Committente:

G.H.V. S.p.A.

Ex colonia marina-Celle ligure
complesso turistico ricettivo: albergo-R.T.A.

Comune di Celle Ligure

Provincia di Savona

PROGETTO DI GESTIONE
TERRE E ROCCE DA SCAVO
(D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.)

Dr. Giambattista VEZZOLLA - Studio Professionale di Geologia -

Via Turati, 16/2 17013 Albisola Superiore (SV) tel./fax. 019 /4509160
C.F VZZGBT65B06I480O mail: gianni965@fastwebnet.it
Iscrizione Ordine Regionale dei Geologi della Liguria n° 273

Rev.	Data
01	Ottobre 2011

I N D I C E

1. PREMESSE, DOCUMENTAZIONE FORNITA E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO 1

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO 2

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE 4

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI 10

5. VOLUMI DI SCAVO 13

6. VOLUMI DI RIPORTO 16

7. CONCLUSIONI 17

A l l e g a t i a l t e s t o

1) Stratigrafie e documentazione fotografica sondaggi;

2) Certificati prove geotecniche di laboratorio.

A l l e g a t i f u o r i t e s t o

Tavola G03: carta geologica e geomorfologica di dettaglio con ubicazione delle indagini geognostiche; sezioni geologiche con indicazione delle superfici di scavo, scale varie.

1. PREMESSE, DOCUMENTAZIONE FORNITA E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

Nell'ambito del progetto generale relativo al nuovo complesso turistico ricettivo nel sito dell'ex colonia marina, nel Comune di Celle Ligure, lo scrivente ha ricevuto l'incarico dalla società G.H.V. di redigere il progetto di gestione e utilizzo delle terre e rocce da scavo.

Nel suo complesso si tratta di un intervento molto articolato, distinguibile in due macro-aree che nel seguito verranno analizzate separatamente:

- comparto di terra;
- comparto a mare.

Comparto di terra

Con tale definizione s'intendono tutte le opere che incidono sul versante e, in particolare, la demolizione e ricostruzione di due dei tre fabbricati multipiano presenti (Il Padiglione - 715 m^2 e Sessa - 830 m^2), mentre per il terzo (Baslini - 1100 m^2) si prevede la conservazione della sola parte basamentale del prospetto principale.

Oltre ai suddetti edifici, verranno realizzati ex novo un centro benessere (area piscine attuali), locali interrati, box e locali tecnici a collegamento dei fabbricati principali ed una nuova viabilità e parcheggi connessi.

Tenuto conto della complessità delle opere previste, per una precisa definizione planivolumetrica si rimanda agli elaborati progettuali redatti dallo studio dell'Arch. Bonanni, con particolare riferimento alle tavole "ACAD–Tav_Plan Generale_Coperture NUOVA.dwg" e "ACAD–Tav_Sez nenerali 200.dwg".

La valutazione dei volumi di scavo e riporto relativa ai fabbricati è stata eseguita dal Geom. A. Vaiani, ai cui elaborati si fa completo riferimento ("Relazione Tecnica volumi Celle Ligure" e "Scavi e riporto_ottobre 2011") nella redazione del presente studio.

Relativamente alla viabilità complessiva (interna e comunale), la valutazione dei volumi di scavo e riporto è stata eseguita dal progettista Arch. C. Boscolo (Studio LAUT Engineering).

Tale comparto e tutti gli interventi di cui sopra costituiscono il *"progetto e sito di produzione"* così come definito dal D.G.R. 859/2008.

I riporti previsti in questo comparto, volumetricamente minoritari rispetto a quelli a mare, sono da considerarsi come *"sito di utilizzo"*.

Comparto a mare

Con tale definizione s'intendono comprese tutte le opere relative al tratto di litorale sottostante gli edifici della ex colonia, volte alla protezione ed alla riqualificazione di tale "cella"; in particolare il riallineamento e prolungamento del molo di levante, attualmente in precarie condizioni, oltre ad un ripascimento di 15000 m^3 con apporto di nuovo materiale.

Una precisa definizione di tali interventi è contenuta nello specifico studio redatto dallo studio M&L (Ing. A. Molfino – "Progetto per la sistemazione del pontile dell'area demaniale a servizio del complesso dell'ex "colonia marina" e del ripascimento della spiaggia adiacente"), parte integrante del progetto complessivo.

Tale comparto e tutti gli interventi di cui sopra fanno parte del *"progetto e sito di utilizzo"* così come definito dal D.G.R. 859/2008.

Il presente studio viene redatto in ottemperanza al Decreto Legislativo n°152 del 3 aprile 2006 e sue modifiche (D.Lgs. n°4 del 16 gennaio 2008 e D.Lgs. n°205 del 3 dicembre 2010), oltre che al DGR n°859/2008 "Criteri per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo", integrato dal DGR n°1776/2008 "Integrazioni alla DGR n°859/2008 relativamente alla mappatura delle Pietre verdi".

Inoltre, essendo previsto il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come ripascimento di arenili, si è tenuto conto anche di quanto previsto dalla DGR n° 1446/2009.

Occorre sottolineare come lo scrivente abbia redatto anche le Relazioni Geologiche, parte integrante degli elaborati progettuali, relativamente a tutti gli interventi previsti (fabbricati, viabilità e opere a mare): tali documenti, a cui si fa completo riferimento nella presente, presentano due allegati fuori testo (TavG01 e TavG02) che rappresentano, rispettivamente, la cartografia geologia geomorfologica di dettaglio (scala 1:500) e le sezioni geologiche interpretative (scala 1:200).

Il modello geologico così ricostruito, tramite rilievi di superficie, indagini geognostiche e sismiche e prove di laboratorio, viene ripreso integralmente nella presente, ed utilizzato per la definizione dei volumi delle diverse tipologie di materiali (depositi detritici o roccia).

Sono stati realizzati due sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1-S2), all'interno del quale sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche in avanzamento (S.P.T.) e sono stati prelevati alcuni campioni rimaneggiati di terreno, sottoposti a prove di laboratorio.

Inoltre, per l'estensione areale delle indagini e ai fini della microzonazione sismica del comparto, sono stati eseguiti sei stendimenti sismici a rifrazione (SS1, SS2, SS3, SS4, SS5 e SS6). L'acquisizione del rumore di fondo ha permesso di ricavare la velocità delle onde di taglio nel sottosuolo tramite l'elaborazione dei dati acquisiti lungo lo stendimento sismico (SS1).

Infine sono stati prelevati quattro campioni rimaneggiati (CT1, CT2, CT3 e CT4), il primo dei quali all'interno del foro di sondaggio S1, rappresentativi dei depositi detritici terrazzati di origine marina, sottoposti ad analisi granulometrica di laboratorio al fine di verificarne l'idoneità al riutilizzo come materiali per i rilevati in progetto (viabilità).

L'ubicazione dei prelievi è rappresentata nella tavola fuori testo allegata alla presente relazione (TavG03).

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

2.1 Elementi geologici e geomorfologici

La zona oggetto d'intervento costituisce un tratto della linea di falesia che delimita l'area immediatamente a levante dell'abitato di Celle Ligure, in corrispondenza della rampa di accesso al casello dell'autostrada A10 - Genova-Ventimiglia, compresa tra il Rio Natta e il Rio Finale, entrambi scolanti direttamente a mare.

Il pendio sovrastante la viabilità provinciale, è esposto a Sud e caratterizza un versante subparallelo alla linea di costa, mentre la porzione sommitale si presenta pseudopianeggiante, costituendo un terrazzo morfologico di origine marina, ampiamente antropizzato.

Infatti, per la realizzazione del complesso esistente, si sono resi necessari notevoli sbancamenti del versante originario, come testimoniano i numerosi fronti di scavo subverticali che sono visibili al contorno di tutte le aree ad uso ricreativo (piscine e campi sportivi).

Come visibile dalla carta geologica in allegato 1 fuori testo, tutto il comparto presenta il substrato litoide da affiorante a subaffiorante, ricoperto da un sottile orizzonte di depositi marini nelle porzioni più elevate del versante, e di natura eluvio-colluviale in quelle degradanti verso mare.

Litologicamente, la facies principale è rappresentata da un conglomerato generalmente ben cementato, alternato a strati e banchi siltitici e arenacei, talora da metrici a plurimetrici. Nelle porzioni più superficiali conglomeratiche sono evidenti zone di alterazione e di scarsa cementazione, mentre gli strati arenacei si presentano francamente litoidi.

L'alternanza di tali litologie viene attribuita alla *Formazione di Molare* (Oligocene) ascrivibile al *Bacino Terziario Piemontese (BTP)*, il quale rappresenta il prodotto dell'ingressione di un mare Padano che durante l'Oligocene trasgredisce il margine interno della catena alpina e il dominio ligure già completamente deformato.

Il *BTP* è rappresentato da depositi di conoide alluvionale che si sono formati ai piedi dei rilievi del tempo, caratterizzati da fenomeni di fusione e di coalescenza fra i vari ventagli

sviluppatisi sul nuovo margine del bacino. La forte instabilità del suddetto margine ha indotto mobilizzazioni di parte delle conoidi, dislocando così i corpi conglomeratici risedimentati in ambiente più profondo, interdigitandoli alla coeve sequenze torbiditiche, sia prossimali che emipelagiche.

Il mare Padano, avanzando da Nord-Est verso SW tra l'Oligocene ed il Miocene, giungerà ad interessare le rive dell'attuale Mar Ligure con i conglomerati di Celle-Varazze, Cogoleto e Portofino, iniziando, poi, un progressivo arretramento con relativo smembramento dei depositi oligocenici, alcuni dei quali, (Celle-Varazze), rimarranno a sud dello dello spartiacque padano.

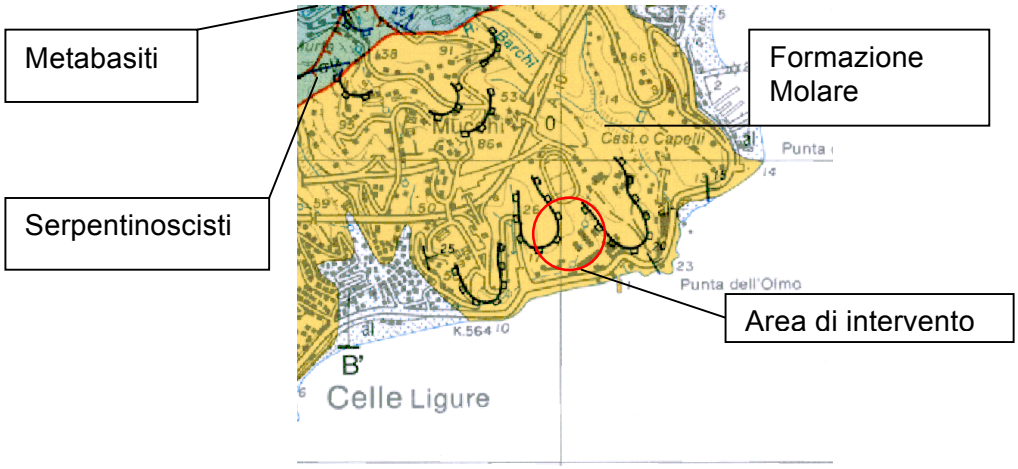


Figura 1: stralcio carta geologica con elementi di geomorfologia Tav. 229-1 Varazze, scala 1:25000

Geomorfologicamente, all'interno del comparto in esame, sono presenti coperture detritiche di diversa natura, con spessori mai superiori a 3 m; in particolare possono distinguersi:

- terrazzi di origine marina (depositi terrazzati antichi pleistocenici), che interessa tutta la dorsale a monte dell'area insediata, caratterizzata da uno spessore medio variabile da 1 a 3 m. Granulometricamente è costituita da una sabbia limosa inglobante ghiaia e ciottoli di dimensioni massime decimetriche;
- coltre detritica eluviale, derivante dal disfacimento del substrato roccioso in posto, caratterizzata da spessori non superiori a 2 m;
- terreno di riporto, osservabile, soprattutto a valle degli edifici esistenti, derivante della antr

Gli elementi rilevati in superficie sono riportati sulla carta geologica e geomorfologica nella stessa tavola fuori testo G01.

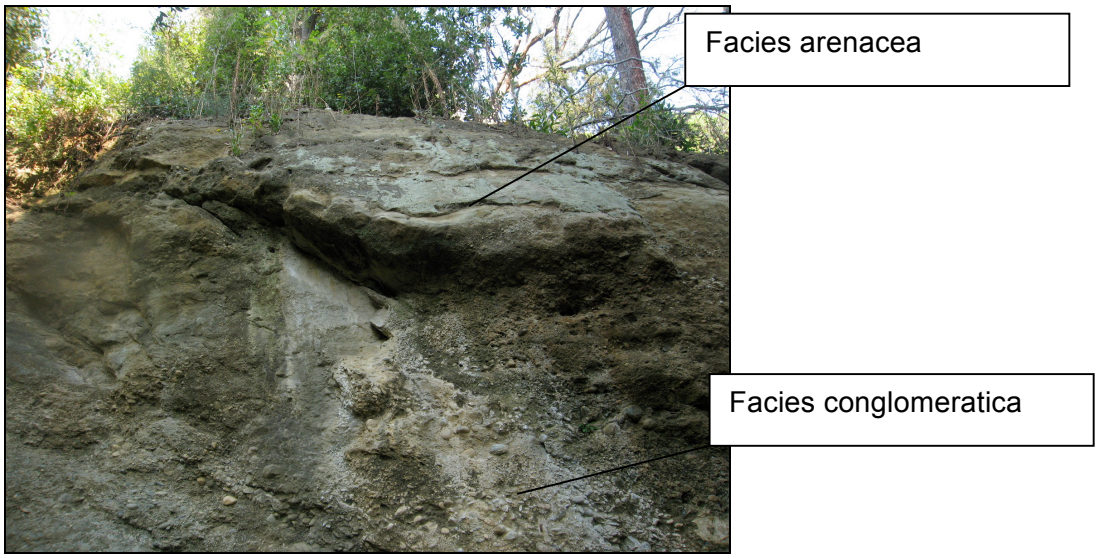


Figura 2: Formazione di Molare affiorante nell'area di intervento

Dal punto di vista della stabilità, il rilevamento di superficie ha evidenziato buone condizioni generali del comparto analizzato, con un solo piccolo dissesto superficiale, presente nella zona più settentrionale dell'area, inciso all'interno dei depositi terrazzati marini, causato dall'erosione delle acque meteoriche.

Tenuto conto della litologia caratterizzante tutta l'area in studio, arenarie e conglomerati della Formazione di Molare, si può escludere la presenza di amianto naturale in fibra, come si può dedurre anche dalla cartografia regionale relativa alle pietre verdi, che mappa le aree potenzialmente a rischio.

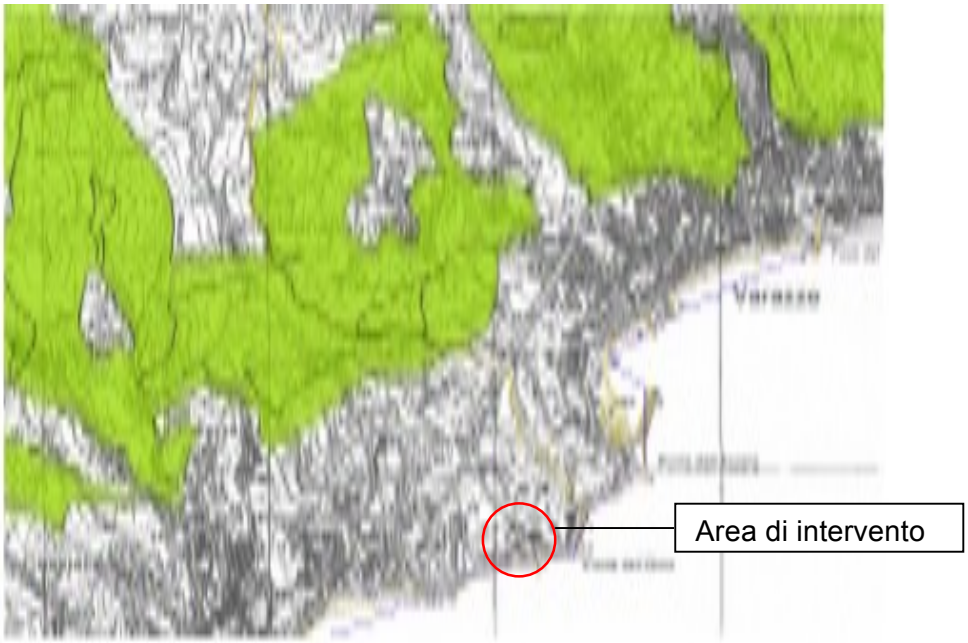


Figura 3: Stralcio cartografia delle rocce verdi – Regione Liguria

2.2 Elementi idrogeologici

L'idrografia del comparto è riconducibile, come accennato, a due linee di drenaggio principali: il Rio Natta a ponente ed il Rio Finale a levante.

Occorre comunque sottolineare come l'area in esame sia disposta pressoché lungo la linea di spartiacque fra i due bacini, ad una distanza di oltre 50 m dai due corsi d'acqua, in posizione geometrica elevata.

Relativamente alle coltri di versante, tenuto conto della composizione e del relativo spessore, si può escludere la presenza di acquiferi significativi al loro interno, anche se è possibile l'instaurarsi di una circolazione ipodermica al contatto tra coltre e substrato, specialmente durante i periodi di maggior piovosità. Tale meccanismo può determinare sovrapressioni nel sistema di fratturazione della formazione conglomeratico arenacea di substrato.

Il substrato litoide può essere considerato come impermeabile o con permeabilità secondaria, solamente nelle porzioni più fratturate.

A tale proposito si sottolinea come non si sia evidenziata presenza di falda durante la perforazione dei due sondaggi.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come introdotto in premessa, sono state eseguite le seguenti attività d'indagine:

- esecuzione di n. 2 sondaggi geognostici;
- esecuzione di 2 prove penetrometriche dinamiche in avanzamento (S.P.T.);
- prelievo di 3 campioni litoidi rimaneggiati per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio;
- prelievo di 4 campioni del deposito di origine marina terrazzato sottoposti ad analisi granulometrica;
- esecuzione di n. 6 stese sismiche a rifrazione;
- analisi dei microtremori per la valutazione della risposta sismica locale, tramite l'elaborazione del rumore di fondo registrato durante le stese sismiche eseguite in fase di progetto preliminare.

Per le ubicazioni delle indagini eseguite si rimanda alle relazioni geologiche a corredo degli elaborati progettuali.

3.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

In corrispondenza dei due punti di maggior scavo in progetto (sez. AA' e sez. FF') sono stati eseguiti i sondaggi a carotaggio continuo verticale (S1, S2) per analizzare nel dettaglio la stratigrafia dei terreni e tarare la costruzione del modello geologico in profondità, in conformità al D.M. 14.01.2008, nonché permettere, mediante prove in foro e prelievo di campioni, di definire le caratteristiche geotecniche e idrogeologiche per la costruzione del modello geotecnico.

Con riferimento agli sbancamenti previsti a progetto si è stabilita una profondità massima di sondaggio pari a 15 m (raccomandazioni A.G.I.). Le attività previste sono state eseguite dall'Impresa Geobasi di Udine, nell'ottobre 2008, con impiego di sonda Mustang 9T1 e dall'Impresa Borghi Drill di Genova nell'agosto 2011..

Nella Tabella seguente sono riassunti i dati principali relativi alla perforazione.

Sondaggio	Quota p.c. (m slmm)	Profondità raggiunta (m)	Strumentazione foro	Note
S1	+ 40.00	15,00	------.	Effettuato su spianata sommitale (edificio II padiglione)
S2	+ 36.00	10.00	------	Effettuato su fianco est del padiglione Sessa

Sulla verticale S1 sono state eseguite 2 prove S.P.T. di seguito riportate, sulla verticale S2, a seguito della presenza del substrato litoide pressoché in superficie, non è stato possibile effettuare prove S.P.T.

Sondaggio/Prova	Profondità prova (m)	Tipo punta	Sequenza colpi	Valore N_{SPT}
S1/1	1.30-3.75	chiusa	15/16/23	39
S1/2	2.40-2.85	"	20/18/19	37

Vista la prevalenza del substrato litoide, e quindi alla sua preponderante incidenza nelle fasi di scavo, si sono prelevati tre campioni litoidi (spezzoni), da sottoporre a prove di laboratorio.

Sondaggio	Denominazione campione	Profondità prelievo (m)	Orizzonte stratigrafico
S1	Cr1	14.00-14.50	Conglomerato a cemento arenaceo
S2	C1	1.50-2.20	Arenaria ben cementata
S2	C2	5.00-5-60	Conglomerato a cemento arenaceo

In allegato n. 1 al testo sono riportate le stratigrafie e le fotografie dei sondaggi.

Il modulo stratigrafico di restituzione, redatto secondo lo standard di qualità richiesto, è suddiviso in due schede: il modulo per le terre e quello per le rocce.

Su entrambe sono riportate notizie e dati di carattere generale, quali la committenza, la località cantiere, l'impresa esecutrice, il tipo di sonda, la profondità raggiunta, la strumentazione in foro, la quota assoluta, l'inizio e la fine dei lavori, il compilatore e il complesso geologico presente nella zona.

Il modulo terre comprende informazioni sui materiali coesivi e incoerenti (colore, alterazione, umidità, consistenza) e sugli elementi lapidei inglobati (natura petrografica, arrotondamento, sfericità e alterazione).

L'identificazione del materiale viene effettuata in base alle classificazioni granulometriche classiche.

Vengono distinte tre classi di alterazione:

- assente (1): non sono visibili segni di alterazione;
- media (2): sono presenti segni di alterazione;
- elevata (3): individua un terreno che presenta la struttura della roccia da cui deriva.

Il grado di umidità viene suddiviso in tre colonne, che rappresentano da sinistra verso destra:

- campione molto umido: la carota tende a disfarsi sotto il proprio peso;
- campione umido: la carota presenta screpolature ma all'interno si rileva presenza di umidità;
- campione poco umido: la carota è polverosa e presenta numerose screpolature.

Il grado di consistenza viene valutato sia in base ad osservazioni visive che a prove eseguite con *pocket penetrometer*, *torvane* o *S.P.T.*: viene distinto in quattro classi da sinistra verso destra:

- alto: non sgretolabile con le mani;
- medio: sgretolabile a fatica con le mani;
- basso: sgretolabile con le mani;
- molto basso: sfatto, privo di consistenza.

Relativamente agli elementi lapidei, vengono distinti i tipi litologici di provenienza nonché il grado di arrotondamento nelle seguenti classi:

- arrotondato (1);
- subangoloso (2);
- angoloso (3).

Analogamente viene distinto il grado di sfericità:

- sferico (1);
- subsferico (2);
- allungato (3).

Viene infine, valutato il livello di alterazione degli elementi lapidei:

- basso (1);
- medio (2);
- alto (3).

Sono altresì presenti, colonne relative alle prove condotte in foro (S.P.T.), alla simbologia dei terreni riconosciuti, al prelievo di campioni e alla strumentazione installata.

Il modulo descrittivo relativo al tratto di sondaggio immorsato in roccia raccoglie le proprietà caratteristiche dell'ammasso (recupero percentuale, recupero percentuale modificato R.Q.D. (Deere 1964), dimensioni degli spezzoni di carota, natura petrografica, informazioni di carattere litologico strutturale, descrizione delle discontinuità (tipologia, inclinazione, scabrezza) e natura delle superfici di debolezza.

Le dimensioni degli spezzoni di carota vengono suddivise in tre classi:

- spezzoni di lunghezza inferiore a 5 cm;
- spezzoni di lunghezza compresa fra 5 - 10 cm;

- spezzoni di lunghezza superiore a 10 cm.

Relativamente alla natura petrografica ed ai caratteri strutturali, verranno distinti tre tipi di struttura:

- struttura compatta (1): non sono distinguibili ad occhio nudo i componenti della roccia;
- struttura granulare (2): sono distinguibili ad occhio nudo i componenti della roccia;
- struttura orientata (3): i singoli elementi di roccia sono più o meno allineati secondo una direzione.

La natura delle superfici di discontinuità può essere messa in relazione all'entità della scalfitura provocata da una punta d'acciaio:

- superficie tenera (1): scalfibile con l'unghia;
- superficie di media durezza (2): scalfibile con punta d'acciaio;
- superficie dura (3): scalfibile debolmente con punta d'acciaio.

I piani di discontinuità possono essere dovuti a stratificazione (str.), fratture (fr.), faglie (fgl.) e scistosità (sc.); la scabrezza delle superfici di discontinuità viene ricavata valutando l'indice JRC (*Joint Roughness Coefficient* - Barton 1976).

Le risultanze dei sondaggi possono sintetizzarsi come segue:

Sondaggio S1

Eseguito sulla zona asfaltata a fianco dell'edificio più elevato, in corrispondenza dello scavo a progetto a maggior altezza, ha evidenziato un assetto stratigrafico così schematizzabile:

da p.c. a 0,10 m: asfalto e sottofondo;
da 0,10 a 0,70 m: si rileva materiale di riporto di colore rossastro, composto da sabbia con pietrame e scaglie a spigoli vivi;
da 0,70 a 1,30 m: terreno di riporto di colore marrone, costituito da limo sabbioso, umido, a consistenza media;
da 1,30 a 1,60 m: deposito marino terrazzato, costituito da sabbia fine con rari clasti di ghiaia, di colore marrone nocciola, umida, a consistenza media;
da 1,60 a 3,00 m: deposito marino terrazzato, costituito da sabbia fine debolmente limosa, con ghiaia e ciottoli di dimensioni massima decimetriche, di colore marrone nocciola, umida, a consistenza alta;
da 3,00 a 3,50 m: livello costituito da ghiaia poligenica con sabbia nocciola e livelli cementati, costituente il cappellaccio d'alterazione del substrato;
da 3,50 a 8,00 m: substrato litoide costituito da un conglomerato a cemento arenaceo, con clasti poligenici arrotondati, di colore marrone rossastro;
da 8,00 a 8,80 m: substrato litoide costituito da un livello arenaceo ben cementato, di colore verdastro;
da 8,80 a 13,10 m: substrato litoide costituito da un conglomerato a cemento arenaceo, con clasti poligenici arrotondati, di colore marrone verdastro;
da 13,10 a 13,70 m: substrato litoide costituito da un livello arenaceo ben cementato con rari clasti di ghiaia, di colore verdastro;
da 13,70 a 15,00 (fondo foro): substrato litoide costituito da un conglomerato a cemento arenaceo, con clasti poligenici arrotondati, di colore marrone verdastro.

Il recupero percentuale di carotaggio è sempre maggiore del 80%, mentre l'RQD varia tra un minimo del 55% (3,50-5,00 m di profondità) e un massimo del 80% (10,00-15,00 m di profondità).

Durante la perforazione non è stata riscontrata presenza di falda.

Sondaggio S2

Eseguito sullo spigolo orientale i monte del padiglione Sessa, al piede della parete rocciosa esistente, ha evidenziato un assetto stratigrafico così schematizzabile:

da p.c. fino a 0,20 m: asfalto e terreno di riporto di sottofondo stradale, costituito da pietrame centimetrico in matrice sabbiosa, di colore marrone nerastro;
da 0,20 a 0.90 m: cappellaccio di alterazione del substrato roccioso, costituito da scaglie arenacee a spigoli vivi, di dimensioni pluricentimetriche, molto alterate e sfaldabili con le mani;
da 0.90 fino a 2.20 m: substrato litoide costituito da arenaria ben cementata, di colore marrone verdastro, a grana grossolana;
da 2.20 fino a 10.00 m (fondo foro): substrato litoide costituito da conglomerato poligenico a cemento arenaceo, di colore grigio verdastro, con clasti arrotondati, di dimensioni massime pluricentimetriche

Il recupero percentuale è sempre maggiore del 70%, mentre l'R.Q.D. varia dal 30% al 80%, con l'aumentare della profondità.

Durante la perforazione non è stata riscontrata presenza di falda.

3.2 Tomografie sismiche a rifrazione

Per valutare lo spessore della coltre di copertura e l'andamento del contatto con il substrato roccioso sono state eseguite sei prospezioni sismiche a rifrazione.

Le caratteristiche delle stese sono riportate nella tabella seguente.

Stesa	***Lunghezza complessiva (m)***	***Spaziatura Intergeofonica (m)***	***Stazioni di energizzazione***
SS1	50	4	7
SS2	30	3	7
SS3	44	3	7
SS4	42	3	7
SS5	50	4	7
SS6	44	3	7

Nel metodo sismico a rifrazione viene registrata la propagazione di onde elastiche, generate artificialmente all'interfaccia atmosfera – terreno e rifratte lungo superfici di discontinuità sepolte.

In superficie vengono disposti trasduttori elettromagnetici, chiamati geofoni, in grado di rilevare la perturbazione prodotta propagatasi nel terreno.

I geofoni sono collegati, attraverso un cavo multipolare, ad un sismografo multicanale che misura e registra i tempi di percorrenza dell'impulso elastico, generato artificialmente, nei tragitti compresi tra il punto sorgente ed ogni singolo geofono.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono, può avere seguito un percorso "diretto" (tragitto più breve tra sorgente e ricevitore), oppure avere subito una o più rifrazioni in corrispondenza di superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento.

La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.

La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza della registrazione) è definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo e delle finalità dell'indagine.

Il metodo sismico a rifrazione da superficie permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento di geofoni fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa 1/3 dello sviluppo lineare dello stesso.

I tempi di percorso diretto e rifratto tra i punti in cui viene energizzato il terreno ed i singoli geofoni, costituiscono le dromocrone e sono riportati su diagrammi nei quali sono leggibili, in ascissa, le posizioni dei singoli geofoni (proiettate sul piano orizzontale) e in ordinata i tempi in secondi.

Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità reali di propagazione dei fronti d'onda degli impulsi sismici alle varie profondità. Tali velocità sono proporzionali al grado di addensamento dei terreni entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi – intercetta e pendenza delle dromocrone, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei singoli livelli rifrangenti, fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.

Note le velocità sismiche delle onde di compressione entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione dei loro spessori al di sotto dello sviluppo della stesa, può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.

Sono state effettuate energizzazioni all'interno ed all'esterno dello stendimento secondo gli usuali schemi di acquisizione.

Quest'ultima è stata effettuata mediante un sismografo *GEODE Geometrics* a 24 canali con memorizzazione incrementale dei segnali per ogni traccia; i canali utilizzati sono 12 e 24. I segnali di ciascun canale sono stati digitalizzati tramite un convertitore A/D a 16 bit in 2.048 campioni per una lunghezza di registrazione pari a 512 millesimi di secondo, visualizzati a video in tempo reale e quindi memorizzati su supporto magnetico mediante il programma di acquisizione *Geometrics SGOS*.

Le energizzazioni del terreno, per la generazione delle onde di compressione, sono state effettuate mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 5 kg) su piastra di acciaio.

La lettura di tutti i tempi relativi ai primi arrivi è stata effettuata con routine automatica e controllo manuale da tastiera utilizzando il programma *SeisOpt Picker v 1.5.*

Per la ricezione delle onde sono stati utilizzati, rispettivamente, gruppi di geofoni verticali *Oyo Geospace* con frequenza naturale di 14 Hz.

L'interpretazione dei dati è stata condotta con il supporto della tecnica di modellizzazione mediante il programma di tomografia sismica SeisOpt 2D v.3.5 che consente di interpretare il sottosuolo attraverso un potente algoritmo di inversione della velocità, denominato *RIOTS* (*Refraction Inversion OpTimization System*), capace di fornire una sezione tomografica del sottosuolo in funzione della velocità sismica di propagazione.

Analisi dei dati

La sequenza degli strati sismici, definiti da intervalli di velocità, è stata tarata e ricondotta alle tipologie di materiali e formazioni presenti nell'area in esame. In particolare, la distinzione fra gli orizzonti A e B è stata effettuata mediante l'ausilio del rilevamento geologico di superficie correlato ai risultati delle stese sismiche.

Questi sono rappresentati da:

- Orizzonte A: coltre detritica eluviale caratterizzata da Vp inferiori a 500 m/s;
- Orizzonte B: deposito marino terrazzato, caratterizzato da Vp inferiori a 700 m/s;
- Orizzonte C: substrato roccioso sano, Vp > 1500 m/s, sino a 3000 m/s.

Stesa sismica SS1

E' stata eseguita lungo la strada sterrata di accesso alla casa del custode, a monte della stessa.

L'orizzonte A presenta un andamento ondulato variando intorno alla profondità di circa 2 m tra i geofoni g1 e g4 a 1 m tra g4 e g5 . Tra g6 e g8 raggiunge valori di 2 m dal p.c., e da g8 a g12 rimane costante a 3 m di profondità dal p.c.

Oltre, si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s che aumentano con l'aumentare della profondità.

Stesa sismica SS2

E' stata ubicata lungo la dorsale esistente a valle dell'edificio a maggior volumetria, con direzione circa N-S.

L'orizzonte B presenta un andamento variabile da 2 m, tra i geofoni g1 e g5, a circa 3 m tra g5 e g7, e nuovamente a 2 m tra g7 e fine stesa.

Al disotto si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s.

Stesa sismica SS3

La stesa sismica SS3 è stata eseguita lungo il versante orientale della proprietà, parallelamente all'edificio più elevato, sul suo lato di valle.

L'orizzonte B presenta un andamento costante, con profondità di circa 2-2,5 m dal p.c. lungo tutta la stesa.

Oltre, si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-2,5 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s.

Stesa sismica SS4

E' stata eseguita lungo la strada sterrata esistente sul lato a valle del campetto sportivo, immediatamente a valle della stessa.

L'orizzonte B presenta un andamento ondulato variando intorno alla profondità di circa 1.5 m tra i geofoni g1 e g8 e approfondendosi sino a raggiunge valori di 2 m dal p.c. verso fine stesa.

Al di sotto si riscontra l'orizzonte C, ad una profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s che aumentano con l'aumentare della profondità.

Stesa sismica SS5

E' stata ubicata sul versante a monte del padiglione Sessa, parallelamente allo stesso.

L'orizzonte B presenta un andamento variabile da 1.5 m, tra i geofoni g1 e g7, a circa 2 m tra g7 e g9, e nuovamente a 1.5 m tra g10 e fine stesa.

Al disotto si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1600 m/s.

Stesa sismica SS6

E' stata ubicata oltre la stesa SS3, sempre con stessa direzione, a coprire la rimanente parte del II Padiglione.

L'orizzonte B presenta un andamento discontinuo, con uno spessore minimo inferiore a 1.5 m, tra i geofoni g5 e g9, a circa 2.5 m nella parte iniziale e finale della stesa.

Al disotto si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s che migliorano nettamente con la profondità.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

4.1 Caratterizzazione ammasso roccioso

Gli affioramenti rocciosi nell'area in esame hanno messo in evidenza gli orizzonti conglomeratici, che hanno evidenziato fratturazione non pervasiva; per le sue caratteristiche intrinseche il conglomerato non ha permesso l'esecuzione di rilievi geomeccanici classici. La qualità complessiva di questi litotipi è comunque condizionata dalla presenza di fratture e reticoli di fratture molto profonde che spesso isolano corpi rocciosi anche ciclopici. L'esame generale delle falesie in conglomerato, presenti nel tratto della S.P.1 Aurelia fra Varazze e Albisola, testimonia la

presenza di una fratturazione subverticale, circa parallela alla linea di costa, che interferisce con la superficie di stratificazione e con un'altra fratturazione verticale ad essa pseudo-ortogonale; l'associazione di tale quadro fessurativo può comportare la formazione di cunei rocciosi instabili. Sotto il profilo della caratterizzazione della matrice rocciosa, durante l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo, è stato prelevato uno spezzone di carota, codificato con il numero del sondaggio associato alla sigla "Cr" e un indice progressivo crescente con la profondità.

Le prove di laboratorio, eseguite presso un laboratorio geotecnico ufficiale ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 06.06.2001 n. 380 e restituite in certificati raccolti in allegato 3 al testo, sono riassunte nella seguente tabella:

CAMPIONE E PROVINI	LITOLOGIA	DENSITA'	PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE	PROVA TRIASSIALE	VELOCITA' SONICA ONDE P/S
S1Cr1	Arenaria	X	X (non strumentata)		X
S2C1 a, b, c, d	Arenaria	X	X (strumentata)	X	
S2C2 a, b, c, d	Conglomerato	X	X (strumentata)	X	

I certificati di ciascuna prova effettuata sono riportati in allegato 2; nella tabella seguente sono indicati i valori medi ottenuti nelle diverse prove.

CAMPIONE E PROVINI	LITOLOGIA	DENSITA' (kN/m^3)	PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE			PROVA TRIASSIALE		VELOCITA' SONICA ONDE P/S (m/s)
			C_0 (MPa)	E_T (MPa)	E_S (MPa)	c (MPa)	(°)	
S2C1 a, b, c, d	Arenaria	24.96	14.22	4.479	5.237	2.34	53	
S2C2 a, b, c, d	Conglomerato	23.98	11.08	3.127	2.608	2.37	55	
S1Cr1	Arenaria	24.30	15.83 MPa (non strumentata)					1.816 (V_p) 1.287 (V_s)

I valori indicati sono chiaramente rappresentativi del comportamento meccanico della matrice rocciosa, indubbiamente buono.

I dati di laboratorio sono stati confrontati con la velocità delle onde sismiche misurate in sito. Tramite le prospezioni sismiche a rifrazione e la prova RE.MI. si sono determinate le medie delle velocità delle onde longitudinali V_p e di taglio V_s in sito dell'ammasso roccioso, mentre con la prova di laboratorio, si sono determinate le V_p e le V_s del singolo spezzone di roccia alla profondità di circa 14,00 m dal p.c.

Il rapporto tra le velocità sismiche, sia longitudinali che di taglio, ottenute in sito e in laboratorio, definisce *l'indice di velocità relativa* che viene utilizzato come indice di qualità dell'ammasso roccioso. Per un ammasso con poche discontinuità chiuse, questo indice dovrà essere prossimo all'unità; il valore decresce con la qualità dell'ammasso all'aumentare del grado di fratturazione. Questo valore può essere messo in correlazione con il parametro RQD.

In questo caso, analizzando, più cautelativamente, le velocità sismiche di taglio V_s l'indice di velocità relativa è stato:

- V_{slab}= 1.287 m/s;
- V_{ssito}=1.350 m/s alla stessa profondità del prelievo del campione.

$$\frac{V_{ssito}}{V_{Slab}} = \frac{1350 m/s}{1287 m/s} = 1.1$$

a testimonianza di corrispondenza fra quanto rilevato in sito rispetto alle prove eseguite su un campione di roccia.

Le litologie presenti (conglomerati e arenarie) possono essere ascritte alla IV classe della Classificazione di Bieniawski, assegnandoli un ϕ = 35°, una coesione C = 0.3 MPa.

Inoltre, sempre dal punto di vista geotecnico, non risultano particolari differenze tra la facies arenacea e quella conglomeratica, in conseguenza del fatto che nel conglomerato la parte a minor resistenza è rappresentata dal cemento arenaceo che lega i singoli clasti; le rotture nei provini di conglomerato sono, infatti, avvenute proprio nella matrice.

La velocità di propagazione delle onde longitudinali (V_p) è, infine, rappresentativa dell'escavabilità di un materiale; infatti i fattori che la influenzano (grado di compattezza, alterazione e fratturazione) sono gli stessì che ne condizionano la rippabilità.

Nella tabella seguente è indicata la condizione di escavabilità risultante per i litotipi presenti nel comparto in esame:

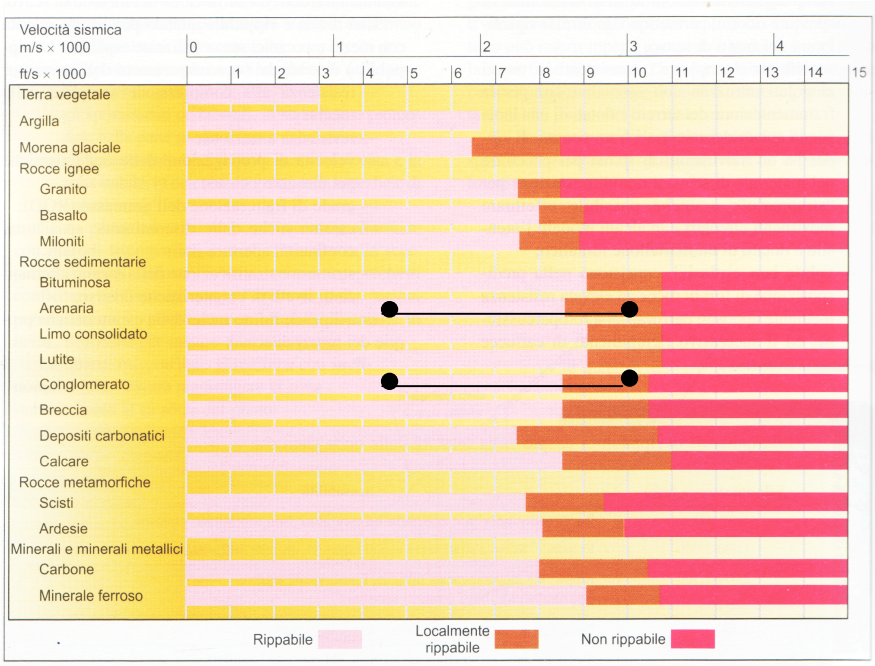


Figura 4: condizioni di escavabilità in funzione del litotipo e della velocità di propagazione delle onde longitudinali

Come si evince dalla tabella soprastante, per entrambi i litotipi si ottengono condizioni che variano da rippabili a localmente rippabili.

Si evince, pertanto, che la metodologia di scavo da adottarsi mediamente sarà quella convenzionale tramite escavatore meccanico a benna, ad eccezione di casi puntuali nei quali sarà necessario l'uso del martellone.

4.2 Caratterizzazione geotecnica dei depositi detritici

La caratterizzazione geotecnica dei terreni sciolti è stata eseguita considerando le prove in sito condotte nei fori di sondaggio (S.P.T.).

Queste ultime sono state effettuate in corrispondenza dell''orizzonte costituito dai depositi marini terrazzati (orizzonte "*b*"), che rappresentano gli accumuli detritici a maggior spessore e più interessati dagli scavi in progetto; in previsione del loro riutilizzo per la realizzazione dei rilevati in progetto, sono stati prelevati 4 campioni rimaneggiati da sottoporre ad analisi granulometrica.

La tabella seguente evidenzia i dati risultanti.

CAMPIONE	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	PI (%)	CLASS. U.S.C.S.
CT1 (S1 3,00-3,50 m)	44.98	39.76	15.26		5.1	GM-GC
CT2	60.39	29.31	10.30		-	-
CT3	60.82	28.07	11.11		-	-
CT4	46.60	38.59	14.81		14.8	GM-GC

Come si evince dai risultati, i quattro campioni evidenziano una sostanziale uniformità del deposito terrazzato ("orizzonte b"); si tratta di materiale granulare, a composizione grossolana con subordinata frazione fine (GM-GC classificazione U.S.C.S.), come peraltro evidenziato anche dai risultati delle prove S.P.T.

In conseguenza di ciò, la resistenza al taglio di questi depositi è dovuta esclusivamente alla componente di attrito, mentre è possibile assegnare agli stessi un peso di volume γ = 19 kN/m^3.

L'angolo d'attrito medio φ' è stato ricavato utilizzando il numero di colpi derivante dalla prove S.P.T. (valore di N_{SPT}).

La stima della resistenza al taglio, e quindi l'angolo d'attrito medio φ' di picco dei terreni, è stata ricavata attraverso le correlazioni e le formule empiriche proposte da De Mello (1971), Sowers, Peck-Hanson & Thornburn e Road Bridge Specification. I risultati ottenuti sono stati calcolati sui dati ottenuti dal sondaggio S1 e riportati in tabella seguente.

Sondaggio e profondità S.P.T.	N_{SPT}	φ' (°)			
		Road Bridge Specification	Japanase National Railway	Sowers	Angolo di attrito medio
S1: 1,30 – 1,75	39	39	31.7	39	**36**
S1: 2,40 – 2,85	37	38	31	38	

Relativamente alla coltre detritica eluviale (orizzonte "*a*"), visto il suo limitato spessore (inferiore a 2 m) e la scarsa incidenza con le opere in progetto, si è ritenuto sufficiente il caratterizzarla mediante ricerca bibliografica.

Pertanto, alla stessa è possibile assegnare un peso di volume pari a γ = 19 kN/m^3, un angolo di attrito medio pari a ϕ = 33°, sempre ipotizzando coesione nulla.

5. VOLUMI DI SCAVO

Come detto, il *"progetto di produzione"*, interamente ubicato a terra, è articolato in numerosi interventi, distinguibili in due categorie principali:

- Fabbricati
- Viabilità

I singoli progetti sono stati redatti da diversi Professionisti, come evidenziato in premessa, i quali hanno fornito allo scrivente i calcoli geometrici relativi ai previsti volumi in banco di scavo e di riporto; tali dati sono stati utilizzati come base per le analisi contenute nel presente documento.

Tutti i valori numerici dei volumi esposti nel seguito sono stati approssimati all'unità.

La tabella seguente riassume i dati complessivi.

TIPOLOGIA OPERE	VOLUMI DI SCAVO (in banco) (m^3)	VOLUMI DI RIPORTO (m^3)	DELTA (m^3)
Fabbricati	- 27295	4445	- 22850
Viabilità interna	- 4516	89	- 4427
Viabilità esterna (comunale)	- 614	663	49
		TOTALE	- 27228

Nel complesso è stimato un surplus indifferenziato di terre e rocce da scavo di circa 27.228 m^3 in banco.

Nel seguito verranno analizzate separatamente le tipologie di opere sopraelencate andando ad attribuire le volumetrie relative ai diversi materiali presenti; a questo proposito si evidenzia che verranno considerate le sezioni geologiche interpretative delle due relazioni geologiche di progetto.

Il modello geologico proposto evidenzia la suddivisione dei terreni interessati dagli sbancamenti in due orizzonti distinti, così definiti:

- *"orizzonte b"*: depositi marini terrazzati costituiti da sabbia con ghiaia e ciottoli in debole matrice limosa;
- *"orizzonte c"*: substrato litoide costituito da conglomerato poligenico a matrice arenacea con subordinate arenarie marnose in banchi.

L'*"orizzonte a"* (coltre eluviale) non è stato tenuto in considerazione in quanto, data la sua presenza solo nella parte basale del versante, a valle dei tre padiglioni esistenti, è appena sfiorato dagli sbancamenti previsti.

5.1 Fabbricati

Nei calcoli si è tenuto conto della presenza, all'interno di questo comparto, di ampie aree antropizzate, oltre ai fabbricati, rappresentate da piazzali asfaltati, strade di collegamento, terrazzi e piscine; la volumetria di scavo dei terreni naturali è stata depurata di una percentuale variabile tra lo 0% e il 15% del volume a seguito della necessaria scarificazione delle aree suddette, il cui materiale di risulta dovrà essere smaltito in idonee discariche.

La volumetria totale di scavo di materiali naturali è, pertanto, pari a 17.457 m^3.

Tali valori volumetrici s'intendono in "banco"; per la trasformazione delle volumetrie in "mucchio" si è applicato un aumento del 30% per il substrato litoide (indifferenziato) ed uno pari al 20% per i depositi sciolti.

Fabbricati	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO TOTALE (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (mucchio) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (mucchio) (m^3)	VOLUME SCAVO TOTALE (mucchio) (m^3)
Sez. A-A'	- 900	- 2980	- 3880	- 1080	- 3874	- 4954
Sez. B-B'	--	- 7282	- 7282	--	- 9467	- 9467
Sez. E1-E1'	- 588	- 2660	- 3248	- 706	- 3458	- 4164
Sez. F-F'	- 1637	- 9563	- 11200	- 1964	- 12432	- 14396
TOTALE	**- 3125**	**- 22485**	**- 25610**	**- 3750**	**- 29231**	**- 32981**

Le sezioni geologiche evidenziano come l'orizzonte maggiormente interessato dagli scavi sia il substrato litoide ("orizzonte c"); geometricamente, l'analisi effettuata assegna a tale orizzonte una percentuale intorno a 88% del volume totale, mentre la restante parte (12%) è attribuibile ai depositi marini terrazzati ("orizzonte b").

5.2 Viabilità interna

La viabilità interna si sviluppa in un comparto che non presenta aree antropizzate, pertanto i volumi di scavo risultanti sono tutti attribuibili a terreni naturali; la volumetria complessiva risultante è pari a 4.516 m^3.

Analogamente al caso precedente sono stati calcolati i volumi attribuibili ai due orizzonti presenti, sia in "banco" che in "mucchio", suddividendo il tracciato stradale in tratti omogenei rispetto agli scavi e/o riporti previsti.

Viabilità interna (sezioni)	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO TOTALE (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (mucchio) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (mucchio) (m^3)	VOLUME SCAVO TOTALE (mucchio) (m^3)
1-11	- 1245	- 115	- 1360	- 1494	- 150	- 1644
14-18	- 1088	- 498	- 1586	- 1306	- 647	- 1953
19-30	- 1294	- 276	- 1570	- 1553	- 359	- 1912
TOTALE	**- 3627**	**- 889**	**- 4516**	**- 4353**	**- 1156**	**- 5509**

In questo caso l'orizzonte maggiormente interessato dagli scavi risulta essere quello dei depositi sciolti ("orizzonte b"), con circa il 70% del volume, contro il restante 30% attribuito al substrato litoide ("orizzonte c"); tale condizione è da attribuirsi alla minore profondità degli scavi lungo tutto il tratto di strada.

5.3 Viabilità esterna

La viabilità esterna si sviluppa nella porzione sommitale del promontorio interessato, senza aree antropizzate; i modesti volumi di scavo sono tutti da attribuirsi a terreni naturali (614 m^3).

Anche in questo caso sono stati calcolati i volumi dei due orizzonti presenti, sia in "banco" che in "mucchio", suddividendo il tracciato stradale in tratti omogenei rispetto agli scavi e/o riporti previsti.

Viabilità esterna comunale (sezioni)	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO TOTALE (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (mucchio) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (mucchio) (m^3)	VOLUME SCAVO TOTALE (mucchio) (m^3)
1-4	- 224	- 49	- 273	- 269	- 64	- 333
5-7	- 21	- 5	- 26	- 25	- 6	- 31
13-16	- 258	- 57	- 315	- 310	- 74	- 384
TOTALE	**- 503**	**- 111**	**- 614**	**- 604**	**- 144**	**- 748**

Come nel caso precedente l'orizzonte maggiormente interessato risulta essere quello superficiale ("orizzonte b") con una percentuale in volume di circa l'82% mentre il restante 18% è relativo al substrato litoide ("orizzonte c").

Questa prima analisi permette di sintetizzare i volumi di scavo complessivi, suddivisi per materiali, come si evince dalla tabella seguente.

TIPOLOGIA OPERE	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (banco) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (mucchio) (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte c" (mucchio) (m^3)
Fabbricati	- 3125	- 22485	- 3750	- 29231
Viabilità interna	- 3627	- 889	- 4353	- 1156
Viabilità comunale	- 503	- 111	- 604	- 144
TOTALE	**- 7255**	**- 23485**	**- 8707**	**- 30531**

6. VOLUMI DI RIPORTO

Come detto, nel caso in esame il *"sito di utilizzo"* è, in realtà, composto da due comparti ben distinti (opere a terra e opere a mare), per ciascuno dei quali i diversi Progettisti incaricati hanno valutato le volumetrie di riporto necessarie ai vari interventi (rilevati, riempimenti e ripascimento).

La tabella seguente riassume tali quantità.

TIPOLOGIA OPERE	VOLUMI DI RIPORTO (m^3)
Opere a terra	
Fabbricati	4445
Viabilità interna	89
Viabilità esterna (comunale)	663
TOTALE	**5197**
Opere a mare	
Ripascimenti Basamento nuovo pennello	15000 550
TOTALE	**15550**

Per la parte relativa alle opere a terra, il valore sopraesposto è stato individuato per via grafica dai diversi progettisti; si tratta, perciò, di un valore "teorico", da colmare con il materiale a disposizione.

A questo proposito, si sottolinea come il materiale più adatto sia quello appartenente all'"orizzonte b" (depositi marini terrazzati); infatti considerata la sua composizione granulometrica esposta in precedenza, ghiaioso sabbiosa con ciottoli (GM-GC) con subordinati limo/argilla (<16%), tale materiale risulta ottimo per la costruzione di rilevati così come per la realizzazione di sottofondi e riempimenti drenanti.

Ipotizzandone una buona compattazione, secondo gli standard utilizzati per i rilevati stradali, si può affermare che per colmare i volumi "geometrici" stimati in precedenza sia necessaria una stessa quantità di materiale, prelevato in mucchio, maggiorata del 10%.

Viste le quantità a disposizione, la tabella seguente presenta i dati risultanti.

TIPOLOGIA OPERE	VOLUME RIPORTO "GEOMETRICO" (m^3)	VOLUME RIPORTO "REALE" (m^3)	VOLUME SCAVO "orizzonte b" (mucchio) (m^3)	Δ VOLUME SCAVO "orizzonte b" (mucchio) (m^3)
Opere a terra (rilevati e riempimenti)	5197	5717	- 8707	**- 2990**

L'analisi evidenzia una rimanenza di 2990 m^3 di materiale di risulta dagli scavi appartenente all'"orizzonte b".

Relativamente al ripascimento di progetto, lo studio relativo (cfr. relazione Ing. Molfino) ne prevede una quantità complessiva di 15000 m^3, necessaria al riequilibrio della cella di litorale in esame, mentre ulteriori 550 m^3 sono ipotizzati come scanno d'imbasamento per i massi del prolungamento del pennello esistente.

Di tale volumetria complessiva, circa 10550 m^3 sono previsti dagli scavi della parte a terra, tramite l'utilizzo del materiale litoide ("orizzonte c"), tutti collocati a mare, a costituire il corpo del ripascimento e la base del nuovo tratto di pennello, mentre per la parte più superficiale, relativa anche alla spiaggia emersa di progetto, verrà apportato idoneo materiale selezionato (circa 5000 m^3).

Le verifiche di stabilità eseguite nelle condizioni meteomarine della zona hanno evidenziato una granulometria "minima" di progetto pari a 3.2 mm (sabbia grossolana), affinché il riempimento sia stabile.

Tenendo conto che il materiale litoide interessato dagli sbancamenti è composto da un conglomerato a cemento arenaceo con clasti poligenici di dimensioni medie massimo decimetriche e da subordinate bancate arenaceo marnose, nonché le sue buone condizioni di scavabilità (mediamente rippabili) come evidenziato dalle velocità sismiche registrate, si può ipotizzare che, dal punto di vista granulometrico, il prodotto degli scavi sia assimilabile ad un "ballast" (40-70 mm), peraltro con elementi arrotondati (singoli clasti).

Tale materiale risponde al requisito di granulometria minima per la stabilità del riempimento a mare ed è, quindi, da considerarsi ottimo per lo scopo prescelto, oltre che per le sue caratteristiche geotecniche, anche per la mancanza di frazione fine.

Non potendone ipotizzare una compattazione meccanica una volta versato a mare, si stima l'utilizzo di una volumetria pari a quella "geometrica".

Pertanto, viste le quantità a disposizione, la tabella seguente presenta i dati risultanti.

TIPOLOGIA OPERE	**VOLUME RIPORTO "GEOMETRICO" (m^3)**	**VOLUME SCAVO "orizzonte c" (mucchio) (m^3)**	**Δ VOLUME SCAVO "orizzonte c" (mucchio) (m^3)**
Opere a mare (ripascimento e basamento)	10550	- 30531	**- 19981**

Si evidenzia una rimanenza di 19981 m^3 di materiale di risulta dagli scavi appartenente all'"orizzonte c".

7. CONCLUSIONI

Come detto, il presente studio riguarda la gestione delle terre e rocce provenienti dagli scavi relativi agli interventi sul complesso delle "ex colonie" milanesi, nel Comune di Celle Ligure.

Si tratta, in realtà, di un progetto molto articolato, distinguibile in differenti comparti, ciascuno con un Progettista di riferimento, il quale comprende al suo interno sia il "sito di produzione" che il "sito di riutilizzo".

A sintesi di tutto quanto sopraesposto si possono fare le seguenti considerazioni:

- Il sito di produzione non presenta potenziale inquinamento del suolo o del sottosuolo in quanto non è mai stato interessato da attività contaminanti (uso residenziale esclusivo), ne da litologie appartenenti alla famiglia delle "rocce verdi". A seguito di ciò non ne è stata eseguita la caratterizzazione ambientale.
- Le relazioni geologiche e geotecniche di progetto hanno inquadrato la zona in esame, arrivando a caratterizzare i diversi materiali naturali presenti sotto i profili composizionale,

petrografico, geotecnico e geomeccanico. Le indagini geognostiche eseguite hanno permesso di valutare anche la scavabilità del substrato litoide (preponderante in volume), fornendo indicazioni sulle metodologie di scavo da adottare.

- Le analisi di laboratorio hanno evidenziato, altresì, le caratteristiche di possibile impiego dei materiali, da considerarsi idonei per gli utilizzi previsti; in particolare l'"orizzonte b" (ghiaia e sabbia) appare particolarmente indicato per i rilevati ed i riempimenti di progetto sul comparto di terra, mentre l'"orizzonte c" (detrito di conglomerato e subordinata arenaria) per i riempimenti a mare (ripascimento e basamento pennello).
- Il sito di riutilizzo è all'interno dello stesso cantiere di produzione, sia per la parte a terra che per quella a mare, pertanto il trasporto dei materiali non produrrà impatti aggiuntivi a quelli di cantiere e non sussisteranno problematiche di rintracciabilità degli stessi.
- Non è previsto un utilizzo posticipato del materiale che avverrà durante la "vita" del cantiere stesso, salvaguardando, naturalmente, i periodi balneari (aprile-settembre) per quel che riguarda la parte a mare.
- Nell'attuale fase progettuale, tenuto conto delle volumetrie complessive (< 100.000 m^3) non si sono previsti scavi test, soprattutto per quel che riguarda il materiale lapideo.
- Il bilancio tra scavi e riporti di progetto evidenzia un'eccedenza di materiali in "mucchio" rispettivamente di 19981 m^3 di materiale lapideo ("orizzonte c") e 2990 m^3 di misto granulare ("orizzonte b"). In particolare per la porzione lapidea, vista la sua qualità, è auspicabile un ulteriore impiego ad uso ripascimento in altre porzioni degli arenili di Celle Ligure o comuni limitrofi.
- Le modalità di impiego e i relativi controlli in fase esecutiva, soprattutto nella costruzione dei rilevati a terra, sono esplicitate nelle relazioni geologiche e geotecniche di progetto, alle quali si fa completo riferimento.

Tutto quanto sopra evidenziato porta a concludere che i materiali futuro oggetto di sbancamento soddisfano tutti i requisiti di idoneità previsti dalla normativa vigente e, quindi, possono essere considerati come non rifiuto e riutilizzati in sito.