Verifiche di Stabilità di Versante su materiali estratti nella Cava "La Zavattona" in Località Gaianello, Comune di Pavullo (MO) (1999-2000).

Di seguito viene riportata una sintesi delle operazioni di rilievo ed i principali risultati ottenuti.

Descrizione geologica e petrografia dell'ammasso roccioso

Le formazioni affioranti nell'intorno dell'area di studio appartengono ai terreni liguri (Flysch di M. Venere e Monghidoro) e a quelli epiliguri (Formazione di Loiano, risorsa del giacimento, e Formazione di Antognola). I contatti tra le varie formazioni sono di natura tettonica e le Arenarie di Loiano poggiano fortemente discordanti sui flysch liguri.

La Formazione di Loiano si suddivide in un membro argilloso (non affiorante nell'area di cava) ed in uno arenaceo (Eocene medio-Oligocene) che invece rappresenta la risorsa estrattiva.

Il membro arenaceo è costituito da strati torbiditici silicoclastici di spessore variabile (da pochi centimetri ad oltre il metro) chiusi a tetto da livelli limo-argillosi, generalmente sottili o addirittura assenti, ricchi di materia organica.

La roccia è caratterizzata da una coerenza debole, che deriva dalla presenza di cemento carbonatico (10%-28%); tale cementazione però è estremamente incostante e variabile sia all'interno dello strato che della formazione, questo rende particolarmente difficile la classificazione delle Arenarie di Loiano ad una classe specifica di rocce.

La giacitura dell'intera formazione è data da una monoclinale con immersione SSW e inclinazione di 20°-35°. La formazione in cava ha però una immersione di circa N70°-100° con inclinazione media di 25° - 35°. Nel complesso la formazione presenta alcune famiglie di fratture ad andamento NNW-SSE e NE-SW.

Descrizione delle misurazioni eseguite

Il rilievo geomeccanico è consistito nell'esecuzione delle seguenti misurazioni:

- *Spaziatura*: la spaziatura è la distanza media tra due discontinuità appartenenti alla stessa famiglia, misurata perpendicolarmente alle discontinuità stesse. Il valore medio della spaziatura è dato dal rapporto $S=L/n$ (L= lunghezza dell'allineamento ed n= numero di discontinuità contate).
- *Persistenza*: la persistenza è l'estensione areale percentuale di una discontinuità.
- *Irregolarità delle discontinuità*: le irregolarità delle discontinuità sono state misurate con il pettine di Burton. I profili ottenuti attraverso l'adattamento alle irregolarità degli aghi mobili, di cui è costituito il pettine, sono stati confrontati con i profili di rugosità proposti da Barton ad ognuno dei quali corrisponde un coefficiente chiamato JRC (Joint Roughness Coefficient).
- *Misura della resistenza sulle superfici*: per la valutazione della resistenza meccanica delle superfici dei giunti è stato utilizzato il Martello di Schmidt. L'indice del martello ottenuto nelle misure è stato poi correlato, dopo aver eseguito le opportune correzioni che tengono conto dell'inclinazione rispetto all'orizzontale, con la resistenza alla compressione delle superfici di discontinuità J.C.S.
- *Misura dell'apertura, del riempimento e dell'alterazione delle discontinuità*: per quanto riguarda le aperture, il riempimento e l'alterazione delle discontinuità è stata utilizzata la seguente tabella di classificazione:

Tab. 1 - Tabella di classificazione per: misura dell'apertura, del riempimento e dell'alterazione delle discontinuità dell'ammasso roccioso.

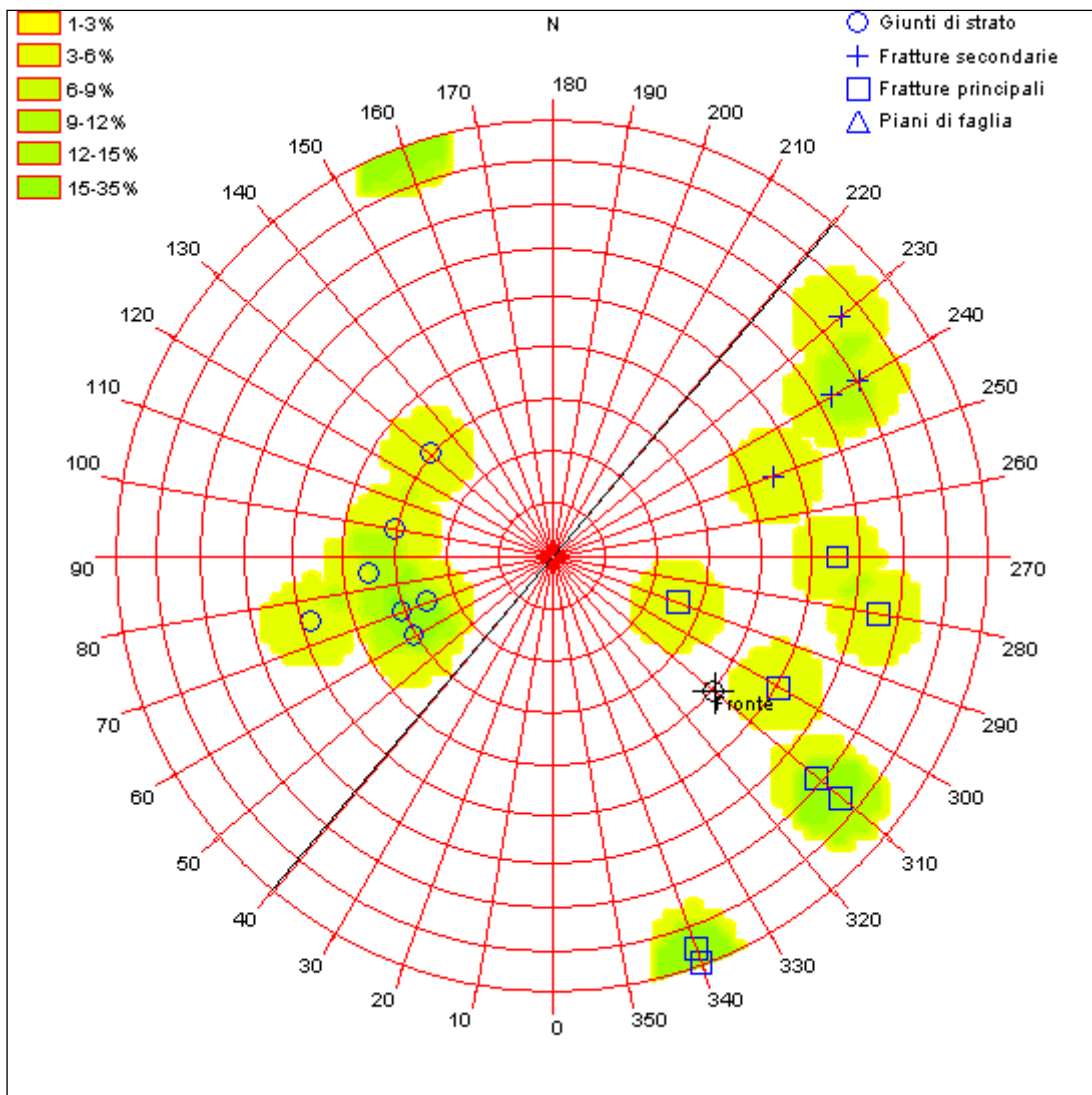
APERTURA	RIEMPIMENTO	ALTERAZIONE
GMC = Giunti molto chiusi < 0.1 mm	AS = Argilla soffice AC = Argilla compatta	F = Fresca (roccia senza segni visibili di alterazione)
GC = Giunti chiusi 0.1-1 mm	AMC = Argilla molto compatta RMA = Roccia molto alterata	LA = Leggermente alterata (roccia con leggera decolorazione)
GMA = Giunti moderatamente aperti 1-5 mm	RA = Roccia alterata RPA = Roccia poco alterata	MA = Mediamente alterata (la superficie è alterata ma la roccia è fresca e non decolorata)
GA = Giunti aperti >5 mm	R = Roccia non alterata C = Calcite	AA = Altamente alterata (la roccia è alterata sia in superficie che in profondità ma è fresca lontano dalle discontinuità)
TERMINAZIONI	ANDAMENTO	
x = Non visibili in affioramento	O = Ondulato	CA = Completamente alterata (la roccia sia vicino che lontano dalle discontinuità è completamente alterata)
d = Contro una discontinuità	P = Planare	
r = In roccia	Ag = A gradini	

Condizioni di umidità: è stata eseguita una valutazione qualitativa delle condizioni di umidità, indispensabile nelle tabelle delle classificazioni per l'assegnazione dei coefficienti variabili a seconda delle condizioni idrauliche che caratterizzano l'ammasso roccioso stesso.

Rappresentazione dei dati

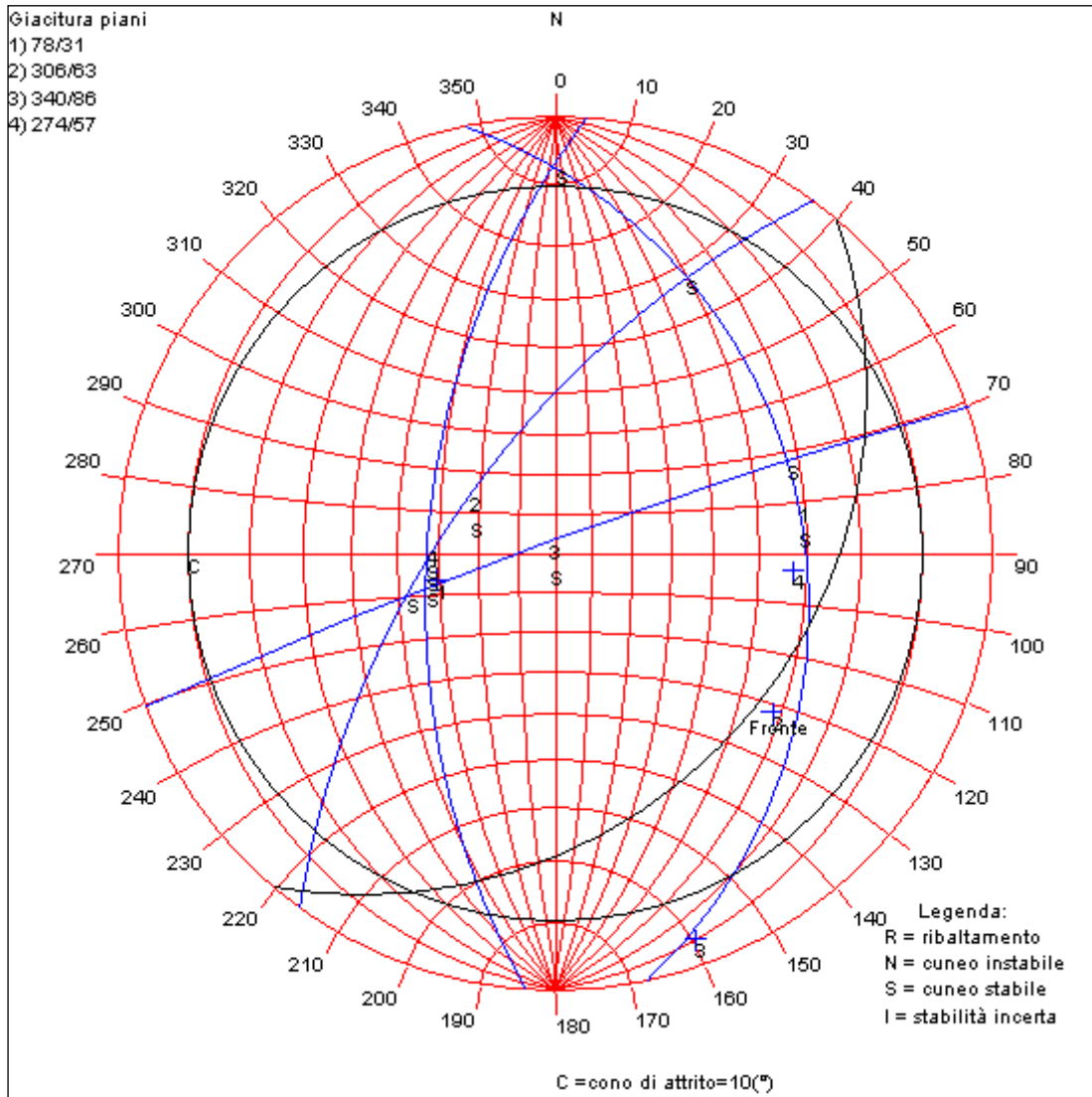
Le giaciture dei piani di strato e di discontinuità sono state rappresentate mediante la proiezione polare equiareale di Schmidt (Fig. 21), mediante la quale è stata effettuata un'analisi statistica della distribuzione dei poli, per l'individuazione dei valori di giacitura più rappresentativi delle singole famiglie di discontinuità, corrispondenti con le zone di massimo addensamento dei poli.

Fig. 21 - Reticolo equiareale di Schmidt



Le giaciture dei piani di strato e di discontinuità sono state rappresentate anche mediante la proiezione polare equiangolare di Wulf, utilizzata in seguito per effettuare il Test di Markland (Fig. 22).

Fig. 23 - Reticolo equiangolare di Wulf versante NW.



Il Test di Markland è stato eseguito, cautelativamente, utilizzando i valori dell'angolo di attrito residui del giunto pari a 10° ricavati da un valore dell'angolo di attrito di base pari a 30° desunto su base bibliografica e verificato in campagna.

Per entrambi i versanti, come si può osservare dai risultati del Test di Markland riportati nella Figura 22 e nella Figura 23, si è verificata una situazione stabile.

Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski 1989.

Dopo aver analizzato tutti i dati a disposizione ed aver contraddistinto i valori medi più significativi, confrontandoli con i dati da bibliografia, è stata eseguita la classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski.

I risultati ottenuti sono riportati nella Fig. 24.

Fig. 24 - Classificazione di Bieniawski

Classificazione C.S.I.R.- Rock Mass Rating 1989 (Bieniawski)					
CLASSE	BRMR (stimato)	RMR (stimato)	Qualità dell' ammasso roccioso	Coesione (kPa)	Angolo d'attrito(°)
III	61	56	Discreta	305	35
A1 - Resistenza roccia integra					
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)= 30,0				A1 = 4	
A2 - Rock Quality Designation					
Rock Quality Designation (R.Q.D.) % = 100				A2 = 20	
A3 - Spaziatura dei giunti					
Spaziatura media dei giunti (cm) = 70,00				A3 = 12	
A4 - Condizione dei giunti					
Lunghezza media dei giunti (m):				Indice parziale = 2	
Apertura media dei giunti (mm):				Indice parziale = 0	
Rugosità media dei giunti:				Indice parziale = 3	
Riempimento medio dei giunti (mm):				Indice parziale = 4	
Condizione di alterazione dei giunti:				Indice parziale = 1	
				A4 = 10	
A5 - Condizioni idrauliche					
A5 = 15					
A6 - Orientamento dei giunti					
A6 = -5					
BRMR (Basic RMR) = A1 + A2 + A3 + A4 + A5					
RMR = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6					
GSI (Geological Strength Index)= A1 + A2 + A3 +A4 +10 = 56					

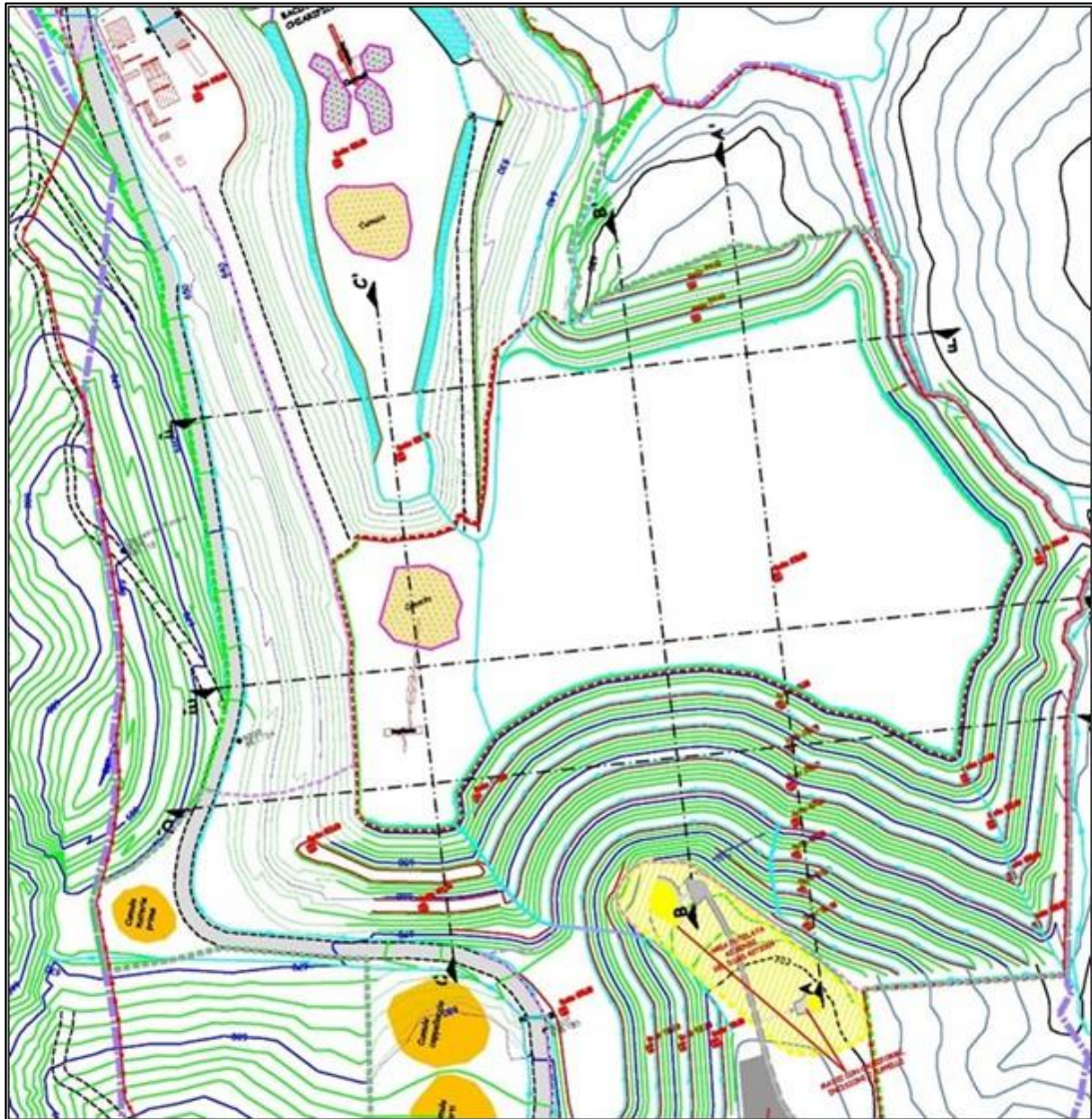
La classificazione eseguita ha permesso di ricavare i parametri di RMR e della qualità dell'ammasso roccioso i quali sono in seguito stati utilizzati per le verifiche di stabilità del fronte di scavo.

5.2.4. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO E DI RIPRISTINO

Le verifiche di stabilità dei fronti di scavo sono state eseguite sul profilo più gravoso in termini di pendenze ed altezze complessive. Sono inoltre state eseguite due tipi di verifiche: una sul profilo di scavo considerando il pendio nella sua reale condizione di pendio in roccia, ed una sul profilo di sistemazione considerando il pendio come ammasso terroso per simulare meglio il comportamento del cuneo di riporto.

E' stato verificato il profilo di scavo più severo corrispondente con la sezione B-B' la cui traccia è riportate nella planimetria di progetto (Fig. 25).

Fig. 25 - Piante tracce profili oggetto di verifica



VERIFICA DEL PROFILO DI SCAVO

Per l'esecuzione della verifica di stabilità del pendio in roccia è stato utilizzato il Metodo di Hoek e Bray. Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= AB \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1} \\ c &= A \sigma_c \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N \operatorname{tg} \varphi \end{aligned}$$

dove:

- σ_c è la resistenza a compressione monoassiale della roccia;

- A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (riportati in tabella);
- N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

- Tabella indici di Bieniawski (indice RMR) e di Barton (indice Q)

	Calcari Dolomie Marne	Argilliti Siltiti Scisti	Areniti Quarziti	Andesiti Basalti Rioliti	Anfiboliti Gneiss Graniti
RMR = 100 Q = 500	A = 0.816 B = 0.658 T = -0.140	A = 0.918 B = 0.677 T = -0.099	A = 1.044 B = 0.692 T = -0.067	A = 1.086 B = 0.696 T = -0.059	A = 1.220 B = 0.705 T = -0.040
RMR = 85 Q = 100	A = 0.651 B = 0.679 T = -0.028	A = 0.739 B = 0.692 T = -0.020	A = 0.848 B = 0.702 T = -0.013	A = 0.883 B = 0.705 T = -0.012	A = 0.998 B = 0.712 T = -0.008
RMR = 65 Q = 10	A = 0.369 B = 0.669 T = -0.006	A = 0.427 B = 0.683 T = -0.004	A = 0.501 B = 0.695 T = -0.003	A = 0.525 B = 0.698 T = -0.002	A = 0.603 B = 0.707 T = -0.002
RMR = 44 Q = 1	A = 0.198 B = 0.662 T = -0.0007	A = 0.234 B = 0.675 T = -0.0005	A = 0.280 B = 0.688 T = -0.0003	A = 0.295 B = 0.691 T = -0.003	A = 0.346 B = 0.700 T = -0.0002
RMR = 3 Q = 0.1	A = 0.115 B = 0.646 T = -0.0002	A = 0.129 B = 0.655 T = -0.0002	A = 0.162 B = 0.672 T = -0.0001	A = 0.172 B = 0.676 T = -0.0001	A = 0.203 B = 0.686 T = -0.0001
RMR = 3 Q = 0.01	A = 0.042 B = 0.534 T = 0	A = 0.050 B = 0.539 T = 0	A = 0.061 B = 0.546 T = 0	A = 0.065 B = 0.548 T = 0	A = 0.078 B = 0.556 T = 0

I risultati ottenuti dal rilevamento geomeccanico, integrati con i dati bibliografici riportati nella Tesi di Laurea del Dott. Barbieri e con risultati di Prove Point Load Test eseguiti su campioni di roccia prelevati in cava, hanno permesso di definire i seguenti parametri utilizzati nelle verifiche;

- Peso unità di volume = 2100 kg/m³
- Resistenza compressione monoassiale 300 (kg/cm²)
- Indice di Beniawski 56 arrotondato per difetto a favore della sicurezza al valore inferiore riportato in tabella pari a 44.

Le verifiche sono state eseguite ipotizzando la presenza di un acquifero che presenta una geometria il cui andamento è stato ricostruito come riportato nelle sezioni presenti in coda alle verifiche di stabilità.

Le analisi di stabilità dei fronti di scavo sono state effettuate in condizioni sismiche considerando cautelativamente i seguenti parametri di input:

- Categoria sottosuolo: B
- Classe d'uso: 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. Vita nominale: 50 [anni])

- Categoria Topografia: T2

Per verificare l'attendibilità dei dati utilizzati nelle verifiche di seguito riportate è stato inoltre eseguito uno studio utilizzando il metodo della back analysis in corrispondenza della zona interessata dal movimento franoso di cui si è detto in precedenza.

Il calcolo della stabilità di un versante è basato sul confronto tra le forze resistenti e quelle agenti lungo una determinata superficie di scorrimento. Al momento della rottura (Fattore di sicurezza $F=1$), la posizione e la forma della superficie critica dipendono dalla geometria del versante, dalle condizioni idrauliche, dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e dagli eventuali carichi esterni applicati. Pertanto, essendo grossomodo nota la posizione della superficie di scorrimento e la geometria del versante, dal momento che si è già verificato un dissesto in corrispondenza del fronte di scavo, sono state stimate le resistenze del terreno e le condizioni idrauliche, ponendosi nelle condizioni peggiori. Analisi di questo tipo vengono appunto dette analisi a ritroso e consistono nello studio delle condizioni meccaniche ed idrauliche che hanno portato un versante a rottura. A differenza della normale analisi di stabilità, nell'analisi a ritroso il fattore di sicurezza F non è l'oggetto del calcolo ma è un valore noto, risultando teoricamente uguale ad 1 in un versante a rottura.

I parametri e le caratteristiche idrauliche ricavate nell'analisi a ritroso dello stato attuale hanno confermato i risultati del rilievo geomeccanico.

A seguire vengono riportati i risultati sintetici delle verifiche eseguite.

Verifica di Stabilità Profilo B-B' in scavo

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

=====	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	40,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	35,15 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	21,67 m
Ascissa vertice destro superiore xs	63,8 m
Ordinata vertice destro superiore ys	40,37 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0
=====	
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,055
Coefficiente azione sismica verticale	0,028

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	-34,83
2	20,21	-34,83
3	24,23	-30,83
4	29,26	-30,83
5	37,42	-22,83
6	42,35	-22,83
7	50,46	-14,83
8	55,53	-14,83
9	63,64	-6,83
10	68,71	-6,83
11	76,82	1,17
12	81,89	1,17
13	84,38	4,11
14	88,67	9,17
15	95,44	17,17
16	108,32	20,17
17	119,91	21,17

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-37,89
2	2,79	-37,76
3	13,66	-37,23
4	25,2	-36,7
5	37,14	-34,57
6	50,14	-32,05
7	64,2	-26,22
8	74,94	-17,86
9	79,32	-14,01
10	88,07	-8,84
11	94,04	-4,33
12	102,0	-1,02
13	111,02	1,11
14	119,11	2,17
15	119,91	2,27

PROGETTO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE DELLA CAVA "LA ZAVATTONA 11"
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0
 Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
 Coesione efficace 1,25
 Coesione non drenata 1,4
 Riduzione parametri geotecnici terreno Si

=====

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	1800	0,28	0,688	-0,0003	300		Formazione di Loiano

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

=====

Fs minimo individuato 1,52
 Ascissa centro superficie 45,65 m
 Ordinata centro superficie 37,25 m
 Raggio superficie 70,62 m

=====

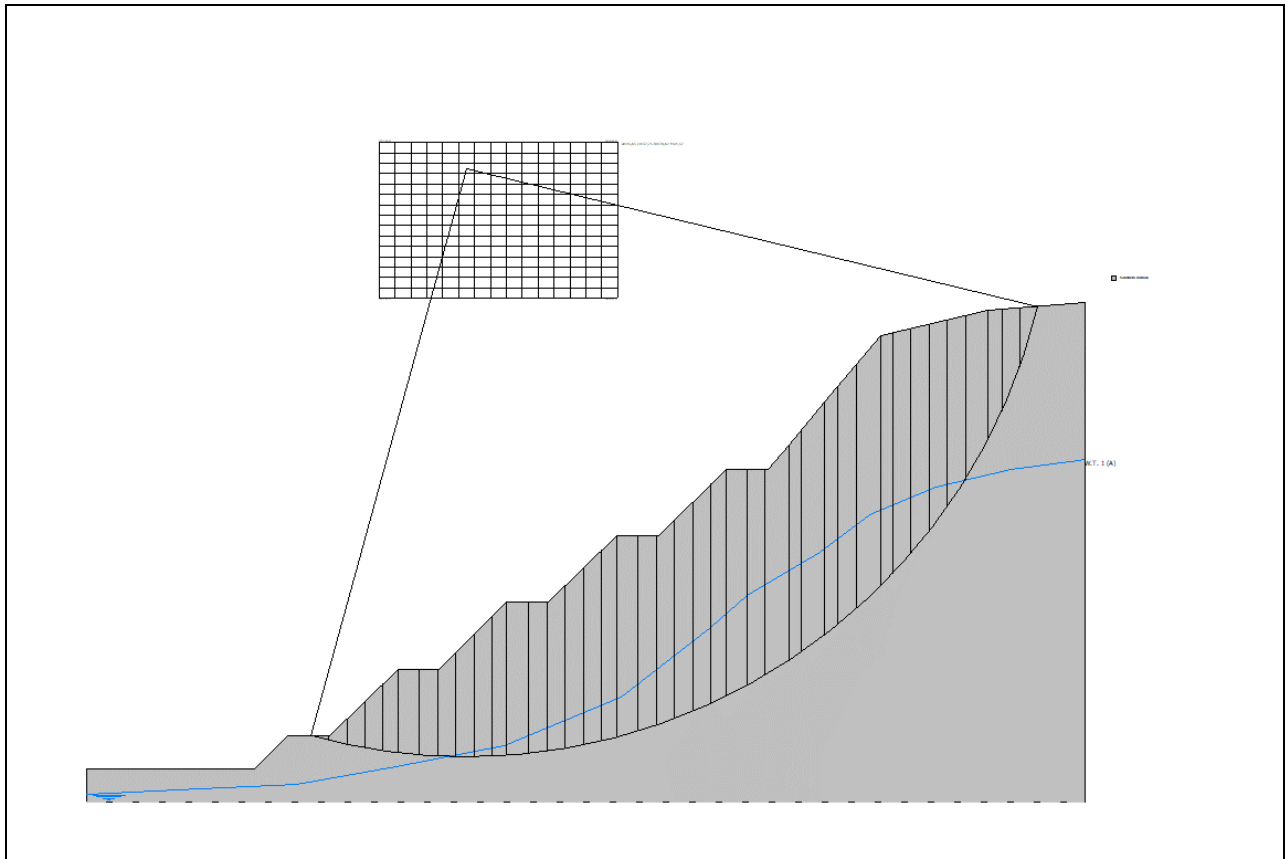
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 45,654 yc = 37,251 Rc = 70,615 Fs=1,517

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,18	-14,5	2,26	1146,56	63,06	32,1	0,26	59,4	0,0	2828,7	6366,0
2	2,18	-12,7	2,24	6758,27	371,71	189,23	0,33	50,9	0,0	9479,0	11361,6
3	2,18	-10,8	2,22	16969,71	933,33	475,15	0,45	44,0	0,0	20737,5	18047,7
4	2,18	-9,0	2,21	26900,48	1479,53	753,21	0,57	40,1	0,0	30934,0	23196,7
5	1,78	-7,4	1,8	29082,81	1599,56	814,32	0,67	37,8	0,0	32210,9	22123,1
6	2,59	-5,6	2,6	47499,6	2612,48	1329,99	0,71	36,8	0,0	51086,4	33988,3
7	2,18	-3,7	2,19	40857,98	2247,19	1144,02	0,72	36,6	0,0	42783,9	28503,5
8	2,18	-1,9	2,19	44938,35	2471,61	1258,27	0,76	35,8	0,0	45964,6	29861,6
9	2,18	-0,1	2,18	53567,6	2946,22	1499,89	0,84	34,5	881,9	52769,6	32709,6
10	2,18	1,6	2,19	61931,04	3406,21	1734,07	0,91	33,4	1758,0	59194,6	35310,8
11	1,71	3,2	1,71	54009,43	2970,52	1512,26	0,97	32,6	1883,8	50566,3	29289,3
12	2,66	5,0	2,67	87583,23	4817,08	2452,33	0,98	32,5	4620,0	79275,7	45888,9
13	2,18	7,0	2,2	70850,91	3896,8	1983,83	0,95	32,9	5423,7	61479,2	36307,5
14	2,18	8,8	2,21	73042,06	4017,31	2045,18	0,95	32,8	6744,5	61480,1	36363,7
15	2,18	10,6	2,22	80055,07	4403,03	2241,54	0,99	32,2	7912,2	66251,1	38292,8
16	2,18	12,4	2,24	86788,34	4773,36	2430,07	1,03	31,8	8924,4	70911,3	40158,6
17	1,78	14,0	1,83	75442,86	4149,36	2112,4	1,06	31,4	7904,3	61114,5	34042,5
18	2,59	15,8	2,69	111230,4	6117,67	3114,45	1,05	31,5	13044,5	88053,6	49358,6
19	2,18	17,9	2,3	90963,1	5002,97	2546,97	0,99	32,3	13483,7	68629,6	39628,1
20	2,18	19,7	2,32	91131,34	5012,22	2551,68	0,96	32,7	15582,5	66315,4	38871,8
21	2,18	21,6	2,35	96360,49	5299,83	2698,09	0,97	32,5	17478,1	68968,6	40063,9
22	2,18	23,6	2,38	101258,1	5569,2	2835,23	0,98	32,5	19215,8	71522,2	41234,5
23	1,85	25,4	2,05	89397,77	4916,88	2503,14	0,97	32,5	17660,3	62417,0	35804,6
24	2,52	27,3	2,83	120787,9	6643,33	3382,06	0,93	33,1	26120,6	81860,2	47795,4
25	2,18	29,5	2,51	99806,62	5489,36	2794,59	0,86	34,1	23699,4	65139,9	39421,1
26	2,85	31,9	3,36	129160,0	7103,8	3616,48	0,83	34,7	30950,3	83701,0	51377,6
27	1,51	34,0	1,83	71712,58	3944,19	2007,95	0,83	34,6	16247,0	47508,7	28754,0
28	2,77	36,1	3,43	136296,3	7496,3	3816,3	0,83	34,6	29052,7	92400,6	55313,4
29	1,6	38,4	2,04	81289,46	4470,92	2276,11	0,82	34,8	16545,0	56134,3	33397,8
30	2,18	40,3	2,87	113776,5	6257,71	3185,74	0,81	35,0	22321,3	79764,0	47361,8
31	2,99	43,2	4,1	159715,0	8784,33	4472,02	0,78	35,5	29487,9	114629,2	68147,4
32	1,38	45,6	1,97	73189,02	4025,4	2049,29	0,75	36,0	11971,6	54281,4	32538,4

PROGETTO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE DELLA CAVA "LA ZAVATTONA 11"
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI

33	2,18	47,8	3,25	110079,7	6054,38	3082,23	0,7	37,0	16439,6	82986,9	51124,4
34	2,18	50,5	3,43	102165,1	5619,08	2860,62	0,65	38,2	12910,1	78963,3	50554,8
35	2,18	53,3	3,66	93215,74	5126,87	2610,04	0,59	39,6	8724,4	74490,4	49882,9
36	2,18	56,4	3,95	83011,59	4565,64	2324,32	0,54	41,0	3063,3	70195,0	49366,2
37	2,76	60,3	5,57	87814,73	4829,81	2458,81	0,46	43,6	0,0	75001,5	58308,4
38	1,61	64,0	3,68	40415,12	2222,83	1131,62	0,38	47,4	0,0	32113,1	29316,7
39	2,18	67,9	5,81	38803,07	2134,17	1086,49	0,31	51,9	0,0	26453,7	31136,2
40	2,18	73,3	7,62	15387,94	846,34	430,86	0,26	58,9	0,0	3218,6	15099,0



Il pendio in scavo risulta verificato con un coefficiente di sicurezza **Fs = 1,517**.

VERIFICA DEL PROFILO DI SISTEMAZIONE

Per eseguire la verifica sul profilo di sistemazione è stato necessario ipotizzare il pendio interamente costituito da un ammasso terroso conferendo allo strato di riporto i valori meccanici propri ed al pendio in roccia valori meccanici molto alti per costringere il programma di calcolo a cercare il cerchio critico all'interno del cuneo di riporto.

Verifica di Stabilità Profilo B-B' in ripristino

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

=====	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	13,13 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,63 m
Ascissa vertice destro superiore xs	41,78 m
Ordinata vertice destro superiore ys	24,33 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0
=====	

Sisma

=====	
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,055
Coefficiente azione sismica verticale	0,028
=====	

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	-34,33
2	10,27	-34,33
3	46,37	-13,83
4	56,54	-13,83
5	61,61	-8,83
6	63,64	-6,83
7	64,65	-5,83
8	69,72	-5,83
9	76,82	1,17
10	79,54	3,17
11	82,58	5,17
12	85,62	7,17
13	88,67	9,17
14	95,44	17,17

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-37,89
2	2,79	-37,76
3	13,66	-37,23
4	25,2	-36,7
5	37,14	-34,57
6	50,14	-32,05
7	64,2	-26,22
8	74,94	-17,86
9	79,32	-14,01
10	88,07	-8,84
11	94,04	-4,33
12	102,0	-1,02

PROGETTO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE DELLA CAVA "LA ZAVATTONA 11"
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI

Vertici strato

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-34,83
2	20,21	-34,83
3	24,23	-30,83
4	29,26	-30,83
5	37,42	-22,83
6	42,35	-22,83
7	50,46	-14,83
8	55,53	-14,83
9	63,64	-6,83
10	68,71	-6,83
11	76,82	1,17
12	81,89	1,17
13	84,38	4,11
14	88,67	9,17
15	95,44	17,17
16	108,32	20,17
17	119,91	21,17

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

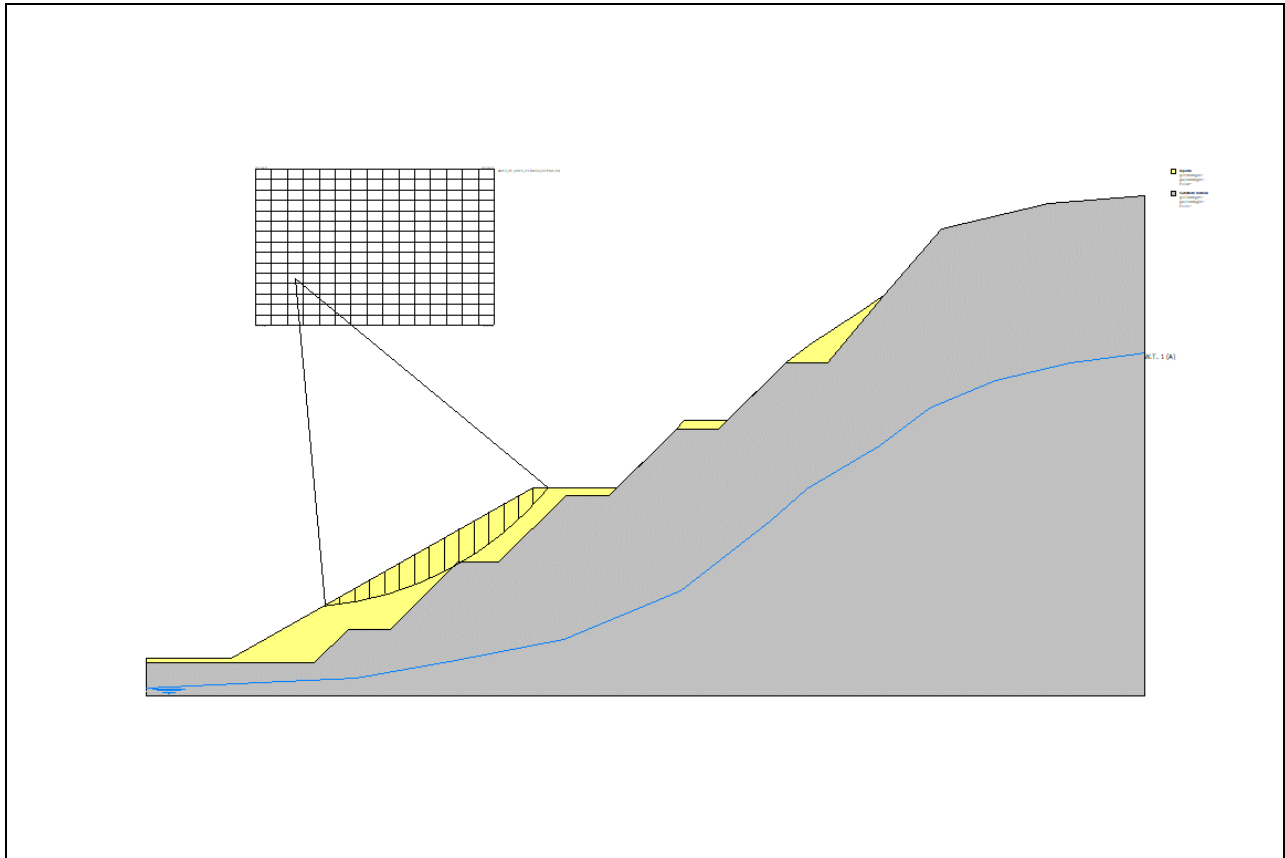
Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.15	0	30	1800	2000	Riporto
2	1	0	45	2300	2500	Substrato roccioso

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,18
Ascissa centro superficie	17,91 m
Ordinata centro superficie	11,24 m
Raggio superficie	39,39 m

xc = 17,906 yc = 11,239 Rc = 39,393 Fs=1,184

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,79	6,4	1,8	1348,0	74,14	37,74	0,12	24,8	0,0	1124,3	2060,4
2	1,79	9,1	1,81	3842,62	211,34	107,59	0,12	24,8	0,0	3430,4	2888,9
3	1,79	11,7	1,83	6064,31	333,54	169,8	0,12	24,8	0,0	5443,3	3617,2
4	1,79	14,4	1,85	8006,02	440,33	224,17	0,12	24,8	0,0	7175,0	4249,9
5	1,79	17,1	1,87	9658,5	531,22	270,44	0,12	24,8	0,0	8631,9	4789,6
6	1,79	19,8	1,9	11009,93	605,55	308,28	0,12	24,8	0,0	9814,9	5237,2
7	1,79	22,6	1,94	12045,42	662,5	337,27	0,12	24,8	0,0	10719,0	5591,5
8	1,79	25,5	1,98	12746,49	701,06	356,9	0,12	24,8	0,0	11332,2	5849,4
9	1,79	28,4	2,04	13089,87	719,94	366,52	0,12	24,8	0,0	11634,2	6004,6
10	1,79	31,4	2,1	13046,62	717,56	365,31	0,12	24,8	0,0	11594,0	6048,0
11	1,79	34,5	2,17	12579,82	691,89	352,24	0,12	24,8	0,0	11165,7	5965,4
12	1,79	37,8	2,27	11642,08	640,31	325,98	0,12	24,8	0,0	10283,0	5736,6
13	1,79	41,1	2,38	10171,18	559,42	284,79	0,12	24,8	0,0	8848,4	5331,6
14	1,66	44,6	2,33	7572,33	416,48	212,03	0,12	24,8	0,0	6309,0	4385,9
15	1,92	48,4	2,89	3882,78	213,55	108,72	0,12	24,8	0,0	2031,9	3388,7



Il pendio in sistemazione risulta verificato con un coefficiente di sicurezza $F_s = 1,184$.

Sintesi dei risultati

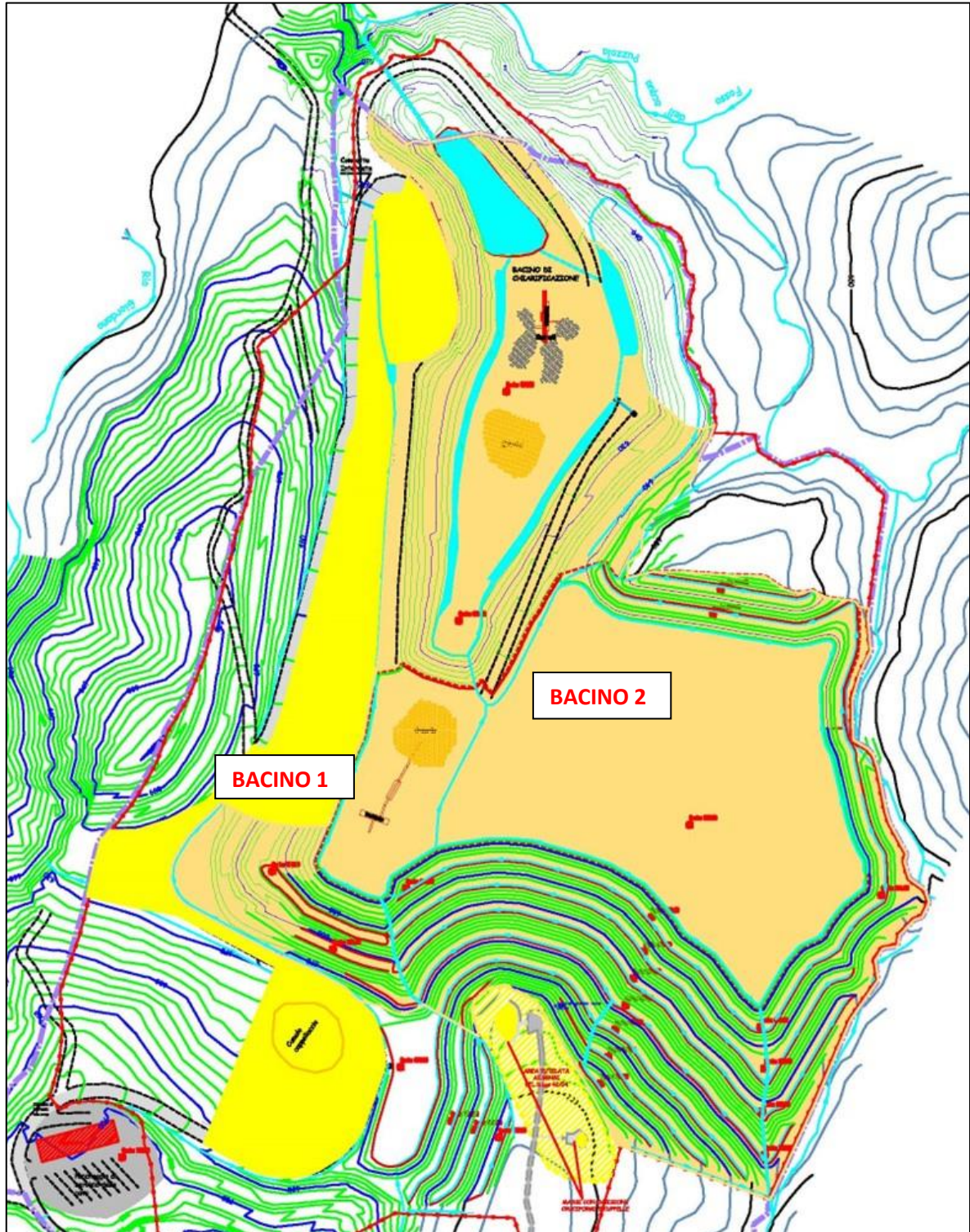
I risultati ottenuti nelle verifiche di stabilità eseguite in corrispondenza del profilo più severo hanno avuto esito positivo con coefficienti di sicurezza maggiori rispetto ai minimi previsti dalla normativa vigente. Anche dal Test di Markland eseguiti per i versanti SE e NW, maggiormente critici, sono stati ottenuti valori a favore della stabilità dell'ammasso roccioso.

5.3. REGIMAZIONE IDRAULICA

Il progetto prevede la realizzazione di fossi di guardia laddove non ancora presenti o realizzati in passato, così da impedire l'ingresso in cava di acque di provenienza esterna.

In particolare verranno realizzati fossi di guardia al coronamento dello scavo in ampliamento della cava esistente, che collegheranno le acque intercettate nel sistema di fossi naturali esistente.

Fig. 26 - Aree di cava e bacini di chiarificazione di riferimento



Le acque meteoriche invece raccolte all'interno dell'area di cava verranno regimate attraverso la realizzazione di un sistema di fossi aventi sezioni e inclinazioni sufficienti per consentire lo scolo delle acque, ma non eccessive per evitare fenomeni di erosione concentrata; laddove si renderà necessario invece realizzare fossi con inclinazione superiore a 30°, questi verranno presidiati mediante soglie o dissipatori di energia realizzati con i massi presenti in cava scartati perché maggiormente cementati. Tutte le acque raccolte all'interno della cava, prima dell'immissione nella rete scolante naturale, transiteranno all'interno di due vasche di chiarificazione: una di discrete dimensioni posta a sud degli uffici che raccoglie solamente le acque del versante occidentale della cava posta tra la strada di accesso e la pista interna posta a quota di 640 m - BACINO 1 (Fig. 14), mentre la seconda di maggiori dimensioni posta sul fondo cava alla quota di 625 m che raccoglie tutte le altre acque insistenti sull'area di cava – BACINO 2 (Fig. 14).

Periodicamente le vasche verranno svuotate dal materiale decantato per ripristinare la capacità di invaso e quindi di chiarificazione.

Dalle vasche di chiarificazione le acque scolano nel fosso posto ad ovest della cava: quella più piccola mediante un troppo pieno e quindi un tubo sottopassante la strada di accesso, quella più grande mediante un troppo pieno ed un fosso realizzato con il progetto di sistemazione idraulica di cui all'Autorizzazione Unica rilasciata dal SUAP dell'Unione dei Comuni del Frignano il 17/05/2016 all'interno del procedimento unico n. 106/2015.

5.3.1. VERIFICA IDRAULICA

Dal precedente PCS il bacino più grande (BACINO 2) è rimasto immutato, come anche i fossi di scolo afferenti ad esso e dimensionati nella Relazione Tecnica del precedente PCS. La variazione degna di nota all'interno del presente PCS è che è stato chiuso il piccolo bacino a valle degli uffici a favore di uno di dimensioni maggiori, ubicato più a sud.

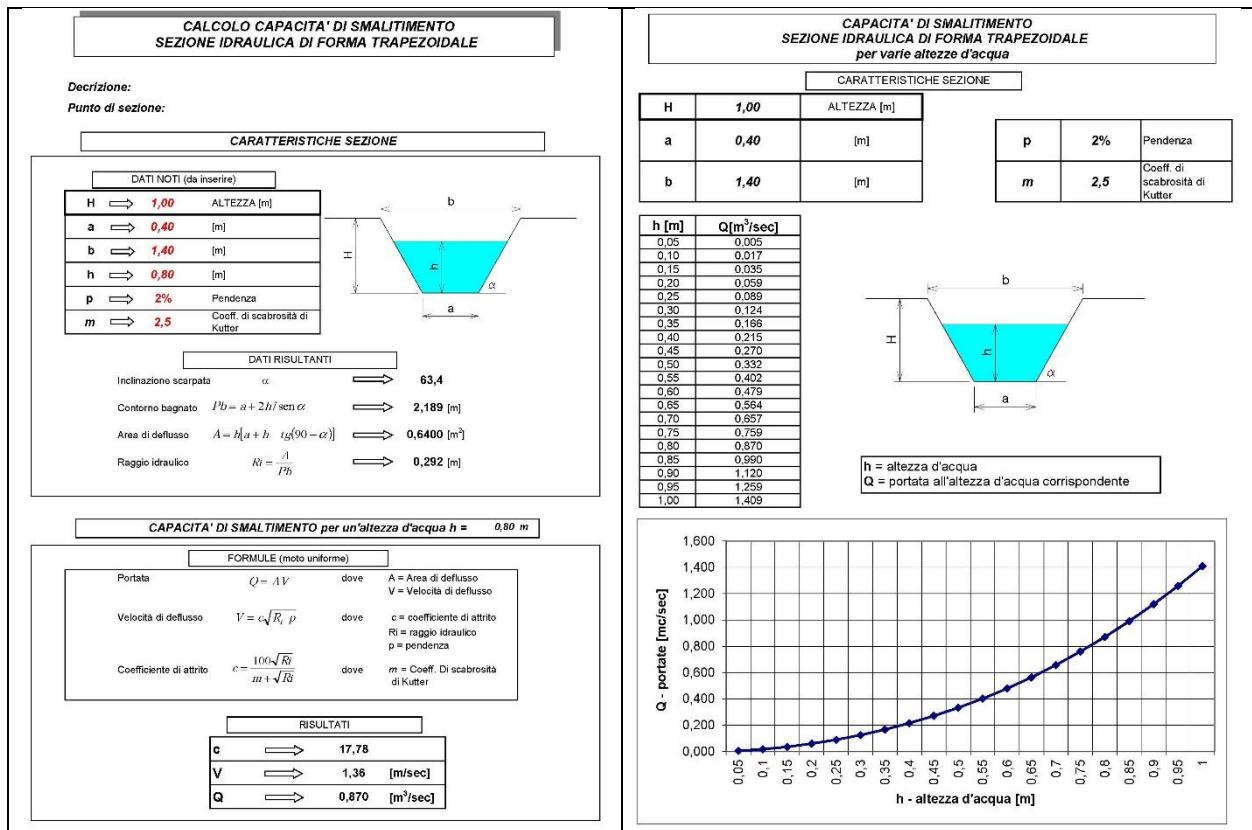
Il dimensionamento dei fossi era stato nel precedente PCS ed eseguito prendendo a riferimento un Coefficiente Udometrico cautelativo di 70 lt/sec/ha, da cui si può calcolare la portata critica del bacino sotteso dall'intera area di intervento:

$$P_c = CU * \text{superficie cava} = 70 \text{ lt/sec/ha} * 10 = 700 \text{ lt/sec}$$

Di seguito si riporta la verifica del dimensionamento eseguito per il fosso principale che raccoglie tutte le acque meteoriche insistenti sul versante orientale della cava.

Il fosso, di dimensioni pari a base maggiore 1.4 m, base minore 0.4 m, altezza 1.0 m e battente idrico 0.8 m (franco di 20 cm) con pendenza del 2%, è in grado di smaltire una portata di quasi 900 lt/sec, ampiamente superiore a quella generata dall'intero bacino 2 della cava.

Fig. 27 – Verifica idraulica fosso a sezione trapezia



Nel sistema di fossi a cielo aperto di progetto, oltre a quello terminale prima dimensionato, si distinguono due tipologie: una rappresentata dai fossi laterali alla strada di accesso e a quella di servizio, che costituiscono i collettori principali aventi sezione trapezoidale di base inferiore pari a 50cm ed altezza di 50cm; una seconda costituita dai rimanenti fossi, sempre di sezione trapezoidale, con base inferiore ed altezza pari a 30 cm.

Per le due tipologie sono state eseguite verifiche idrauliche utilizzando lo stesso metodo precedentemente adottato ed utilizzando cautelativamente il bacino sotteso maggiore:

tipologia 1 - sezione trapezoidale di base di 50 cm

- Sup. bacino (S) = 35.000 mq
- Pc = 345 l/sec (tempo di ritorno 10 anni)
- Pendenza = 10 %
- Battente del fosso = 20 cm
- Velocità dell'acqua = 3.5 m/sec

tipologia 2 - sezione trapezoidale di base di 30 cm

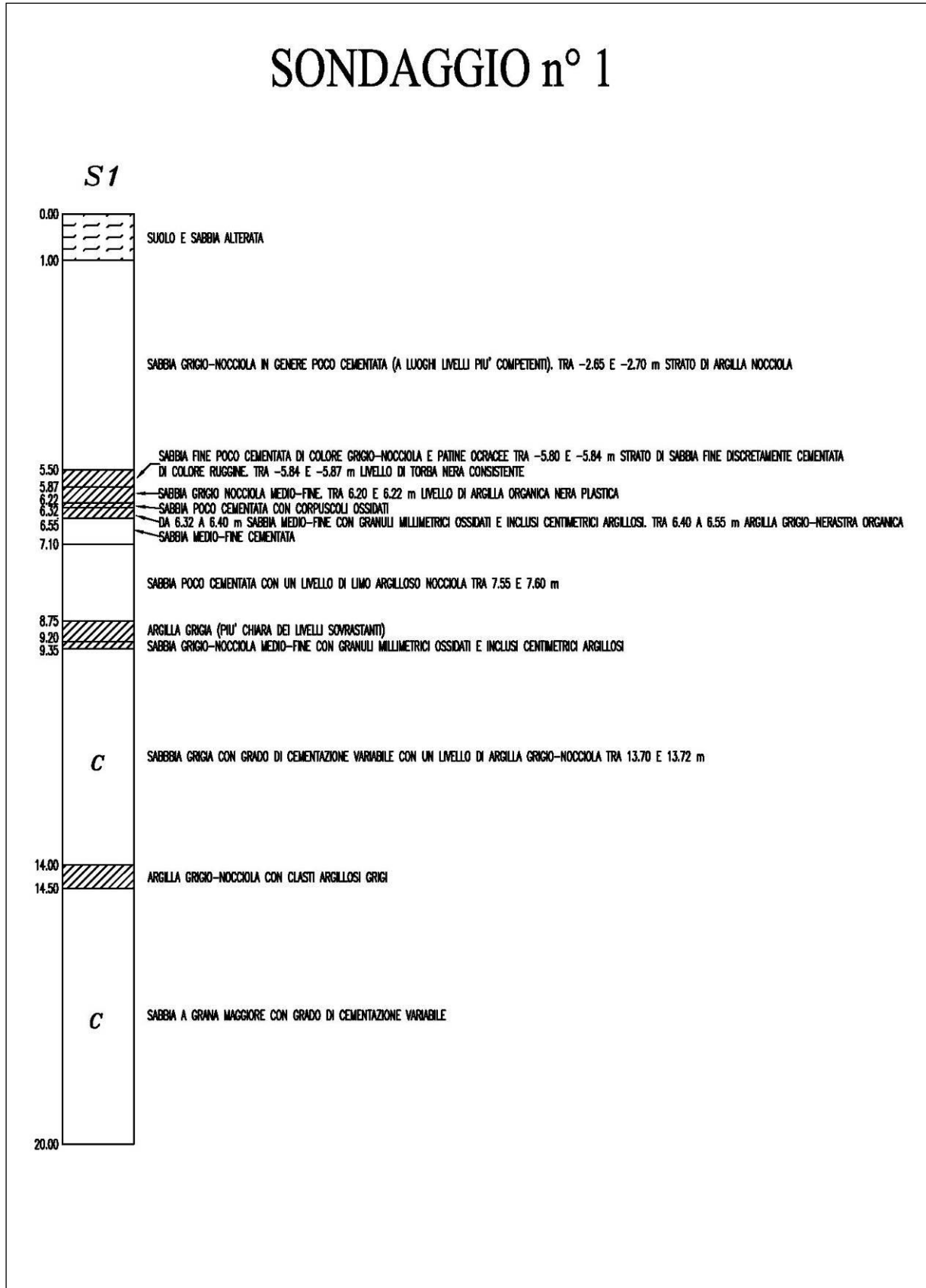
- Sup. bacino (S) = 2.000 mq
- Pc = 20 l/sec (tempo di ritorno 10 anni)
- Pendenza = 3 %
- Battente del fosso = 6 cm
- Velocità dell'acqua = 1.2 m/sec

Entrambe le tipologie sono verificate per i battenti più cautelativi.

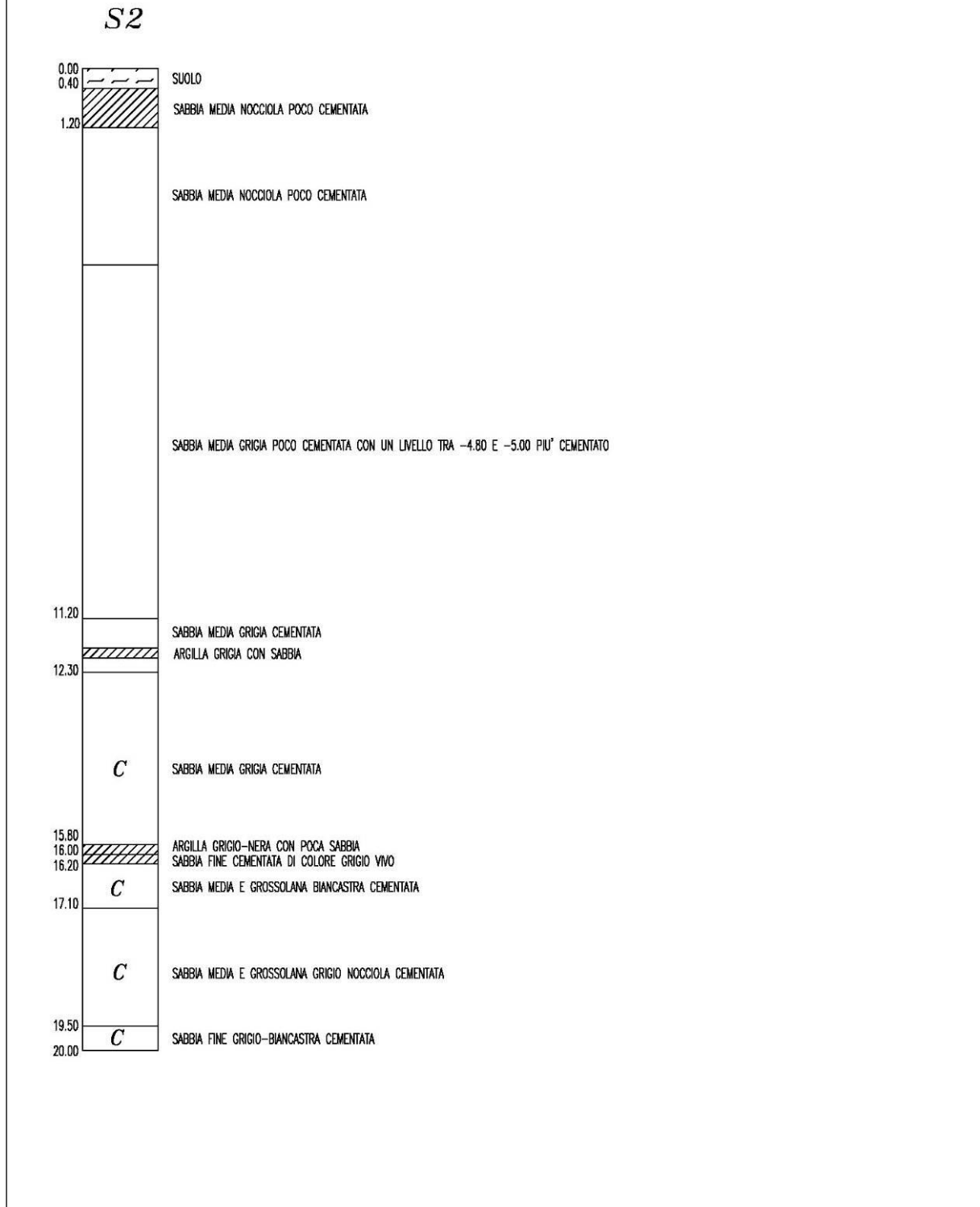
ALLEGATO 1

**STRATIGRAFIE
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO**

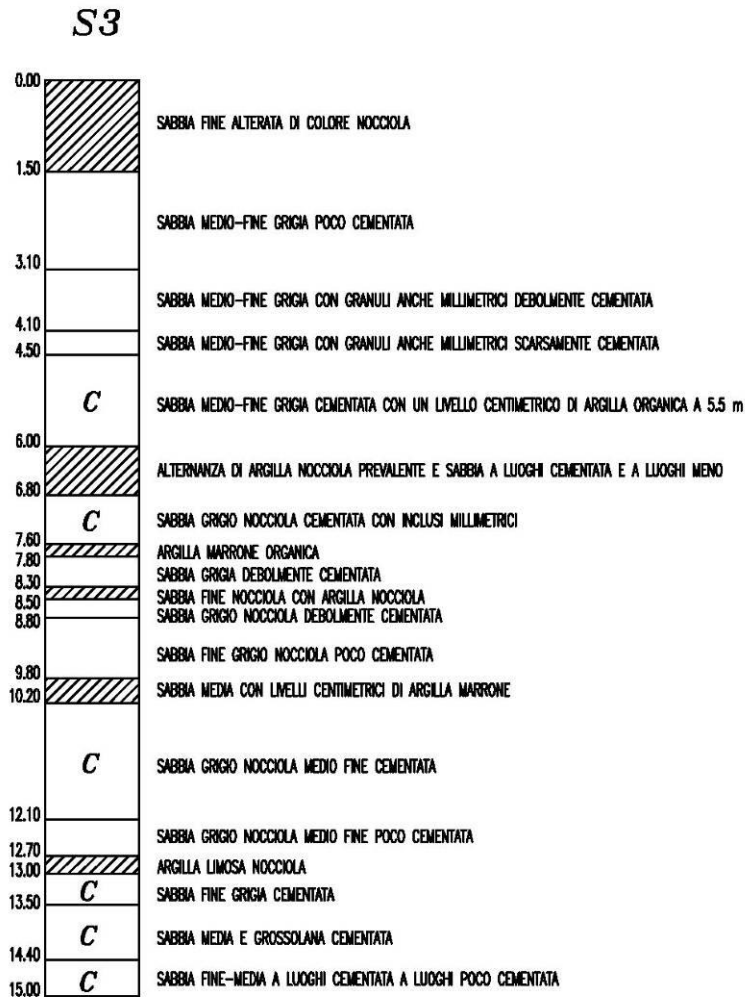
SONDAGGIO n° 1



SONDAGGIO n° 2

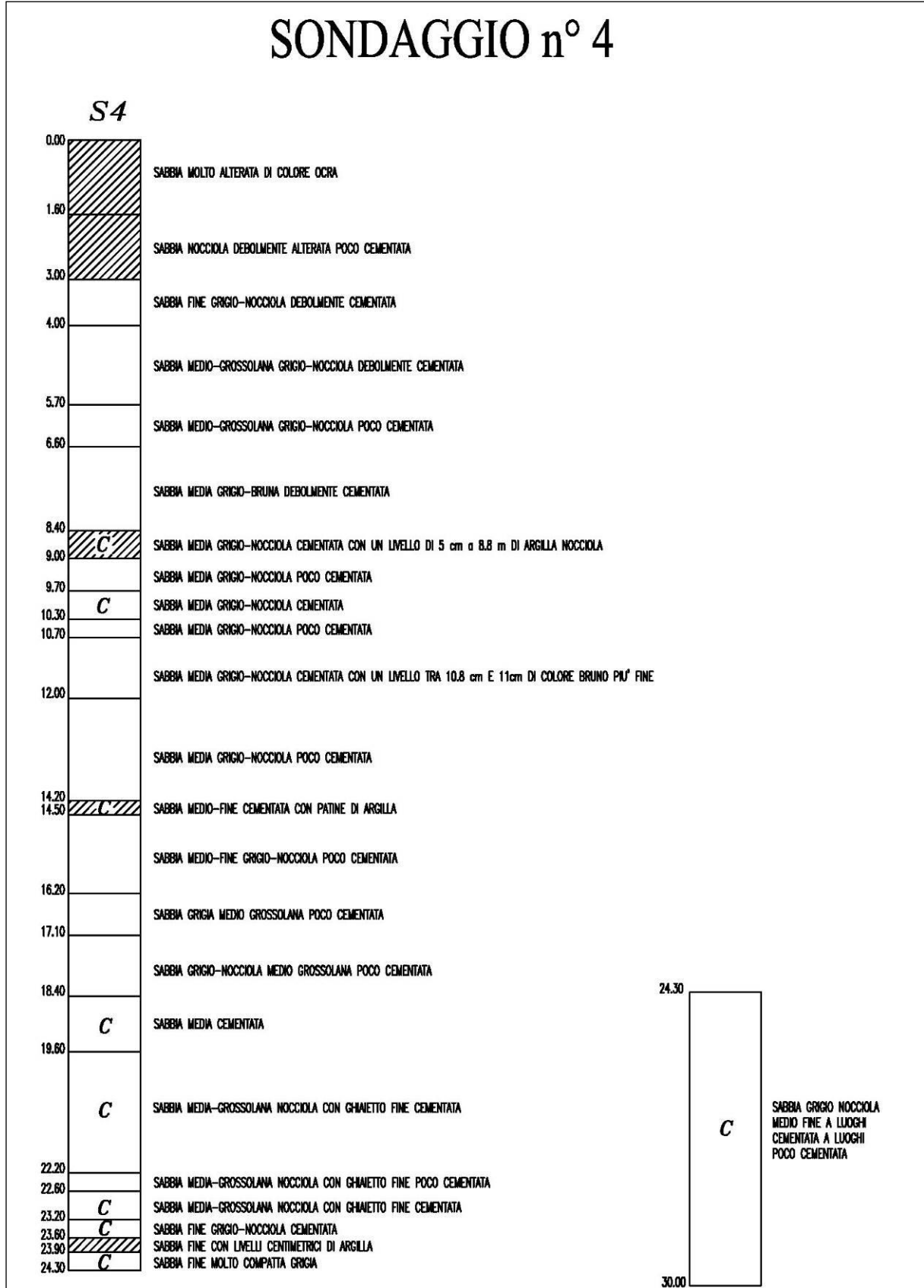


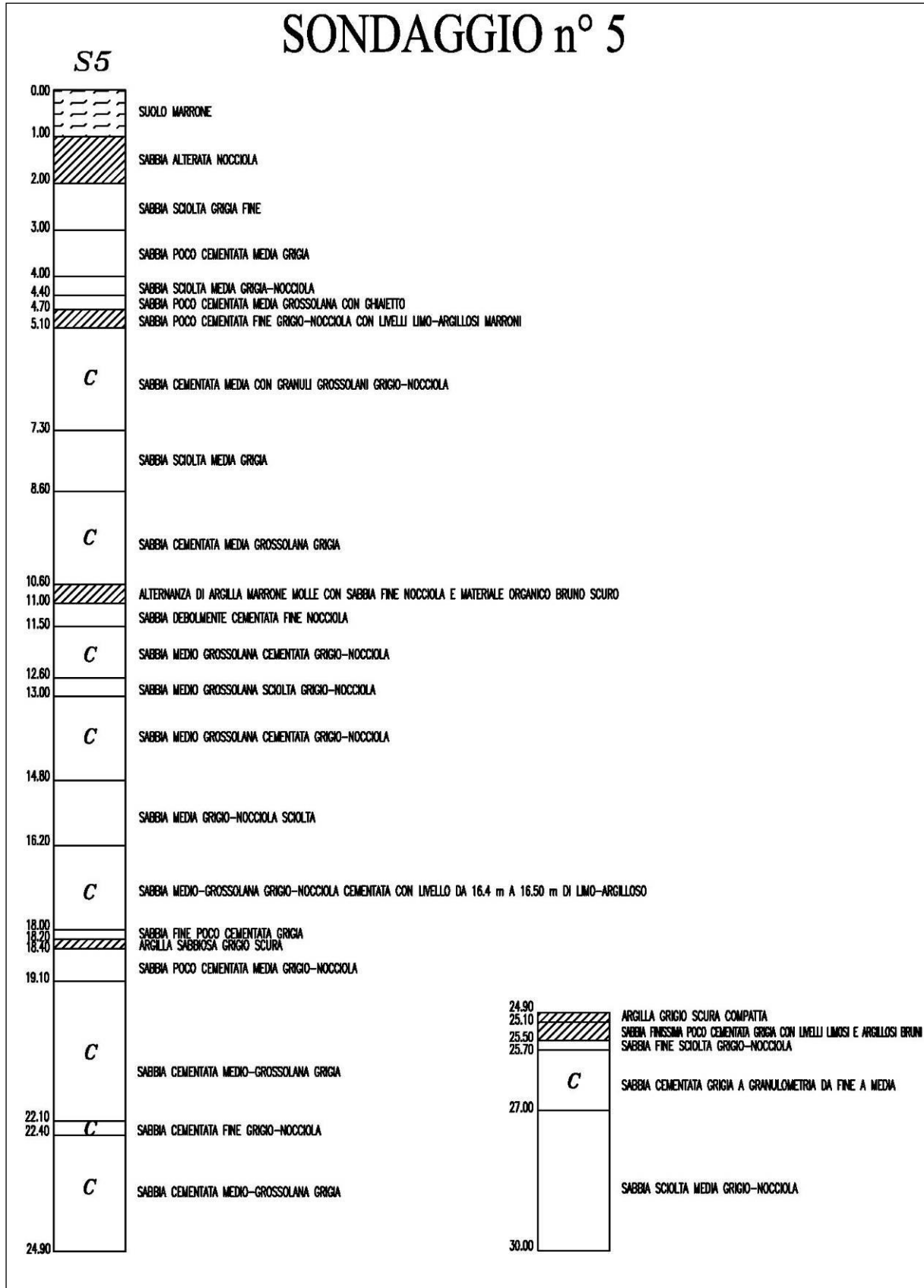
SONDAGGIO n° 3



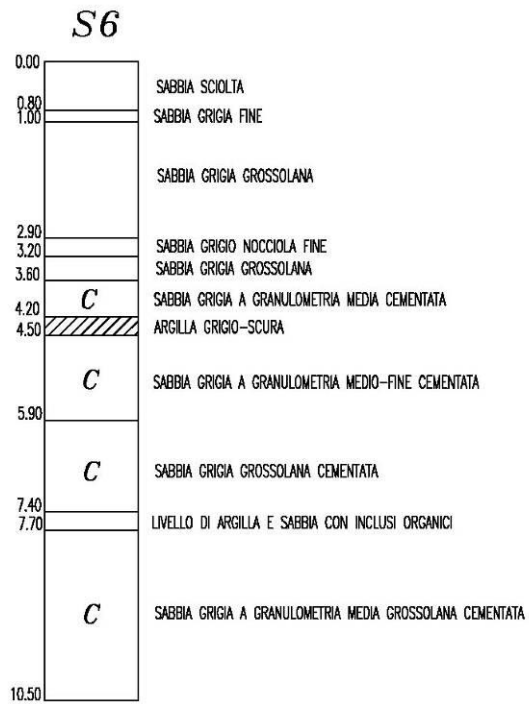
NOTE: Misura piezometrica nel foro di sondaggio, chiuso a -12.50m, l'acqua è stata rilevata a - 12.10 dal p.d.c.

SONDAGGIO n° 4

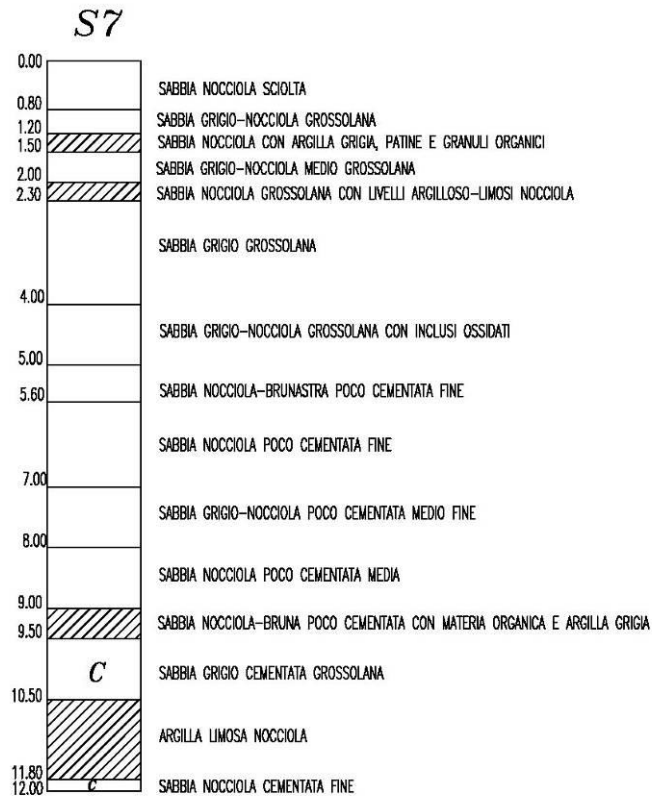




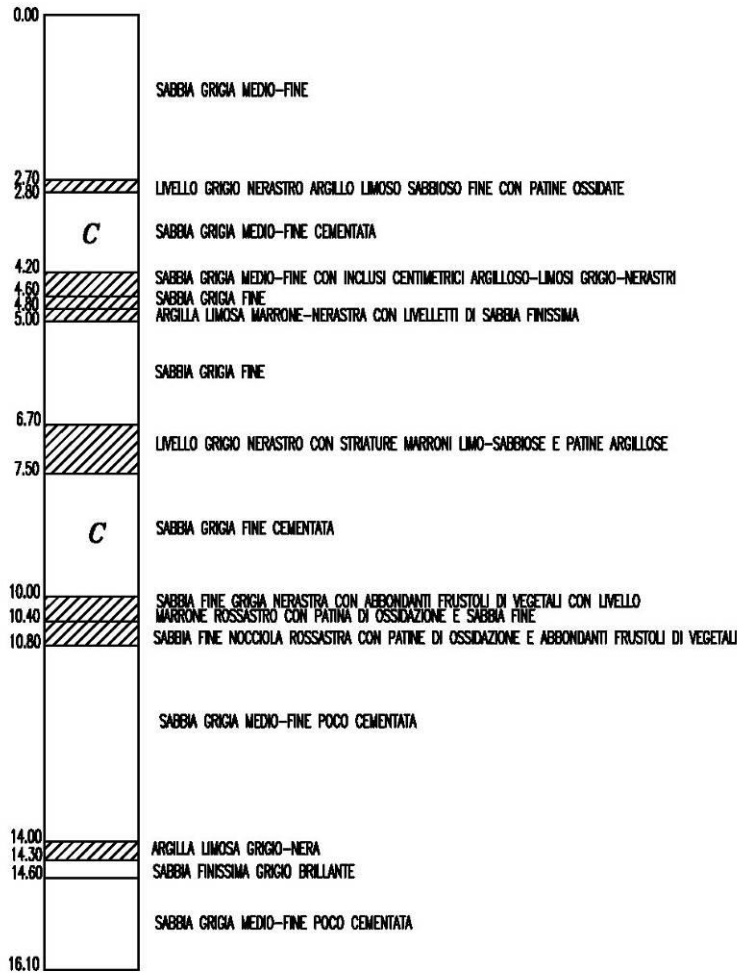
SONDAGGIO n° 6



SONDAGGIO n° 7



STRATIGRAFIA PARETE NORD (S8)





SOGEO
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via S. Pottio n. 43 - 48022 S. Pottio di LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano	SOND.N°: S.1	PROF.(m): 35.00
CANTIERE: Cava Zavattone - Pavullo (MO)	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMC MK900 D1	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	DATA INIZ-FINE: 29/06/2020-30/06/2020
PIEZOMETRO:	SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 097-20	CERTIFICATO N°: C20-047-1	RAPPORTO N°: -----
	DATA DI EMISSIONE: 15/07/2020	PAGINA N°: 1 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	Falda	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Pz.Norton
1			0.80		Sabbia fine limosa di colore marrone, con radici					
2					Sabbia fine limosa e sabbia media-fine limosa di colore grigio-giallastro, con livelli ocre e bruni. Da -3.0 m livelli centimetrici limo argillosi di colore grigio					
3										
4										
5			4.30							
6					Arenaria media - grossolana di colore grigio, poco cementata. A -5.70 m livello, S = 10 cm, di argilla di colore grigio. Da -7.30 a -7.60 m livello non cementato. A -8.70 m livello, S = 10 cm, di argilla di colore grigio. Da -11.40 a -11.60 m livello molto cementato. A -10.50 m e a -12.80 m livelli, S = 5 cm, di limo di colore grigio. Da -14.20 a -14.40 m livello non cementato. Da -16.70 a -17.20 m presenti alcuni livelli centimetrici di limo argilloso. A -19.50 m livello, S = 10 cm, di limo argilloso					
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22			21.60		Marna siltosa di colore grigio scuro. Da -22.40 a -22.80 m arenaria di colore grigio, ben cementata fino a -22.60 m					
23					Arenaria di colore grigio con venature nerastre, ben cementata					
24			23.30 23.50							
25					Arenaria di colore grigio: alternanza di livelli medio-grossolani poco cementati e livelli fini e medio-fini ben cementati. Da -24.70 a -25.10 m e da -28.00 a -28.20 m argilla marnosa di colore grigio. Da -31.40 a -32.00 m cementazione molto debole					
26										
27										
28										
29										
30										

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO S.R.L.
 INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
 Via S. Pottio n. 43 - 48022 S. Pottio di LUGO (RA)
 Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
 Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
 Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano	SOND.N°: S.1	PROF.(m): 35.00
CANTIERE: Cava Zavattone - Pavullo (MO)	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMC MK900 D1	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	DATA INIZ-FINE: 29/06/2020-30/06/2020
PIEZOMETRO:	SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 097-20	CERTIFICATO N°: C20-047-1	RAPPORTO N°: -----
	DATA DI EMISSIONE: 15/07/2020	PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	Falda	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Pz.Norton
31					Arenaria di colore grigio: alternanza di livelli medio-grossolani poco cementati e livelli fini e medio-fini ben cementati. Da -24.70 a -25.10 m e da -28.00 a -28.20 m argilla marnosa di colore grigio. Da -31.40 a -32.00 m cementazione molto debole					
32										
33										
34										
35			35.00							
36										
37										
38										
39										
40										

Note:
 (*) Da 0.00 a -5.20 m perforazione mediante carotiere semplice.
 Da -5.20 a -35.00 m perorazione mediante doppio carotiere.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano	SOND.N°: S.2	PROF.(m): 40.00
CANTIERE: Cava Zavattone - Pavullo (MO)	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMC MK900 D1	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	DATA INIZ-FINE: 01/07/2020-03/07/2020
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 097-20	CERTIFICATO N°: C20-047-2	RAPPORTO N°: -----
		DATA DI EMISSIONE: 15/07/2020
		PAGINA N°: 1 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm ²]	Vane Test [daN/cm ²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	Falda	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Pz.Norton
1					Materiale di riporto: sabbia fine limosa di colore giallastro					
2			1.30		Sabbia con limo di colore marrone-giallastro passante, da -2.0 m, a limo e limo sabbioso					
3			2.50		Sabbia media-fine di colore marrone-grigio					
4			3.10		Argilla marnosa siltosa di colore grigio-verdastro, poi grigio-marrone					
5			3.70							
6					Sabbia media-fine di colore grigio e grigio-nocciola					
7			6.50		Argilla marnosa di colore grigio-marrone					
8			6.70							
9					Arenaria media-grossolana di colore grigio con venature nocciola, ben cementata. A -7.70 m livello, S = 10 cm, di argilla di colore grigio-azzurro. Da -8.00 m poco cementata. Da -8.50 a -9.40 m non cementata					
10			9.70							
11										
12										
13										
14										
15					Arenaria media-grossolana di colore grigio, poco cementata. A -10.50 m livello, S = 15 cm, di argilla marnosa di colore grigio. Da -12.50 a -12.90 m non cementata.					
16					A -13.40 m livello, S = 2 cm, di argilla marnosa. Da -13.60 a -16.40 m non cementata. Da -16.40 a -16.80 m arenaria fine, molto cementata. Da -19.30 a -19.60 m argilla marnosa di colore grigio scuro. A -19.80 m livello centimetrico con frustoli carboniosi. Da -21.00 a -21.80 m non cementata. A -21.80 m e a -22.90 m livello, S = 10 cm, di argilla marnosa					
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23			23.00							
24					Sabbia fine e media-fine, da poco cementata a sciolta					
25										
26										
27										
28			27.70		Arenaria media-grossolana di colore grigio-nocciola					
29			28.00		Sabbia media-fine, da poco cementata a sciolta					
			28.70		Conglomerato fine di colore grigio, estremamente cementato					
			29.00		Sabbia media-fine di colore grigio, da poco cementata a sciolta					
			29.40							
			29.90		Marna siltosa di colore grigio scuro-verdastro					

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO S.R.L.
 INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
 Via S. Potito n. 43 - 48022 S. Potito di LUGO (RA)
 Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
 Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
 Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano	SOND.N°: S.2	PROF.(m): 40.00
CANTIERE: Cava Zavattone - Pavullo (MO)	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMC MK900 D1	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	DATA INIZ-FINE: 01/07/2020-03/07/2020
PIEZOMETRO:	SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 097-20	CERTIFICATO N°: C 20-047-2	RAPPORTO N°: -----
	DATA DI EMISSIONE: 15/07/2020	PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	Falda	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Pz.Norton
31			29.90		Arenaria media-fine di colore grigio con venature nerastre. Da -30.30 a -30.50 m marna di colore grigio scuro					
32			31.10							
33										
34										
35										
36					Arenaria media-grossolana di colore grigio, con livelli poco cementati. A -32.60 m livello, S = 10 cm, di argilla marnosa. Da -36.50 a -38.40 m e da -38.60 a -39.50 m non cementata					
37										
38										
39										
40			40.00							
41										
42										
43										
44										
45										

Note:

(*) Da 0.00 a -1.60 e da -2.60 a -6.70 m m perforazione mediante carotiere semplice.
 Da -1.60 a -2.60 e da -6.70 a -40.00 m perorazione mediante doppio carotiere.

Da -16.40 a -16.80 m e da -28.70 a -29.00 m perforazione con uso di corona diamantata.

I livelli di arenaria non cementati sono, in realtà, a cementazione scarsissima e si distruggono con il carotaggio.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano	SOND.N°: S.3	PROF.(m): 45.00
CANTIERE: Cava Zavattone - Pavullo (MO)	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMC MK900 D1	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	DATA INIZ-FINE: 06/07/2020-08/07/2020
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 097-20	CERTIFICATO N°: C20-047-3	RAPPORTO N°: -----
		DATA DI EMISSIONE: 15/07/2020
		PAGINA N°: 1 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	Falda	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Pz. Norton
1			0.80		Materiale di riporto: sabbia di colore marrone					
2			1.80		Sabbia media-fine di colore grigio, a tratti debolmente cementata					
3					Limo argilloso di colore grigio-nocciola, con livelli sabbiosi					
4			3.60							
5										
6										
7					Arenaria media-grossolana di colore grigio chiaro e nocciola, debolmente cementata. Da -6.70 a -7.00 m argilla marnosa, debolmente siltosa, di colore grigio-azzurro. Da -7.00 a -7.20 m arenaria grossolana di colore marrone, ben cementata					
8										
9										
10			10.00							
11										
12					Arenaria media-grossolana, da debolmente cementata a cementata, di colore grigio chiaro e nocciola, con livelli decimetrici di conglomerato fine ben cementato, dello stesso colore. Da -10.40 a -10.60 m arenaria marnosa di colore grigio-azzurro					
13			12.80							
14										
15										
16										
17										
18										
19					Arenaria media-grossolana, da cementata a debolmente cementata, di colore grigio. Al tetto e a -13.60 m livelli, S = 4-5 cm, di argilla marnosa di colore grigio-azzurro. Da -13.70 a -13.90 m arenaria fine di colore grigio, ben cementata, con veli nerastri. Da -15.00 a -15.15 m e da -17.80 a -17.90 m argilla marnosa di colore grigio. Da -21.50 a -21.65 m arenaria fine, ben cementata, con veli nerastri. Da -22.60 a -22.90 m e da -24.40 a -24.50 m argilla marnosa di colore grigio scuro. Da -25.30 a -25.40 m e da -26.50 a -26.80 m argilla marnosa di colore grigio scuro e grigio-verdastro. Da -25.90 a -26.00 m arenaria fine con veli nerastri					
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28			27.70		Arenaria grossolana di colore grigio, ben cementata, passante, in alcuni livelli, a conglomerato fine. A -28.10 m livello, S = 5 cm, di marna argillosa. Da -29.00 a -29.10 m conglomerato molto cementato. Da -29.10 m marna siltosa di colore grigio-verdastro con veli nerastri					
29										
30			29.40		Sabbia media-fine di colore grigio, debolmente cementata fino a -30.70 m, poi cementata e media-grossolana. Da -31.60 marna argillosa, con livelli siltosi, di colore grigio scuro e verdastro, con livelli nerastri e inclusi carboniosi					

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO S.R.L.
 INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
 Via S. Pottio n. 43 - 48022 S. Pottio di LUGO (RA)
 Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
 Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
 Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano	SOND.N°: S.3	PROF.(m): 45.00
CANTIERE: Cava Zavattone - Pavullo (MO)	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMC MK900 D1	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	DATA INIZ-FINE: 06/07/2020-08/07/2020
PIEZOMETRO:	SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 097-20	CERTIFICATO N°: C20-047-3	RAPPORTO N°: -----
	DATA DI EMISSIONE: 15/07/2020	PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	Falda	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Pz.Norton
31					Sabbia media-fine di colore grigio, debolmente cementata fino a -30.70 m, poi cementata e media-grossolana. Da -31.60 marna argillosa, con livelli siltosi, di colore grigio scuro e verdastro, con livelli nerastri e inclusi carboniosi					
32			32.20							
33					Arenaria di colore grigio, in livelli medio-fine e medio-grossolana, a diverso grado di cementazione, da debolmente cementata a cementata. Locali passaggi a conglomerato fine. Da -36.40 a -36.50 m argilla marnosa di colore grigio-verdastro con venature nerastre. Da -37.10 a -37.50 m marna argillosa siltosa di colore grigio-verdastro con venature nerastre, con piccoli inclusi carbonatici. Da -42.70 a -43.00 m marna siltosa di colore grigio-verdastro					
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45			45.00							
46										
47										
48										
49										
50										

Note:
 (*) Da 0.00 a -3.60 m perforazione mediante carotiere semplice.
 Da -3.60 a -45.00 m perorazione mediante doppio carotiere.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio