Committente:

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

Ex colonia marina-Celle ligure
complesso turistico ricettivo: albergo-R.T.A.
Nuova strada su area di proprietà comunale

Comune di Celle Ligure

Provincia di Savona

R E L A Z I O N E G E O L O G I C A

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	Dicembre 2010

I N D I C E

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

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO 1

3. ANALISI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO 2

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE 3

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI 5

6. MODALITA' D'INTERVENTO E CONCLUSIONI 7

7. BIBLIOGRAFIA.....8

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

1) Estratti cartografici Bacino del Torrente Sanda: "Carta della suscettività al dissesto", Carta del reticolo idrografico", scala 1:10000;

2) Stralcio planimetrico con elementi geologici e geomorfologici ed ubicazione delle indagini, scala 1:1000;

3) Elaborato stendimento sismico a rifrazione;

4) Profili geologici interpretativi, scala 1:200.

1. PREMESSE, DOCUMENTAZIONE FORNITA E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

La società G.H.V. ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione della relazione geologica e geotecnica, parte integrante degli elaborati progettuali relativi al nuovo complesso turistico ricettivo nel sito dell'ex colonia marina, nel Comune di Celle Ligure.

Nell'ambito di tale intervento è prevista la realizzazione di una nuova strada, ubicata su area di proprietà comunale, a partire dal sovrappasso dell'autostrada che porta al campo sportivo in località Natta, sino alla sommità del promontorio sovrastante l'intervento principale, in prossimità del nuovo parcheggio in progetto.

Il nuovo tratto presenta una lunghezza complessiva di circa 200 m con una larghezza pari a 7 m, a riprendere il tracciato di una strada sterrata esistente.

Le indagini, eseguite in ottemperanza al *Testo Unitario – Norme tecniche per le costruzioni* (D.M. 14.01.08), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e alle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive.

Tenuto conto che il sito interessato appartiene all'area indagata per il progetto principale (interventi edilizi per il nuovo complesso turistico ricettivo) si è ritenuto sufficiente eseguire uno stendimento sismico a rifrazione (SS4), utilizzando tutti le altre risultanze della campagna di indagini geognostiche eseguita (sondaggio e prove in situ, prove di laboratorio, stendimenti sismici).

La presente relazione riassume le risultanze delle indagini eseguite, con particolare riferimento alla ricostruzione stratigrafica del sito d'intervento e la valutazione delle diverse problematiche connesse alla realizzazione delle opere in progetto.

La presente relazione è da considerarsi "integrata" con il documento Relazione Geotecnica, facente parte anch'esso degli elaborati progettuali, nel quale viene approfondita la caratterizzazione geotecnica degli orizzonti risultanti con lo scopo di giungere ad una prima ipotesi di verifica fondazionale agli Stati Limite Ultimi (SLU).

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

La zona oggetto d'intervento costituisce il tratto della linea di falesia che delimita l'area immediatamente a levante dell'abitato di Celle Ligure, a partire dall'autostrada A10 - Genova-Ventimiglia, passando per il campo sportivo in località Natta, sino alla sua culminazione posta a tergo del complesso delle ex colonie milanesi.

Si tratta del versante che sovrasta il primo tratto della rampa d'accesso al casello autostradale a partire dalla Via Aurelia, la cui porzione sommitale si presenta pseudopianeggiante, costituendo un terrazzo morfologico di origine marina, ampiamente antropizzato da opere connesse ad impianti sportivi.

Il versante vero e proprio si presenta con acclività medio alta (35%), interamente ricoperto da arbusti, caratterizzato in prevalenza dai depositi terrazzati antichi pleistocenici (terrazzo marino), aventi spessore medio variabile da 1 a 3 m e granulometricamente costituiti da una sabbia limosa inglobante ghiaia e ciottoli di dimensioni massime decimetriche.

Solo nella porzione più bassa del versante, peraltro non interessata dall'opera in esame, compare la coltre detritica di natura eluviale, derivante dal disfacimento del substrato roccioso in posto, caratterizzata da spessori non superiori a 2 m.

Il substrato litoide non è direttamente affiorante nell'area d'intervento ma è visibile lungo la scarpata a monte della rampa d'accesso al casello, a formare fronti subverticali, rivestito da reti metalliche.

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.

Dal punto di vista della stabilità, il rilevamento di superficie ha evidenziato buone condizioni generali del comparto analizzato, con tracce d'erosione areale per l'azione delle acque meteoriche.

L'idrografia del comparto è riconducibile alla linea di drenaggio principale costituita dal Rio Natta; occorre comunque sottolineare come l'area in esame sia disposta pressoché lungo la linea di spartiacque ad una distanza di oltre 50 m dal corso 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.

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

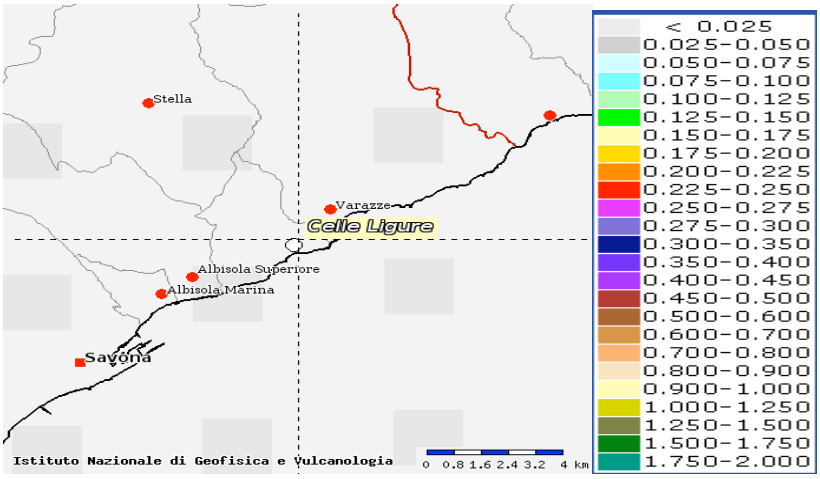
3. ANALISI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO

Come previsto dalla normativa, sono state analizzate le diverse situazioni di pericolosità geologica connesse alla realizzazione dell'opera.

3.1 Pericolosità sismica

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Celle Ligure un grado basso di rischio sismico, risentendo la zona, in modo più o meno intenso, degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nel settore del Mar Ligure occidentale (Prov. Imperia), nelle Alpi occidentali, nell'Appennino settentrionale e, in misura minore, nelle Langhe e nel Monferrato.

Nella carta probabilistica di pericolosità sismica, redatta dall'INGV (2006) (Figura 4a e 4b), adottata nell'Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, in gran parte del Comune di Celle Ligure sono attese accelerazioni al *bedrock* inferiori a 0,025 g. Tali accelerazioni sismiche sono calcolate con una probabilità di superamento del 63% in 50 anni, corrispondente allo stato limite di immediato utilizzo o di danno (SLD), come descritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.



Nella classificazione sismica del territorio nazionale, introdotta dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, il Comune di Celle Ligure è inserito in zona 4, alla quale è associata un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, a_g/g pari a 0,05.

La Regione Liguria, con il D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008, sulla base di uno studio specifico commissionato all'Università di Genova ha defnito meglio le diverse classi sismiche confermando, per il Comune di Celle la quarta categoria

Con il D.M. 14/01/08 l'azione sismica di riferimento viene definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate geografiche. L'allegato A della suddetta normativa contiene un elenco di 10.000 punti definiti mediante un *codice ID* che coincidono con le coordinate dei punti utilizzati dall'INGV per lo studio della *Mappa di Pericolosità Sismica Italiana*, ad esclusione dei punti a mare (Gruppo di lavoro MPS-2004). Nei capitoli successivi, si riportano i dati di classificazione sismica locale dei terreni sulla base degli studi e indagini effettuate.

3.2 Pericolosità idraulica, idrogeologica e suscettività al dissesto

Come noto, l'Amministrazione Provinciale di Savona nell'Ottobre 2002 ha approvato in via definitiva i Piani di Bacino stralcio relativi al rischio idrogeologico (redatti in osservanza del D.L. 180/98 e s.m.i), in seguito più volte aggiornati. Il prodotto di tali studi è rappresentato da una serie di carte tematiche riguardanti le diverse problematiche (suscettività al dissesto, fasce di inondabilità), e da una Normativa Generale, che regola le possibilità di intervento antropico all'interno delle classi in cui è stato suddiviso il territorio.

L'area d'intervento è ubicata nel Bacino del Torrente Sanda; in allegato 1 al testo sono riportati gli stralci di una serie di tematismi, secondo i quali si determinano le seguenti condizioni:

Suscettività al dissesto: il comparto in esame rientra in una zona a suscettività al dissesto compresa tra molto bassa (azzurro) e bassa (verde).
Reticolo idrografico: il comparto in esame si trova ad una distanza minima di oltre 50 m dal corso d'acqua censito più vicino (Rio Natta).
Interventi: non risultano interventi previsti sull'area in studio.

Nel complesso, dal confronto con la cartografia di Piano di rischio idrogeologico, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per valutare lo spessore della coltre di copertura e l'andamento del contatto con il substrato roccioso lungo il tracciato della nuova strada, è stata eseguita una prospezione sismica a rifrazione (SS4).

Le caratteristiche della stesa sono riportate nella tabella seguente.

Stesa	*Lunghezza complessiva (m)*	*Spaziatura Intergeofonica (m)*	*Stazioni di energizzazione*
SS4	42	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, tenendo conto anche delle risultanze delle altre tre stese effettuate all'interno dell'area delle ex colonie.

Questi sono rappresentati da:

- Orizzonte B: deposito marino terrazzato, caratterizzato da Vp inferiori a 700 m/s;
- Orizzonte C: substrato roccioso sano, Vp > 1500 m/s, sino a 2700 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 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.

Relativamente all'analisi dei microtremori, facendo completo riferimento a quanto compreso nella Relazione Geologica relativa all'intervento edilizio principale, si conferma che il profilo stratigrafico della zona d'intervento, considerando che le fondazioni più superficiali si intesteranno comunque sul substrato, è ascrivibile alla categoria A, di cui si riporta la definizione:

"A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m."

Lo studio di pericolosità sismica di un sito, secondo le NTC di cui al D.M.14/01/08 deve essere fornito:

- in termini di valori di accelerazione massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini tra loro;
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_r ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 – 2.475 anni, estremi esclusi.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su un sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione massima orizzontale al suolo;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri si ricavano per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerando il 50esimo percentile.

Le forme spettrali sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. Si stabilisce così:

- V_R la vita di riferimento della costruzione;
- P_{VR} la probabilità di superamento nella vita di riferimento associata a ciascun degli stati limite considerati.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

5.1 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, le prove eseguite sul campione prelevato nel sondaggio evidenziano i seguenti risultati:

Parametro geotecnico	***Valore***
Peso di volume γ	24,30 KN/m^3
Resistenza a compressione monoassiale σ_c	15,83 MPa
Velocità ultrasonica (onde di compressione V_p)	1.816 m/s
Velocità ultrasonica (onde di compressione V_s)	1.287 m/s

I valori indicati sono chiaramente rappresentativi del comportamento meccanico della matrice rocciosa, indubbiamente buono; tenuto conto, invece, che alla scala dell'intervento sono presenti giunti dovuti a fratturazione e/o stratificazione, i parametri geotecnici risentono di tali discontinuità.

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

5.2 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 interessati dagli scavi in questione.

Questi depositi, a composizione sabbiosa, con subordinato limo, e scheletro ghiaioso ciottoloso, presentano un comportamento essenzialmente granulare per cui la resistenza al taglio è dovuta esclusivamente alla componente di attrito; inoltre è possibile assegnare alle stesse un peso di volume pari a 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	

Si è trascurata la coltre detritica (orizzonte "a") in quanto non interessato dall'opera in progetto.

6. MODALITA' D'INTERVENTO E CONCLUSIONI

Come detto, il progetto in esame prevede la creazione di una nuova strada d'accesso che a partire dal sovrappasso autostradale di località Natta renda accessibile il parcheggio posto sulla sommità del versante.

Tale strada presenta una lunghezza complessiva di circa 200 m, in gran parte impostata lungo il tracciato di uno sterrato esistente, la cui realizzazione comporterà modeste operazioni di scavo (rif. sez. 1-3) con la messa in opera di un muro di sostegno, mentre in un tratto (rif. sez. 6-12), è prevista la realizzazione di un rilevato sul lato a valle di altezza massima pari a 7 m (sez. 9) con inclinazione sull'orizzontale di 35°.

Le modalità di scavo da adottarsi prevederanno una riprofilatura dei fronti rocciosi che non superi i 60° d'inclinazione sull'orizzontale, per singoli tratti campione non superiori a 20 di lunghezza.

Relativamente ai riporti, il progetto prevede la realizzazione di un rilevato di altezza massima pari a 7 m, su cui poggiare parte della nuova sede stradale; tenuto conto del contesto geomorfologico dell'area interessata, la soluzione migliore appare quella di utilizzare la metodologia delle "terre rinforzate" come opera di sostegno a valle.

In questo caso, dal punto di vista fondazionale, occorrerà realizzare una soletta in cls armata, poggiante sull'orizzonte geotecnico (b), approfondendo, ove necessario, lo scavo sotto la quota di fondazione ed effettuando una sostituzione del materiale sciolto con calcestruzzo a basso dosaggio.

Il dimensionamento delle terre rinforzate potrà eseguirsi mediante calcolo delle azioni con i parametri indicati nella relazione geotecnica, operando le verifiche di stabilità previste per l'opera di sostegno e per la stabilità complessiva dell'insieme terre rinforzate-versante.

La formazione del rilevato potrà eseguirsi con il materiale proveniente dagli scavi, in particolare quelli legati all'intervento edilizio, previa qualifica del materiale, evitando fusi granulometrici riconducibili alle classi A4, A5, A6, A7 e A8 della classificazione C.N.R. U.N.I. 10006. Non sono altresì ammesse rocce frantumate con pezzature eccedenti i 30 cm.

In corso d'opera saranno previste dalla D.L. specifiche prove sui materiali (granulometrie e prove Proctor) in aggiunta a prove di carico su piastra, in fondazione e su diversi livelli dell'opera. La posa avverrà mediante stesa e compattazione con rullo vibrante.

A conclusione del presente studio si può affermare che l'intervento è fattibile sotto il profilo geologico ed idrogeologico.

7. BIBLIOGRAFIA

- Boni A.,Boni P., Cavallaio E., Cerro A., Gianotti R., Perotto G., Vanossi M. (1970) “Note illustrative del foglio n. 92 – 93 “Albenga-Savona” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000” Servizio Geologico d’Italia – Roma.

- Cestari F. (1990) “Prove geotecniche in sito" Ed. Geo-Graph snc. Segrate (MI).

- Cortesogno L., Dallagiovanna G., Di Giulio A., Gaggero L., Galbiati B., Geddo G., Laureti L., Lualdi A., Peloso G., Poluzzi M., Santi G., Seno S., Vanossi M., Verzellati F. (1990) “Guide Geologiche Regionali – Alpi Liguri” Società Geologica Italiana – Roma.

- D.Min. Lavori Pubblici "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (...)" Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 4 del 1.06.1988.

- D. Min. Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005 “Testo Unitario delle Norme Tecniche per le costruzioni” Suppl. Ord. n. 159 alla Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23.09.2005.

- ENV 1997-1-1 (rev. 2001) “Eurocode 7: Geotechnical Design” CEN/TC250/SC-7.

- EN 1998-1 (rev. 2003) “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance” CEN/TC250/SC-8.

- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.

- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" Gazzetta Ufficiale n. 108 del 11.05.2006.

- Provincia di Savona (2003) “Piano stralcio l. 267/1998 del Torrente Sanda” Assetto Idrogeologico del Territorio.

- Decreto Ministeriale 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”