

COMUNE DI NAPOLI

PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE DELLA CAVA DI TUFO DISMESSA IN LOCALITA' CUPA VITRO CON ACCESSO DA VIA CINQUE CERCOLE LOCALITA' CHIAIANO



Committente: Ecocave S.R.L.

Titolo: Relazione Geomorfologica

RG. 01

- ☐ PRELIMINARE
☒ DEFINITIVO
☐ ESECUTIVO



PROGETTO VERDE COOP. R.L.
STUDIO di ARCHITETTURA del PAESAGGIO
Via F. Crispi, 74 - 80121 NAPOLI
Tel.-Fax +39 081 7642169
E-mail info@progettoverde.eu

Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi

Arch. Alessandro Cirillo
Paesag. Rosanna Annunziata

CONSULENZA: GEOLOGICA Geol. Gaetano Ciccarelli
IDRAULICA
GEOTECNICA

| | | | | | | | |
|------|----------------------|-------|------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| data | SETTEMBRE 2018 | | | | | formato | scala |
| rev. | descrizione | scala | data | formato | elaborato da | controllato da | approvato da |
| 0.1 | relazione aggiornata | | marzo 2019 | | g. ciccarelli | g. ciccarelli | f. cembalo |
| | | | | | | | |

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1.-. PREMESSA | 2 |
| 2.-. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DI FATTO | 4 |
| 2.1.-. RIFERIMENTI STORICI DELLA CAVA | 4 |
| 3.-. QUADRO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO | 7 |
| 4.-. ASSETTO GEOMORFOLOGICO | 9 |
| 4.1.-. QUADRO GEOLOGICO D'INSIEME..... | 9 |
| 4.2.-. ELEMENTI MORFOLOGICI E STABILITÀ | 10 |
| 4.3.-. ACQUE SUPERFICIALI | 13 |
| 4.4.-. ASSETTO IDROGEOLOGICO | 13 |
| 4.5.-. VINCOLI IDROGEOLOGICI – RISCHI IDROGEOLOGICI – IL PSAI E IL PGRA - | 15 |
| 4.5.1.-. Vincoli Idrogeologici – il PRG - | 23 |
| 5.-. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE | 25 |
| 5.1.-. INDAGINI IN SITO | 26 |
| 5.1.1.-. Sondaggi meccanici..... | 26 |
| 5.1.2.-. Prove S.P.T. | 26 |
| 5.1.3.-. Indagini sismiche..... | 27 |
| 5.1.4.-. Prove di laboratorio sui campioni indisturbati | 29 |
| 6.-. ASSETTO GEOLITOLOGICO E MORFOLOGICO LOCALE E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI..... | 30 |
| 6.1.-. IL RILEVAMENTO GEOLOGICO | 33 |
| 6.2.-. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI | 35 |
| 6.3.-. L'ASSETTO MORFOLOGICO..... | 38 |
| 7.-. CARATTERI SISMICI | 43 |
| 8.-. CONCLUSIONI | 44 |

1.-.PREMESSA

A supporto della progettazione di ricomposizione dell'area dell'ex Cava Zara in località Chiaiano, in Comune di Napoli, si è stato eseguito, sulla base dei dati disponibili, lo studio geologico, sismico e di compatibilità idrogeologica (norme del vigente PSAI) allo scopo di analizzare i principali caratteri geomorfologico, litologici, geologici, geologico-tecnici, sismici ed idrogeologici dell'areale in cui si inserisce l'area di cava.

Il progetto di ricomposizione ambientale, agroforestale e paesaggistica dell'area di Cava Zara si propone come intervento attuativo di iniziativa privata della strategia pubblica di riqualificazione del territorio del Parco Metropolitano delle Colline di Napoli, così come emergente dal combinato disposto dei diversi strumenti di tutela e di disciplina urbanistica attualmente vigenti.

L'obiettivo è quello di ripristinare, dov'è ora situata l'imponente fossa di cava, un ecosistema agroforestale fortemente integrato con le aree forestali e seminaturali circostanti, ma anche con gli insediamenti urbani ad esso più prossimi, con la realizzazione di un'area naturalistica multifunzionale, che costituirà a tutti gli effetti un'attrezzatura di interesse pubblico per attività agricole, ricreative, escursionistiche, didattiche e culturali all'aria aperta.

La ricostruzione effettuata si è basata sulla raccolta ed analisi di studi e di lavori svolti negli anni da diversi Autori nell'areale di studio oltre che dall'analisi dei documenti relativi ai Piani Territoriali del Comune e della Provincia di Napoli (PRG, Rapporti sullo stato dell'Ambiente, pubblicazioni scientifiche, etc.); Inoltre essa ha considerato nello specifico per l'areale d'interesse i risultati della campagna di indagini, all'uopo programmata ed eseguita nel mese di maggio/giugno 2018 dalla ditta specializzata appositamente incaricata dalla Proprietà, al fine di poter meglio caratterizzare la porzione di territorio in cui ricade l'opera in progetto.

2.-...INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DI FATTO

L'area di cava interessata dal progetto allo stato attuale è inattiva, e pertanto obbligata al recupero ambientale ai sensi della L. n° 54/85 e s.m.i, occupa un'area individuata nel N.C.T. di Napoli al Foglio di mappa n. 29, particella 2. La cava ha una superficie di 56.700 mq.

Nel complesso l'area di cava interessata dal progetto di ricomposizione si presenta come una fossa di forma rettangolare, che si sviluppa lungo l'asse sud-ovest/nord-est per una lunghezza di circa 344 m ed una larghezza variabile da 85 m nella porzione meridionale, sino a 230 m in quella settentrionale.

La cava in oggetto è del tipo a cielo aperto e a fossa e lungo il varco di accesso alla cava è stata rilevata la presenza di solchi di erosione da ruscellamento concentrato.

L'area è riportata nell'elemento n. 447114 della carta CTR della regione Campania in scala 1:5.00. Le coordinate WGS84 del sito sono:

latitudine: 40.880295

longitudine: 14.198666

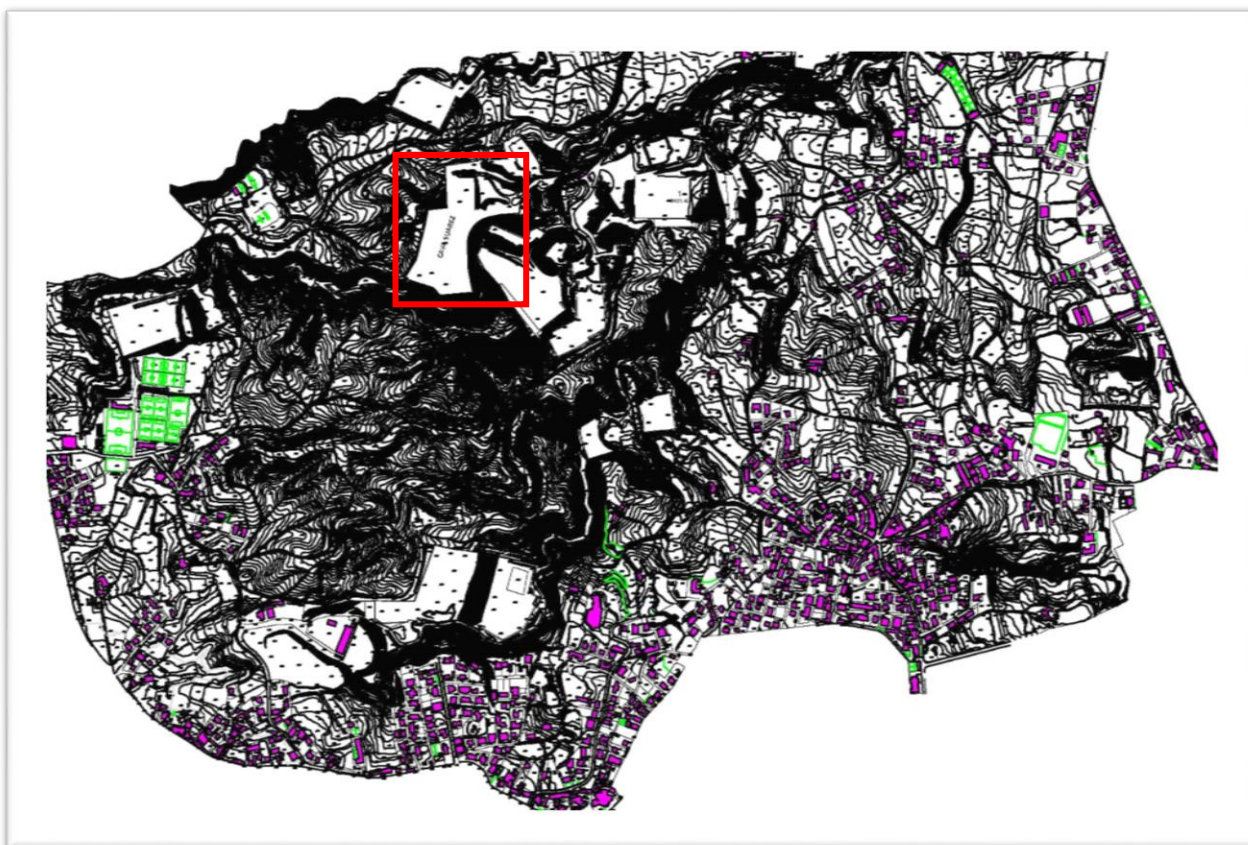


Figura 2 – Stralcio della corografia generale

2.1.-...RIFERIMENTI STORICI DELLA CAVA

L'area su cui si è sviluppata la cava si trova all'interno della Selva di Chiaiano, un'area storicamente caratterizzata dalla presenza di boschi di latifoglie tipici della fascia mediterranea, a cui è stata

affiancata da lungo tempo la coltivazione del castagno. Già sul finire del XIX secolo si sviluppano a partire dai margini della selva delle aree di cava del tufo giallo, tuttavia l'attività estrattiva non ha in questa fase un impatto notevole sul territorio, essendo limitata per estensione e soprattutto collocata in aree marginali della selva.

A partire dal secondo dopoguerra, come documentato dall'aerofotogrammetria GAI del 1954, si osserva il progressivo aumento delle superfici delle cave esistenti mentre parallelamente si assiste all'apertura di nuove cave sempre più interne all'originario sistema boschivo.

Nei decenni successivi l'attività estrattiva assume sempre maggiore rilevanza segnando profondamente il territorio della Selva di Chiaiano. L'aerofotogrammetria ALISUD del 1984 testimonia questi imponenti e repentini cambiamenti tra cui anche l'apertura del primo fronte della Cava Zara, si può notare che già in questa fase l'area di cava coincide con quella della prima fase di estrazione.

Esaurita la prima fase segue un periodo di stasi per l'attività di estrazione del tufo, che verrà ripresa successivamente all'autorizzazione alla continuazione dell'attività estrattiva con provvedimento regionale del 2 Set 1997 (N° 18969), portando l'ampliamento dell'area della cava fino alla superficie attuale, come testimoniato dal confronto tra la cartografia del Comune di Napoli del 1991 (tra l'altro base per l'elaborazione del PRG) e quella del 2004 (in cui si può apprezzare l'attuale estensione della cava).

La fine delle attività estrattive è avvenuta nel corso del 2005, in seguito è stato messo in sicurezza il fronte della strada di accesso della cava come visibile dall'aerofotogrammetria Landsat del 2008. L'area dismessa è stata quindi oggetto di fenomeni di rinaturalizzazione spontanea, che hanno gradualmente ricoperto di vegetazione l'intero invaso della cava.

EVOLUZIONE DEL SITO DELLA CAVA NELLE FOTO SATELLITARI
(LANDSAT 2003 -2008)



2003. Sono ancora in atto visibili attività estrattive.



2008. Le attività estrattive sono esaurite ed è visibile il nuovo percorso di accesso al sito.

Figura 3 – Aereofoto che mostrano l'evoluzione delle attività nella Cava. Ai fini geomorfologici va notato come nelle fasi di lavorazione (anno 2003) il fondo del piazzale di lavorazione fosse completamente sgombrato di materiali di crolli ed accumuli detritici, condizioni già evidenti nel 2008 allorquando iniziarono gli accumuli detritici di scarto.

3.-..QUADRO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO

Il progetto di ricomposizione ambientale, agroforestale e paesaggistica dell'area di Cava Zara si propone come intervento attuativo di iniziativa privata della strategia pubblica di riqualificazione del territorio del Parco Metropolitano delle Colline di Napoli, così come emergente dal combinato disposto dei diversi strumenti di tutela e di disciplina urbanistica attualmente vigenti.

L'obiettivo è quello di ripristinare, dov'è ora situata l'imponente fossa di cava, un ecosistema agroforestale fortemente integrato con le aree forestali e seminaturali circostanti, ma anche con gli insediamenti urbani ad esso più prossimi, con la realizzazione di un'area naturalistica multifunzionale, che costituirà a tutti gli effetti un'attrezzatura di interesse pubblico per attività agricole, ricreative, escursionistiche, didattiche e culturali all'aria aperta.

Il progetto è stato redatto in coerenza con gli obiettivi e con la disciplina del vigente Piano Regionale per le Attività Estrattive della Campania (PRAE), in particolare:

- Il materiale incoerente proveniente dalla coltivazione della cava è stato in larga misura stoccato all'interno del sito, e reimpiegato per la ricomposizione morfologica, in accordo con l'articolo 49 (*"Accantonamento di materia prima, di terreno sterile, di terreno agrario"*).
- Per il riempimento della cava è stato previsto esclusivamente l'impiego di materiali idonei ai sensi degli art. 52 (*"Materiali idonei per il riempimento di cavità generate dalle attività estrattive"*) e 61 (*"Criteri di ricomposizione"*), consistenti in:
 - terre e rocce da scavo;
 - materiali di scavo provenienti dalle attività estrattive;
 - materiali provenienti dalla prima lavorazione (frantumazione, selezione, lavaggio) di materiali di cava.
 - terreno proveniente dallo splateamento per la realizzazione di manufatti o opere edilizie;
 - materiali inerti derivanti dalle attività di demolizione e/o costruzione di manufatti (rocce e materiali litoidi, sfridi, materiali ceramici cotti, vetri) se non altrimenti recuperabili.

Gli interventi di ricomposizione ambientale sono stati definiti con riferimento ai criteri di ricomposizione pedologica e morfologica di cui all'art. 61 (*"Criteri di ricomposizione"*) e 62 (*"Cave di versante e cacuminali"*).

Il progetto è coerente con i criteri di riqualificazione del territorio contenuti negli articoli 74 (*"Criteri generali"*), 75 (*"Criteri generali di riqualificazione del territorio"*) e 76 (*"Elementi costitutivi dell'identità territoriale"*), anche con riferimento alla strategia a scala complessiva d'ambito definita dagli strumenti urbanistici e di tutela vigenti.



Figura 4 – Stralcio del progetto di sistemazione finale della Cava – Si noti l'ampia fascia di rispetto ad interdizione totale alla base delle pareti tufacee -

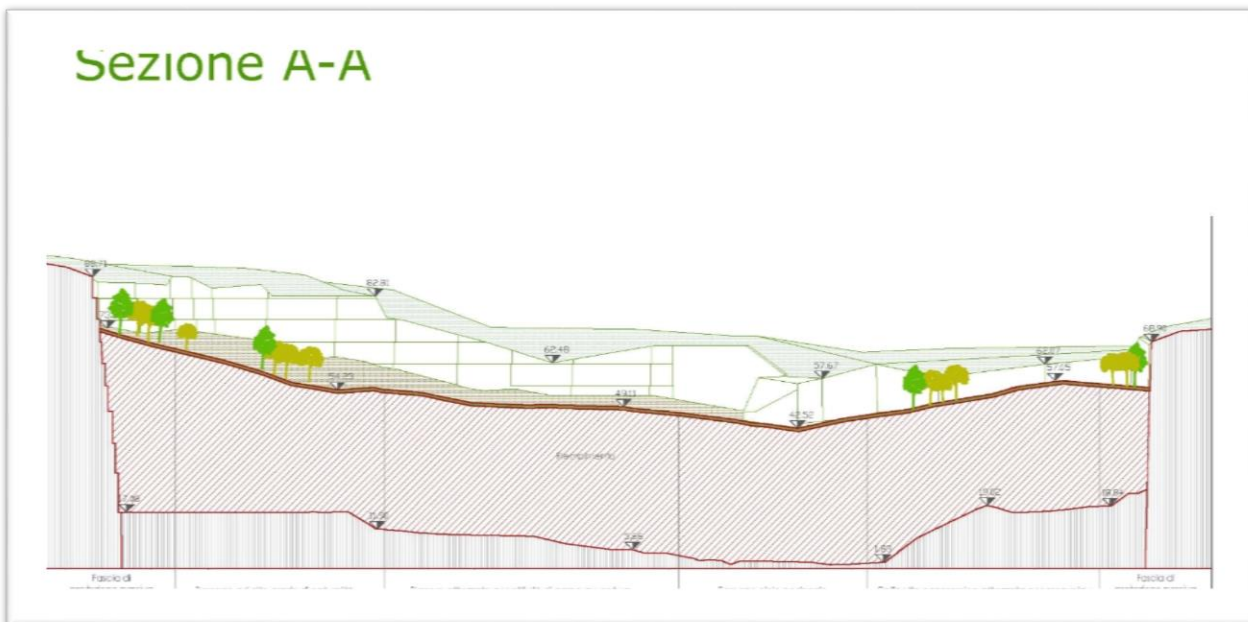


Figura 5 – Sistemazione finale della cava: sezione longitudinale di progetto

4.-..ASSETTO GEOMORFOLOGICO

4.1.-..QUADRO GEOLOGICO D'INSIEME

La zona in esame, ubicata nella zona nord/nord-occidentale del Comune di Napoli, è riportata nel Foglio n. 184 - *Napoli* della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Sotto il profilo geologico il territorio, rientrando nello schema geologico delle assise vulcanoclastiche di Napoli – serie urbana, A.V. – in cui predominano materiali piroclastici sciolti ricoprenti, a varie profondità, un substrato tufaceo. Gran parte dell'assetto morfologico attuale si è impostato circa 12.000 anni fa con l'evento del Tufo Giallo Napoletano i cui materiali ricoprirono un'originaria struttura piano-altimetrica.

Nel settore in esame, le cave di tufo utilizzate per l'estrazione di materiale da costruzione, hanno portato in affioramento i depositi vulcanici appartenenti al II° Periodo Flegreo Superiore. Si tratta di tufi con pomici alterate e scorie, in banchi, noto in letteratura con il nome di Tufo Giallo Campano: materiali piroclastici saldati e messi in posto circa 12.000 anni fa tramite una serie di grandi eruzioni sottomarine provenienti da più centri eruttivi e depositatasi in ambiente subaereo. Il litotipo presenta una struttura caotica ed è costituito da pomici e litici immersi in una matrice fine più fortemente alterata, tipica delle zone distali dal centro d'emissione. Essi formano quasi esclusivamente l'ossatura della città di Napoli. Il volume stimato del T.G.N. è dell'ordine dei 10 km³ e la superficie ricoperta di ca. 350 km². Secondo i ricercatori dopo questa eruzione avvenne il collasso della parte centrale dei Campi Flegrei e la Collina dei Camaldoli sarebbe la testimonianza relitta dell'originario cono vulcanico.

Successivamente alla messa in posto del T.G.N. l'attività vulcanica proseguì con altri cicli eruttivi a cui si fanno risalire le formazioni dei vulcani di tufo giallo pseudostratificate (Gauro, Archiaverno, Monteruscello), dei vulcani piroclastici monogenici, dei conici di scorie e delle cupole laviche fino all'eruzione storica di Monte Nuovo nel 1538, Tale ultima attività vulcanica fu controllata dall'assetto vulcano-tettonico venutosi a creare dopo l'eruzione del T.G.N.. Una delle più importanti eruzioni del 4° ciclo si verificò circa 10.000 anni fa (>8.600: età del paleosuolo soprastante): la cosiddetta eruzione delle Pomici Principali. I materiali di questa eruzione si trovano ad est di Napoli e coprono una superficie di alcune centinaia di chilometri quadrati. Sebbene si tratti di un'eruzione la cui entità fu senz'altro inferiore alle due precedenti, essa è tuttavia paragonabile a quella del Vesuvio del 79 d. C. (pressappoco in questo periodo vi furono anche le eruzioni dell'Archiaverno e del Gauro). Seguirono poi le eruzioni di Monte Spina, La Pietra, Nisida, Montagna Spaccata, Monteruscello, vulcano di Pisani, Cigliano, complesso vulcanico di Agnano, Capo Miseno, Porto Miseno, Bacoli, Fondi di Baia, cupole di Monte Olibano e della Caprara, Solfatara, Astroni, Averno, Senga ed infine Monte Nuovo.

Il susseguirsi dei numerosi eventi esplosivi, d'intensità decrescente nel tempo, ha determinato una stratigrafia complessa derivante dalla sovrapposizione di prodotti piroclastici variabili in granulometria, spessore, stato di costipazione ed estensione laterale.

Nell'area metropolitana di Napoli, sia in affioramento, sia in profondità, si rinvencono altri depositi piroclastici sottostanti al T.G.N., spesso anch'essi tufacei (*Complesso Piroclastico Antico*; SCHERILLO et al., 1967). Sottoposti a questi ultimi si ritrovano, nell'area settentrionale ed orientale, i prodotti legati all'eruzione dell'Ignimbrite Campana rappresentati generalmente da tufo di colore grigio-violaceo, ricco di scorie grossolane nerastre [Di Girolamo, 1987]. Sondaggi profondi hanno evidenziato la presenza di numerosi livelli sabbioso-limosi di ambiente marino, piroclastiti e paleosuoli di età ancora più antica [D'Erasmus, 1931].

Al di sopra del T.G.N. si rileva, quasi ovunque, una successione piuttosto regolare di pomici e cineriti incoerenti (nella quale si trovano intercalati, a varie altezze, più livelli di paleosuoli), messa in posto durante le eruzioni recenti dei Campi Flegrei e nota come *Complesso Piroclastico Prossimale Recente* [Scherillo & Franco, 1960 e 1967].

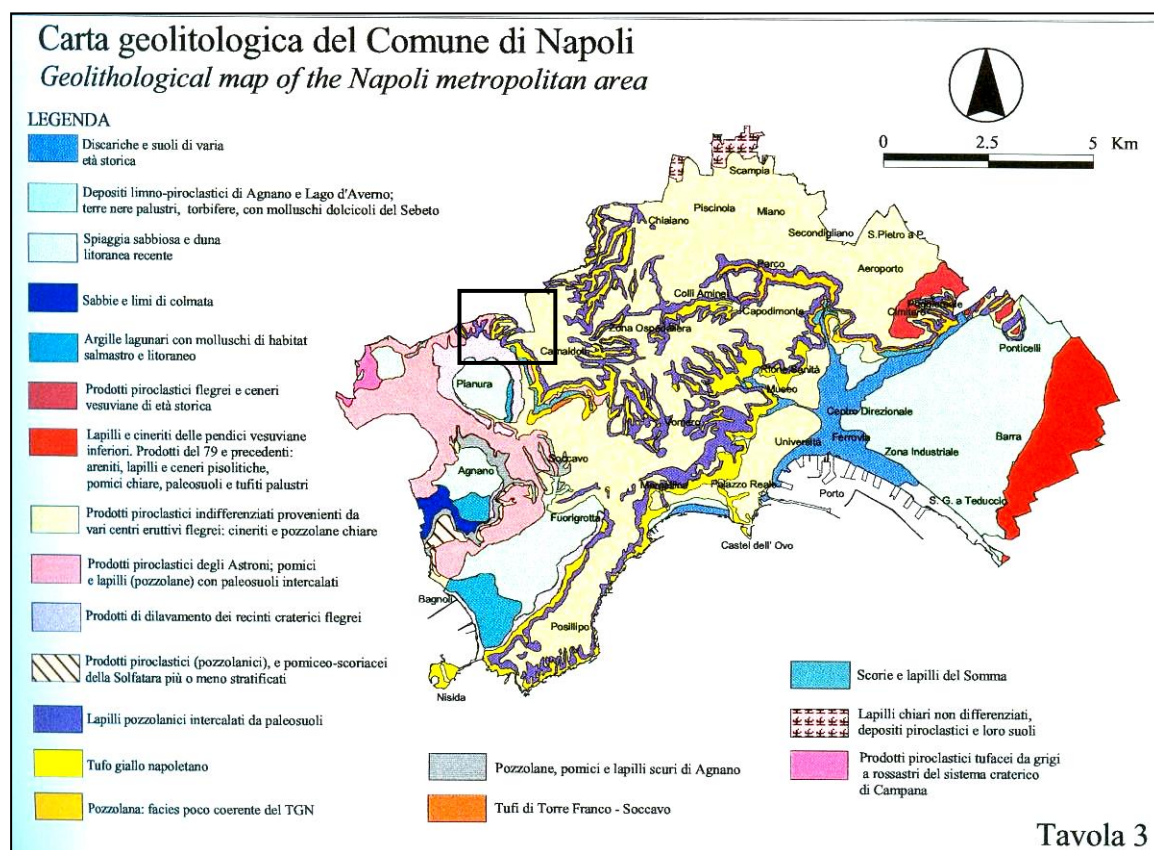


Figura 6 – Carta geolitologica del Comune di Napoli

4.2.-...ELEMENTI MORFOLOGICI E STABILITÀ

Come detto, l'area di progetto è situata al margine di NNW del tenimento comunale di Napoli: collina dei Camaldoli, che rappresenta un alto morfologico di origine vulcanica di raccordo tra i sistemi collinari

posti a sud-est, la fascia flegrea, a nord-ovest e la Piana Campana a nord. La Cava è posizionata sul fianco nord orientale della collina dei Camaldoli e si articola intorno ad una profonda incisione idrografica (Vallone San Rocco) prodotta dallo scorrimento delle acque meteoriche.

L'assetto orografico del sistema collinare è bordato perimetralmente da versanti variamente acclivi con ampie aree crestali poste tra 330/340 m. s.l.m. ed allineate nelle direzioni NNW-SE e N-S. Le creste, generalmente sub-pianeggianti, sono incise dalle testate dei rivoli che erodendo gli affioramenti piroclastici hanno originato strette vallecole aventi andamenti governati dal diverso grado di resistenza delle rocce affioranti ed, in parte, dall'assetto strutturale locale. Le balze tufacee sub-verticali, che si rinvencono alla base dei versanti, sono generalmente associate a dislocazioni tettoniche distensive, non più attive, a direzione appenninica ed antiappenninica.

L'area di progetto si colloca nella porzione sommitale della collina dei Camaldoli bordata a settentrione, meridione e ad oriente da un esteso ed articolato sistema di versanti che, con pendenze medie > del 35 %, raccordano le quote assolute di 340 ÷ 100 m. s.l.m. e degradano verso la Piana Campana e la depressione flegrea; a valle della quota di 300 m s.l.m. si rilevano balze sub-verticali di altezza > di 50 m. in parte interessate da antiche cave per l'estrazione del tufo. I versanti sono caratterizzati da vari dossi mammellonari ribassati e delimitati al contorno da vallecole; di queste, quelle orientali sono più sviluppate e profonde e convogliano le acque drenate superficialmente verso l'omonimo alveo dei Camaldoli e del Vallone San Rocco. In testa a questo ultimo articolato sistema orografico si inserisce la cava di che trattasi.

Le acque dilavanti ed incanalate rappresentano l'elemento morfogenetico più attivo nell'ambito del sistema morfologico appena delineato; pertanto, i principali processi morfologici sono ad esso collegati e si esplicano attraverso la progressiva alterazione chimico-fisica dei depositi vulcanici con conseguente decadimento delle qualità tecniche dei medesimi terreni

Il risultato finale è la produzione di coltri terrose alterate e blocchi lapidei instabili che, là dove le pendenze sono maggiori, risultano instabili e soggetti a franare e/o a colare verso valle. In generale i manti detritici alterati sono assoggettati a deformazioni lente che evolvono occasionalmente in limitati scoscendimenti.

Gli affioramenti tufacei, e/o di materiali addensati, sono soggetti al rischio di crolli allorquando esposti lungo scarpate sub-verticali, i crolli si realizzano lungo linee preferenziali di frattura, spesso sindeposizionali, o di minore litificazione, e sono accelerati dai processi di disaggregazione

Per quanto sopra esposto, ne deriva che per preservare e migliorare l'attuale grado di stabilità morfologica locale: versanti a valle del sito e della stessa cava, è necessario che nell'ambito del progetto di ricomposizione occorre prevedere idonee opere per intercettare e rapidamente smaltire, evitando ogni sorta d'infiltrazione nel sottosuolo, tutte le acque meteoriche e ripristinare, nel

contempo, con opere impermeabili, i deflussi superficiali. Tanto vale per la stabilizzazione delle opere a farsi e di tutti i manufatti preesistenti e di progetto.

Lo studio geomorfologico dell'intero comprensorio (si veda l'elaborato Tavola G_01) ha permesso il riconoscimento di forme e processi legati a diversi agenti geomorfologici.

I versanti del rilievo collinare in cui si inserisce l'area di cava sono intagliati sia nei depositi piroclastici precedenti il Tufo Giallo Napoletano sia nel tufo giallo stesso. Il perimetro della fossa della cava é conformato dai tagli in parete del tufo che hanno prodotto alte balze che, intersecando le famiglie delle fratture originarie del banco di tufo, si presentando esposte al rischio di crolli di prismi elementari di roccia di varie dimensioni e volumetrie: ciò si rileva solo laddove le fratture isolano blocchi elementari di roccia (lame) che, in assenza di sostegno al piede, sono esposte a rischio di crollo; ciò si riscontra in limitate fasce delle pareti meridionali ed occidentali della cava. Il processo di distacco è accelerato dalla disgregazione e dall'allargamento delle fratture ad opere degli agenti atmosferici.

Tuttavia, in via generale, tutte le balze sono a rischio: ne deriva la necessità, in primo luogo di procedere al disgaggio dei blocchi instabili e là dove l'onere economico del consolidamento è elevato, di realizzare, in uno con la colmata, ampie fasce di rispetto precluse a qualsiasi attività antropica. Tali fasce devono rispondere al criterio di accumulo al piede del detrito e dei blocchi che si possono distaccare dalle pareti.

Deformazioni delle coperture detritiche allentate si rilevano per modesti volumi e là dove le pendenze solo elevate ed incompatibili con le proprietà di resistenza dei materiali: cumuli detritici. Tali deformazioni possono attivarsi nell'area di progetto al margine settentrionale della fossa dove sono stati sversati ed accumulati oltre 10 – 20 mt di detriti e tagline di tufo – prodotti di scarto del taglio del tufo – che si sono disposti secondo angoli di scarpa naturali ma allo stato incompatibili con le progressive riduzioni di resistenza degli stessi materiali e per la spinta imbibizione che essi subiscono:

si sottolinea, cioè, che i cumuli detritici sono in precarie condizioni di stabilità ed occorre, quindi, da un lato prevedere interventi di bonifica idrogeologica per il disciplinamento delle acque meteoriche, sia dilavanti, sia d'infiltrazione, e dall'altro incentivare la loro stabilizzazione attraverso la colmata e la successiva colonizzazione della vegetazione autoctona.

Nel complesso, gli eventi di frana sono distribuiti in maniera abbastanza omogenea lungo tutte le aree di versante caratterizzate da elevata acclività e energia di rilievo spesso concentrati in corrispondenza degli orli di scarpata a controllo strutturale.

A monte della cava si rilevano forme di erosione quali: solchi da ruscellamento, alvei poco incisi, orli di scarpata, vallecicole a conca, vallecicole a fondo piatto, gomiti lungo aste fluviali a forte gradiente, soglie di valle sospesa e fasce di raccordo tra versante e fondovalle di origine alluvio-colluviale.

4.3.-...ACQUE SUPERFICIALI

Con riferimento alla rete idrografica superficiale presente nell'intorno dell'area di cava non sussistono corpi idrici di primaria importanza, ma rivoli dall'andamento disordinato che discendono da monte, bordano le pareti tufacee meridionali ed orientali (si veda la figura n.4), e più a valle confluiscono in rivoli più definiti (Cupa del Cane).

L'area è caratterizzata da una serie di piccoli reticoli idrografici, alcuni dei quali hanno acqua solamente durante gli eventi piovosi.

4.4.-...ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il comprensorio d'interesse sotto il profilo idrogeologico rientra nello schema del settore "Occidentale Flegreo", caratterizzato da una circolazione idrica sotterranea per "falde sovrapposte", ma tra loro interconnesse, sia per l'interdigitazione di depositi a vario grado di permeabilità, sia tramite flussi verticali di "drenanza" [CELICO, 1983; CELICO & STANZIONE, 1988; CELICO et al., 1991].

Nell'ambito di tale schematizzazione si è osservato che le falde maggiormente produttive sono localizzate tutte nei prodotti sciolti giustapposti al Tufo Giallo Napoletano [CELICO, 1983] e che le relative quote di livellamento non si discostano in modo rilevante tra loro [VIPARELLI, 1967]. I diversi Autori [CIVITA et al., 1973; CELICO et al., 1988] concordano pertanto nel ritenere valido uno schema idrico a falda unica, costituita da vari orizzonti idraulicamente interconnessi per la mancanza di orizzonti impermeabili sufficientemente estesi arealmente.

L'andamento della morfologia piezometrica ed il chimismo delle acque, ben differenziabile da quello della restante area urbana, hanno consentito di considerare il settore "Occidentale - Flegreo" come una struttura sostanzialmente autonoma e indipendente rispetto al sistema delle falde della Piana Campana [CIVITA et al., 1973; CELICO et al., 1991]. L'area di ricarica principale è stata individuata da diversi Autori in una zona di alto piezometrico compreso tra l'abitato di Marano ed il retroterra di Pozzuoli [CELICO et al., 1991], dove si rinvenivano numerose conche endoreiche responsabili della riduzione delle aliquote d'acqua di ruscellamento superficiale.

Studi di dettaglio effettuati da Celico et al., 2001 riportano che nel settore "Occidentale- Flegreo" esiste una circolazione idrica superficiale all'interno del "*Complesso piroclastico prossimale recente*" costituito da una successione regolare di pomici e cineriti incoerenti nella quale si intercalano, a varie altezze, più livelli di paleosuoli. Il complesso piroclastico prossimale recente formerebbe dunque un acquifero mediamente trasmissivo ($10^{-2} < T < 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$), poggiante sul T.G.N. (cfr. schema di Fig. 8), che rappresenta un setto impermeabile "relativo".

Le acque di falda defluiscono principalmente nei depositi del "Complesso piroclastico antico", come confermato da un sondaggio profondo realizzato per la vicina area dove è stata realizzata a Discarica di Chiaiano (Cava Cupa del Cane) e nel quale il livello della falda è stato misurato a circa 35.5 m s.l.m.,

all'interno delle cineriti addensate. Tale livello della falda profonda principale risulta pertanto essere protetto dalla superficie da un notevole spessore di sedimenti rappresentati dapprima da una successione di oltre 40 m di tufo giallo napoletano, poi da alternanze di cineriti diversamente addensate a cui si intercalano livelli di paleosuoli per uno spessore complessivo di oltre 80 m ed, infine, direttamente al tetto del complesso piroclastico antico, dalla presenza di un banco lavico trachitico a consistenza litoide, spesso oltre 15 m.

L'andamento piezometrico è ricavato dall'analisi della cartografia piezometrica più recente riportata nel "Secondo Rapporto sullo Stato dell'Ambiente nella Provincia di Napoli" Provincia di Napoli, Assessorato all'Ambiente (2004), proposta in Figura 10 e riferita alla campagna eseguita nel mese di febbraio 2003. L'assetto piezometrico della falda principale mostra un'alimentazione legata a significativi travasi sotterranei dai rilievi carbonatici che limitano la Piana Campana. Sempre secondo gli estensori di tale cartografia, un'ulteriore alimentazione deriva da apporti sotterranei originati nell'ambito del Vulcano del Somma-Vesuvio (ciò in accordo con quanto noto in letteratura scientifica), mentre a Ovest di Acerra è presente uno spartiacque sotterraneo che si collega a un alto piezometrico posto in corrispondenza delle colline flegree ove la falda si trova a quote superiori ai 20 m s.l.m..

Dalla ricostruzione delle isopiezometriche, basata sui punti di monitoraggio indicati dagli studi scientifici recenti (Celico et alii, 2003), risulta che in corrispondenza dell'areale d'interesse la falda idrica principale si troverebbe a una quota di circa 17-18 m s.l.m., mentre il gradiente idraulico medio è pari allo 0.24%.

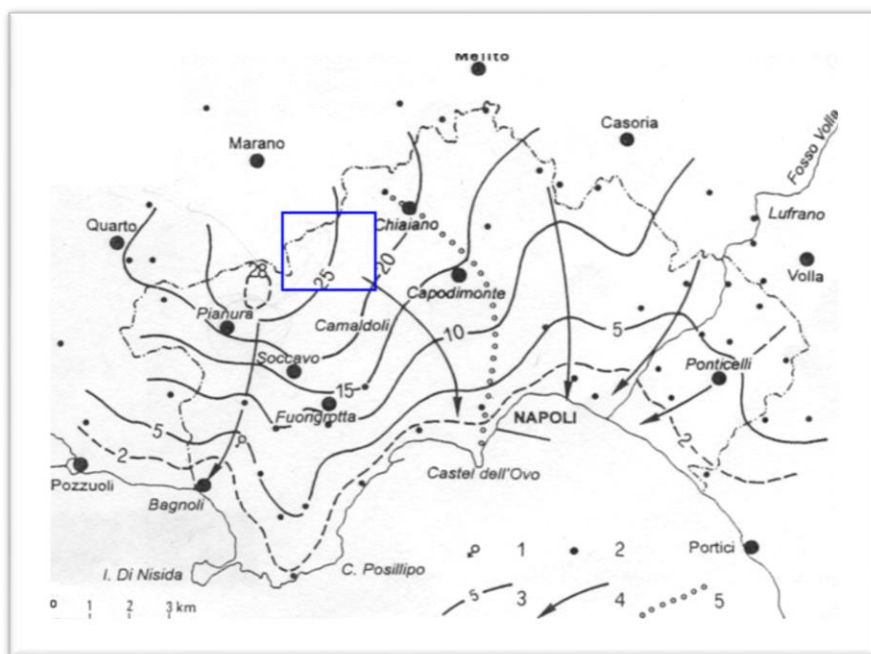


Figura 7 Legenda: 1) Sorgenti principali; 2) punti di misura del livello di falda; 3) curve isopiezometriche e relative quote in m S.l.m. (l'equidistanza è pari a 5 metri); 4) assi di drenaggio preferenziali delle acque sotterranee; 5) spartiacque sotterranei principali.

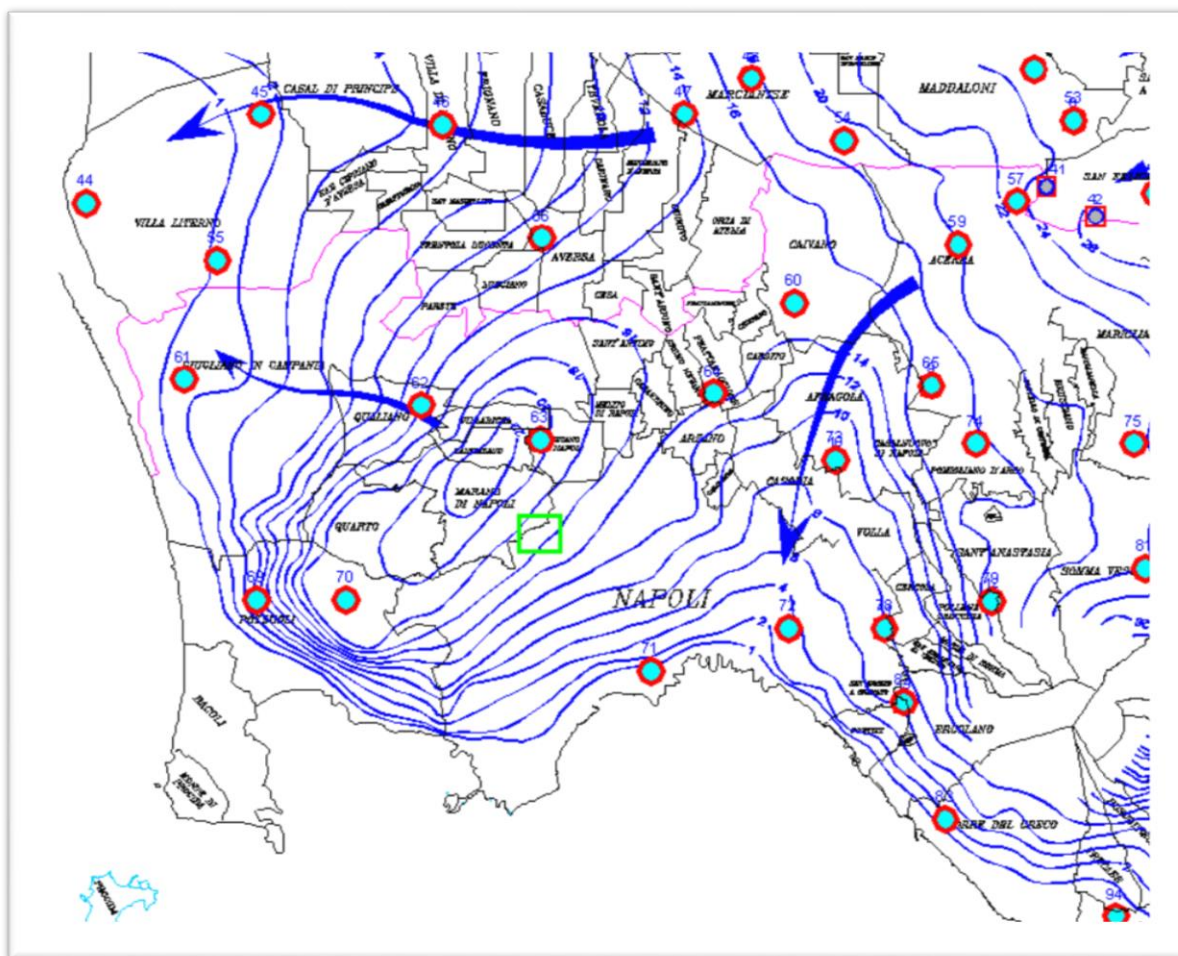


Figura 8 - Andamento piezometrico tratto da "Carta idrogeologica" (Celico, 2003)

Nel sito di progetto il pozzo esistente all'ingresso del piazzale superiore (quota assoluta di 200 m. s.l.m.) la quota piezometrica giace a 90 m. s.l.m., sì che sembra appartenere ad un sistema idrico più superficiale rispetto a quella profonda posta, come detto a 17 / 18 m. s.l.m.; quest'ultima è una falda di tipo confinato/semiconfinato ad andamento regionale.

Il livello piezometrico del pozzo ubicato nei pressi della Cava Zara fa supporre la presenza di una falda locale sospesa rispetto al circuito principale più profondo; la quota piezometrica ivi misurata risulta difatti essere molto diversa e anomala rispetto a quelle riscontrate nei pozzi limitrofi, così da evidenziarne il carattere locale delle acque intercettate dal medesimo pozzo.

4.5.-..VINCOLI IDROGEOLOGICI – RISCHI IDROGEOLOGICI – IL PSAI E IL PGRA -

Premesso che:

- con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali;
- le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo

alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti.

- con il DPCM del 4 aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) - emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 - è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016;

- l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.),

- la pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico;

- sono fatte salve le misure già predisposte nell'ambito della pianificazione di bacino in attuazione del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, e successive modificazioni, e del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;

in ordine alla pianificazione di bacino attualmente vigente occorre riferirsi al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (sigla PSAI) dell'ex Autorità di Bacino della Campania Centrale confluita nella su richiamata Autorità di Distrettuale di Bacino dell'Appennino Meridionale competente per il territorio in cui ricade la Cava Zara.

Il PSAI di riferimento è stato adottato dal Comitato Istituzionale con Delibera n.1 del 23/02/2015 e pubblicato sul B.U.R.C. n.20 del 23/03/2015. Nel PSAI, si rileva che l'area di progetto è ascritta ad area di "cava": Carta della Pericolosità da Frane – si veda la figura n. 9, con conseguente livello di pericolosità e rischio da frana rispettivamente R4 (si veda la Figura n. 10 che riporta lo stralcio della Carta del Rischio da Frane – download dal sito ufficiale dell'Autorità di Bacino): **ne deriva la necessità di misure di mitigazione e di protezione dal rischio, comunque ricomprese nel progetto di ricomposizione.**

Sotto il profilo idraulico, l'area non è ascritta ad ambiti a rischio e pericolosità (si vedano le figura nn.11 e 12).

Nello specifico, per il progetto in esame ed in tema di massimo rispetto della naturalità dell'area, ai fini del rischio da crolli di blocchi tufacei lungo le pareti della cava, si prevede di precludere l'uso e l'accesso lungo l'intero perimetro della cavea di una adeguata fascia a naturalità integrale, protetta

e separata dal resto dell'area da una fascia di transizione alberata e dotata di presidi realizzati con le tecniche dell'Ingegneria Naturalistica. L'area di rispetto verrà realizzata e mantenuta sia in fase di avanzamento della colmata, sia a colmata ultimata. A tal proposito non è superfluo evidenziare come la ricomposizione della cava mediante colmata produca effetti positivi sulle pareti tufacee sia in termini di contenimento, sia di protezione dall'azione disagregatrice degli atmosferici: fattori questi che concorrono sicuramente alla stabilizzazione delle balze rocciose.

Evidenziato che gli interventi previsti nel progetto in parola rientrano tra quelli ammissibili e necessari per la mitigazione del rischio idrogeologico, restano, comunque, valide tutte le prescrizioni ed i vincoli, di cui alle norme di attuazione del PSAI.

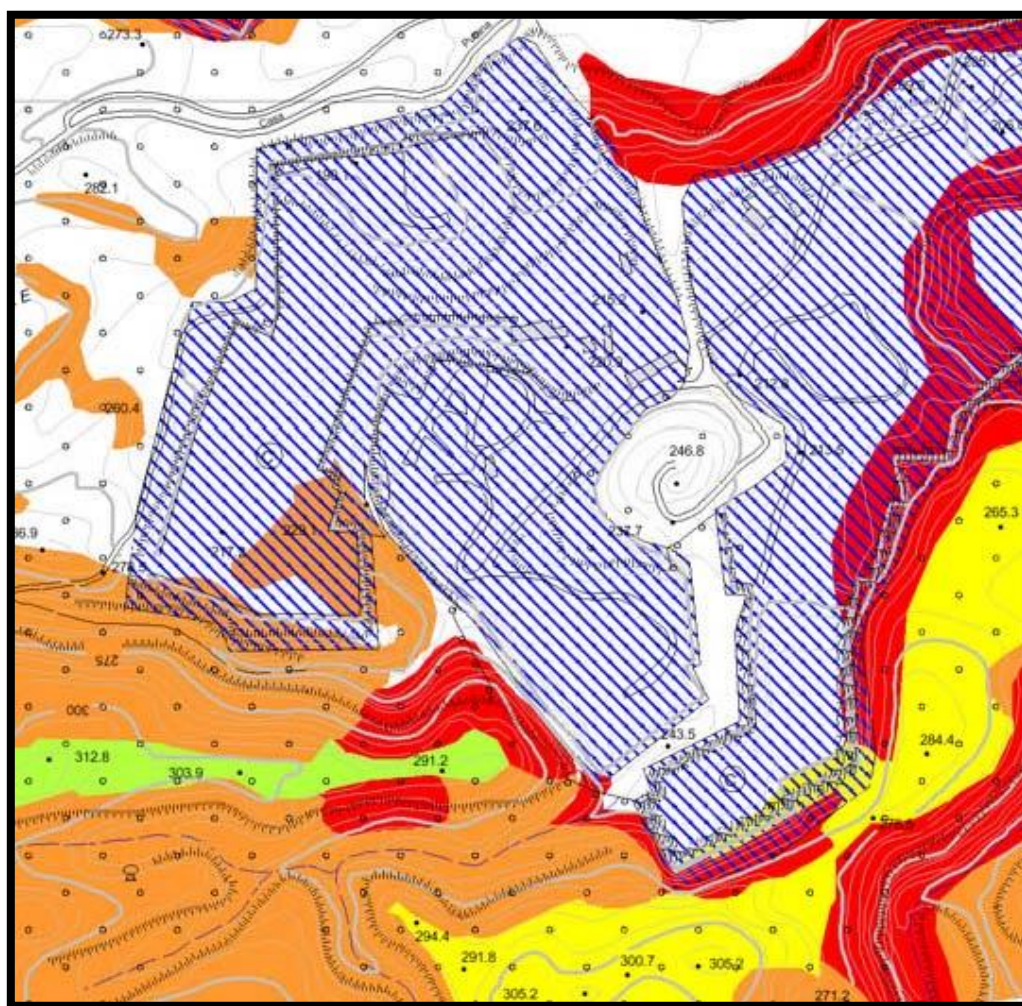


Figura 9 - Stralcio della Carta della Pericolosità da Frane – PSAI –

LEGENDA

- P4 - Pericolosità molto elevata
- P3 - Pericolosità elevata
- P2 - Pericolosità moderata
- P1 - Pericolosità bassa
- Area declassata per interventi di sistemazione idrogeologica
- Area di cava
- Limite di bacino

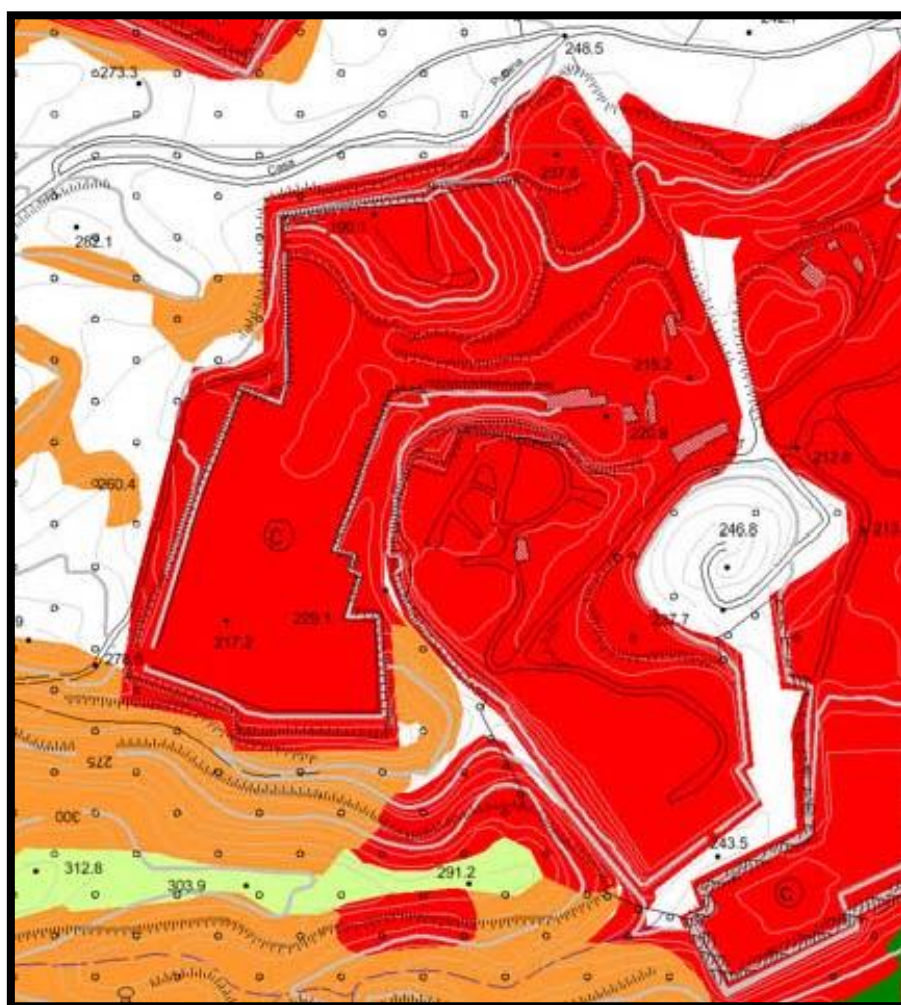


Figura 9 Stralcio della Carta del Rischio da Frane – PSAI –

LEGENDA

- R4 - Rischio molto elevato
- R3 - Rischio elevato
- R2 - Rischio medio
- R1 - Rischio moderato
- Limite di bacino

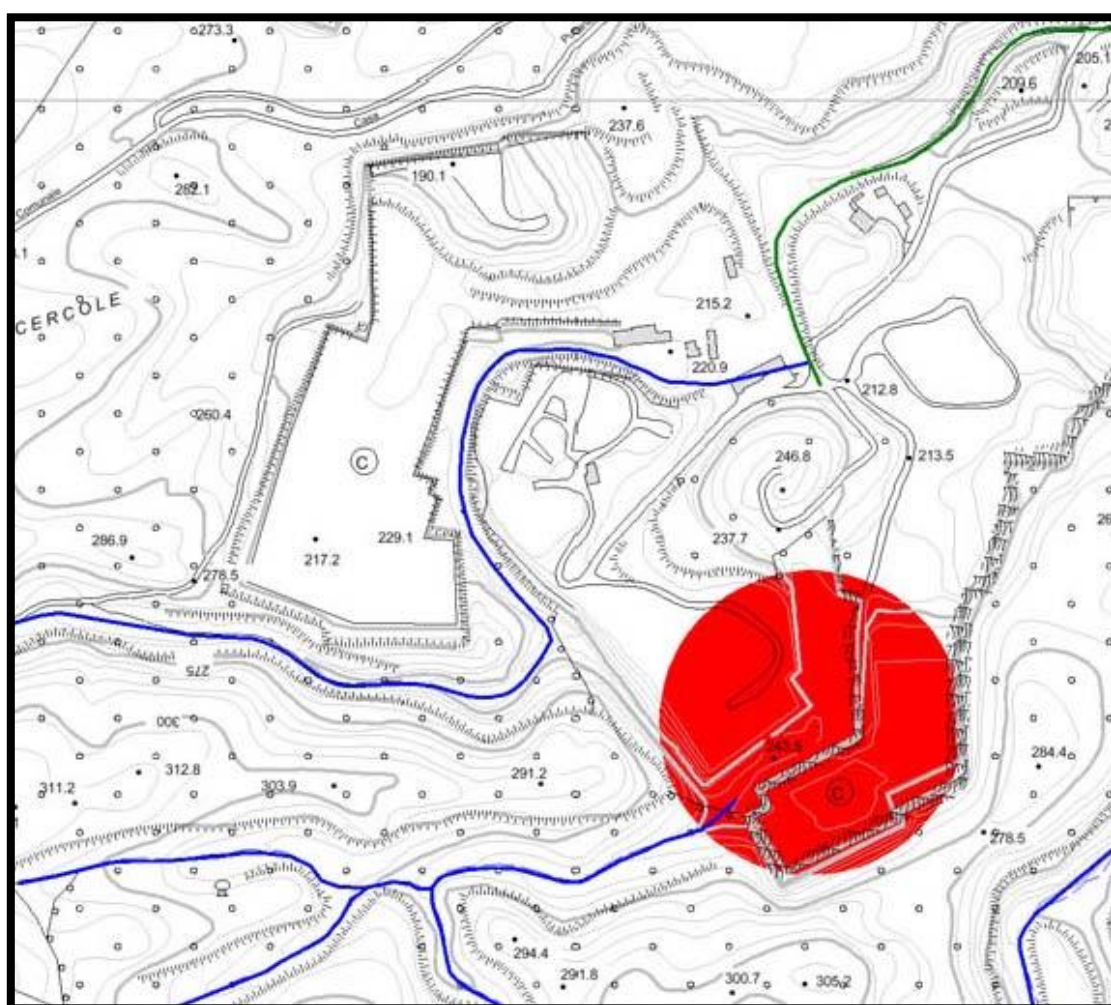


Figura 10 – Stralcio Carta del Rischio Idraulico – PSAI –

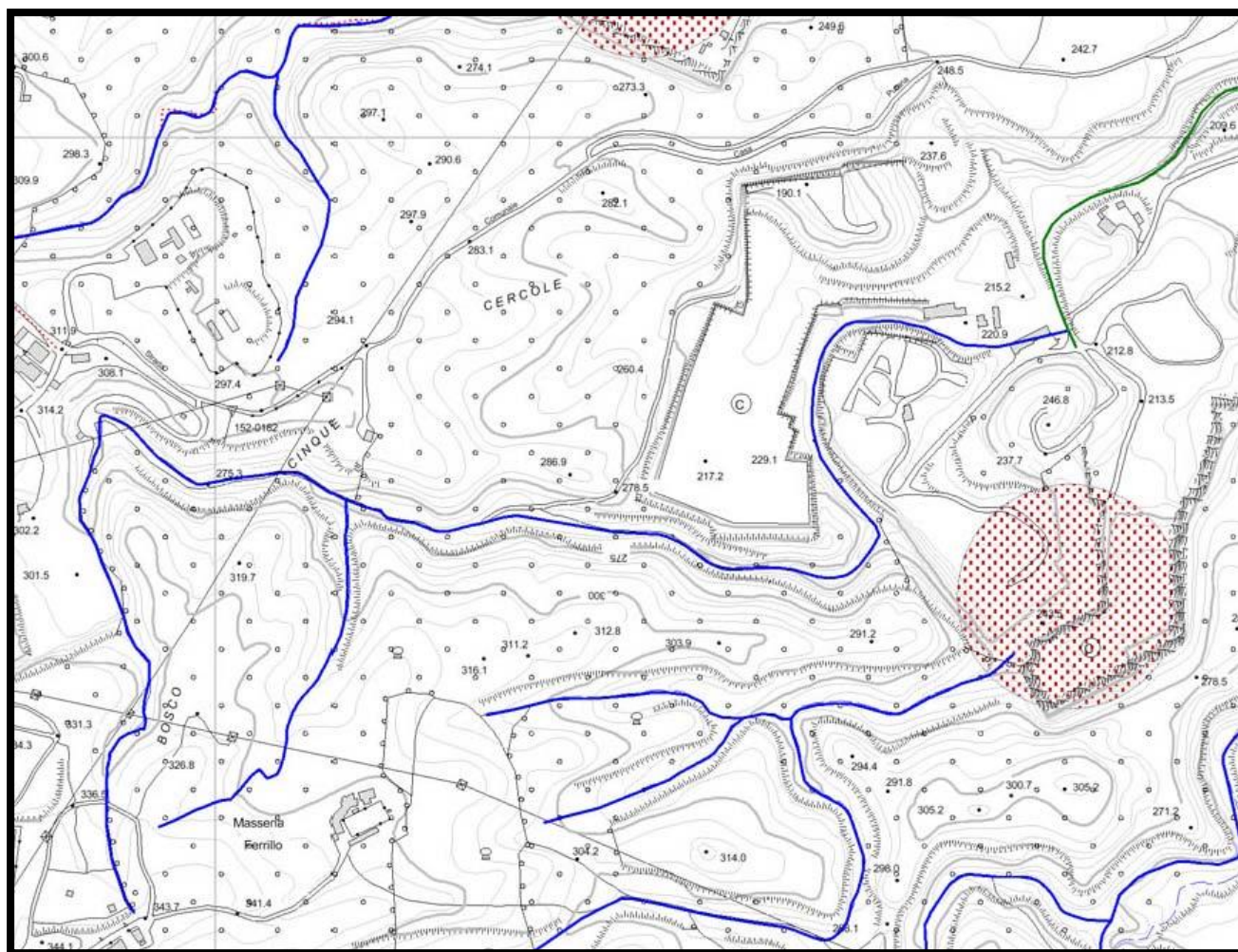


Figura 11 – Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica – PSAI –

LEGENDA

| | Esondazione | Aree di attenzione | Elevato trasporto solido | Falda sub-affiorante Conche endoreiche |
|---------------------------|-------------|--------------------|--------------------------|---|
| P3 - Pericolosità Elevata | | | | |
| P2 - Pericolosità Media | | | | |
| P1 - Pericolosità Bassa | | | | |

Pericolosità da esondazione - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali riconducibili a esondazione del reticolo idrografico.

Pericolosità per elevato trasporto solido - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali caratterizzati da elevato trasporto solido (flussi iperconcentrati, colate detritiche, debris - flow, etc).

Area di attenzione - "aree ad elevata suscettibilità di allagamento ubicate al piede di valloni", "punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa", "fasce di attenzione per la presenza di alvei strada".

- Limite di Bacino
- Alveo strada
- Reticolo idrografico
- Tratto tombato
- Vasca

Il Piano Di Gestione del Rischio da Alluvione (Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, D.L.vo 49/2010, D.L.vo 219/2010) elaborato dal competente Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale per l'area di cava in esame non riporta vincoli per pericolosità e rischio idraulico (si vedano le figure nn. 12 e13), in accordo con il PSAI.

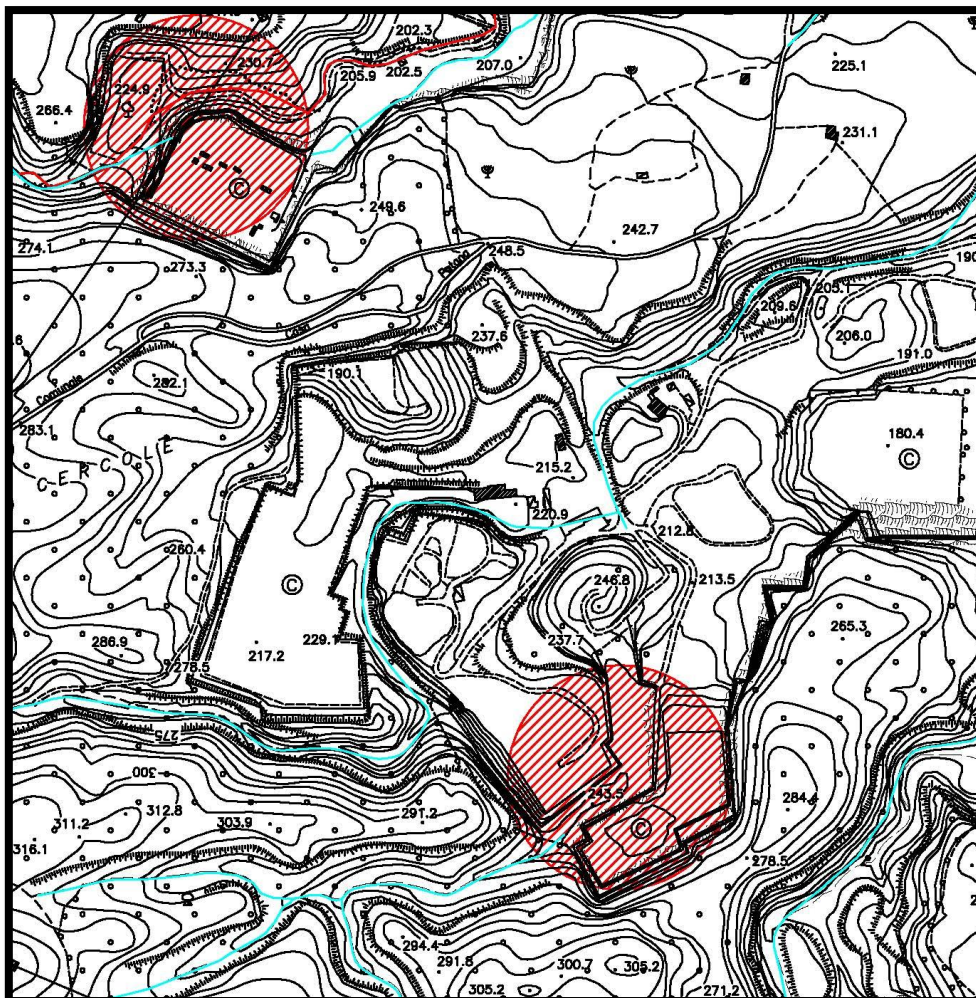


Figura 12 - Stralcio del PGRA – Mappa della Pericolosità Idraulica -

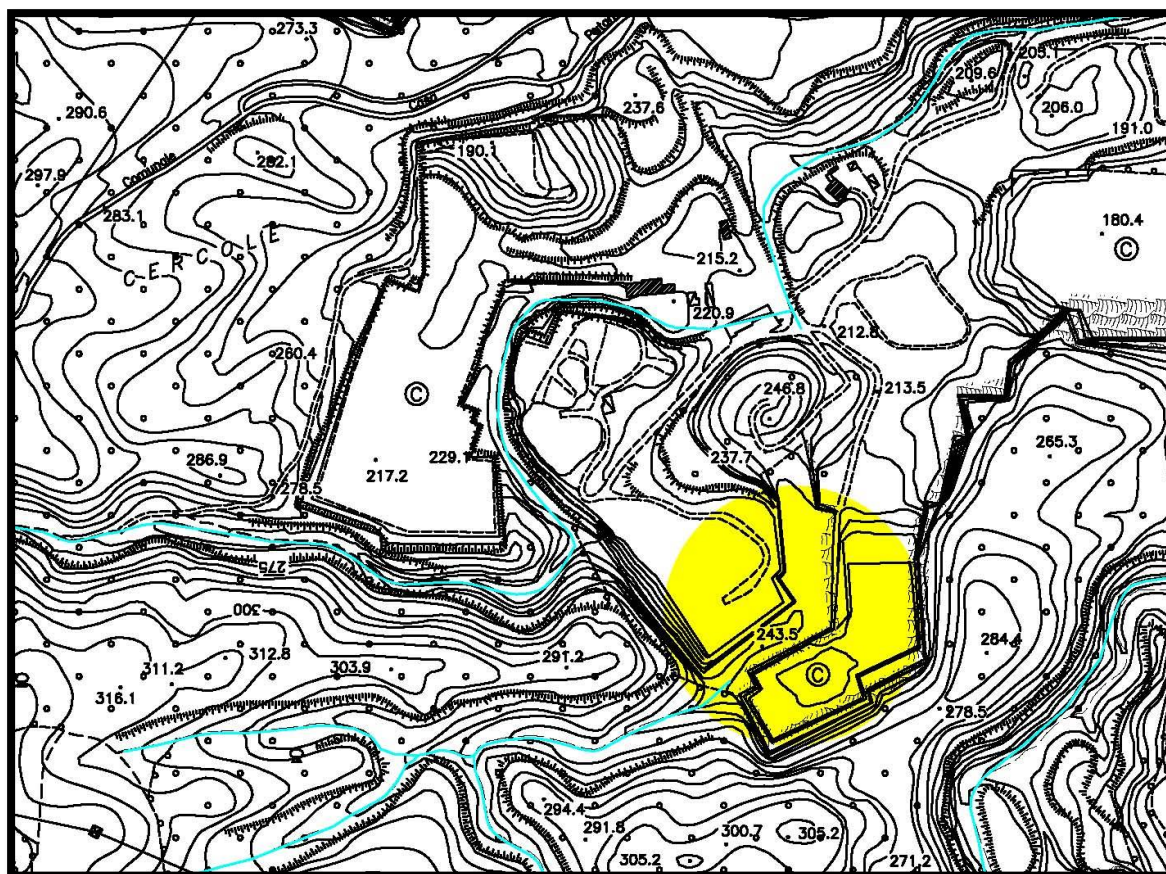


Figura 13 - -Stralcio del PGRA – Mappa del Rischio Idraulico -

LEGENDA

RISCHIO IDRAULICO

| | |
|---|---|
| R4 aree/elementi a rischio molto elevato | sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche |
| R3 aree/elementi a rischio elevato | sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale |
| R2 aree/elementi a rischio medio | sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche |
| R1 aree/elementi a rischio moderato o nullo | i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli |

DEFINIZIONI

Attività o impianti tecnologici potenzialmente pericolosi



Impianti ed Attività di cui al D.Lgs n. 59/2005
29/06/2010 in attuazione alla Direttiva 2008/1/CE (fonte: sito E-PRTR 2012)
(*European Pollutant Release and Transfer Register*)

Industrie a Rischio di incidente Rilevante di cui al D.Lgs. 334/99 modificato dal
D.Lgs 21/09/2005, n. 238 (fonte: ISPRA 2013)

| | | | |
|--|---------------------------|--|-----------------------|
| | Limiti Provinciali | | Idrografia principale |
| | Limiti Autorità di Bacino | | Limiti Comunali |

4.5.1.-..VINCOLI IDROGEOLOGICI – IL PRG -

Con riferimento all'area in esame il PRG vigente del Comune di Napoli classificano l'area come aree di cava (figura n. 14): difatti il profilo originale dell'area in esame è stato modificato in seguito ad attività antropica e attualmente le pareti perimetrali hanno profilo pressoché verticale.

Analizzando anche la carta del rischio atteso per i fattori di pericolosità idraulica e da frana (Variante al PRG, 2004) si osserva come per la zona oggetto di studio sia richiesto un propedeutico approfondimento per definire il livello di rischio (Figura 15).

Nella Carta della stabilità del richiamato PRG, il sito è ascritto ad un ambito “stabile” – si veda la figura n.14 -.

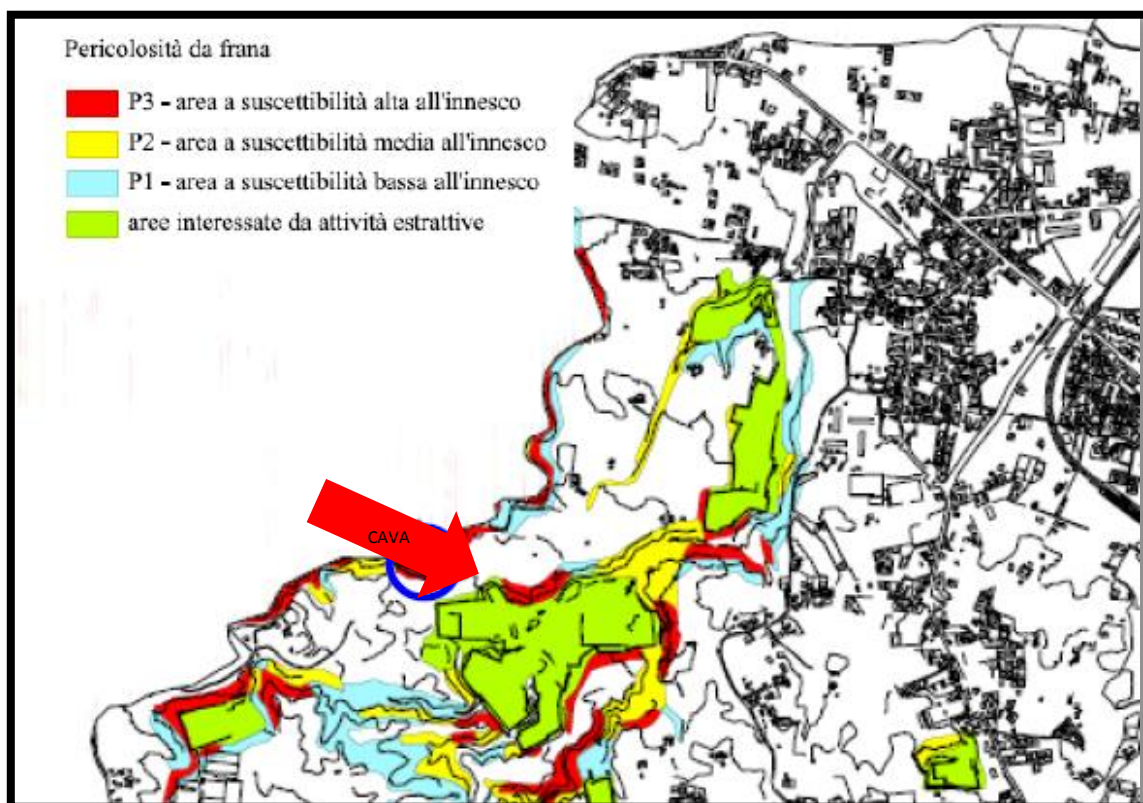


Figura 14 – Stralcio della Carta di Pericolosità da Frane – Variante al PRG, 2004 –

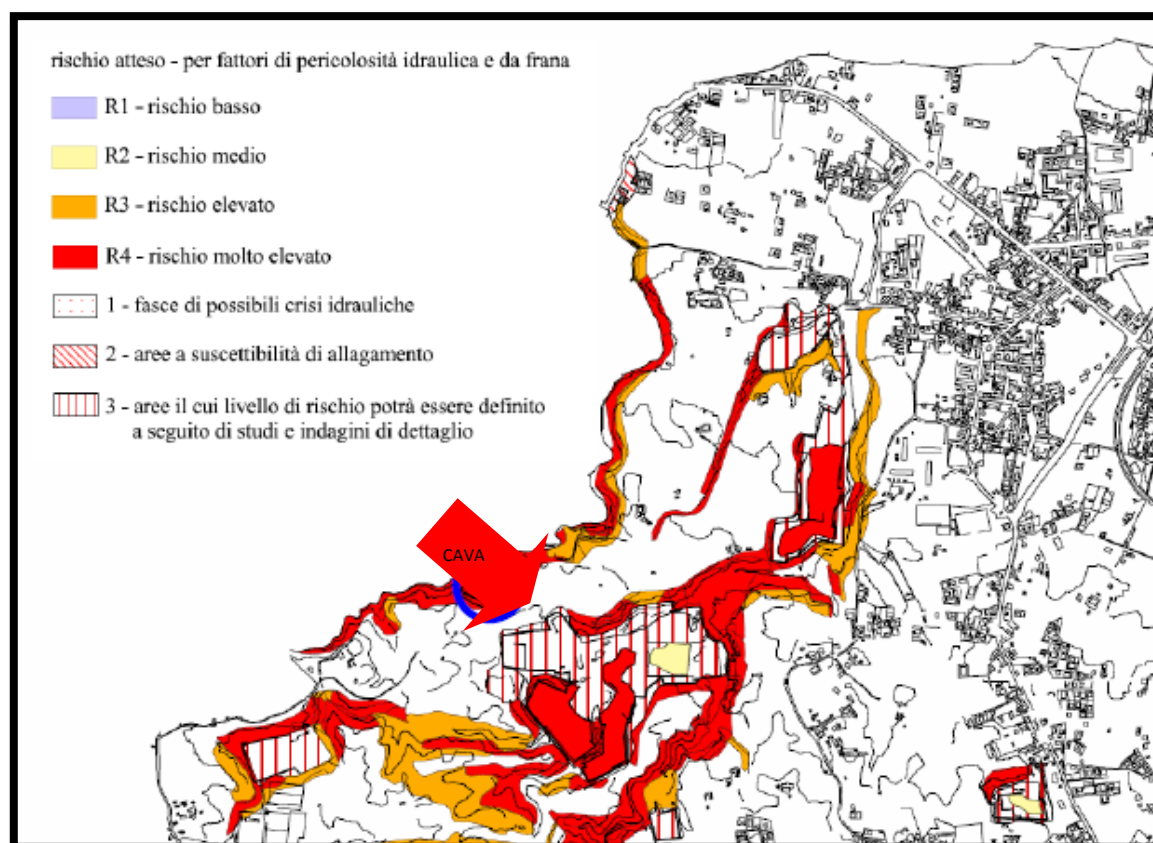


Figura 15 - Carta del rischio atteso per fattori di pericolosità idraulica e da frana (Variante al PRG, 2004

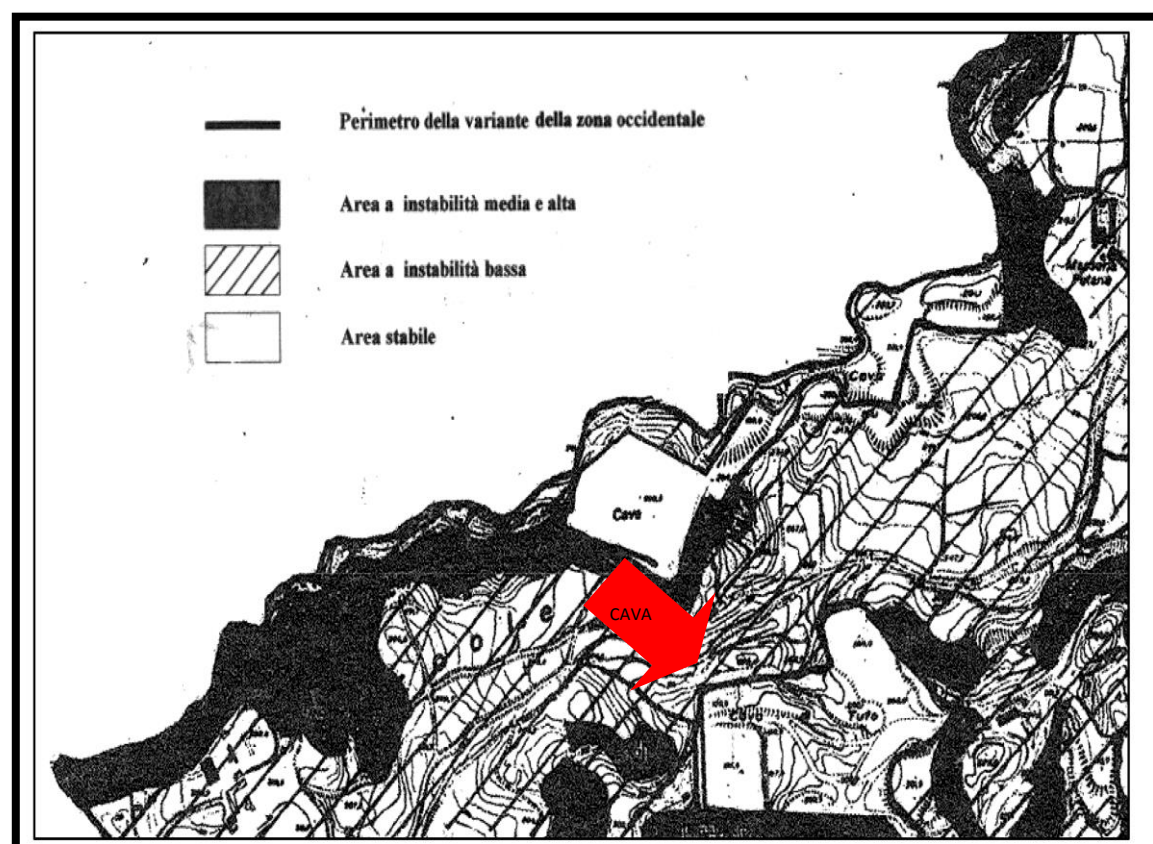


Figura 16 – Stralcio della Carta della Stabilità del PRG di Napoli

5.-.DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Al fine di caratterizzare i terreni affioranti sul fondo cava ed in ottemperanza del Decreto Ministeriale LL.PP. 11/3/1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle opere di fondazione -, sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a profondità di - 30 mt dal p.c.,
- esecuzione in avanzamento dei sondaggi geognostici di n. 6 Standard Penetration Test (SPT);
- prelievo di n. 6 campioni di terreno indisturbati sottoposti ad analisi di laboratorio per la loro caratterizzazione fisica e di resistenza meccanica;
- n. 3 profili di sismica a rifrazione.

I materiali recuperati dal carotaggio sono stati conservati in opportune cassette catalogatrici ed utilizzate per la redazione delle stratigrafie che sono qui allegate nel fascicolo fornito dall'impresa esecutrice.

Le indagini sono state affidate ed eseguite dalla società "GEOchimie r.l." nel mese di maggio – giugno 2018; l'ubicazione è riportata nella figura 11.

Per le tecniche, la strumentazione e le metodologie d'investigazione, si rimanda all'elaborato prodotto dalla ditta esecutrice che riporta anche i singoli certificati delle sperimentazioni.

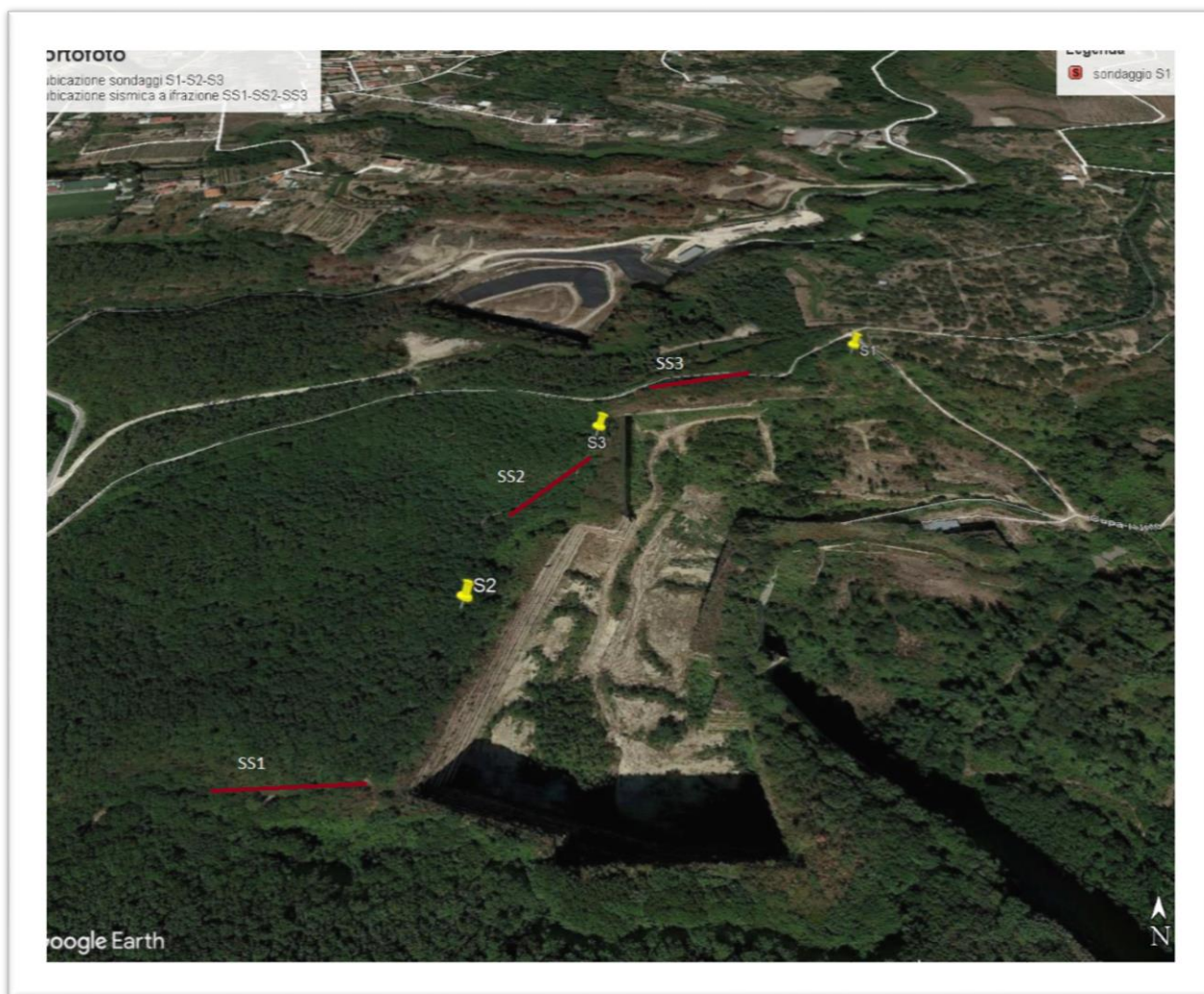


Figura 17 Ubicazione delle indagini

5.1.-...INDAGINI IN SITO

5.1.1.-...SONDAGGI MECCANICI.

In totale sono stati eseguiti n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo. I sondaggi, eseguiti a secco per il maggior recupero della campionatura, sono stati portati alle profondità di – 30 metri dal p.c..

I risultati dei sondaggi sono graficizzati nei certificati prodotti dalla ditta che eseguito i lavori. Tali stratigrafie sono state redatte facendo riferimento alla composizione granulometrica dei singoli terreni.

5.1.2.-...PROVE S.P.T.

Nel corso dei carotaggi sono state altresì eseguite anche sei prove di penetrazione meglio dette Standard Penetration Test. Tale prova consiste nell'infiggere nel terreno, a fondo foro e alle profondità stabilite dal committente, una punta aperta tipo Raymond per tre tratti consecutivi di 15 cm. annotando e riportandoli in stratigrafia il numero dei colpi occorrenti per l'infissione della punta per

ogni tratto. La prova verrà considerata conclusa se per un tratto verrà superato il valore di 50 colpi. L'energia utile all'infissione della punta viene fornita da un maglio a caduta libera, mediante apposito dispositivo di aggancio-sgancio del peso di 63.5 Kg con corsa di 76 mm. Tale maglio batte direttamente su di una testa di raccordo del peso di 15 Kg direttamente avvitata sulle aste di manovra del diametro di 51 mm. Per terreni ghiaiosi la punta aperta di cui sopra è sostituita con una punta conica chiusa avente angolo di apertura di 60°.

Tabella 1 Sondaggi

| sondaggio | quota assoluta slm | profondità m. | Profondità del tetto tufaceo mt dal p.c. | SPT alle profondità e N_{SPT} | Campioni prelevati alle profondità dal b.f., m. |
|-----------|--------------------|---------------|--|---------------------------------|---|
| S1 | 253 | 30 | 15.90 | 4.5/4.95, $N_{SPT}=9$ | C1 – 5.70/6.40 |
| | | | | 9.0/10.35, $N_{SPT}=15$ | C2 – 7.50/8.10 |
| | | | | 13.0/13.45, $N_{SPT}=8$ | |
| S2 | 264 | 30 | 8.70 | 2.0/2.45, $N_{SPT}=7$ | C1 – 3.0/3.60 |
| | | | | 7.5/7.95, $N_{SPT}=15$ | C2 – 6.0/6.50 |
| S3 | 258 | 30 | 5.80 | 3.20/3.65, $N_{SPT}=13$ | C1 – 2.20/2.70 |
| | | | | | C2 – 4.60/5.00 |

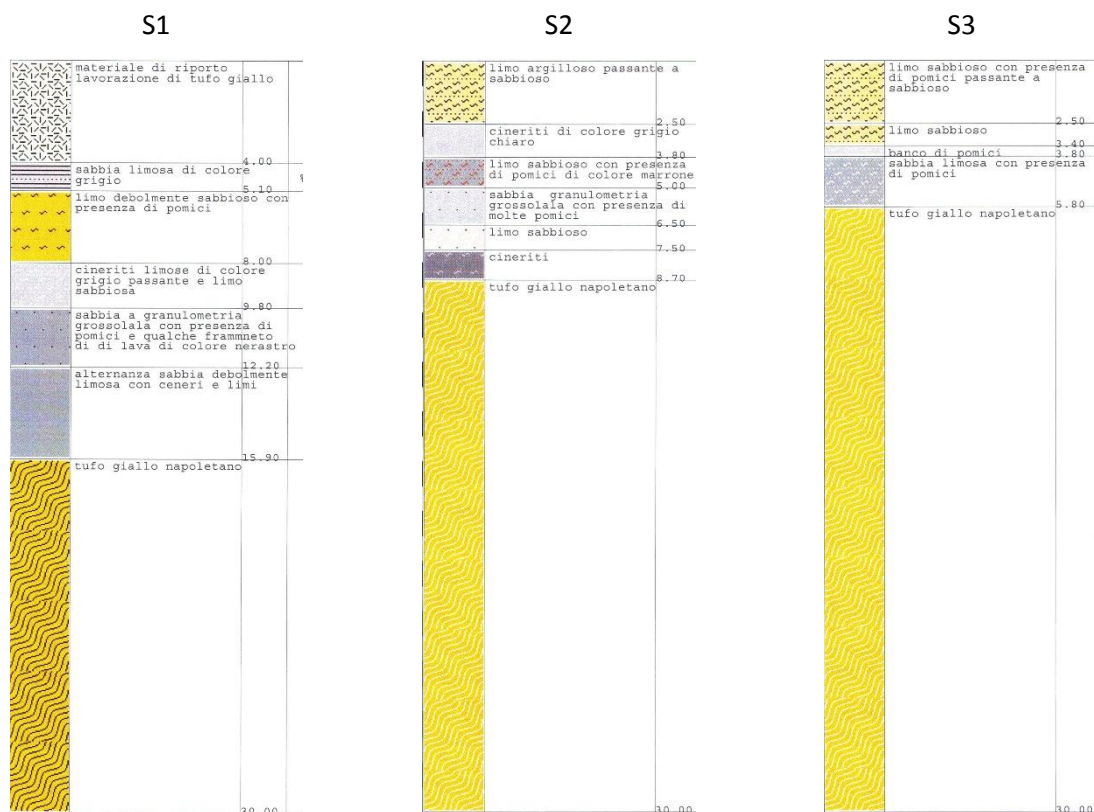




Figura 18 – Stratigrafie dei sondaggi realizzati lungo i cigli della cava

5.1.3.-..INDAGINI SISMICHE

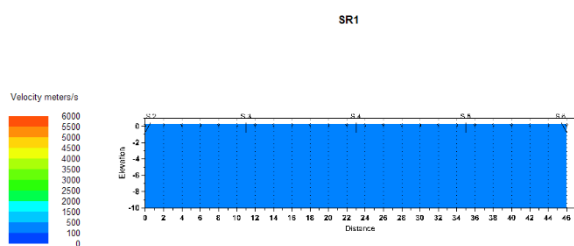
La sismica a rifrazione è una metodologia diffusa e consolidata che permette la ricostruzione delle velocità sismiche e delle geometrie del sottosuolo. Per questo motivo è ampiamente utilizzata per

finalità geotecniche (Signanini & Torrese, 2004), ovvero per la ricostruzione dei profili di velocità del sottosuolo e da questi risalire al profilo sismoresistente caratteristico.

I metodi di elaborazione del dato sismico, come il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980), Delay time e Metodo dei Tempi Intercetti consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente "accidentati" e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologie di superficie non piane: la buona precisione raggiungibile, specie se si dispone di sondaggi di taratura, consente talora di elevare la prospezione sismica da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica.

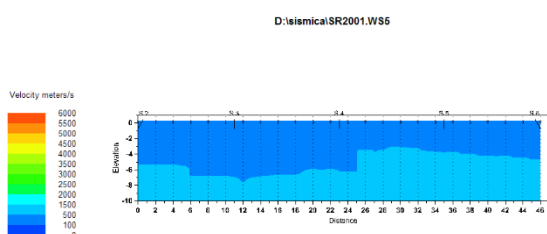
Nel caso in esame sono stati eseguiti tre stendimenti di base = 46 m, a monte dei coronamenti delle pareti tufacee lungo il perimetro occidentale e sud-occidentale della cava. I rilievi consentono di rilevare le profondità delle coperture sciolte ( nei profili sotto riportati, $V_p < 500$ m/sec) del TGN e il tetto del banco tufaceo ( nei profili sotto riportati, $V_p > 1500$ m/sec).

Profilo 1



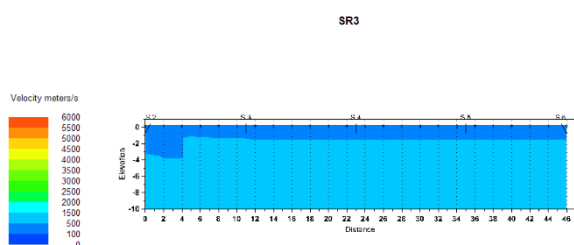
ABC method depth computation

Profilo 2



ABC method depth computation

Profilo 3



ABC method depth computation

5.1.4.-...PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI INDISTURBATI

I testimoni di terreno indisturbati, prelevati con campionatore Scelby alle profondità riportate nella tabella n.1, sono stati portati in laboratorio (Soil Test S.r.l.) e sottoposti alle analisi per determinare i valori dei parametri indici fisici e di resistenza meccanica. Tutti i campioni afferiscono alla copertura detritica e piroclastica del TGN. I valori dei principali test eseguiti sono sintetizzati nella tabella che segue.

| Campione | Peso unità volume γ_n KM/m ³ | Peso specifico dei grani γ_s , KN/m ³ | Contenuto di acqua, w, % | Indice vuoti, e | Composizione granulometrica | Coesione drenata, c', KPa | Angolo di attrito interno, φ' ° |
|----------|--|---|--------------------------------|-----------------------|--|---------------------------------|--|
| S1C1 | 13.54 | 23.82 | 27.47 | 1.24 | Limo con sabbia debolmente ghiaioso | 3.30 | 26 |
| S1C2 | 13.74 | 23.46 | 26.63 | 1.16 | Limo con sabbia | 2.80 | 26 |
| S2C1 | 13.62 | 23.65 | 38.46 | 1.40 | Limo con sabbia debolmente ghiaioso | 2.10 | 26 |
| S2C2 | 11.73 | 22.49 | 38.56 | 1.66 | ghiaia con sabbia limosa | 1.83 | 30 |
| S3C1 | 16.41 | 25.70 | 31.52 | 1.06 | Limo con sabbia debolmente ghiaioso | 2.46 | 27 |
| S3C2 | 15.49 | 25.49 | 12.59 | 0.85 | Sabbia con limo ghiaiosa | 2.20 | 28 |

Tabella 2 – valori dei principali parametri indici e di resistenza meccanica delle coperture

6.-.ASSETTO GEOLITOLOGICO E MORFOLOGICO LOCALE E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Le indagini appositamente condotte hanno permesso di ricostruire la stratigrafia locale del sito interessato dal progetto del Bosco Umido sul fondo dell'ex cava Comunale.

In particolare, i dati stratigrafici hanno evidenziato che al di sopra del Tufo Giallo Napoletano, che affiora nelle pareti perimetrali della cavea e che rappresenta il prodotto dell'attività esplosiva verificatasi circa 12.000 anni fa, si rileva una successione regolare di cineriti rimaneggiate, legate alla deposizione dei prodotti delle eruzioni recenti dei Campi Flegrei, nella quale si trovano intercalati livelli di pomici subcentimetriche alterate ed arrotondate. Si tratta di depositi di eruzione distali che si depositano con meccanismi da caduta, da nubi eruttive a volte di altezza notevole.

Dai dati bibliografici si ricava inoltre che oltre la profondità direttamente investigata in situ – 30 m. - e per ulteriori 20 mt si rinviene sempre il banco di Tufo Giallo, oltre è presente uno strato di cinerite semilitoide con intercalazioni di livelli scoriacei e di lapillo alternati a livelli di cinerite fine con rare e minute inclusioni. Talora si rinvenivano anche frammenti di lava di dimensioni subcentimetriche (tale orizzonte è comunemente noto quando riscontrato a tetto del tufo con il nome "Cappellaccio"). Al di sotto dei tufi si osserva la presenza di cineriti grigio chiare con pomici grigio chiaro-biancastro assimilabili ai "Tufi biancastri" riconosciuti nella serie del Vallone del Verdolino (da PRG), a cui seguono depositi costituiti da cineriti grigie e brecce laviche intercalati da livelli di paleosuoli, che rappresentano periodi di quiete in cui è possibile la formazione di suoli vegetali più o meno sviluppati. Questa serie, che nell'area dei Camaldoli è denominata Piperno-Breccia Museo, è correlabile ai depositi dell'Ignimbrite Campana (circa 35.000-30.000 anni fa) rappresentati da tufi di colore grigio violaceo, ricchi di scorie nere, più o meno saldati.

Infine si rinviene un banco trachitico sovrastante una serie di cineriti addensate correlabili ai tufi di "Torre di Franco" riconosciuti nella località omonima e costituiti da pomici da caduta, livelli cineritici da flusso e livelli humificati.

L'analisi dei prodotti di Torre di Franco (età superiore a 42.000 anni fa) evidenzia che si tratta di accumuli legati ad almeno sette eventi eruttivi, separati da periodi di quiete (paleosuoli), di vulcani flegrei i cui centri eruttivi non sono identificabili. Tale unità è sede di una falda profonda di tipo confinato.

Il Piperno é correlato al meccanismo di formazione della caldera flegrea e al deposito dell'Ignimbrite Campana, a seguito di una devastante eruzione a carattere esplosivo (nube ardente).

I Tufi biancastri sono essenzialmente legati ad eruzioni freatomagmatiche, di grande energia, caratterizzate da meccanismi esplosivi a seguito del contatto del magma con l'acqua.

Anche il Tufo Giallo è il prodotto di un'eruzione fortemente esplosiva con meccanismi di messa in posto prevalentemente per flusso. Per questa eruzione mancano ancora elementi attendibili per una localizzazione della bocca eruttiva e sulla successione degli eventi e dei meccanismi eruttivi.

Gli ultimi prodotti della serie mostrano una significativa diminuzione dell'energia liberata, tuttavia i meccanismi sono ancora esplosivi. Questo è un elemento dominante del vulcanismo flegreo e di quello osservato nell'area napoletana.

In sintesi nell'area in esame si osservano i prodotti di almeno quattro grandi cicli eruttivi: l'Ignimbrite Campana (Piperno-Breccia Museo) di circa 35.000 anni fa, i Tufi Biancastri e il Tufo Giallo Napoletano riferiti a circa 11.000 anni fa e i prodotti della fase recente dei campi Flegrei, emessi tra 10.000 e 3.800 anni fa.

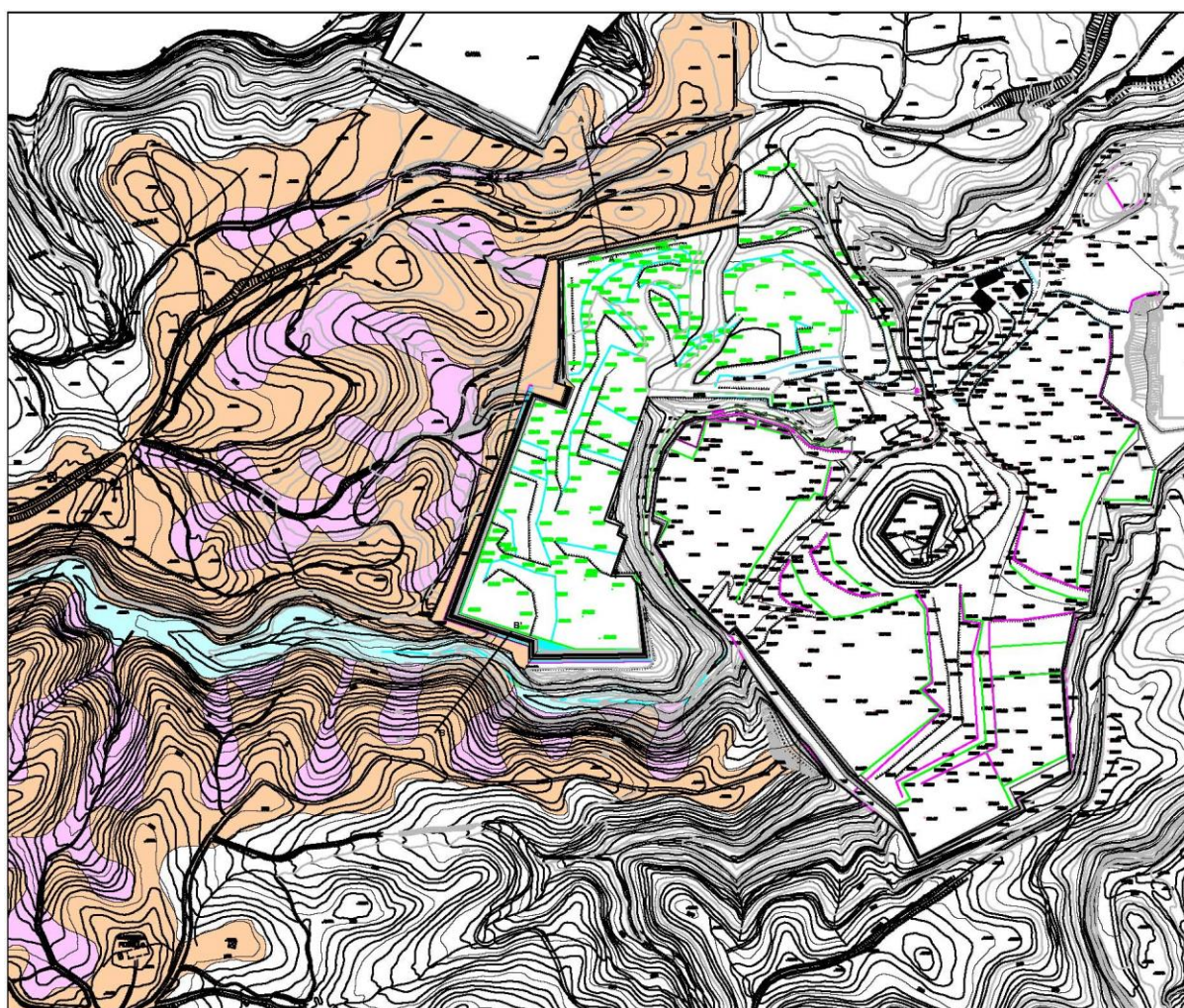


Figura 19 – Stralcio della Carta geologica

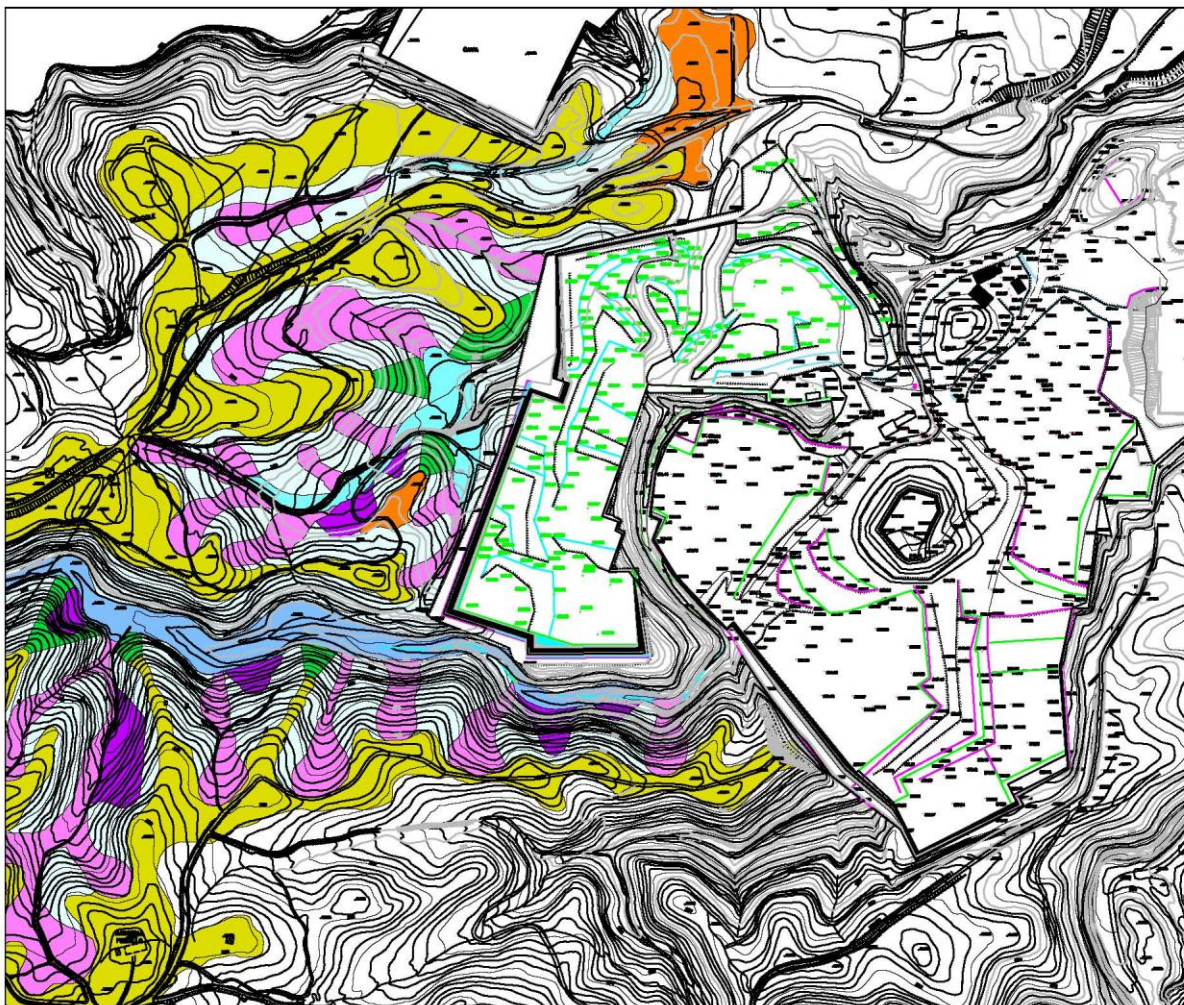


Figura 20 – Stralcio della Carta Geomorfologica



6.1.-...IL RILEVAMENTO GEOLOGICO

Il rilevamento di superficie ha permesso di redigere una carta geologica di dettaglio dell'immediato contorno dell'area della cava (si veda lo stralcio riportato nella figura n. 17) e, sulla scorta dei sondaggi eseguiti, anche la carta geolitologica della sola area di Cava (si veda lo stralcio riportato nella figura n. 19). Nelle Tavole G_01 e G_02, allegate fuori testo, sono riportate tali carte tematiche nelle scale di restituzione.

Nella carta geologica sono stati perimetrati e cartografati i depositi in affioramento, distinguendoli in:
Depositi del substrato:

I depositi costituenti il substrato sono rappresentati dal Tufo Giallo Napoletano, litoide, passante verso l'alto al "Cappellaccio" o "Mappamonte" deposito piroclastico incoerente di chiusura e alterazione del TGN, ben visibile nel fronte nord della cava, esposto a sud e riportato nelle sezioni geolitologiche riportate nelle Tavole G_01 e G_02 (allegate fuori testo)

Il tufo giallo è esposto per oltre 70 m. lungo le pareti della cava dove assume un aspetto massivo, poco fratturato con colore variabile dal giallo al marrone chiaro. È costituito da una matrice cineritica al cui interno si rinvencono pomici grigiastre di dimensioni variabili tra i 0.5 cm e i 2.00 cm.

Con i sondaggi è stato direttamente investigato per circa 20 m. di profondità.

Depositi della copertura:

Estesi affioramenti di materiale piroclastico si rinvennero, come coltre di ricoprimento del materiale tufaceo, in quasi tutta l'area esaminata.

La coltre colluviale ed eluviale, formata da accumuli sabbioso-limoso-argillosi, argille limose giallastre e brunastre con plasticità da media a bassa, con componente sabbiosa eterometrica e scheletro grossolano pomiceo, sono state investigate con le indagini dirette ed indirette e denotano, localmente e ad eccezione del fondo cava dove sono anche decametrici, spessori medi di 4 m. nella porzione settentrionale della cava (Sondaggio S1 - area non assoggetta a scavi) a pochi decimetri lungo i versanti a monte dei cigli delle pareti tufacee di est e sud-est. (Sondaggi S1 e S2 ed interpretazione dei profili sismici).

Al di sotto del detrito di versante, le coperture del TGN comprende la serie piroclastica in situ (piroclastiti in giacitura primaria) che è stata riscontrata per circa 11 m. nel'S1 a 6 – 9 m. nei fori dei sondaggi S2 ed S3. Questi depositi sono costituiti da sabbia ghiaiosa di colore variabile dal grigio al marrone chiaro, che si presenta mediamente addensata con incluse abbondanti pomici, scorie di dimensioni comprese tra 0.5cm e 1 cm e lapilli.

CARTA GEOLITOLÓGICA

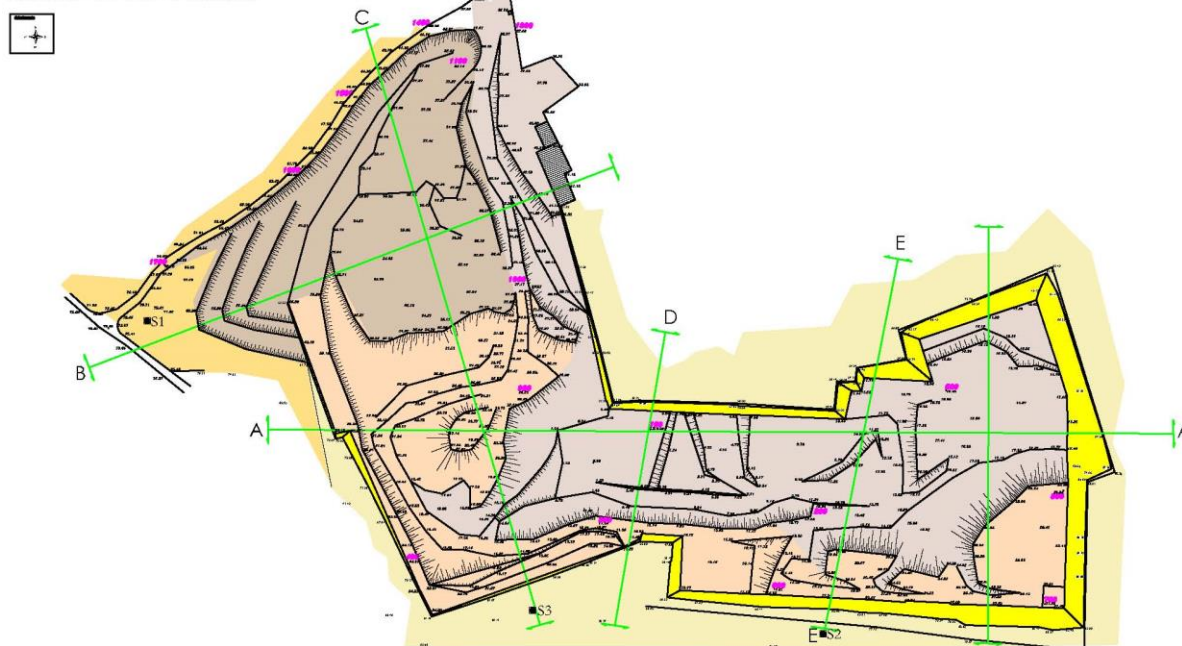
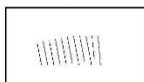


Figura 21 Stralcio della Carta geolitologica della cava

LEGENDA



Scarpate di altezza variabili derivate dalla rimodellazione del per l'attività estrattiva.

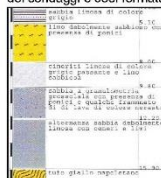


Pareti subverticali in Tufo Giallo Napoletano.
Tufo litico, con fratture da raffreddamento, localmente con piani inclinati secondo angoli anche maggiori della scarpata. Singoli blocchi instabili da disaggiare preventivamente.

Depositi della copertura



Piroclastiti in giacitura primaria. La sequenza rinvenuta nei fori dei sondaggi è così formata:



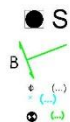
Detriti eterogenei, materiali eluviali / colluviali frammentati a taglie di tufo.
Detriti in matrice piroclastica alterata: ghiaia con limi sabbiosi. Permeabilità media.



Cumuli di materiali eterogenei alla base delle pareti tufacee: detrito eterogeneo prevalentemente piroclastico con blocchi di tufo di risulta dell'attività estrattiva (taglie).



Detrito di fondo cava: materiali eluviali e colluviali con taglie di tufo. Terreni che hanno subito modesti trasporti da parte delle acque dilavanti. Materiali di accumulo per alterazione in situ. Permeabilità bassa. Limi e limi sabbiosi di colore ocreo e marrone chiaro.



SONDAGGI GEOGNOSTICI

Traccia delle sezioni

Quota altimetrica

Punto su Sezione

Quota altimetrica Stazione

6.2.-..CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

- Tufo Giallo - ,

Nell'ambito del sito, il T.G.N. (Tufo Giallo Napoletano) si presenta fortemente stratificato e ricoperto da una coltre di pozzolane. Dal punto di vista litologico è una roccia a matrice prevalente; la frazione ghiaiosa è rappresentata da pomici, spesso degradate, e da frammenti litici di origine lavica a composizione prevalentemente trachitico-latitica e subordinatamente alcalino-trachitica e trachibasaltica. Generalmente la roccia si presenta di colore giallo paglierino più o meno intenso, in funzione della varietà.

Il T.G.N.. si presenta con struttura e con caratteristiche geotecniche variabili; i valori medi delle sue principali caratteristiche fisico-meccaniche, ripresi dalla letteratura scientifica consolidata sono:

| | | Valori medi |
|---|-------------------------------------|------------------------------------|
| Proprietà fisiche | | |
| <i>Peso dell'unità di volume</i> | γ_d [kN/m ³] | 11÷12 |
| <i>Peso dell'unità di volume saturo</i> | γ_{sat} [kN/m ³] | 16÷17 |
| <i>Peso del volume secco</i> | γ' [kN/m ³] | 6÷7 |
| <i>Porosità</i> | n | 0.55 |
| <i>Permeabilità</i> | K [cm/s] | 10 ⁻⁵ ÷10 ⁻⁴ |
| Proprietà meccaniche | | |
| <i>Resistenza a compressione</i> | σ_f [MPa] | 1÷15 |
| <i>Coesione</i> | c' [MPa] | 0.8÷1.0 |
| <i>Angolo di attrito</i> | ϕ' [°] | 27÷28 |
| <i>Modulo di Young</i> | E' [MPa] | 1500 |

Tabella 3 – Proprietà fisico-meccaniche del tufo giallo

La resistenza allo schiacciamento è molto variabile: nella varietà più tenera si aggira intorno ai 0.0002 MPa per arrivare a circa 0.00172 MPa in quelle più resistenti. Il valore medio si aggira sui 0.0005 MPa. Il T.G.N. è generalmente interessato da una serie di fratture subverticali e da discontinuità orizzontali (suoli). Le prime, sono in genere serrate, e di frequente capillari. I suoli derivano da sottili orizzonti incoerenti e sono molto meno frequenti delle fratture. L'identificazione nel sottosuolo delle discontinuità del tufo, con perforazioni di sondaggio o con altri mezzi d'indagine, è molto difficile ed incerta.

Il Tufo Giallo Napoletano è una roccia molto porosa; questa porosità gli deriva, oltre che dai vuoti intergranulari, dalla presenza di pomici molto soffiati che normalmente hanno una densità inferiore a quella dell'acqua. Da ciò la roccia si presenta leggera con un peso di volume variabile da 10.7 a 13.7 kNm³ anche se in genere l'intervallo di variabilità è più ristretto mantenendosi tra 11.7 e 12,7 kNm³.

I valori della coesione e dell'angolo d'attrito variano in funzione di diversi fattori quali il grado di cementazione, il grado di alterazione, la profondità, la percentuale di frazione fine, etc.. Sulla scorta delle fonti bibliografiche si ricava che i valori della coesione sono compresi tra 0 e 1 MPa, mentre i valori di angolo d'attrito variano generalmente in un intervallo compreso fra 27° e 36°÷40°.

Per quanto riguarda la permeabilità, i valori riportati in bibliografia si riferiscono al coefficiente di permeabilità assoluta K_0 che è risultato pari a $1.1 \cdot 10^{-10}$ cm² (valori equivalenti a una conducibilità idraulica di circa $1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Come già detto nel paragrafo delle indagini eseguite in situ, il valore di K sperimentato è pari a $K = 10^{-6}$ m\sec.

- Pozzolane –

Le pozzolane¹ di copertura sono dei materiali sciolti la cui granulometria varia, generalmente tra 5 mm e 0,05 mm. La frazione più grossa (5 mm) è costituita generalmente da pomici che si rinvenivano sotto

¹ Nel dettaglio si definiscono:

-*pomici*: brandelli di lava soffiati, leggeri e porosi; con una struttura essenzialmente vetrosa. Presentano dimensioni massime di un centimetro e si trovano in strati dello spessore variabile da pochi centimetri fino al massimo a 2 metri.

forma di banchi e/o lenti di varia grandezza e spessore. Molto più diffusi sono i depositi a granulometria inferiore contenenti solo frammenti di dimensioni più grosse. La granulometria, pertanto, varia dalla sabbia limosa al limo sabbioso. Vi è anche presenza di una piccola componente ghiaiosa costituita da pomici e in subordine da piccoli frammenti litici. Tale variabilità è legata alle origini dei materiali costituiti sia da depositi di caduta, che da flusso e surge (Picarelli et al., 2006).

Il meccanismo di deposizione delle pozzolane comporta che all'interno di questa formazione le caratteristiche meccaniche varino con la profondità. Queste variazioni sono legate alle caratteristiche granulometriche, all'alterazione subita dopo la messa in posto, alla porosità, al grado di addensamento. I valori meccanici quindi variano al variare della profondità, con un andamento molto irregolare che alterna pozzolane con caratteristiche meccaniche elevate con pozzolane con caratteristiche basse. Molto accentuate sono anche le variazioni laterali.

Dall'analisi delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante i sondaggi (S1C1 -S1C2 - S2C1 -S2C2 -S3C1 – S3C2) e dal confronto con i valori di letteratura, si ricavano le seguenti caratteristiche:

- granulometria: da “limo con sabbia debolmente ghiaioso”, “ghiaia con sabbia”, “sabbia con limo ghiaioso”;
- angolo di attrito interno: da 26° a 28°;
- coesione efficace: da 1.8 a 3.3 kPa;
- indice dei vuoti: mediamente da 0.85 a 1.6;
- peso dell'unità di volume: da 13 a 16 kNm³.

- Detrito -

Con i rilievi eseguiti si è riscontrata nella cavea dell'area la disordinata giacenza di cumuli detritici a prevalente componente piroclastica (si ritiene opportuno procedere preventivamente alla loro movimentazione alla loro caratterizzazione ai sensi del D.Lgs 152/2004) e materiali eterogenei provenienti dagli scarti della produzione di blocchi di tufo – taglime - intimamente frammisti a detrito, anche autoctono, che formano alti mammelloni con fianchi e versanti soggetti ad erosione e laddove non coperti da vegetazione in precarie condizioni di stabilità. Sul fondo cava gli spessori sono quanto mai variabili.

Se si escludono le pareti di coltivazione del tufo ed i mammelloni detritici, le restanti porzioni dell'area è generalmente ricoperta da detrito, minuto sul fondo cava e di origine eluviale e colluviale, e grossolano ai margini e lungo le scarpate artificiali e naturali e derivante sia da taglime, sia dai processi di disgregazione chimico-fisico ed alterazione delle successioni piroclastiche in situ.

- *pozzolana*: con questo termine a Napoli si definiscono le piroclastiti sciolte che si trovano a tetto del Tufo Giallo Napoletano; hanno una granulometria mediamente fine (tra sabbia e limo) e costituiscono la maggior parte dei terreni affioranti nell'area cittadina.

Il taglime rappresenta il materiale detritico più diffuso e si presenta generalmente abbancato al piede delle pareti subverticali secondo angoli di riposo naturali. Trattasi di materiali a matrice sabbioso-limosa, sempre di natura piroclastica, predominante di colore ocra con molti elementi tufacei in blocchi e brecce a spigoli vivi. I depositi più antichi presentano la matrice alterata ed in via di argillificazione, ma sono leggermente più compatti di quelli più recenti ed episuperficiali che sono sempre sciolti e compressibili. Trattasi, evidentemente, di materiali fortemente alterati la cui classificazione delle essere affidata a specifiche analisi di caratterizzazione.

A luoghi i livelli detritici più superficiali sono prevalentemente limoso-sabbiosi con rari livelli ed orizzonti a granulometria grossolana.

Nel corso delle indagini in situ non è stata rilevata la presenza di acque d'infiltrazione e/o di circolazione episuperficiale.

6.3.-...L'ASSETTO MORFOLOGICO

L'area in esame presenta una morfologia basso - collinare, con dislivelli crinale - fondovalle dell'ordine di poche decine di metri, con un pattern idrografico poco accentuato. Il contesto collinare è marcato, nell'intorno della cava, di modeste alture con quote variabili tra 150 e 300 m s.l.m., in zone ampiamente sfruttate per le attività di cava a causa della presenza di tufo ampiamente utilizzato nell'edilizia.

Perimetralmente all'area di cava, lungo l'intero fronte di monte (lato ovest e sud-ovest), si rilevano a raggiera vari solchi idrici dall'andamento disordinato e quasi sempre impegnati da alveo-strade sterrate e viuzze, i cui recapiti finali a valle sono difficilmente ed unitariamente individuabili, divenendo la fossa stessa della cava il ricettore intermedio dei flussi idrici di superficie. A tale disordine il progetto di ricomposizione pone rimedio riorganizzando il deflusso attraverso l'intercettazione a monte dei rivoli e convogliandoli a valle senza alcuna dispersione sul e nel sottosuolo secondo uno schema razionale ed ordinato che non interferisce e non accelera né processi di erosione lineari né areali.

Tutti le linee d'acqua hanno un andamento fortemente influenzato dal regime pluviometrico e si presentano per gran parte dell'anno privo d'acqua; tuttavia in concomitanza di eventi piovosi la loro portata cresce provocando trascinamento e trasporto solido del materiale sciolto a valle ed erosione spinta lungo i cigli e le pareti tufacee. Per questo motivo in riferimento ai rivoli è molto importante sia la salvaguardia della qualità delle acque sia idonei interventi di riqualificazione idraulica che evitino ogni tipo di interazione tra eventi di piena / colmata.

Il rilevamento geomorfologico, accompagnato da analisi di aereofoto, ha permesso di ottenere un quadro sufficientemente esaustivo dell'area esaminata. La ricostruzione geomorfologica ha permesso di ricavare le condizioni morfoevolutive che, insieme a caratteri geologici e stratigrafici, concorrono

allo sviluppo di un eventuale fenomeno franoso ed all'evoluzione dello stesso nel tempo. Si considera le frane come parte integrante dell'evoluzione morfologica dei singoli tratti del rilievo. Pertanto è possibile perimetrare, con buona approssimazione, le forme che presentano una scarsa leggibilità morfologica in modo da valutarne il rischio per l'opera in questione e la sua compatibilità.

Il rilievo è restituito nell'Elaborato Carte Tematiche – Carta Geomorfologica (stralcio riportato nella figura n. 18)) costruita sulla base delle forme denudazionali e forme deposizionali con relative perimetrazioni areali.

Le forme Denudazionali cartografate comprendono:

- Terrazzo ignimbrico - piroclastico sommitale;
- Terrazzo ignimbrico - piroclastico intermedio;
- Versante Aperto (open slope);
- Versante d'impluvio;

Le forme Deposizionali comprendono:

- Vallecole a fondo concavo, sede di accumulo colluviale;
- Coni di deiezione di genesi colluviale;
- Talus deposizionali di base versante;
- Vallecole a fondo piatto, con accumuli di tipo prevalentemente eluviale.

L'ambito morfologico che sottende l'area di cava presenta forme di genesi colluviale, il cui accrescimento è lento e costante. Non sono stati rilevati fossi in approfondimento e conoidi detritico-alluvionali, il tutto in accordo con il basso dislivello dei versanti e quindi la scarsa energia potenziale di alimentazione di eventuali flussi.

I principali elementi morfologici della cava sono rappresentati da fronti multipli di cavazione del tufo ed un sistema di fosse le cui pareti presentano altezze variabili e, come già detto, con altezza massima di 70 m.. Il fondo medio della cava si trova ad un'altezza media di 200 m s.l.m. (minima, porzione meridionale: 186 m. s.l.m.), mentre i cigli di cava si trovano a quote variabili comprese tra 220 e 272 m s.l.m..

La cava presenta una forma molo articolata ed irregolare con l'asse maggiore orientato all'incirca in direzione NNE-SO e risulta approfondirsi nella formazione del Tufo Giallo Napoletano, qui sottoposto ad una modesta coltre di materiali piroclastici sciolti per una profondità massima di circa 15 m. Le dimensioni sono variabili in funzione della profondità, che sul fondo sono ovviamente inferiori a quelle riscontrate in superficie.

La fossa presenta quote variabili degradanti verso SE in funzione della morfologia del territorio che risulta progressivamente più depressa in direzione di via Cupa del Cane (Marano).

Sulle pareti oggetto di cavazione è osservabile dal fondo fino alla sommità il Tufo Giallo Napoletano (sigla geologica: TGN), che si presenta compatto e poco fratturato. Le pareti presentano varie riseghe,

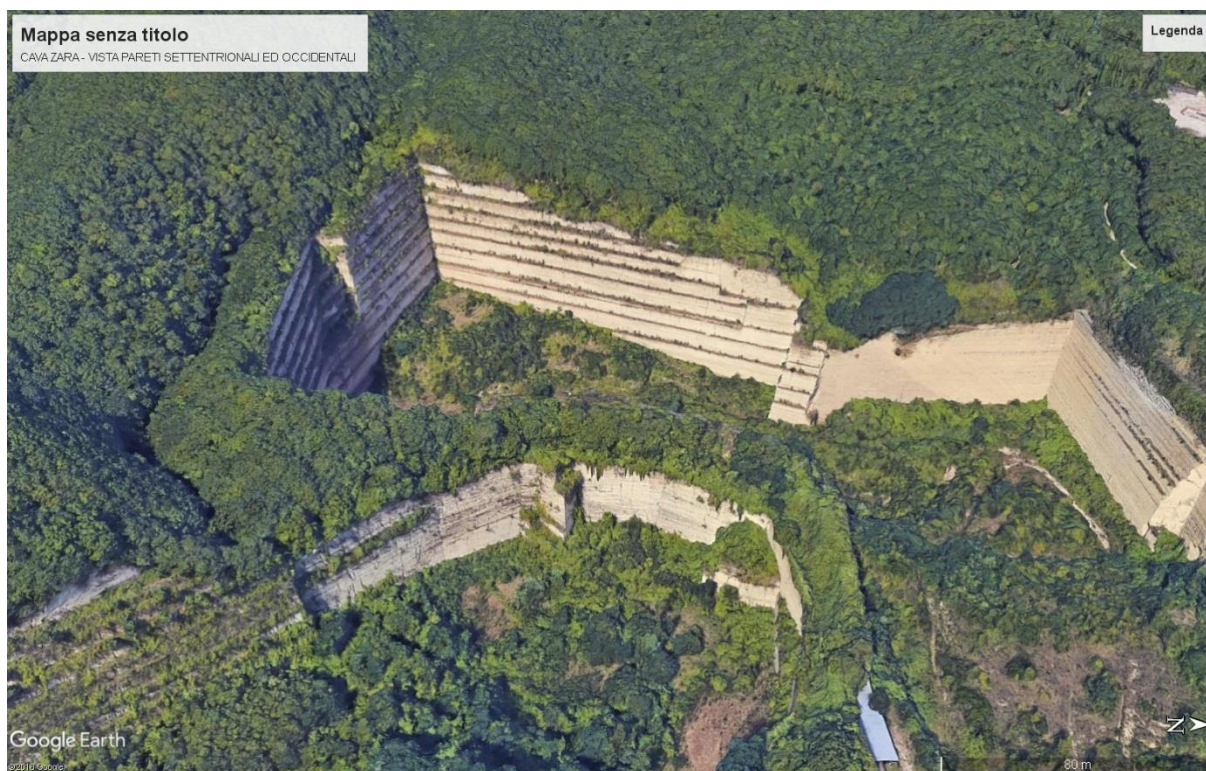
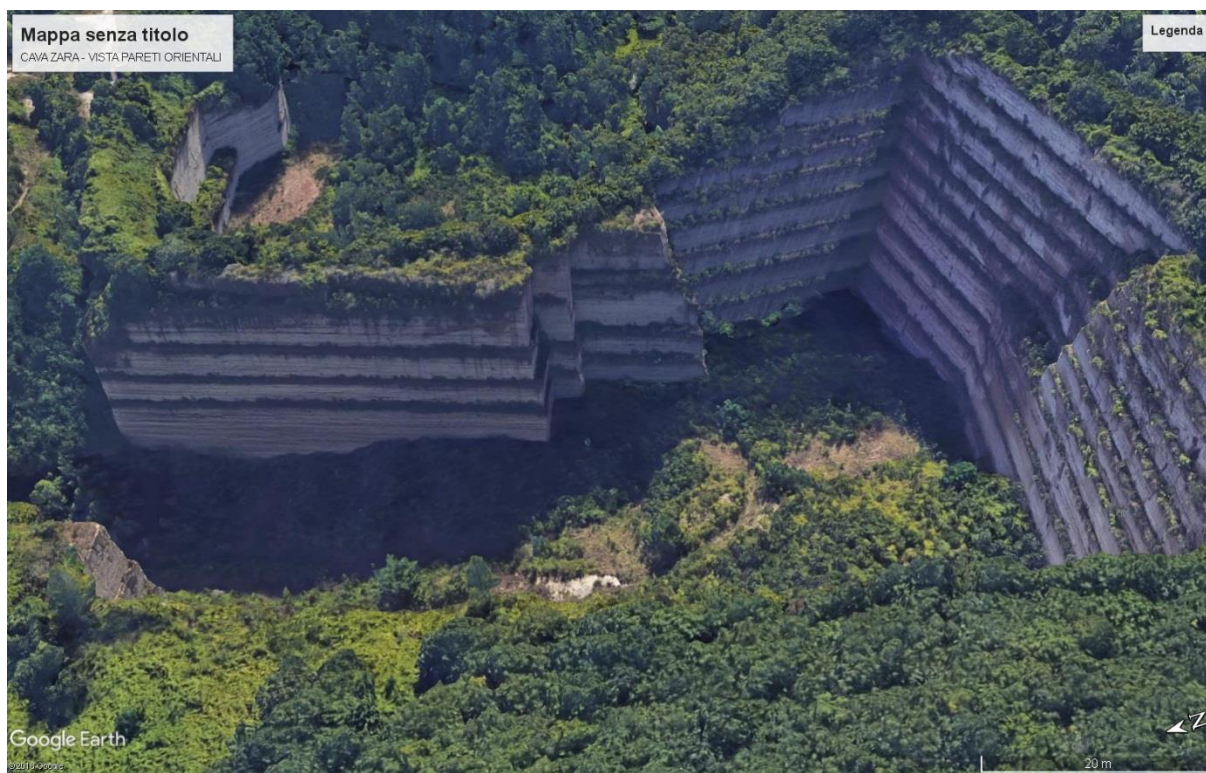
comprese quelle tipiche del taglio in parete del tufo - 3 cm ogni 42 cm, dovuta alla modalità con cui è stato operato il taglio, e non presentavano, al momento del rilievo, indizi di possibili distacchi e/o crolli, se non in alcuni blocchi anche di notevoli dimensioni nei fronti settentrionali e di NE: tutte le fronti fratturate vanno assoggettate a disgaggio prima dell'avvio di qualsiasi lavorazione.

Diversa è la situazione per quanto riguarda i terreni sovrapposti al bancone tufaceo, in quanto si tratta di piroclastiti sciolte che presentano una acclività difficilmente determinabile in quanto interessate da fitta vegetazione: tuttavia i sondaggi a carotaggio continuo eseguiti lungo i cigli superiori della cava, hanno evidenziato spessori variabili compresi tra 6 e 11 m.. Questi si rinvenivano lungo il perimetro della cava e ne migliorano le condizioni di stabilità sia pure in presenza di angoli di acclività piuttosto elevati. Si ritiene opportuno, ai fini della sicurezza durante le operazioni di ricomposizione ambientale, garantire che le scarpate che interessano il ciglio superiore della cava non superino angoli di 15°- 20° abbattendo l'angolo di scarpa, laddove necessario o provvedendo ad altri interventi di messa in sicurezza.

Le pareti non sono interessate da estesi e conclamati fenomeni fessurativi intensi, a meno ovviamente di punti singolari da rilevare in parete in fase esecutiva per caratterizzare i prismi elementari di roccia instabili che evidentemente devono essere propedeuticamente disaggiati.

La diffusa presenza di accumuli detritici alla base delle pareti è dovuta principalmente a riporti di materiali inerti conseguenti le lavorazioni ed alle fasi successive all'abbandono. Fanno eccezione limitati fenomeni di scivolamento di terre di copertura osservabili in alcuni punti (intersezione dei solchi idrici con i cigli delle pareti) nelle balze meridionali ed occidentali.

Le pareti meridionali e di sud-ovest presentano il massimo dislivello rispetto al fondo della fossa, cosa peraltro non visibile attualmente, ma testimoniata sia dal confronto tra le quote attuali e quelle delle aerofotogrammetrie storiche che dalla potenza degli accumuli rinvenuti nei carotaggi effettuati per la caratterizzazione del sito e che hanno qui raggiunto profondità prossime di 30 metri, mentre il settore centrale ed orientale della cava, posto a quota sensibilmente superiore, sono occupato da terreni in situ ed accumuli di materiali detritici sciolti.



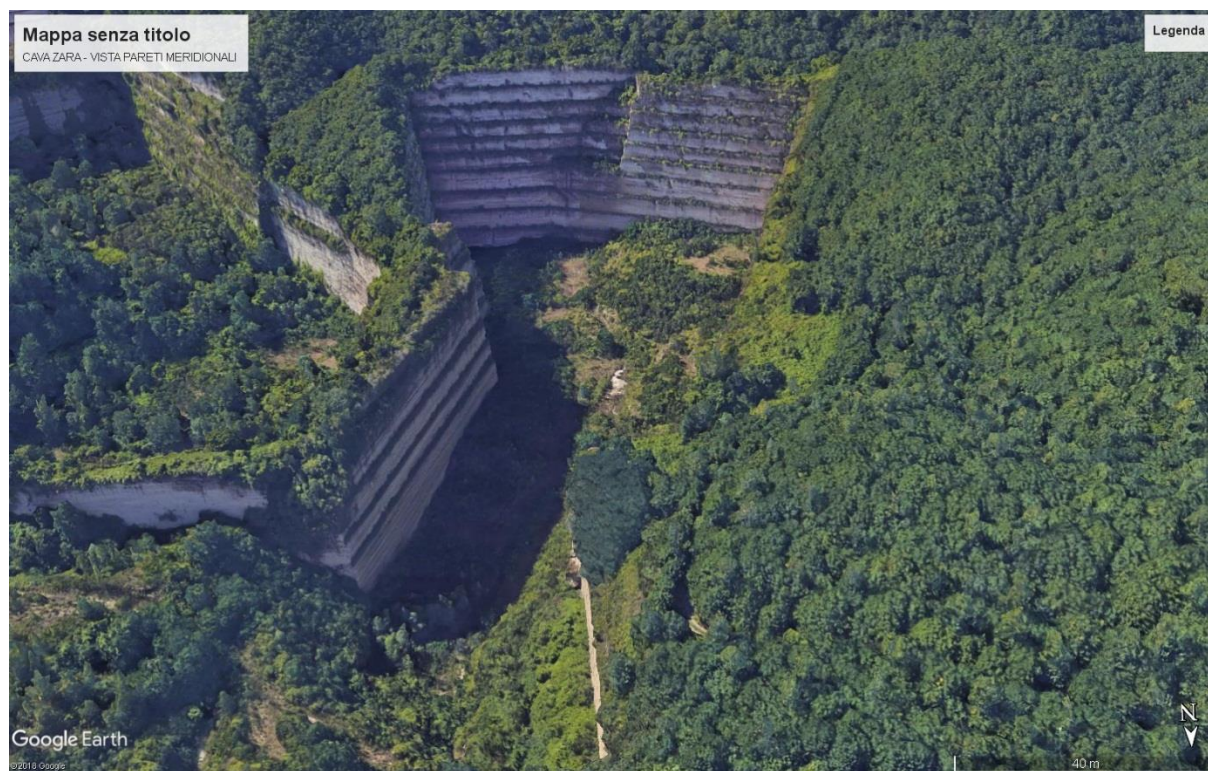


Figura 22 – Viste prospettiche delle pareti tufacee – da Google Earth, 2018

7.-.CARATTERI SISMICI

Ai sensi della Normativa Sismica OPCM 20/03/03 n. 3274 il comune di Napoli è inserito in zona 2, in cui il valore di accelerazione sismica orizzontale al suolo da assumere per il calcolo del coefficiente sismico è $a_g=0.25g$.

La zona 2 è caratterizzata da una copertura di prodotti piroclastici recenti e di materiale detritico poggianti sulla formazione del tufo giallo napoletano.

Secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 7/11/2002 - *Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania* – l'area di interesse è caratterizzata da una "media sismicità".

Per il comportamento dinamico dei terreni in un dato sito il parametro più significativo è il modulo di taglio dinamico G , ovvero la Velocità delle onde sismiche trasversali V_{s30} ($V_s=vG/\text{densità}$), che caratterizza il pacco di terreno più superficiale (media ponderale della velocità delle onde sismiche per i primi 30 m) - OPCM n. 3274 s.m.i.-.

In base ai valori di V_{s30} dedotti dalle prove SPT eseguite in tali terreni, la sequenza superficiale dei terreni risulta essere del tipo "D": $N_{SPT\text{medio}} < 15$, $V_{s30\text{medio}} < 180 \text{ m/sec}$.

Il PRG di Napoli individua 27 aree omogenee dal punto di vista geofisico, caratterizzate da un diverso grado di sismicità (**S**), diversa irregolarità topografica (**i**) e diversa accelerazione sismica (**G**), per le quali si adottano differenti coefficienti di fondazione (**f**).

L'area omogenea alla quale appartiene l'area di cava è la sottozona denominata "Area 3a" contraddistinta, nella sua parte settentrionale, dalla presenza di un versante che dalla collina dei Camaldoli degrada dolcemente verso N e verso E. Questo versante è interessato da numerosissime cave a cielo aperto che hanno profondamente modificato la morfologia originaria. L'area è caratterizzata dalla presenza del substrato tufaceo ad una profondità non superiore ai 15 m; questo strato è caratterizzato da una velocità delle onde $S \geq 850 \text{ m/s}$. Al di sopra del bedrock tufaceo si rinvencono le piroclastiti sciolte che sono caratterizzate, ad una quota prossima al p.c., da una velocità delle onde $S \leq 180 \text{ m/s}$. Questa velocità aumenta con la profondità fino a raggiungere, intorno ai 10 m di profondità, la velocità circa di 250 m/s . Fra i 10 e i 15 metri si rinviene uno strato di piroclastici debolmente cementate con V_s pari a circa 550 m/s .

8.-..CONCLUSIONI

L'area oggetto di studio è ubicata in località Chiaiano, tra i rilievi posti a Nord-Ovest del Comune di Napoli al confine con il comune di Marano di Napoli, in località Cupa Vitro, nell'ambito ambientale di Bosco Cinque Cercole

La cava si presenta come una profonda voragine, le cui pareti sono molto alte e la zona sottostante subisce l'eccessiva verticalità di tali superfici. L'altezza delle pareti si aggira intorno ai 70 metri nelle parti più ripide e di 45 metri nelle altre. La parte bassa nel lato centrale e meridionale della cava è per gran parte occupata dai materiali di scarto dell'attività estrattiva, depositati, come spesso accade nelle vicinanze della cava e mai smaltiti o riutilizzati.

Il fondo della cava è occupato da un sistema articolato di piazzali e rilievi d'accumulo, separati dalle aree forestali e seminaturali circostanti da fronti di cava subverticali, a basso grado di fratturazione.

Sul lato orientale, la Cava confina con la cosiddetta "Cava Comunale", dalla quale è separata da un setto tufaceo integro avente spessore di circa 8-12 m.

I piazzali di cava, attualmente in fase di rinaturalizzazione spontanea, con una vegetazione arborea di pioppi, robinie ed ailanto, ed uno strato arbustivo si raccordano con i terrazzi di cava alle quote superiori mediante versanti acclivi, con boscaglie miste di latifoglie di ricolonizzazione.

L'area si inserisce all'interno di un bacino di cava attualmente dismesso; si tratta di una ex cava scavata a fossa entro i depositi del Tufo Giallo Napoletano, la cui base si pone a circa 180 m s.l.m. mentre il ciglio di cava ad una quota variabile tra 220 e 255 m s.l.m.

Da un punto di vista geomorfologico l'area in esame viene classificata come altamente suscettibile ai fenomeni franosi; il profilo originario delle colline è stato modificato in seguito alle attività estrattive e attualmente le pareti perimetrali della cava risultano subverticali. Un possibile utilizzo dell'area deve prevedere una idonea e preventiva opera di disaggio dei blocchi instabili e la pulizia delle pareti.

In prossimità del sito non vi sono corsi d'acqua significativi, ad eccezione di un reticolo disordinato di solchi idrici che si attivano in occasione di intense piogge. Si evidenzia che in concomitanza di eventi piovosi la sua portata delle linee d'acqua cresce provocando trascinamento e trasporto solido del materiale sciolto verso valle. Ciò determina fenomeni di erosione a cui occorre far fronte con un organico sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

Geologicamente l'areale di studio ricade entro l'unità geologica denominata "Prodotti piroclastici indifferenziati provenienti da vari centri eruttivi flegrei: cineriti e pozzolane chiare"; nel settore di studio le attività estrattive hanno portato in affioramento i sottostanti depositi vulcanici appartenenti al II Periodo Flegreo Superiore; si tratta di tufo con pomici alterate e scorie in banchi denominato Tufo Giallo Campano.

Il susseguirsi di numerosi eventi esplosivi, di intensità decrescente nel tempo, ha determinato una stratigrafia complessa derivante dalla sovrapposizione di prodotti piroclastici variabili in granulometria, spessore, stato di costipazione ed estensione laterale.

Dai sondaggi eseguiti è stata ricavata la successione delle piroclastiti superiori investigata per 6 / 15 m. e formata da pozzolane con intercalazioni di pomici e sabbie di spessore variabile; questa successione è stata messa in posto durante le eruzioni recenti dei Campi Flegrei ed è nota come Complesso Piroclastico Prossimale Recente. La permeabilità d'insieme del complesso è per porosità e si attesta su valori bassi e medio bassi. Segue verso il basso il Tufo Giallo Napoletano la cui potenza varia tra 70 e 100 m; in corrispondenza della cava la base del tufo si rinviene a circa 150 m s.l.m.. Si tratta di un orizzonte molto importante da un punto di vista idrogeologico in quanto condiziona l'intera circolazione idrica sotterranea; la permeabilità può essere definita da bassa a medio bassa per fratturazione (facies litoide). Le fratture, anche dove risultano localmente diffuse, presentano in genere scarse condizioni di continuità; inoltre non sono mai stati osservati fenomeni di infiltrazione attraverso la rete di fratture anche durante periodi di forte piovosità. I valori di permeabilità riscontrati in pozzi variano tra $3 \cdot 10^{-4}$ e $2 \cdot 10^{-6}$ m/s (dati riportati nel PRG di Napoli). Nella zona collinare in esame, il complesso tufaceo si rinviene al tetto dell'acquifero regionale e ciò determina una parziale protezione dell'acquifero da eventuali contaminazioni; ivi le permeabilità riscontrate variano tra $1.4 \cdot 10^{-5}$ e $9.5 \cdot 10^{-7}$ m/s (dati ARPAC).

Le acque di falda che sulla base dei dati bibliografici risulterebbero essere contenute principalmente nei depositi del Complesso piroclastico antico sottostante al Tufo Giallo Napoletano e, solo secondariamente anche entro la porzione fessurata del Tufo Giallo, sono state difatti riscontrate nel pozzo presente nella cava che ha evidenziato, tra l'altro, una quota piezometrica di 90 m s.l.m.. Questa falda risulta essere profonda e protetta dalla superficie da un notevole spessore di sedimenti rappresentati dapprima da una successione di oltre 40 m di tufo giallo napoletano, poi da alternanze di cineriti diversamente addensate a cui si intercalano livelli di paleosuoli per uno spessore complessivo di oltre 80 m ed, infine, direttamente al tetto del complesso piroclastico antico, dalla presenza di un banco lavico trachitico a consistenza litoide, spesso oltre 15 m. La trasmissività del Complesso piroclastico antico, sede della falda, risulterebbe sulla base dei dati forniti da Celico (2001) generalmente maggiore rispetto a quella del sovrastante Tufo Giallo essendo dell'ordine di $10^{-1} < T < 10^{-3}$ m²/s, mentre quella del Tufo Giallo dell'ordine di $10^{-4} < T < 10^{-5}$ m²/s.

Per gli aspetti ambientali, l'impatto sul territorio circostante creato dalla cava e da quelle limitrofe è sicuramente negativo, in quanto, data l'enorme estensione delle stesse e nonostante sia ubicata in zona lontana dal centro abitato, si tratta di un rilevante scempio ambientale che ha portato al

depauperamento di una riserva naturale a cui il progetto in parola pone rimedio attraverso un complesso processo di riqualificazione.

L'analisi geomorfologica non ha presentato anomalie tipiche di fenomeni di dissesto ed anche il rilevamento sul terreno non ha evidenziato né frane né fenomeni di creeping superficiale. Le conoidi individuate presentano una sagoma ascrivibile ad una genesi colluviale e l'accrescimento non è imputabile a fenomeni franosi.

I rilievi geostrutturali delle pareti hanno mostrato situazioni di locale instabilità in blocchi spazialmente limitati e le pareti che dovranno essere oggetto di particolare attenzione sono:

- fronte Sud;
- fronte Ovest;
- fronte Est.

Per tali pareti si sono riscontrate problematiche di instabilità riconducibili a scivolamento planare, a cuneo e ribaltamento di blocchi tufacei isolati; tuttavia, per tutte le fronti si ritengono comunque necessarie operazioni di disgaggio superficiale preventivo e pulizia delle pareti.

Ai fini della sicurezza si prescrive in fase operativa (sicurezza degli operatori) ed a colmamento ultimato (sicurezza funzionale alla riqualificazione) la creazione di una fascia di adeguata ampiezza estesa all'intero perimetro interno della cava di totale ed assoluta interdizione separata e protetta dal resto dell'area da barriere atte ad impedirne l'accesso e la fruizione; tale fascia sarà sempre attiva e funge da barriera paramassi e zona di sicurezza. L'intero perimetro esterno della cava, ovvero il perimetro dei bordi delle pareti, deve essere, allo stesso modo, interdetto dalla fruizione e sarà dotato di un ciglionamento per l'eliminazione delle coltri terrose instabili.

All'avvio delle lavorazioni di colmamento, è richiesto un piano operativo di sicurezza basato su un programma continuo di monitoraggio geotecnico ed ispezioni geostrutturali in parete.

Per la ricomposizione della cava, si prevede di realizzare per ciascun livello di gradonamento e per ogni ciglionamento, canali di raccolta impermeabilizzati di sezione adeguata per la raccolta delle acque che verranno convogliate nel canale basale. Ciò realizzerà un'apposita rete interna di raccolta e smaltimento delle acque costituita da un articolato circuito sommitale e basale confluyente in una sezione drenate all'uopo preliminarmente verificata per il convogliamento al recapito finale. Le confluenze delle singole aste dei canali saranno opportunamente dimensionate; inoltre in corrispondenza del punto di connessione al canale basale, qui inteso come collettore finale, è previsto, nel senso del flusso dell'acqua, un pozzetto di confluenza opportunamente ispezionabile. Dato che il conferimento delle acque nel canale perimetrale esistente si configura come conferimento diretto all'asta valliva, si prevede il trattamento delle stesse acque raccolte dal sistema dei canali interni.

Per le verifiche di ogni singolo elemento del sistema idraulico e gli aspetti progettuali si rimanda alla relativa relazione idraulica.

Per quanto qui non riportato e per quanto attiene l'esecuzione dei lavori nel rispetto della pubblica e privata incolumità, si rimanda alle norme.

Napoli luglio 2018

Dr. Gaetano Ciccarelli