STUDIO DI GEOLOGIA – DOTT. GEOL. LIONELLO BELMONTE
Via Belgrano 13 – 18100 IMPERIA
Tel/Fax 0183 767551 - Cell +39 335 684315 – e mail lionello@studiobelmonte.191.it

COMUNE DI TERZORIO

(PROVINCIA DI IMPERIA)

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

SONDAGGI GEOGNOSTICI - VERIFICHE STABILITÀ VERSANTE

CATEGORIA SUOLO - CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI

COMPATIBILITÀ PIANO DI BACINO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA DISCARICA DI INERTI DI SECONDA CATEGORIA DI TIPO A IN LOC. “VALLE BEVITORE”

(Località: Valle Bevitore)
(Committente: S.I.T.E.R. s.r.l.)

INDICE

- PREMESSA pag 3
- CARATTERISTICHE ZONA OGGETTO D'INDAGINE pag 5
- INDAGINE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA pag 7
- IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA pag 12
- MONITORAGGIO DEI LIVELLI DI FALDA pag 14
- CRITERI COSTRUTTIVI – BARRIERA GEOLOGICA pag 15
- SONDAGGI GEOGNOSTICI S1 S2 – PROVA LUGEON pag 19
- SONDAGGI GEOGNOSTICI INTEGRATIVI S3 S4 pag 24
- PROVA PENETROMETRICA DINAMICA pag 26
- SISMICA MASW pag 27
- NORME GEOLOGICO TECNICHE pag 28
- PREPARAZIONE SEDIME DISCARICA pag 30
- CONTROLLO DELLE ACQUE pag 33
- VERIFICHE DI STABILITA' pag 36
- CALCOLO PARAMETRO SISMICI pag 39
- CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI pag 43
- CONCLUSIONI pag 44
- STRALCIO PIANO DI BACINO pag 45
- ALLEGATI pag 47

PREMESSA

Con la presente, su incarico della S.I.T.E.R. s.r.l., vengono esaminate le caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche del sito interessato dalle opere in progetto.

Più precisamente l'intervento è relativo al progetto per la realizzazione di una discarica di inerti in loc. Valle Bevitore.

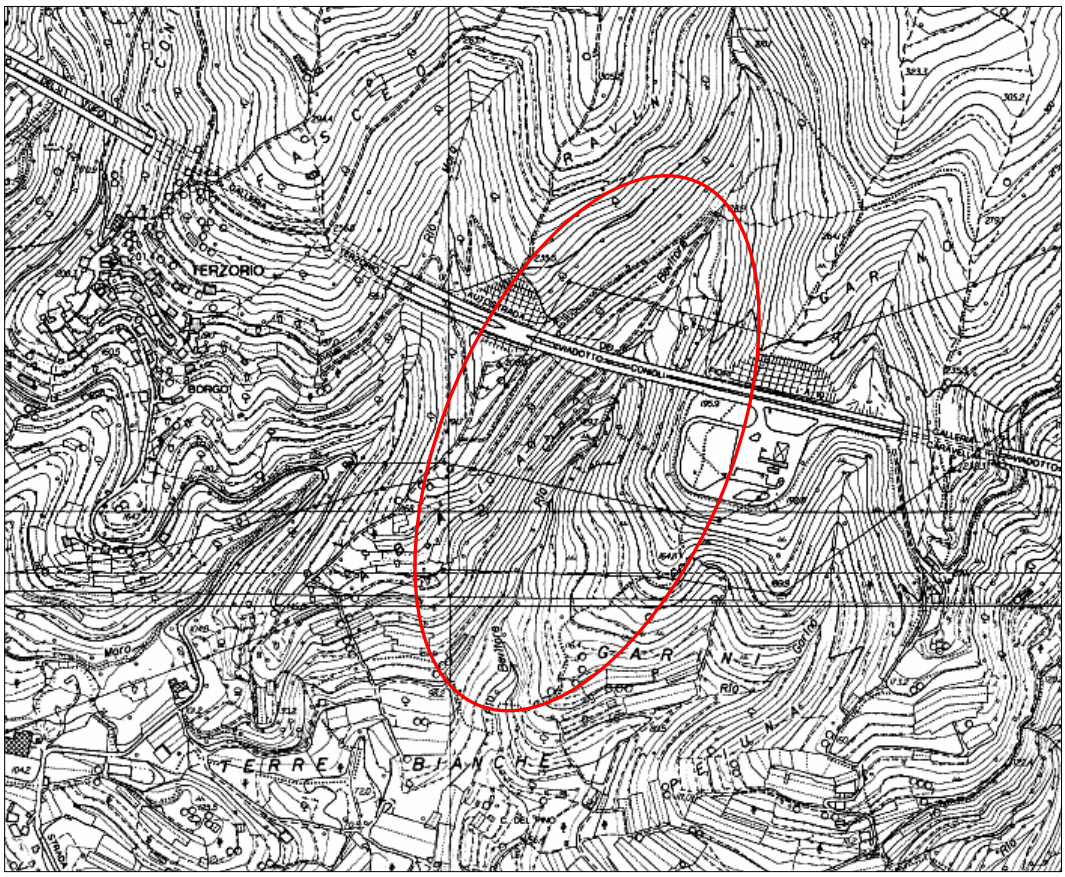
L'indagine è stata condotta secondo quanto disposto dal Decreto Legislativo 13 gennaio 2003 n. 36 "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti" – attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti e s.m.i. e dal D.M. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", nel rispetto delle N.T.C. D.M. 14.01.2008.

L'indagine è stata condotta mediante un'accurata ricerca bibliografica, un dettagliato rilevamento geologico di campagna e l'esecuzione di n. 4 sondaggi a rotazione con carotaggio continuo e posizionamento di tubi freatimetrici.

In conclusione saranno inoltre trattati gli aspetti geologico - tecnici per un corretto intervento sul terreno.

CARATTERISTICHE DELLE ZONA OGGETTO DI INDAGINE

- Inquadramento geografico



L'area oggetto di intervento è localizzata nel Comune di Terzorio ed insiste nell'ambito del vallone del Rio Bevitore, a partire da quota 90 m. fino a quota 170 m circa sul livello del mare.

Sui rispettivi versanti in destra e sinistra orografica del rio, sono impostati 2 piloni di sostegno dell'Autostrada A 10 Genova-Ventimiglia.

Attualmente la zona presenta terreno gerbido con vegetazione cespugliosa, (ginestra comune, lentisco ecc) e lungo i rispettivi versanti, uliveti abbandonati ed alcune piante di pino, roverella e leccio.

La viabilità attuale di accesso al sito è rappresentata da 2 strade interpoderali che permettono l'accesso dal basso e l'accesso alla parte sommitale; esiste una pista, in destra orografica, che permette di raggiungere la zona di imposta delle pile di sostegno dell'autostrada.

L'asse del Rio Bevitore è orientato NE-SW e presenta versanti a media, medio-alta acclività (da 15° a 35°).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico, dal rilevamento sul terreno e facendo riferimento alla Carta Geologica d'Italia (Scala 1: 25.000) **Taggia 258 SE - foglio 258 Sanremo**, il substrato roccioso che caratterizza l'areale di studio appartiene all'Unità tettonica San Remo - M. Saccarello Flysch di San Remo - strati arenaceo-argillitici e calcilutitici nei quali si intercalano, ad intervalli regolari, "megaritmi" costituiti da megatorbiditi marnoso-arenacee (membro S. Michele).

Ad una distanza di circa 1 Km, a valle, si evidenziano affioramenti calanchivi di argille grigie e grigio-azzurre, più o meno siltoso-marnose massicce e compatte - **Argille di Ortovero.**

In particolare, nel sito e nelle aree circostanti, sono state effettuate, su affioramenti rocciosi visibili, misure della giacitura degli strati e dei principali set di discontinuità nonché descrizione del materiale roccioso e prove di resistenza alla compressione monoassiale.

DAL RILEVAMENTO GEOLOGICO SU AFFIORAMENTI ROCCIOSI ALL'INTERNO ED ALL'ESTERNO DEL LIMITE DI DISCARICA A PROGETTO SONO STATE EFFETTUATE MISURE DELLA GIACITURA CON I SEGUENTI RISULTATI:

Stazione 1 (in fregio al tracciato interpoderale di monte)

- Direzione NW-SE
- Immersione SW
- Inclinazione 50°

Stazione 2 (in corrispondenza del crinale posto ad ovest del sito, fuori dai confini della discarica)

- Direzione NW-SE
- Immersione SW
- Inclinazione 30°

Stazione 3 (sul limite est dei confini della discarica, a valle della stazione di servizio autostradale)

- Direzione E-W
- Immersione S
- Inclinazione 40°

Stazione 4 (oltre il limite ovest della discarica in ambito di crinale, a valle del tracciato autostradale)

- Direzione WNW-ESE
- Immersione SSW
- Inclinazione 50°

Stazione 5 (sponda destra orografica del Rio Bevitore, dentro i limiti della discarica - settore valle)

- Direzione NW-SE
- Immersione NE
- Inclinazione 35°

Stazione 6 (sponda destra orografica del Rio Bevitore, in prossimità dell'alveo, dentro i confini della discarica - settore valle)

- Direzione NW-SE
- Immersione NE
- Inclinazione 30°

Stazione 7 (in alveo del Rio Bevitore, dentro i confini della discarica - settore valle)

- Direzione NE-SW
- Immersione NWS
- Inclinazione 30°

Stazione 8 (sponda sinistra orografica del Rio Bevitore, in prossimità dell'alveo - corpo centrale della discarica)

- Direzione E-W
- Immersione S
- Inclinazione 50°

Stazione 9 (versante in sinistra orografica del Rio Bevitore - corpo centrale della discarica)

- Direzione E-W
- Immersione S
- Inclinazione 50°

Stazione 10 (versante in destra orografica del Rio Bevitore - corpo centrale della discarica)

- Direzione E-W
- Immersione S
- Inclinazione 40°

In generale, si ha un assetto monoclinale delle giacitura, in quasi tutta la superficie interessata dalla discarica a progetto con rapporto giacitura-versante a traverpoggio-franapoggio con angolo di immersione>angolo pendio, fattore favorevole alla stabilità del sito.

Nel settore di valle, lungo il limite ovest del sito, si registrano bancate disposte a reggipoggio.

Il substrato roccioso presenta, dove non affiorante, coltri di copertura detritica di versante di tipo eluvio-colluviale a base limo-argillosa con lapidei arenacei (ghiaie e ciottoli), di spessore compreso fra 2 e 3,5 metri. In origine le coltri terrose in oggetto, lungo i versanti del Rio Bevitore, erano terrazzate con muri in pietra secco, a causa della mancata manutenzione, una parte degli stessi è crollata.

La copertura dell'orizzonte vegetale è contenuta entro i 50-80 cm.

DEPOSITO ANTROPICO

In corrispondenza delle pile di sostegno dell'autostrada A 10, si evidenzia un deposito antropico, realizzato negli anni di costruzione dell'autostrada stessa, (smarino di galleria) che negli anni è stato oggetto di fenomeni di erosione da parte del Rio Bevitore.
Il deposito interessa in particolare l'alveo e un tratto dei corrispondenti versanti, per spessori di 3-4 metri circa, a monte delle pile di sostegno.

Il fenomeno di erosione presenta attività, pertanto, la realizzazione della discarica permetterà la definitiva messa in sicurezza del deposito, evitando il protrarsi degli effetti erosivi, e/o il rischio di frane di materiale incoerente contro le pile di sostegno.

IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

Il deflusso idrico superficiale dell'area indagata è controllato dall'impluvio del Rio Bevitore che scorre in parte in roccia (settore sud a valle del tracciato dell'autostrada) ed in parte in coltre e nei depositi antropici inerti (settore a monte del tracciato dell'autostrada).

Il bacino idrico sotteso all'impianto della discarica a progetto, è delimitato ad ovest e ad est da 2 subcrinali che limitano fortemente l'apporto di acque superficiali; grazie alle opere di regimazione dell'autostrada e ad una strada interpoderale a monte, che già sin d'ora, esplica un effetto fosso di guardia, sono assenti fenomeni erosivi diffusi e lineari lungo il versante.

Solo nell'ambito del Rio Bevitore, si registra un'erosione spondale nel corpo dell'esistente riporto antropico di inerti proveniente dagli scavi dell'autostrada.

La situazione stratigrafica delineata sia dal rilevamento geologico che dai sondaggi a rotazione, individua 3 materiali a comportamento idrogeologico differente:

- le coltri di versante presentano una permeabilità medio-bassa per la presenza di fini, alle quali si attribuisce un coefficiente di permeabilità pari a 10^{-4} - 10^{-5} cm/s;
- il substrato roccioso che per la presenza di fenomeni di fratturazione rappresenta un acquifero permeabile per fratturazione.

Il deflusso idrico sotterraneo tende a concentrarsi lungo i livelli maggiormente degradati o preferibilmente in corrispondenza delle principali dislocazioni, dove la cataclasizzazione permette un aumento della trasmissività.

Nel substrato roccioso, comunque, dalle misure piezometriche effettuate, il livello massimo di falda è stato registrato a quota -6 m circa dal piano di campagna.

- Deposito antropico esistente che presenta una permeabilità alta, per porosità, pari a circa $10^{-3} – 10^{-4}$ cm/s.

Un discorso a parte, circa le caratteristiche di permeabilità, è quello relativo ai rifiuti inerti; in relazione a quello che sarà l'apporto di materiale inerte ed al grado di compattazione che le operazioni di abbancamento e lavorazione dei mezzi in cantiere determineranno, si può parlare di una medio-bassa permeabilità per porosità, in quanto i materiali inerti provenienti da scavi e conferiti in discarica (v. discariche di inerti attive in zona da almeno 5 - 10 anni) mostrano alte percentuali terrose in argille e limi.

MONITORAGGIO DEI LIVELLI DI FALDA

(Misure della falda dalla testa piezometro alla quota piano di campagna 0.00)

Data lettura	**P1 – S1**	**P3 – S3**
02/11/2007	assente	
10/12/2007	- 11.40 m	
04/04/2008	- 11.20 m	
10/12/2009	- 10.30 m	
05/11/2010	- 6.00 m	- 13.40 m
20/02/2011	- 8.90 m	- 13.20 m
05/03/2011	- 9.00 m	assente
10/10/2011	- 8.50 m	- 13.00 m

CRITERI COSTRUTTIVI – BARRIERA GEOLOGICA

L'ubicazione e le caratteristiche costruttive di una discarica di inerti devono soddisfare le condizioni necessarie per impedire l'inquinamento del terreno, delle acque freatiche e delle acque superficiali.

La protezione del suolo, delle acque freatiche e delle acque superficiali deve essere realizzata mediante la combinazione di una barriera geologica e di un eventuale rivestimento della parte inferiore durante la fase di esercizio e mediante l'aggiunta a chiusura della discarica di una copertura della parte superiore durante la fase postoperativa.

Qualora la barriera geologica non presenti le caratteristiche previste dall'Allegato 1 del D. Lgs. n. 36/03, la protezione del suolo, delle acque sotterranee e delle acque superficiali deve essere realizzata attraverso il completamento della stessa con un sistema barriera di confinamento.

Barriera Geologica

La barriera geologica, secondo quanto indicato nell'Allegato 1 del D. Lgs. n. 36/03, è determinata da condizioni geologiche ed idrogeologiche al di sotto ed in prossimità di una discarica tali da assicurare una capacità di attenuazione sufficiente per evitare rischi per il suolo e le acque superficiali e sotterranee. Il substrato di base e dei lati della discarica

consiste in una formazione geologica naturale che risponda a requisiti di permeabilità e spessore almeno equivalente a quello risultante dai seguenti criteri:

Le caratteristiche di permeabilità della barriera geologica naturale devono essere accertate mediante apposita indagine in sito.

La barriera geologica, qualora non soddisfi naturalmente le condizioni di cui sopra, può essere completata artificialmente attraverso un sistema barriera di confinamento opportunamente realizzato che fornisca una protezione equivalente.

Il piano di posa di una eventuale barriera di confinamento deve essere posto al di sopra del tetto dell'acquifero confinato, con un franco di almeno 1,50 m.

La barriera messa in opera artificialmente deve avere uno spessore non inferiore a 0,50 m.

Allo scopo di accertare le caratteristiche di permeabilità della barriera geologica sono state eseguite delle accurate indagini in sito che hanno messo in evidenza i seguenti elementi fondamentali:

- barriera geologica di fondo costituita dalla formazione del Flysch ad Elmintoidi con alternanze di livelli arenacei e arenaceo marnosi più o meno compatti, marne arenacee e calcaree, intercalati a livelli di livelli argilloscistosi nerastri;
- la formazione presenta due andamenti prevalenti:

- direzione Nord Ovest – Sud Est
- inclinazione 30° verso Nord – Est

(per quanto riguarda il settore Sud Ovest dell'area di intervento)

- direzione Est - Ovest
- inclinazione tra i 30° e i 50° verso S

(per quanto riguarda il resto dell'area di studio), costituendo in entrambi i casi una situazione stratigrafica e giaciturale ideale per il confinamento naturale al sito di discarica.

Il metodo di valutazione della conducibilità idraulica si è basato sull'esecuzione della prova Lugeon di permeabilità in roccia (cfr. capitolo sulle Indagini in sito) unitamente all'esame dei valori di permeabilità delle diverse litologie come riportato in bibliografia tecnica.

- Livelli calcarei ed arenacei con spessore di 1-2 m con porosità totale (20%) ed una conducibilità idraulica pari a circa k = 1 x 10-7 m/s [10-5 cm/s];
- Livello calcareo marnoso con spessore di 0.5 m con porosità totale (15%) ed una conducibilità idraulica pari a circa k = 1 x 10-7 m/s [10-5 cm/s];
- Livello marnoso ed argillitico con spessore fino a 0.6 m con porosità totale (10%) ed una conducibilità idraulica pari a circa k = 1 x 10-8 m/s [10-6 cm/s];
- Materiale limo-argilloso di riempimento delle microfratture presenti nelle bancate marnoso-calcaree con percentuale di limi e argille pari a circa il 75%, (dedotto da

analisi granulometrica eseguita su un campione prelevato in sito) che corrisponde ad una conducibilità idraulica pari a circa k = 1 x 10-8 m/s [10-6 cm/s].

- In merito allo spessore della barriera geologica, la sequenza litologica presa in esame risulta di 6 - 8 m circa, pertanto > a 1 m.
- Riguardo alle fratture e giunti presenti nelle rocce costituenti la barriera geologica essi risultano completamente riempiti da calcite ricristallizzata, intasati di argilla, o completamente chiusi.

SONDAGGI GEOGNOSTICI – S1 S2 – PROVA LUGEON

Allo scopo di caratterizzare con maggiore dettaglio i terreni interessati dall'intervento in progetto, sono stati effettuati n. 2 sondaggi a rotazione con esecuzione di una prova di permeabilità in roccia di tipo Lugeon.

I sondaggi sono stati ubicati in zone attualmente accessibili e tali da consentire una significativa valutazione dell'andamento della falda idrica.

Si riporta di seguito la stratigrafia evidenziata dalla campagna geognostica effettuata.

S1

- da 0.00 m a 1.00 m coltre eluvio colluviale con trovante
- da 1.00 m a 2.60 m cappellaccio di alterazione del substrato roccioso
- da 2.60 m a 3.60 m substrato roccioso in buono stato di conservazione
- da 3.60 a 5.00 m substrato roccioso in scadente stato di conservazione
- da 5.00 m a 7.00 m substrato roccioso mediamente fratturato
- da 7.00 m a 8.00 m substrato roccioso in buono stato di conservazione
- da 8.00 m a 9.00 m substrato roccioso mediamente fratturato
- da 9.00 m a 11.50 m substrato roccioso in buono stato di conservazione

S2

- da 0.00 m a 3.00 m coltre eluvio colluviale

- da 3.00 m a 5.00 m cappellaccio di alterazione del substrato roccioso

- da 5.00 m a 6.10 substrato in buono stato di conservazione

- da 6.10 m a 8.00 m substrato roccioso mediamente fratturato

- da 8.00 m a 8.50 m livello argilloscistoso

La falda idrica è stata rilevata in corrispondenza del sondaggio S1 ad una profondità di circa 11.50 m.(fondo foro)

Falda idrica assente nel sondaggio S2.

A circa 1 mese dalle misure freatimetriche, dopo 2 giorni di pioggia (mm 65 circa) la falda è assente nel foro S2 e è risalita di circa 10cm nel foro S1.

In corrispondenza del sondaggio S1 è stata effettuata una prova Lugeon per la determinazione della permeabilità in roccia.

La prova consiste nell'iniettare acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio in roccia e nel misurare i volumi assorbiti a diverse pressioni. La prova consente di misurare la permeabilità di un ammasso roccioso.

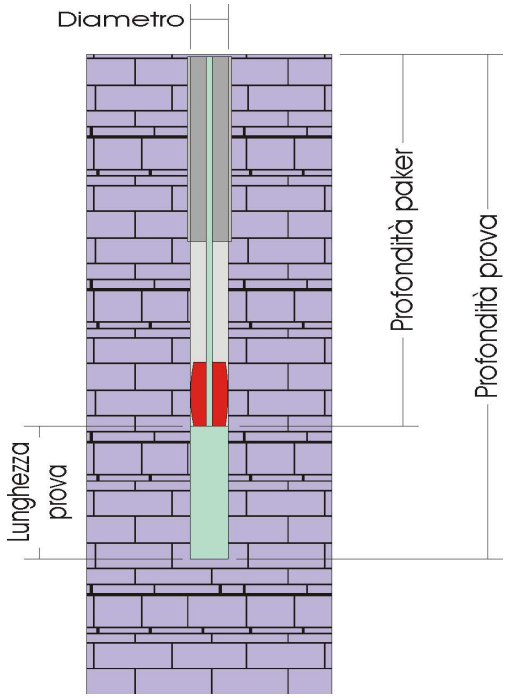
Nel caso in esame, la prova è stata effettuata su tre gradini di pressione pari a 0.25, 0.50 e 0.75 Atm per un tempo di 13 minuti per ogni gradino ed un totale di 5 set di misurazioni, 3 in andata e 2 in ritorno.

La prova è stata eseguita in avanzamento, cioè con il procedere della perforazione; si è sottoposto a prova il tratto terminale del foro, isolando la parte alta con un otturatore (packer) espandibile contro la parete del foro.



Packer utilizzato per la prova Lugeon

La prova è stata effettuata alla profondità di 6.50 m per un tratto di 1.50 m.



Schema di esecuzione della prova Lugeon

Il coefficiente di permeabilità evidenziato dalla prova Lugeon effettuata risulta essere pari a 10^{-8} m/s.

Dalle risultanze delle indagini “in situ” della barriera geologica naturale risulta che la stessa è costituita da due elementi fondamentali:

- la coltre colluviale a base argillosa;
- il substrato roccioso costituito da alternanze di arenarie più o meno compatte, calcari marnosi ed argilloscisti impermeabili conferiscono “all’insieme” barriera geologica un livello di conducibilità idraulica generale inferiore a $K \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s (correlabile con

le risultanze della prova Lugeon) tale da costituire una valida barriera di confinamento alla discarica.

La sostanziale impermeabilità dei terreni investigati è stata altresì dimostrata da elementi qualitativi riscontrati durante tutta la fase esecutiva dei sondaggi geognostici e contestualmente all'esecuzione della prova Lugeon.

Nel primo caso, infatti, l'acqua di perforazione risultava fuoriuscire continuamente dal foro di sondaggio risultando di fatto nullo l'assorbimento da parte del terreno investigato. Nel caso della prova Lugeon, il tentativo di aumentare il valore di pressione di immissione dell'acqua in foro ha provocato un rigetto dell'intero sistema di misurazione.

SONDAGGI GEOGNOSTICI INTEGRATIVI S3 S4

Allo scopo di migliorare il quadro conoscitivo della zona dal punto di vista stratigrafico, sono stati effettuati n. 2 ulteriori sondaggi a rotazione tramite carotaggio continuo; il sondaggio S3 al limite monte della discarica ed il sondaggio S4 lungo il versante in destra orografica del rio, a monte dei piloni dell'autostrada (v. ubicazione in cartografia allegata).

In particolare il sondaggio S3 (v. stratigrafie allegate) ha mostrato al di sotto di un livello di coltre eluvio-colluviale dello spessore di 2 m circa, livelli del capellaccio di alterazione del substrato roccioso e alternanze di substrato fratturato fino alla quota di -8,5 m dal piano di campagna.

Da -8,5 a -11,5 m di profondità è stato intercettato un livello di arenarie in buono stato di conservazione.

Il sondaggio è proseguito fino alla profondità di –15 m in alternanze di livelli arenaceo marnosi mediamente fratturati, con aumento della frazione argillosa.

Assenza di falda, durante l'esecuzione del carotaggio nel luglio del 2010.

In particolare il sondaggio S4 (v. stratigrafie allegate) ha mostrato al di sotto di un livello di coltre eluvio-colluviale (spessore m 4,5) con trovanti decimetrici, livelli del

capellaccio di alterazione del substrato roccioso e alternanze di substrato fratturato fino alla quota di -5,5 m dal piano di campagna.

Da -5,5 a -11 m di profondità sono stati intercettati livelli di arenarie compatte alternati a livelli fratturati arenaceo – marnosi.

Assenza di falda, durante l'esecuzione del carotaggio nel luglio del 2010.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Lungo un tratto di versante in destra orografica del Rio Bevitore, in prossimità del sondaggio S4, è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica continua (DPM) con strumento meccanizzato “Penny 30”, allo scopo di ricavare valori della resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica infissa con dispositivo a percussione avente maglio con massa pari a kg 30 e corsa di caduta libera cm 20.

La prova (spinta fino ad una profondità di m 3,5) è stata eseguita allo scopo di ricavare anche valori della coesione dei terreni non essendo stato possibile prelevare, in nessun foro di sondaggio, una carota integra da sottoporre a prove di laboratorio.

In generale dalla prova (v. tabelle e grafici in allegato) è emerso che a partire dalla quota di 1 m circa dal piano di campagna, si localizzano livelli della coltre mediamente coesivi con valore prudenziale di Cu pari a 0,2 – 0,3 kg/cmq e peso di volume saturo pari a 2 t/mc.

SISMICA MASW

Allo scopo di fornire valori inerenti la Vs30, è stata eseguita nell'ambito di un terrazzamento in coltre, lungo il versante in destra orografica del rio, un sondaggio sismico Masw, con sismografo Pasi a 12 canali (v. tabelle e grafici in allegato).

NORME GEOLOGICO TECNICHE

In riferimento al D. Lgs. n. 36/2003, le caratteristiche costruttive di una discarica di rifiuti inerti devono impedire l'inquinamento del terreno, delle falde freatiche e delle acque superficiali.

La protezione del suolo e delle acque freatiche deve essere garantita da una barriera geologica o da un eventuale rivestimento nella parte inferiore o la combinazione fra le 2 soluzioni.

In assenza dei requisiti per dimostrare l'esistenza di una barriera geologica naturale, si dovrà ricorrere ad sistema di barriera di confinamento.

Le prove di permeabilità dei terreni, hanno fornito, (nel settore valle - sud, della discarica) valori (prova Lugeon) compatibili con l'esistenza di una barriera geologica naturale di fondo, mentre le prove eseguite nel settore monte - nord, hanno fornito valori di permeabilità non compatibili con quelli richiesti per l'esistenza di una barriera geologica.

Dalle risultanze delle indagini idrogeologiche, pertanto, pur asserendo l'esistenza, in alcuni tratti, di una barriera geologica di fondo, occorre realizzare una barriera artificiale di confinamento sul sedime dell'intera discarica a progetto.

In riferimento al canale scolmatore progettato lungo il versante in destra orografica del Rio Bevitore, a confine dei limiti della discarica a progetto, si prescrive:

- il sedime di fondazione sarà realizzato asportando il livello di coltre vegetale e una parte della sottostante coltre coesiva fino ad una quota di 2 m circa dal piano di campagna, allo scopo di raggiungere livelli di terreno con caratteristiche geotecniche compatibili con i carichi in esercizio;
- lo scavo per l'imposta dello scolmatore, verso il lato monte, dovrà essere effettuato a campioni ridotti con sviluppo massimo di m 8 circa (nei tratti ad alta acclività), mentre nei tratti con pendenze del versante contenute entro i 20°, potrà essere effettuato uno scavo con scarpata di monte avente inclinazione massima di 30° circa, per evitare franamenti;
- tutti gli scavi del versante, che presentano altezza dello scavo stesso > di m 1.5, dovranno essere modellati con scarpata a 30° circa;
- qualora il sedime fondazionale del canale scolmatore, localmente non presentasse idonee caratteristiche compatibili con i carichi in esercizio, la direzione lavori di tipo geologico, potrà prevedere bonifiche del terreno, con asportazione di parte della coltre e riempimento con materiale inerte ghiaioso-ciottoloso e/o massi;
- la fase finale dei lavori prevederà, verso il lato valle, il contrasto definitivo del materiale di discarica contro il canale scolmatore stesso.

PREPARAZIONE SEDIME DISCARICA

La preparazione del suolo sul quale dovrà essere realizzata la barriera artificiale di confinamento prevede le seguenti fasi:

- scoticamento del terreno vegetale superficiale fino al raggiungimento della coltre coesiva argillo - limosa o del substrato roccioso;

- rimodellamento del versante, rispettando ove possibile i terrazzamenti esistenti e crearne dei nuovi, ove assenti, allo scopo di preparare delle "banche" che assicurino un corretto posizionamento dei materiali fini della barriera artificiale e scarpate di collegamento che impediscano lo scivolamento dei materiali stessi (scarpate con valori di circa 30°).

Barriera geologica

La barriera di confinamento artificiale dovrà essere adagiata al di sopra del tetto dell'acquifero o della massima escursione della falda acquifera, con un franco di almeno 1,5 metri.

In considerazione che l'escursione massima della falda, lungo i versanti (dedotta dalle misure freatimetriche nei piezometri) è contenuta sempre entro i 6 metri dal piano di campagna, si garantisce la non interferenza fra la falda e la barriera stessa.

Nel caso in oggetto la barriera artificiale di confinamento dovrà essere realizzata con materiali fini (limi e argille con bassa percentuale della frazione sabbiosa) che verranno opportunamente distesi in strati di 20 cm e successivamente rullati fino al raggiungimento dello spessore di 50 – 70 cm circa.

I materiali da usare potranno essere reperiti direttamente in sito nell'ambito degli inerti conferiti in discarica, e/o tramite vagliatura o utilizzando i fanghi prodotti da impianti di frantumazione attraverso processo di decantazione o filtro – pressa.

L'utilizzo di tali materiali a bassissima permeabilità si configura come un sottoprodotto di lavorazione ed è, pertanto, escluso dalla normativa dei rifiuti, come previsto dall'art. 183 del D.M. 152/2006.

In fase di coltivazione dovrà essere predisposto un campo prove nel quale verranno testati vari campioni di terreni compattati e sottoposti a prove in pozzetti superficiali, mirate alla determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno, attraverso prove a carico variabile.

Dalla letteratura e da prove di permeabilità eseguite in laboratorio, si evince che terreni con la seguente granulometria:

- **ghiaia: 2% - 4%**
- **sabbia: 10% - 15%**
- **limo e argilla: 75% - 80%**

forniscono un valore della permeabilità $k \leq 10^{-9}$ cm/s.

CONTROLLO DELLE ACQUE

In relazione alle condizioni meteorologiche devono essere prese misure adeguate per:

- Limitare la quantità d'acqua di origine meteorica che penetra nel corpo della discarica;
- Impedire che le acque superficiali e sotterranee entrino nel corpo della discarica.

Le opere di regimazione delle acque superficiali dovranno essere realizzate in modo da evitare fenomeni di ruscellamento diffuso ed erosione incanalata. A tale proposito verrà realizzato un canale di gronda sul limite della discarica con un mezzo tubo o con una cunetta artificiale in calcestruzzo opportunamente dimensionata. Si realizzerà inoltre una trincea drenante in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua con l'inserimento di due tubi dreno posti lateralmente alla tombinatura prevista a progetto; **la base, i fianchi e la copertura della tombinatura stessa, saranno intasati tramite riempimento con inerti ciottoloso-ghiaiosi ad alta permeabilità che, in caso di occasionale risalita della falda, assicurano il mantenimento della con un franco di m 1,5 dal fondo della discarica.**

Localmente, in corrispondenza dei solchi di piccoli impluvi, si sostituirà il terreno di coltre vegetale, con posa di materiale ciottoloso – ghiaioso inerte, ad alta permeabilità, così da assicurare il drenaggio di eventuali venute d'acqua lateralmente, così mantenendo un franco del livello di falda di almeno m 1,5 dal fondo della discarica.

Le piste di accesso e di transito degli automezzi avranno una pendenza trasversale verso l'interno e saranno dotate di cunetta di raccolta delle acque meteoriche. Per un corretto funzionamento della rete di smaltimento delle acque superficiali meteoriche sarà necessario un monitoraggio continuo dello stato di conservazione delle cunette e degli eventuali pozzetti di raccolta con eventuale asporto del materiale depositato.

L'impianto della discarica, sarà dotato di almeno 3 freatimetri in foro per il controllo delle acque di falda (parametro livelli e sue escursioni, possibilità di prelievi) di cui 1 a monte e 2 a valle dell'impianto. La profondità degli stessi sarà definita durante la fase di perforazione, in relazione al raggiungimento della falda acquifera.

In merito alla falda freatica e sue eventuali escursioni, dalle indagini idrogeologiche condotte e dalle stratigrafie, emerge che nel sito non si rileva falda freatica superficiale, in quanto a causa della fratturazione della roccia di base, la stessa migra verso livelli più profondi e comunque, si è sempre mantenuta al di sotto della quota -6 m dal piano di campagna (v. letture freatimetriche).

Una lettura idrogeologica diversa deve essere fatta invece sul deflusso idrico nell'alveo del Rio Bevitore; il fondo del rio stesso, che scorre per alcuni tratti direttamente in roccia, a causa dell'elevato tenore in carbonati dell'acqua, presenta un diffuso stato concrezionale che permette il deflusso superficiale, anche quando (v.

prove eseguite durante la fase di carotaggio) a pochi metri di distanza , ad una profondità di m 10 dal piano di campagna, nei fori di sondaggio è assente la falda idrica.

Per l'accesso alla discarica è prevista la realizzazione di un tratto stradale di raccordo con la viabilità comunale esistente, per la cui realizzazione sarà necessario effettuare scavi di sbancamento del terreno. Tali scavi dovranno essere obbligatoriamente eseguiti con la tecnica a campione con sviluppo del fronte di scavo non superiore ai 4.00 m, cui seguirà l'immediata realizzazione delle opere fondazionali e di contrasto contro terra.

Tutte le opere accessorie alla viabilità stessa dovranno prevedere opportuni drenaggi e captazione ed allontanamento delle acque superficiali ruscellanti.

VERIFICHE DI STABILITA'

Lungo le sezioni più significative a progetto della discarica (sezione longitudinale monte-valle, sezione n. 4 e sezione A), sono state eseguite delle verifiche di stabilità allo stato attuale e allo stato di progetto, in conformità a quanto prescritto dalle N.T.C. 2008.

Come evidenziato dai calcoli in allegato, il coefficiente di sicurezza per tutte le sezioni, in condizione sismica, è risultato sempre superiore a 1.25.

Parametri utilizzati per il calcolo di stabilità

Coltre di versante

- peso di volume: 1.75 t/mc
- peso di volume saturo: 1.85 t/mc
- angolo d'attrito: 25°
- coesione non drenata: 0.1 kg/cmq.
- coesione drenata: 0.00 kg/cmq

Substrato roccioso

- peso di volume saturo: 2.45 t/mc
- angolo d'attrito: 35°
- coesione non drenata: 1.5 kg/cmq.

Materiale inerte costituente la discarica a progetto (valori medi)

- peso di volume: 1.6 t/mc
- peso di volume saturo: 2 t/mc
- angolo d'attrito: 28°
- coesione non drenata: 0.2 kg/cmq.

Valutazione del trasporto solido (Fonte Valutazione del Deflusso Torbido - Piano di Bacino Ambito n.5 Prino – Rii Minori rif. Cap. 2.4.3)

La valutazione del trasporto solido derivante dalla zona a monte di quella oggetto di studio, è stata effettuata sulla base della stima del trasporto torbido unitario basandosi sulla relazione esistente fra densità di drenaggio e trasporto torbido (Ciccacci 1980), secondo la formula

Log Tu = 0.35312 * D + 1.43225

dove D = densità di drenaggio

La densità di drenaggio (D) viene definita come il rapporto tra la lunghezza delle aste fluviali di un bacino e l'area di quest'ultimo.

Nel caso in esame, è presente un'asta fluviale della lunghezza di 2.2 Km per una superficie di interesse di 0.78 Kmq ed una valore di D pari a 2.8.

Se ne deduce un valore di Tu pari a 268 ton/Kmq

Premesso che la sistemazione del suolo lungo i versanti fino al crinale, risulta o a terreno boschivo con suolo erbaceo o a terrazzamenti con uliveto, pertanto terreni poco erodibili, si sottolinea come la quasi totalità del trasporto torbido sopra indicato sia da collegarsi a materiale a granulometria prevalentemente fine che viene smaltito naturalmente nell'ambito del bacino come torbida.

Il trasporto di fondo, costituito da materiale grossolano, con elementi lapidei di varia dimensione, sarà captato dalla vasca di decantazione prevista a monte della discarica con eventuale griglia selettiva; tale tipologia soddisfa le problematiche del trasporto solido grossolano in quanto il bacino sotteso non mostra particolari processi franosi o erosione spondale.

CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,8525204803485

longitudine: 7,9083177750794

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 19122 Lat: 43,8508 Lon: 7,8719 Distanza: 2924,414

Sito 2 ID: 19123 Lat: 43,8541 Lon: 7,9411 Distanza: 2631,845

Sito 3 ID: 19345 Lat: 43,8042 Lon: 7,9456 Distanza: 6149,842

Sito 4 ID: 19344 Lat: 43,8009 Lon: 7,8765 Distanza: 6280,050

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T3

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,027 g

Fo: 2,572

Tc*: 0,183 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,039 g

Fo: 2,629

Tc*: 0,208 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,150 g

Fo: 2,433

Tc*: 0,289 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,202 g

Fo: 2,473

Tc*: 0,305 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200

Cc: 1,540

St: 1,200

Kh: 0,008

Kv: 0,004

Amax: 0,377

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200

Cc: 1,510

St: 1,200

Kh: 0,011

Kv: 0,006

Amax: 0,553

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200

Cc: 1,410

St: 1,200

Kh: 0,052

Kv: 0,026

Amax: 2,122

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200

Cc: 1,400

St: 1,200

Kh: 0,082

Kv: 0,041

Amax: 2,855

Beta: 0,280

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Il Comune di Terzorio, secondo la nuova classificazione sismica, risulta inserito in Zona 3S.

Sulla base del rilevamento geologico e della MASW eseguita, la zona in progetto ricade in terreno:

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina).

CONCLUSIONI

Alla luce della situazione esposta, si afferma che è verificata la fattibilità dell'opera fatte salve le specifiche tecniche precedentemente esposte.

La zona oggetto d'intervento ricade nel Piano di Bacino Rii Minori – Ambito 5 Prino, Stralcio Difesa Idraulica e Idrogeologica, approvato con D.C.P. n° 91 del 15/10/2002 e adeguamento a parere vincolante C.T.R. approvazione con D.G.P.N° 93 del 16/02/2004 da parte dell'Amministrazione Provinciale di Imperia.

Dalla carta della Pericolosità o Suscettività al dissesto la zona ricade in **Pg2 – area a pericolosità media** ed in parte in zona **S – classe speciale - discariche.** L'intervento risulta compatibile con il regime normativo della zona Pg2 e della zona S.

Imperia, 28 novembre 2011

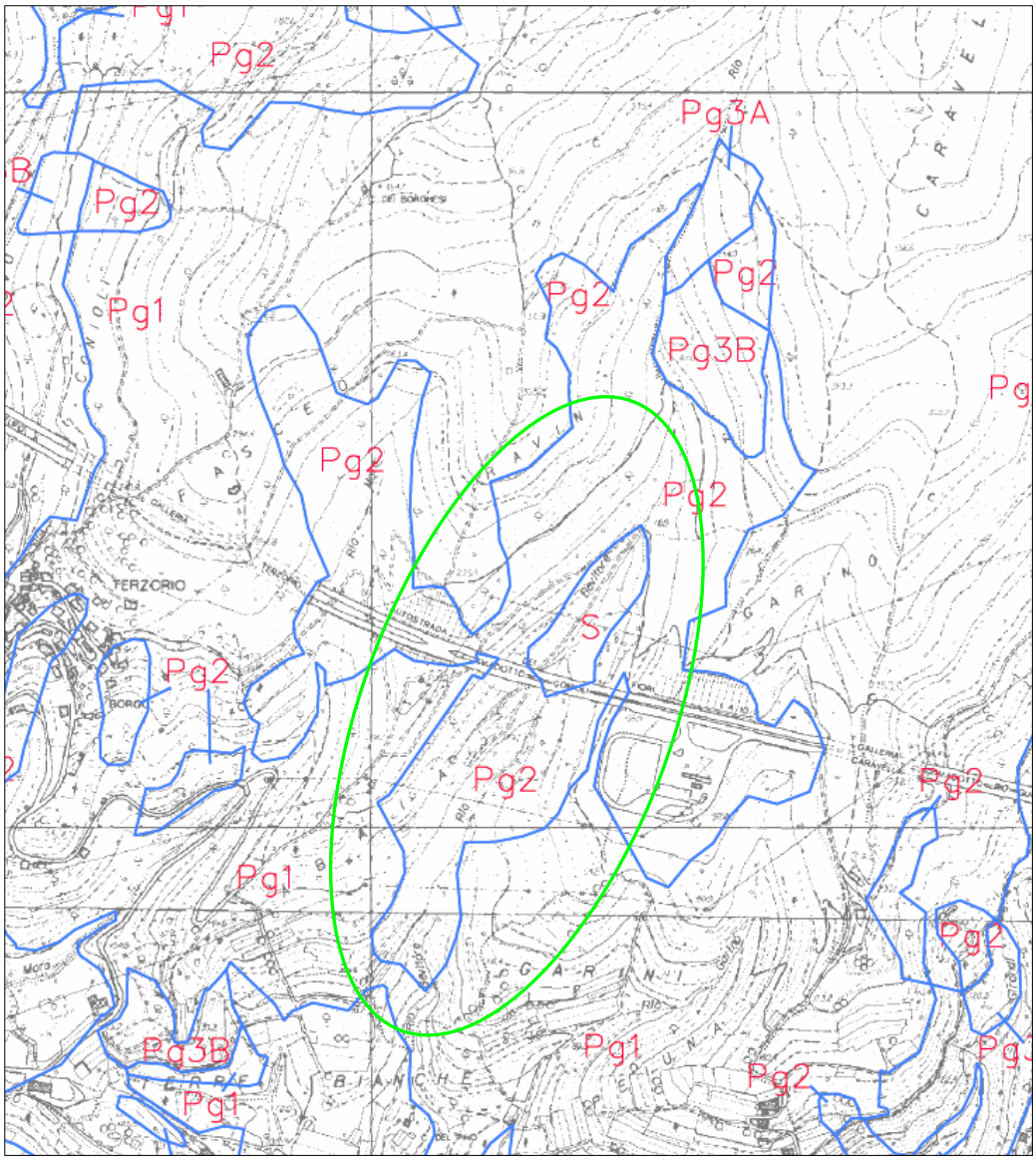
Dott. Geol. Lionello BELMONTE

STRALCIO PIANO DI BACINO

RII MINORI

(Ambito n°5 Prino) Tav. n°13

Carta della pericolosità o suscettività al dissesto




LEGENDA
Pg0
Aree a pericolosita' molto bassa
Pg1
Aree a pericolosita' bassa
Pg2
Aree a pericolosita' media
Pg3B
Pg3A
Aree a pericolosita' alta
Pg4
Aree a pericolosita' molto alta
S
classe speciale: cave e discariche attive
LIMITI DELL' AMBITO DI BACINO

ALLEGATI

- CARTA DEGLI ELEMENTI LITOLOGICI E GEOMORFOLOGICI (SCALA 1:2000)
- CARTA IDROGEOLOGICA (SCALA 1:2000)
- SEZIONE GEOLOGICA LONGITUDINALE A PROGETTO (SCALA 1:1500)
- SEZIONE GEOLOGICA 4 A PROGETTO (SCALA 1:500)
- SEZIONE GEOLOGICA 3 A PROGETTO (SCALA 1:500)
- STRATIGRAFIE: S1 – S2 – S3 – S4
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGI: S1 – S2 –S3 – S4
- PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (TABELLE E GRAFICI)
- CALCOLO STABILITÀ VERSANTE
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA