



laboratorio
geotecnico
ligure s.n.c.

di Filippi Ferrero Miranghi & C. GEOLOGIA APPLICATA GEOTECNICA GEOFISICA LABORATORIO TERRE E ROCCHE

COMUNE DI NOLI
Provincia di Savona

ACCORDO DI PROGRAMMA
RIQUALIFICAZIONE URBANA EX AREE FERROVIARIE E ZONA
ARCHEOLOGICA DI S. PARAGORIO - AREE EX FABBRICA
REFRATTARI - RINATURALIZZAZIONE RIO NOLI - NUOVA VIABILITA
VARIANTE COMPARTO A2

INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA ESECUTIVA

(D.M. 11/0371988 - L.R. 04/1999)

RAPPORTO TECNICO

Geologo responsabile: Dr. Giampietro Filippi (O.R.G.L. n. 10)

Collaboratori:

- Dr. Geol. Dario Filippi (O.R.G.L. n. 369)**
- Dr. Geol. Cesare Ferrero (O.R.G.L. n. 167)**

Savona, febbraio 2007

Commessa n°: 07/006	Approvato:
---------------------	------------

SOMMARIO

1 - PREMESSA.	3
2 - ELEMENTI GENERALI DEL SITO.	3
2.1 - Elementi geomorfologici.	4
2.2 - Elementi litologico-strutturali.	5
2.3 - Elementi idrogeologici.	5
3 - VERIFICHE SUL TERRENO.	6
3.1 - Sondaggi geognostici.	6
3.2 - Prova dilatometrica.	6
3.3 - Prova di permeabilità tipo Lugeon.	7
3.4 - Prove di laboratorio.	7
3.5 - Rilievo geomeccanico di campagna.	7
3.6 - Sismicità dell'area e categoria del suolo di fondazione.	8
4 - COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON IL P.D.B. DEL RIO DI NOLI	8
5 - COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO.	9
6 - INDICAZIONI OPERATIVE.	10
6.1 - Scavi e loro contenimenti.	10
6.2 - Fondazioni del corpo dei box interrati.	11
7 - ELENCO ALLEGATI.	12

1 - PREMESSA.

Su incarico della Soc. Z&R S.r.l., realizzatrice di parte dell'Accordo di Programma di cui in epigrafe, la scrivente società, tramite i suoi tecnici, ha realizzato un'indagine geologico-tecnica in Comune di Noli, sulle aree della ex stazione ferroviaria interessate dalla costruzione tre livelli di box interrati e da sistemazioni esterne.

L'indagine, svolta a norma del D.M. 11/03/1988 e della L.R. 04/1999, ricadendo il sito in zona soggetta a vincolo idrogeologico, è stata sviluppata con:

- esame delle risultanze di n. 8 sondaggi geognostici a rotazione con prelievo continuo di campione, realizzati in occasione di una campagna geognostica collegata alle verifiche archeologiche effettuate nel sito;
 - utilizzo delle risultanze di sondaggi geognostici realizzati ad altro titolo nelle immediate vicinanze;
 - esame e riutilizzo di prove geotecniche e geomeccaniche realizzate in loco ad altro titolo;
 - utilizzo delle risultanze di un rilevamento geomeccanico con caratterizzazione dell'ammasso roccioso;
 - ricostruzione di sezioni geologiche interpretative;
 - rielaborazione dei dati acquisiti e stesura di rapporto tecnico, con indicazioni operative.
- Si riporta di seguito quanto complessivamente emerso.

2 - ELEMENTI GENERALI DEL SITO.

Il terreno oggetto di indagine (cfr. allegato stralcio di C.T.R., scala 1/5.000) si sviluppa in sponda destra del Rio di Noli, all'altezza del centro abitato, in una fascia di territorio parallela alla costa e costituente un tempo la zona della stazione ferroviaria, del parco merci e delle strutture collegate.

2.1 - Elementi geomorfologici.

Il contesto geomorfologico in cui l'intervento si cala appare abbastanza schematico anche in conseguenza della marcata antropizzazione dei luoghi ed alla loro forte alterazione a causa della presenza delle strutture della linea ferroviaria ormai dismessa.

- Si è anzitutto in presenza di un pianoro creato artificialmente mediante notevoli riporti, all'epoca della costruzione della linea stessa. Il pianoro è delimitato, a monte, da un muro di contenimento posto al piede del successivo versante ed indice di sbancamenti realizzati in tale posizione. A mare è sostenuto da un muro di contenimento.
- Il successivo versante, peraltro marcatamente antropizzato, si sviluppa con pendenza media ed ospita una modesta coltre detritica, con successiva presenza di roccia in posto a bassa profondità (il dato deriva dalle risultanze di sondaggi eseguiti nei luoghi ad altro titolo). lungo il versante non si evidenziano condizioni di franosità in atto o potenziale.
- In corrispondenza delle pendici inferiori lato Nord del versante (si ricorda che l'orientamento della costa è, nella zona, Nord-Sud) questo risvolta verso Ovest: in tale zona si ha la presenza di un modesto desso collinare, a media acclività, che degrada verso NE, rappresentando le estreme propaggini della dorsale di S.Michele. Esso è costituito essenzialmente da roccia in posto affiorante o sub-affiorante, localmente sovrastata da una coltre detritica grossolana. Nella zona che qui interessa e, specificatamente, nella porzione a mare della fascia assiale, si ha il residuo di un modesto collasso gravitativo, con la presenza di una sacca detritica di potenza di alcuni metri, in difformità dal generale andamento delle coltri sciolte. Si ricorda tuttavia che gli interventi realizzati in loco da altra Società, in attuazione di parte dell'Accordo di programma, hanno in questa zona modificato l'assetto dei luoghi e messo in sicurezza il versante.
- A partire dalla fascia centro-orientale del pianoro si individua con chiarezza il corpo del vecchio rilevato ferroviario: i sondaggi e gli scavi realizzati in relazione alle verifiche di natura archeologica hanno indicato, al di sotto del rilevato, presenza di materiali di origine alluvionale, nella porzione più settentrionale del pianoro e da detritazione dell'antica falesia nella porzione meridionale. Tutta l'area, tuttavia, è stata fortemente rimaneggiata in conseguenza degli insediamenti alto-medioevali che

l'hanno interessata e che hanno appunto costituito l'oggetto delle ricerche archeologiche.

- E' comunque chiaramente emerso che, al di sotto del terrapieno ferroviario e degli originari sedimenti, si ha il relitto di un terrazzo marino, probabilmente di età tirreniana: l'orlo del terrazzo si spinge verso la Via Aurelia, la radice è rappresentata dal piede del versante, la superficie è in roccia in posto, con inclinazione verso Est.

2.2 – Elementi litologico-strutturali.

Nel sito si ha essenzialmente la presenza di due distinti litotipi:

- La formazione delle "quarziti di Ponte di Nava": costituiscono il corpo del versante presente al margine del pianoro e lo caratterizzano per tutto il suo sviluppo orientale e settentrionale; sono date da quarziti lastroidi, con immersione prevalente verso Nord ed inclinazione dell'ordine dei 70°. Nella zona di interesse sono frequentemente interessata da bande cataclasate di notevole potenza, per cui perdono la loro massività e diventano assimilabili ad una ghiaia molto densa, diagenizzata.
- La formazione dei "porfiroidi del Melogno": sono stati rinvenuti in profondità al di sotto del rilevato ferroviario: si trovano a letto delle quarziti ed in contatto tettonico con esse, per cui risultano marcatamente laminati; la loro presenza, tuttavia, non è così significativa come quella delle quarziti.

Si annota poi la presenza dei riporti, di natura molto eterogenea, e, verso il margine Nord dell'area esaminata, quella della sacca detritica, a matrice fortemente coesiva, nonché i modesti livelli di residui di alluvione antica.

2.3 – Elementi idrogeologici.

Non si hanno nel sito evidenti problematiche idrogeologiche: gli scavi, i sondaggi, le osservazioni in genere non hanno messo in evidenza presenza apprezzabile di falda, né nelle coltri, né nel substrato. I deflussi di superficie sono abbondantemente regimati dalle strade e quant'altro si accompagna all'antropizzazione accentuata dei luoghi.

La dimensione idrogeologica non assume pertanto particolare rilevanza.

3 - VERIFICHE SUL TERRENO.

3.1 - Sondaggi geognostici.

Con riferimento all'allegata planimetria, scala 1:1.000, nel sito sono stati realizzati alcuni sondaggi geognostici, in occasione delle verifiche di tipo archeologico. Si utilizzano inoltre le risultanze di un altro sondaggio geognostico realizzato nelle immediate vicinanze (S.11).

Le risultanze sono state schematicamente le seguenti:

- ai piedi del versante la quarzite è praticamente al piano campagna; il suo tetto si approfondisce verso Nord e verso Est, mascherato dai riporti artificiali e da residui detritici e/o alluvionali a spessore crescente, man mano che ci si sposta in tali direzioni;
- verso il margine meridionale del piazzale e, grosso modo, nella fascia centrale dello stesso, la quarzite si esaurisce e si incontrano direttamente i porfiroidi; la banda di transizione tra i due litotipi è marcatamente cataclasata e destrutturata;
- le coperture sciolte presenti a vario titolo nel sito aumentano ovviamente di spessore in direzione Nord ed Est.

In nessuno dei due fori di sondaggio è stata riscontrata la presenza di acqua di falda.

Le risultanze stratigrafiche desunte dai sondaggi sono correlate sulle allegatte sezioni geologiche interpretative, scala 1:200.

3.2 - Prova dilatometrica.

In uno dei sondaggi realizzati ad altro titolo nelle immediate vicinanze del sito, in una facies della quarzite del tutto identica a quella rinvenuta in quest'ultimo, è stata effettuata una prova dilatometrica al fine di determinare il modulo elastico del litotipo attraversato.

Se ne allegano in questa sede le risultanze in quanto utili per il dimensionamento delle opere provvisionali profonde eventualmente previste nel sito.

3.3 - Prova di permeabilità tipo Lugeon.

Sempre all'interno di un sondaggio realizzato ad altro titolo nelle immediate vicinanze del sito, è stata effettuata una prova di permeabilità tipo Lugeon. Rimandando per il dettaglio delle risultanze agli allegati tabulati e grafici, si osserva che la prova ha indicato un flusso in condizioni di regime turbolento e che, correlando le unità Lugeon misurate con la permeabilità dell'ammasso, si ottengono valori di K dell'ordine di 10^{-6} m/s.

3.4 - Prove di laboratorio.

Poiché i materiali estratti, anche da livelli di roccia poco alterati, sono risultati comunque fortemente fratturati, è stato possibile utilizzare un unico spezzone di carota, sul quale, in laboratorio, è stata determinata la resistenza alla compressione monoassiale; come risulta dalla certificazione allegata, il valore ottenuto è stato $C_0 = 3.65$ MPa.

3.5 - Rilevo geomeccanico di campagna.

In corrispondenza di affioramenti rocciosi presenti nei dintorni del sito sono state realizzate due stazioni di misura geomeccanica (ST1 e ST2) allo scopo di definire la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Come risulta dalle tabelle e dai grafici allegati le operazioni eseguite sono state le seguenti:

- rilevamento delle giaciture delle diverse discontinuità presenti nell'ammasso e delle loro caratteristiche di dettaglio;
- misura del rimbalzo sclerometrico attraverso l'uso del martello di Schmidt;
- rappresentazione su diagramma stereografico polare della disposizione spaziale delle discontinuità rilevate in campagna con apposito software Cluster-analysis;
- determinazione dei parametri spaziali delle famiglie principali di discontinuità;
- classificazione dell'ammasso roccioso secondo le metodologie proposte da Barton e da Bieniawski, sia per la porzione alterata dell'ammasso, sia per l'ammasso in condizioni di integrità;
- determinazione dell'involuppo di rottura del materiale secondo i metodi proposti da Hoek-Brown e Mohr-Coulomb.

Sinteticamente le risultanze sono state le seguenti:

- ammasso sano:

- indice \bar{Q} (Barton) = 8.33, corrispondente alla classe *discreta*;
- indice RMR (Bieniawski) = 45, corrispondente alla classe *discreta*
- ammasso alterato:
 - indice \bar{Q} (Barton) = 1.25, corrispondente alla classe *scadente*;
 - indice RMR (Bieniawski) = 23, corrispondente alla classe *scadente*

Per quanto attiene all'involuppo di Hoek-Brown è stato utilizzato l'unico valore disponibile di resistenza alla compressione semplice, approssimato a 4 MPa.

Attraverso il programma di analisi RocLab sono stati ottenuti i parametri che compaiono sull'allegata certificazione di analisi.

3.6 – Sismicità dell'area e categoria del suolo di fondazione.

L'area in esame è classificata in **Zona Sismica 4** sulla base della O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e successive modifiche ed integrazioni, pertanto con valore del parametro accelerazione orizzontale $a_g = 0.05g$.

La situazione appare inoltre, tenuto conto della natura delle opere in progetto e della loro profondità di posa, la seguente:

- nella fascia lato monte, formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, con valori di $V_{s30} > 800$ m/sec, quindi terreno di fondazione nella **categoria A**;
- nella fascia lato mare, progressivo incremento degli spessori di materiali sciolti, assimilabili a strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/sec, giacenti su substrato più rigido, quindi terreno di fondazione nella **categoria E**.

4 - COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON IL P.d.B. DEL RIO DI NOLI

Il sito in argomento ricade all'interno del bacino idrografico del Rio di Noli, all'altezza della foce dello stesso. Come si evidenzia dagli allegati stralci della cartografia, il Piano di Bacino classifica come segue il sito stesso:

- Carta della Suscettività al Dissesto: suscettività in massima parte molto bassa, con una piccola porzione in area a suscettività media.
- Carta del Reticolo Idrografico: il corso d'acqua presente è rappresentato appunto dal Rio di Noli.

- Carta degli interventi: nel sito specifico non sono previsti interventi.
- Carta dell'Inondabilità: il sito ricade immediatamente al di fuori della Fascia A.

Pertanto l'intervento, in relazione alle sue caratteristiche ed alla situazione al contorno, è ammissibile.

5 - COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO.

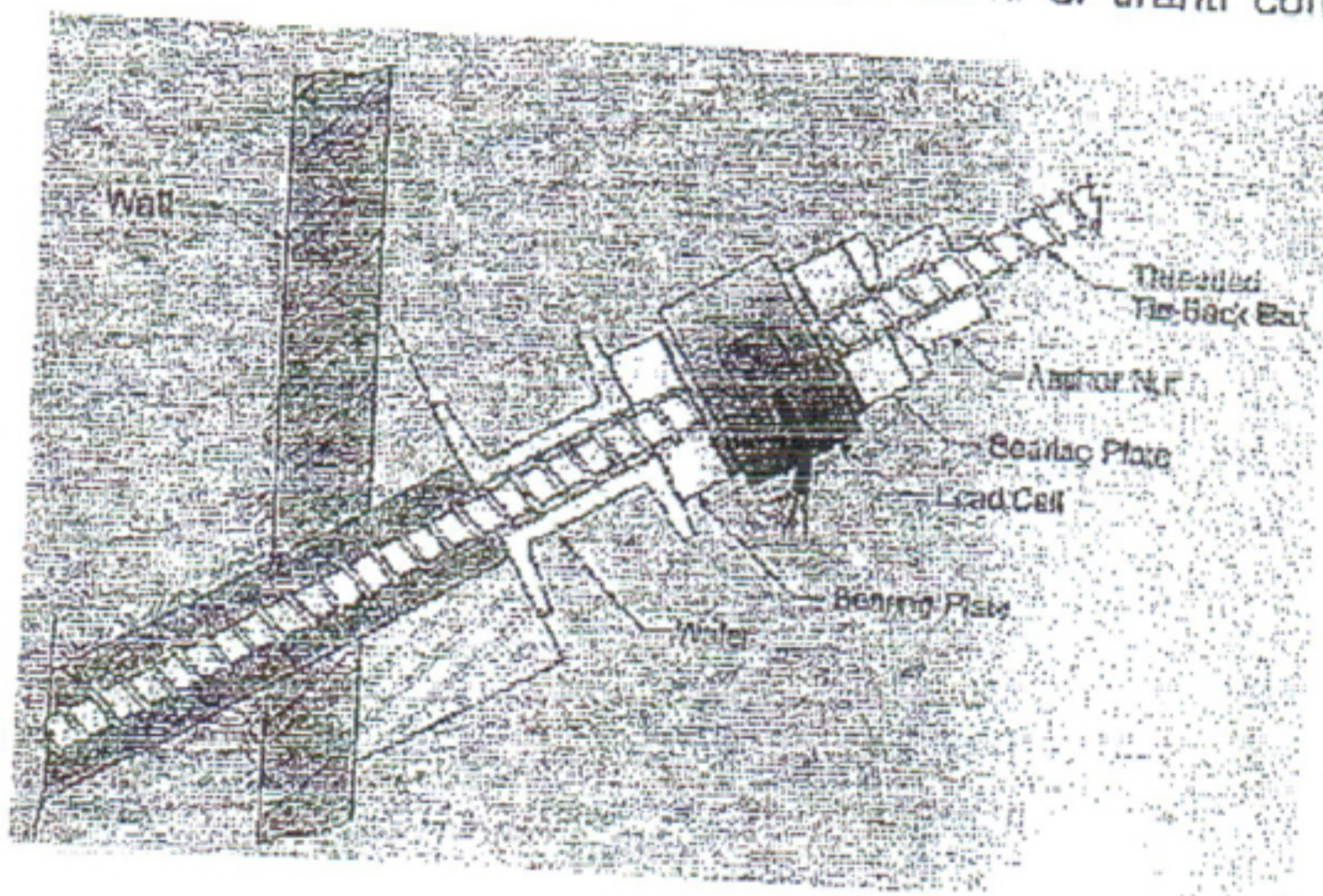
Considerate le caratteristiche del sito e la natura dell'intervento previsto, quest'ultimo è fattibile e compatibile con la presenza, sul sito stesso, del vincolo idrogeologico.

6 - INDICAZIONI OPERATIVE.

6.1 - Scavi e loro contenimenti.

L'elemento determinante nella realizzazione dell'intervento è rappresentato dagli scavi ai piedi del versante: essi si svilupperanno essenzialmente in roccia in posto rappresentata da una quarzite marcatamente cataclasata.

Risulta pertanto indispensabile procedere con la messa in opera di una paratia di micropali, immorsati per almeno tre metri al di sotto della quota ultima di scavo, collegati in testa da cordolo in c.a. e dotati di almeno tre ordini di tiranti con relative travi di



ripartizione.

Le teste di alcuni tiranti, secondo una disposizione da scegliere al momento, dovranno essere attrezzate con celle di carico toroidali, strumenti adatti al controllo e alla misura del carico agente su strutture e/o trasmesso in determinati punti delle stesse.

Tale controllo è fondamentale per garantire la sicurezza di opere di sostegno sia provvisorie, sia permanenti. Le letture dovranno essere estese a tutto il periodo di realizzazione dei lavori o, quanto meno, finchè la paratia non risulti adeguatamente contrastata dalle strutture dei box, qualora si intenda procedere con tale criterio. Cautelativamente potranno comunque continuare, con periodicità annuale o semestrale, anche durante l'utilizzo dei manufatti.

I materiali lapidei di risulta dagli scavi, se adeguatamente macinati, possono essere utilizzati per ripascimenti della spiaggia; quelli a prevalente componente terrosa,

se non riutilizzabili in loco per corpi di rilevati, dovranno essere conferiti a discarica autorizzata.

6.2 – Fondazioni del corpo dei box interrati.

Vista la stratigrafia dei terreni e la profondità di posa delle fondazioni, va tenuto conto del fatto che il substrato roccioso, quarzite o porfiroide che sia, si approfondisce verso mare e verso Nord, per cui il solettone di fondo solo in parte graverà su substrato.

Di conseguenza dovrà tenersi conto della necessità di rendere omogeneo l'appoggio o, nell'impossibilità di farlo, di interporre giunti tra porzioni affiancate di solettone, al fine di compensare gli eventuali cedimenti differenziali tra punto e punto della struttura.

La reazione del terreno di appoggio potrà infatti essere diversa in relazione alla natura del terreno stesso, essendo più rigido, praticamente incompressibile, il substrato roccioso, più plastici, quindi in qualche misura compressibili, i materiali sciolti, siano essi di origine alluvionale o detritica.

I cedimenti differenziali saranno certamente limitati, tenuto conto del fatto che, in pratica, il peso del terreno asportato è certamente superiore a quello della struttura sia pure con tutto il sovraccarico previsto. Tuttavia si consiglia di verificare con attenzione il problema al momento in cui gli scavi siano stati completamente realizzati, potendosi definire con precisione, in tale condizione, la natura del terreno di appoggio e la potenza delle coperture sciolte eventualmente ancora presenti a tetto del substrato.

Sulle sezioni allegate sono, a tale proposito, indicate la quota di progetto in sommità del manufatto (q.p. = 9.20) e la presumibile quota di appoggio rispetto alla q.p. Si tenga tuttavia conto dell'approssimazione delle sezioni tracciate utilizzando sondaggi non realizzati direttamente per la progettazione esecutiva dell'opera, ma con altra motivazione ed in posizioni non sempre utili in questa sede.

7 - ELENCO ALLEGATI:

- corografia della zona, scala 1/5.000;
- planimetria, scala 1/1.000, con ubicazione sondaggi e tracce di sezioni geologiche interpretative;
- n. 6 sezioni sezioni geologiche interpretative, scala 1/200;
- stratigrafie di n. 10 sondaggi geognostici con documentazione fotografica;
- risultanze di prova dilatometrica;
- tabulati e grafici relativi alla prova di permeabilità: n. 3 pagine;
- n. 1 certificazione di prova di laboratorio
- risultanze di rilievo geomeccanico di campagna: n. 22 pagine;
- stralcio di Carta della Suscettività al Dissesto;
- stralcio di Carta del Reticolo Idrografico;
- stralcio di Carta degli Interventi;
- stralcio di Carta dell'Inondabilità.

Savona, 24 febbraio 2007