SOMMARIO

0.PREMESSA pag.03

1.DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI pag.04

2.RIFERIMENTI NORMATIVI pag.05

3.PROFILO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO pag.06

4.SCHEMA IDROGRAFICO ED ASSETTO IDROGEOLOGICO pag.09

5.ASPETTI LITOTECNICI E CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO pag.10

6.INDAGINI E PROVE IN SITO SVOLTE IN PRECEDENZA pag.11

7.PROFILO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI MASSIMA pag.14

8.PROGRAMMA D'INDAGINI IN FASE ESECUTIVA pag.18

9.CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ pag.20

10.RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI pag.21

APPENDICE: NORME DI ATTUAZIONE A CARATTERE GEOLOGICO pag.22

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1 – FIGURE

Figura 1: Inquadramento cartografico in scala 1:5000
Figura 2: Estratti cartografici non in scala
Figura 3: Carta geologico-geomorfologica in scala 1:2500
Figura 4: Carta idrogeologica in scala 1:2500
Figura 5: Carta litotecnica con elementi di zonizz. sismica in scala 1:2500
Figura 6a- b: Carta delle prospezioni in scala 1:500
Figura 7: Planimetria di progetto in scala 1:500
Figura 8: Carta delle isolinee del liv. sup. del substrato roccioso scala grafica
Figura 9: Carta delle isofreatiche scala grafica
Figura 10: Classificazione RMR di Bieniawski (1989)
Figura 11: Valori GSI indicati per rocce tipo Flysch

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

Stratigrafie n.4 sondaggi a carotaggio continuo (BH1-4)
Piano Particolareggiato di Iniziativa Pubblica per la realizzazione di un parcheggio interrato in P.zza Matteotti

***Stratigrafie* n.3 sondaggi a carotaggio continuo (P1-3)**
Piano Particolareggiato di Iniziativa Pubblica per la realizzazione di un parcheggio interrato in P.zza Matteotti

***Stratigrafie* n.4 sondaggi a carotaggio continuo (H1-4)**
Indagini geologiche esecutivo-definitive a corredo del progetto di realizzazione di un hotel con relativi parcheggi interrati in via N. Cuneo

***Stratigrafie* n.3 sondaggi a carotaggio continuo (B1-3)**
Restauro e manutenzione straordinaria del "Teatro Sociale"

0. PREMESSA

Su incarico della Committenza, tramite il Progettista Arch. Angelo Pestarino, sono state effettuate le indagini geologiche sui terreni interessati dal progetto indicato a fronte, che consiste in uno studio di fattibilità relativo allo Strumento Urbanistico Attuativo per la realizzazione di fabbricati a destinazione mista nel Comune di Camogli.
Gli interventi edilizi in previsione sono finalizzati alla sistemazione di un'area urbana, rappresentata dall'ex-scalo ferroviario, compresa tra Via C.Colombo, prosecuzione di Via G.Bettolo, P.zza Matteotti e la linea ferroviaria, in un tessuto urbano di completamento.
La variante al P.R.G., comporta un programma di riqualificazione urbana, teso a risolvere i problemi di parziale degrado, all'interno di un comparto esistente di elevato pregio, da cui discende l'esigenza di un riassetto urbanistico globale.
L'intervento è individuabile dall'unione delle C.T.R. alla scala 1:5000 Elementi n.231022 *Recco* e n.231061 *San Rocco*, il cui stralcio è riportato nell'allegata corografia (***Fig.1***).
Il progetto prevede la realizzazione di n.3 edifici, a destinazione mista (residenziale, terziaria, commerciale e d'interesse pubblico) e di n. 2 autorimesse interrate, oltre a lievi sistemazioni esterne per la realizzazione delle opere accessorie e posti auto a raso.
E' previsto inoltre, contestualmente agli interventi edilizi, l'adeguamento idraulico e la rettifica del corso d'acqua tombinato che attraversa l'area dell'ex scalo ferroviario.
In considerazione dell'incidenza delle opere sul terreno e delle condizioni al contorno, le indagini sono state articolate come segue:

- sopralluogo preliminare, necessario per prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione occorrente;
- esame di dettaglio del terreno al fine di accertarne le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche; i rilievi di superficie hanno compreso un'ispezione della tombinatura che attraversa l'area al fine di determinare l'esatto andamento plano-altimetrico e valutare la consistenza della struttura;
- valutazione in merito alla conformità delle opere in relazione agli strumenti di pianificazione del territorio, come il Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Ambito 15) e gli studi geologici connessi al PRG del Comune di Camogli (Pesenti, 1984);
- ricerca bibliografica e consultazione dei risultati di prove in sito eseguite in occasione di incarichi professionali in settori adiacenti a quello in esame; in

particolare è fatto riferimento ai dati geognostici relativi alle campagne di indagini seguenti:

- indagini geologiche preliminari a corredo del Piano Particolareggiato di Iniziativa Pubblica per la realizzazione di un parcheggio interrato in P.zza Matteotti per conto del Comune di Camogli - n.4 sondaggi a carotaggio continuo condotti da Geosonda Genova S.r.l.;
- indagini geologiche esecutivo-definitive a corredo del Piano Particolareggiato di Iniziativa Pubblica per la realizzazione di un parcheggio interrato in P.zza Matteotti per conto della Società Cooperativa a r.l. "Speranza" - n.3 sondaggi a carotaggio continuo condotti dallo Studio Associato di Geologia Tecnica e Ambientale Canepa, Faccini, Robbiano;
- indagini geologiche esecutivo-definitive a corredo del progetto di realizzazione di un hotel con relativi parcheggi interrati in Via N. Cuneo per conto della società Residence Europa S.r.l. – n.4 sondaggi a carotaggio continuo condotti dallo Studio Associato Delucchi & Maldotti;
- restauro e manutenzione straordinaria del "Teatro Sociale" per conto della società Berlucchi S.r.l. – n.3 sondaggi a carotaggio continuo condotti dallo Studio Associato di Geologia Tecnica e Ambientale Canepa, Faccini, Robbiano;

– rielaborazione di quanto emerso dalle indagini e redazione della presente relazione tecnica illustrativa relativa alla fase di fattibilità preliminare.

Tutti i dati raccolti attraverso la ricerca bibliografica ed il rilevamento diretto di superficie, non hanno reso necessario allo stato attuale, anche in relazione alla fase progettuale ed alle caratteristiche generali del sito, ulteriori approfondimenti geognostici, che sono invece prescritti per la successiva progettazione definitiva.

1. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il settore oggetto di SUA è collocato in prossimità dello sbocco W della galleria ferroviaria Camogli – S.Margherita L., nell'area dell'ex-scalo ferroviario, confinante verso S e SE con Via C.Colombo e P.zza Matteotti.
Il piano prevede in particolare:

– realizzazione di n.1 edificio articolato in cui è individuata la collocazione della palestra (1021 m^2) e attività di interesse comune (Croce Verde, ambulatorio, spazio conferenze e locali per associazioni) per n.3 piani f.t. e copertura praticabile destinata a giardino botanico;

- realizzazione di n.2 edifici a destinazione d'uso mista (commerciale, direzionale, residenziale) per n.4 piani f.t. e copertura praticabile;
- realizzazione di n.2 autorimesse interrate sviluppate su n.4 piani per complessivi n.213 posti auto a rotazione, n.166 box pertinenziali e n.16 posti auto con accessi carrabili indipendenti da Via C.Cololmbo;;
- adeguamento e sistemazione della viabilità di collegamento principale, in accesso ed uscita dal centro cittadino (Via C.Colombo);
- sistemazione dell'area esterna con realizzazione di parcheggi a raso (12+9 posti auto), percorsi pedonali, strutture di servizio ed implementazione del verde;
- adeguamento e rettifica della tombinatura esistente con eliminazione delle criticità idrauliche connesse con l'attuale tracciato.

L'ambito nel quale sono previsti gli interventi edilizi risulta uniforme sotto il profilo geologico-tecnico, rappresentato da un settore urbano modificato profondamente dalla realizzazione del tracciato ferroviario, in seguito all'abbancamento del materiale di risulta proveniente dalla realizzazione della galleria Camogli – S.Margherita L.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le presenti indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare dalla L.R. n. 24/1987 e relativa Circ. R.L. 4551/1989, dal D.M. Min. LL.PP. n.47/1988 e dalla relativa Circ. applicativa Min. LL.PP. n.30483/1988 così come modificati dal Decreto 14.09.2005 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti recante le "Norme Tecniche per le Costruzioni".
Il progetto in esame costituisce un SUA. con livello progettuale, anche di fattibilità, riferito a più edifici; con riferimento alla citata Circ. R.L. 4551/1989 le presenti indagini geologiche possono ritenersi coincidenti con gli standard preliminari esplicitati dal D.M. Min. LL.PP. n.47/1988, anche se devono essere proposte specifiche norme geologiche di attuazione.
Per quanto attiene al Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico (Ambito 15), redatto ai sensi del comma 1 dell'art. 1 del D.L. 180/98 ("Decreto Sarno"), convertito in Legge 267/98, si può descrivere quanto segue (***Fig.2***):

- la carta della franosità reale non indica alcun tipo di fenomeno gravitativo per l'area d'intervento;
- la carta della suscettività al dissesto classifica il territorio oggetto d'intervento con suscettività bassa Pg1;
- la carta del rischio geomorfologico indica che il terreno oggetto d'intervento è classificato in area R1 - rischio moderato;

- le fasce di esondabilità riferite al corso d'acqua principale (T.Gentile) non interessano il comparto in esame;
- nella carta della rete idrografica il rio senza nome, tombinato nel tratto d'interesse, è riportato come corso d'acqua significativo; le costruzioni e le modifiche previste dovranno essere oggetto di specifica deroga idraulica.

Per quanto riguarda il P.R.G. del Comune di Camogli (Pesenti, 1994) il comparto in esame ricade in zona C1: zone che richiedono indagini geomorfologiche di carattere generale ed indagini geomeccaniche e geologico-tecniche puntuali.
Infine, con riferimento alla normativa sismica riportata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 recepita dalla Regione Liguria con D.G.R. n. 530 del 16.05.2003, si precisa che il territorio comunale di Camogli è classificato in zona sismica 4.
In via preliminare, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, come meglio definito nel proseguo, il livello fondazionale di riferimento per le strutture superficiali (strade, opere accessorie) è classificabile nella categoria D che comprende depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (N_{spt}<15, c_u<70kPa); fondazioni profonde (autorimesse interrate e edifici soprastanti) faranno riferimento alla categoria A, che comprende formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30}>800m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5.0 m.
Il valore di a_g di riferimento per le zone sismiche che ricadono in classe 4 è di 0.05g.
Gli interventi relativi alle opere in c.a., con particolare riferimento alle strutture di fondazione e di sostegno, dovranno essere progettati secondo le norme tecniche riportate in allegato alla già citata O.P.C.M. n.3274/ 2003.

3. PROFILO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento è situata in destra orografica del T.Gentile, nel suo corso medio-terminale, ad una quota oscillante tra 30 e 32 m s.l.m. (***Fig.1***).
Il versante, nella sua porzione compresa tra C.so Mazzini a monte e il T.Gentile (tombinato) a valle, si presenta intensamente urbanizzato; le modifiche apportate hanno trasformato in modo sensibile l'originario assetto geomorfologico, caratterizzato da una alternanza di vallette e crinali secondari, con direzione media NE-SW, verso l'alveo del T.Gentile.
In funzione dell'acclività, sotto il profilo morfologico, si possono distinguere alcune zone ben definite con caratteristiche differenti (***Fig.3***):

- a monte di C.so Mazzini il versante si presenta ancora piuttosto integro, caratterizzato da edifici sparsi ed estese porzioni sistemate a terrazzamenti in pietra a secco che limitano l'acclività media al 40-45%;
- tra C.so Mazzini e Via F.lli Rosselli la pendenza diminuisce, tra 35% e 40%, in funzione di un contesto modificato dall'attività edilizia che ha comportato la realizzazione di strade, opere di contenimento, edifici in elevazione;
- tra Via F.lli Rosselli e Via C.Colombo, l'area pianeggiante dell'ex-scalo ferroviario e di P.zza Matteotti è il risultato delle modifiche apportate a questa porzione di territorio a seguito della costruzione del tracciato ferroviario; la richiesta di spazi utili per la realizzazione dello scalo ferroviario contestualmente alle necessità di smaltire il materiale proveniente dalla costruzione della galleria ferroviaria ha comportato il taglio del pendio a N dell'area FF.SS. (tratto a valle di Via G.Bettolo e Via Bozzo) ed il successivo riempimento con lo smarino ferroviario; i limiti della zona di colmata coincidono grossomodo verso valle con Via C.Colombo fino, verso E, al crinale secondario (Boschetto) avente la funzione di primitivo spartiacque imbrifero tra i due impluvi (***Fig.3***);
- da P.zza Matteotti, o più precisamente dal limite di valle di Via C.Colombo fino alla tombinatura del T.Gentile (su cui è stato ricavato il piano viario di Via N.Cuneo) si rileva un nuovo incremento d'acclività del pendio, con strutture di contenimento di altezza significativa.

Riprendendo quindi gli elementi che attualmente determinano l'assetto geomorfologico, con riferimento alla ***Fig.3***, si può descrivere che:

- la zona d'intervento è caratterizzata da spessori plurimetrici di riporto, rappresentato dai terreni di risulta della galleria ferroviaria, con spessori variabili da un minimo di 5.0 m a un massimo di 15.0 m; verso valle, a SW di P.zza Matteotti, si rileva una copertura sciolta di spessore più contenuto, ampiamente rimaneggiata dall'urbanizzazione, che maschera il substrato roccioso;
- a monte di P.zza Matteotti e dell'area FF.SS., si osservano coperture sciolte rimaneggiate dall'attività edilizia di spessore inferiore con zone di affioramento del basamento rigido alla base delle opere di contenimento;
- nelle aree di crinale secondario, quale ad esempio quella sul retro del Teatro Comunale o dell'ex retificio Riccobaldi il basamento roccioso è affiorante, o subaffiorante, in condizioni di conservazione da discrete a buone; altri affioramenti, oltre a quelli descritti nel seguito, si possono osservare lungo l'alveo del T. Gentile;

- nella porzione di versante posto a S rispetto ai terreni in esame, in corrispondenza del tornante che da Via G.Bettolo conduce a P.zza Matteotti, si riscontra un settore caratterizzato da roccia alterata e disarticolata passante localmente a coltre detritica, da attribuirsi ad una dislocazione tettonica disposta circa ENE-WSW.

Con riferimento alla cartografia ufficiale (S.G.I., 1968) il substrato roccioso è rappresentato dai litotipi appartenenti alla formazione del Flysch di Monte Antola, costituita da calcari marnosi, marne calcaree, calcareniti ed argilliti, disposti in strati di potenza variabile fino a un metro, di colore grigio scuro se freschi e grigio chiaro nelle normali condizioni di alterazione.
Con riferimento alla ***Fig.3***, gli affioramenti più significativi del basamento roccioso nel comparto in esame si possono osservare:

- lungo l'alveo del T.Gentile nel tratto a monte della tombinatura, il substrato roccioso appare in discrete condizioni di conservazione con giacitura degli strati variabile in funzione della presenza di alcune strutture plicative con asse NE-SW;
- lungo il rio, parzialmente tombinato, limitrofo all'area di edificazione del nuovo albergo, visibile da Via San Bartolomeo ed in corrispondenza dei fronti di scavo interni all'area cantiere;
- in prossimità del civ.9 e civ.11 di Via F.lli Rosselli alla base delle strutture di contenimento sottostanti Via G.Bettolo, l'ammasso roccioso appare in condizioni di conservazione da discrete a mediocri, con immersione verso SE di circa 30°;
- all'inizio di Via P.Risso, in corrispondenza dei fronti di scavo per la realizzazione di un'autorimessa interrata, si osserva il basamento roccioso in mediocri condizioni di conservazione con immersione verso SE ed inclinazione coincidente con gli affioramenti precedenti;
- lungo la pedonale Via S.Giovanni Bono fino alla tombinatura del corso d'acqua, affioramenti del substrato roccioso alla base dei muri ed in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua, le bancate immergono verso SE con inclinazione di circa 20°;
- in corrispondenza del fronte roccioso retrostante la Caserma dei Carabinieri, le bancate immergono verso SE con inclinazione di circa 30°.

Si può pertanto affermare che l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso risulta trasversale al pendio con una decisa componente a reggipoggio; si rileva inoltre la presenza di una piega sinforme con asse disposto NE-SW in prossimità del tornante di Via G.Bettolo; questo tipo di strutture plicative sono visibili

chiaramente dal mare, in corrispondenza dei fronti rocciosi del Castellaro e nel tratto prossimo al Cenobio dei Dogi.
Il rilevamento geologico ha permesso inoltre di evidenziare la presenza di alcune lineazioni tettoniche, che hanno condizionato l'andamento del T.Gentile e dei suoi tributari in sponda destra; nel corso delle indagini effettuate sono state riscontrate diverse famiglie di lineazioni più evidenti riferibili a faglie o allineamenti di fasci di fratture, costituenti un sistema sub-ortogonale di macrofratturazione (***Fig.3***).
Stando al rilevamento diretto sul terreno il sito è considerato stabile in quanto non sono stati riscontrati significativi elementi di franosità, né in atto né potenziali; inoltre, nell'ambito d'interesse progettuale, non è stato riscontrato alcun episodio d'erosione a carico degli impluvi affluenti in destra orografica del T.Gentile.

4. SCHEMA IDROGRAFICO ED ASSETTO IDROGEOLOGICO

Lo schema dei deflussi superficiali nell'area in esame è sovvertito dall'urbanizzazione pressoché uniforme in tutto il comparto: le acque di ruscellamento superficiale intercettate dalle strade e dalle altre superfici impermeabili sono regimate attraverso la rete d'acque bianche che scarica direttamente nel già citato T.Gentile.
Gli assi di corrivazione principale, posti in particolare a N e a S di P.zza Matteotti, afferenti in destra orografica al T. Gentile, sono obliterati dagli interventi antropici: questi risultano tombinati e/o arginati da quota 50-60 m s.l.m. fino al fondovalle (***Fig.4***).
L'intensa urbanizzazione e la conseguente impermeabilizzazione della superficie di pendio ha ridotto il tempo di corrivazione dell'acqua, che, tuttavia, risulta parzialmente incrementato dalle superfici subpianeggianti, che garantiscono un'ordinata defluenza nelle tombinature di raccolta delle acque bianche.
Un'effettiva intercettazione delle acque superficiali è rappresentata, nel tratto a monte del sito in esame, dalle Vie F.lli Rosselli e G.Bettolo, che rappresentano canali di gronda per le acque di ruscellamento provenienti dalle porzioni soprastanti.
L'ispezione diretta all'interno della piastra di copertura del T.Gentile e la verifica della tombinatura che attraversa l'area in esame ha permesso di accertare l'assenza di ulteriori colatori, naturali o artificiali, nel tratto oggetto di studio.
Con riferimento alla ***Fig.4***, per quanto attiene alla permeabilità dei materiali, sia sciolti che lapidei, si può descrivere quanto segue:

- le coltri sciolte di versante sono considerate permeabili per porosità, con coefficienti da medi a bassi in ragione della presenza di frazione fine, ritenuta influente in funzione del contenuto percentuale;

- i depositi alluvionali e quelli misti della fascia pedemontana sono terreni sempre permeabili per porosità con coefficienti da medi ad elevati;
- i terreni di riporto connessi con lo smarino della galleria ferroviaria sono da considerarsi permeabili per porosità con coefficienti variabili in funzione della presenza di frazione fine;
- la copertura urbana è da ricondurre alle superfici impermeabili, distinte cartograficamente nel comparto esaminato in quanto sufficientemente compatte da influenzare il comportamento idrogeologico;
- il substrato roccioso è sostanzialmente impermeabile in condizioni d'integrità, ma, in considerazione della notevole fratturazione acquisita, è permeabile in superficie e le discontinuità caratteristiche rappresentano vie di circolazione preferenziale; si deve ritenere, infatti, che l'acqua possa saturare le fratture in profondità e circolare secondo i rapporti geometrici esistenti tra i giunti caratteristici dell'ammasso roccioso.

Le campagne geognostiche svolte nell'intorno hanno previsto l'installazione di n.6 piezometri (2001, 2005) che hanno permesso in questa fase di verificare che il livello del pelo libero della falda, nel comparto oggetto di SUA, è attestato ad una profondità di circa 7.0 m da p.c., in corrispondenza dell'interfaccia tra i depositi sciolti (riporto, copertura naturale) ed il basamento roccioso.

5. ASPETTI LITOTECNICI E CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO

Allo scopo di proporre, nell'ambito di questa fase di indagine, una zonizzazione preliminare del territorio in prospettiva sismica, è stata elaborata la carta litotecnica (***Fig.5***) che individua e raggruppa le formazioni ed i terreni considerati omogenei dal punto di vista fisico-meccanico e fornisce un'indicazione di massima riguardo alle zone suscettibili di amplificazioni o di instabilità dinamiche locali rispetto ad un moto sismico di riferimento.
Il comparto d'intervento è caratterizzato, in termini litotecnici, da terreni eterogenei sciolti, ascrivibili ad un terreno a grana fine, poco consistente, con percentuali talora significative di ghiaia e frammenti lapidei; dal punto di vista della pericolosità sismica locale lo stesso ambiente è distinto come zona di fondovalle interessata da terreni incoerenti senza problematiche particolari.
L'ambito di versante è differenziato in termini litotecnici in funzione della presenza, a modesta profondità, del basamento roccioso, talora in affioramento rispetto alle coltri di spessore stratigrafico caratterizzate da depositi sciolti poco addensati granulari a prevalente granulometria sabbioso-limosa.
Dal punto di vista della pericolosità sismica sono evidenziati i crinali principali (Castellaro) e secondari che limitano i diversi sottobacini imbriferi tra la stazione

ferroviaria e il tornante di Via G.Bettolo, suscettibili di potenziali fenomeni di amplificazione sismica.
Come già accennato in premessa, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si può supporre che il livello di fondazione appartenga alla categoria A e D individuata nella relativa tabella riportata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003, a seconda delle strutture edilizie considerate e della tipologia fondazionale prescelta.
Nel corso della fase esecutiva, a seguito della realizzazione delle indagini e prove in sito descritte nel prosieguo, la zonizzazione in prospettiva sismica del territorio oggetto di intervento potrà essere ulteriormente dettagliata e le nuove considerazioni in merito dovranno essere attentamente valutate, in termini di analisi strutturale, durante la progettazione delle opere di fondazione.

6. INDAGINI E PROVE IN SITO SVOLTE IN PRECEDENZA

Come indicato in premessa, nel comparto in esame sono state svolte diverse indagini dirette a corredo di alcuni importanti progetti, in particolare per la realizzazione di un'autorimessa interrata in P.zza Matteotti, la costruzione di un Hotel in Via N.Cuneo ed il restauro del "Teatro Sociale".
Tutti i dati raccolti saranno sinteticamente commentati nel prosieguo facendo riferimento alla Carta delle Prospezioni (***Fig.6a-6b***), che raccoglie sia le indagini già eseguite sia quelle oggetto di un dettagliato programma specifico.
Nell'area di P.zza Matteotti, Via C.Colombo e Via N.Cuneo sono stati eseguiti nel contesto degli studi geologici preliminari ed esecutivi per il Piano Particolareggiato relativo alla realizzazione di un'autorimessa interrata n.7 sondaggi (BH_{1-4}, P_{1-3}) a rotazione ad asse verticale con recupero continuo di materiale; le prospezioni hanno permesso di constatare direttamente la stratigrafia dei terreni, costituita genericamente da riporto sovrastante il basamento roccioso di natura calcarea, presente a profondità tra 5.0 e 14.0 m da p.c.; in particolare:

Sondaggio BH1

0.0-3.1 m	sabbia fine ghiaiosa con frammenti di laterizi
3.1-5.0 m	limo con sabbia fine ghiaioso con scaglie di lapidei
5.0-20 m	calcare marnoso con intercalazioni di argilloscisti nerastri (RQD=30-60%)

Sondaggio BH2

0.0-2.5 m	limo con ghiaia sabbiosa con frammenti di laterizi e calcestruzzo
2.5-7.6 m	scaglie di calcare marnoso e ghiaia media, debolmente limosa. Trovante lapideo di calcare marnoso tra 4.8 m e 5.6 m
7.6-20 m	calcare marnoso con locali intercalazioni di argilloscisti nerastri (RQD=30-45%)

Sondaggio BH3

0.0-0.8 m	sabbia media debolmente limosa con ciottoli e ghiaia, con frammenti di laterizi
0.8-13.6 m	scaglie di calcare marnoso e ghiaia media, debolmente sabbiosa. Livello di limo argilloso con ghiaia tra 11.9 m e 13.6 m
13.6-20 m	calcare marnoso grigio con intercalazioni di argilloscisti nerastri (RQD=30-60%)

Sondaggio BH4

0.0-1.8 m	limo argilloso ghiaioso con frammenti di laterizi
1.8-6.6 m	sabbia fine ghiaiosa, in matrice argillosa, con scaglie di lapidei
6.6-20 m	calcare marnoso con intercalazioni di argilloscisti nerastri (RQD=30-60%) Tra 10.0 m e 11.2 m argilloscisto alterato e degradato (R.Q.D.<5%)

Sondaggio P1

0.0-0.4 m	asfalto e sottofondo stradale
0.4-11.4 m	ghiaia e sabbia con trovanti lapidei. Livello di limo argilloso con ghiaia tra 7.8 m e 9.0 m
11.4-20 m	calcare marnoso con intercalazioni di livelli argillitici brecciati (RQD=40%)

Sondaggio P2

0.0-0.5 m	asfalto e sottofondo stradale
0.5-4.2 m	ghiaia grossolana e ghiaia argillosa con scaglie di lapidei
4.2-9.3 m	argilla limosa con sabbia e ghiaia
9.3-20 m	calcare marnoso con intercalazioni di livelli argillitici brecciati (RQD=40%)

Sondaggio P3

0.0-0.4 m	asfalto e sottofondo stradale
0.4-14.3 m	ghiaia e sabbia con trovanti lapidei. Livello di limo argilloso con sabbia tra 10.5 m e 11.7 m
14.3-20 m	calcare marnoso con intercalazioni di livelli argillitici brecciati (RQD=40%)

I sondaggi eseguiti in fase esecutiva (P_{1-3}) sono stati condizionati con tubo piezometrico in PVC microfessurato per il monitoraggio del livello piezometrico condotto nel periodo 23.02.2001 – 19.06.2001, oltre ad una lettura singola eseguita il 15.10.2007.
La falda si attesta ad una profondità minima rilevata tra 6.7-7.0 m ($P_2 – P_1$), e 14.0 m (P_3) dall'attuale p.c., in funzione della morfologia della superficie topografica con direzione di scorrimento verso SW.
Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, sono state eseguite n.12 prove con strumentazione Standard (Cestari, 1990) e prelevati n.7 campioni di terreno per

analisi granulometriche e determinazione dei limiti di Atterberg e n.4 campioni di roccia sottoposti a prove di taglio sui giunti.
Le prove penetrometriche hanno evidenziato una resistenza dinamica variabile dei terreni, da N_{spt} = 5 a N_{spt} = 32 che aumenta gradualmente con la profondità in funzione del maggior grado di consistenza o d'addensamento dei materiali.
Con riferimento alle indagini condotte a corredo del progetto esecutivo per la costruzione di un nuovo albergo e relativa autorimessa interrata in Via N.Cuneo sono stati condotti n.3 sondaggi ad asse verticale (H_{1-3}) e n.1 sondaggio ad asse orizzontale (H_4) (***Fig.6b***).
La stratigrafia accertata durante i sondaggi condotti è schematizzata come segue:

Sondaggio H1

0.0-0.4 m	sabbia ghiaioso-limosa - riporto
0.4-2.6 m	vuoto riconducibile alla precedente destinazione d'uso dell'area (ex gasometro).
2.6-4.5 m	sabbia e ghiaia argilloso-limosa - riporto
4.5-10 m	calcare marnoso con intercalazioni di livelli argillitici brecciati (RQD=40%)

Sondaggio H2

0.0-3.6 m	ghiaia in matrice sabbioso-limosa - riporto
3.6-3.8 m	conglomerato cementizio riconducibile alla precedente destinazione d'uso dell'area
3.8-6.1 m	calcare marnoso fortemente fratturato ridotto fino a breccia (RQD=10%)
6.1-10.0 m	calcare marnoso con intercalazioni di livelli argillitici (RQD=40-60%)

Sondaggio H3

0.0-0.5 m	sabbia e ghiaia in matrice limoso-argillosa - riporto
0.5-3.0 m	substrato roccioso ridotto in breccia (RQD<10%)
3.0-7.8 m	calcare marnoso con intercalazioni di livelli argillitici brecciati (RQD=40-60%)
7.8-10.0 m	substrato roccioso di natura calcareo marnoso fortemente fratturato (RQD=10%)

Sondaggio H4 asse orizzontale

0.0-10.0 m	sabbia e ghiaia con trovanti lapidei - riporto
10.0-14.1 m	substrato roccioso poco fratturato ((RQD=60-80%) Tra 12.4 m e 13.0 m livello alterato e degradato ridotto in breccia (R.Q.D.<5%)

I sondaggi H_{1-3} sono stati condizionati con tubo piezometrico aperto in P.V.C. attestato a fondo foro per il monitoraggio delle pressioni interstiziali.
La falda si attesta ad una profondità minima rilevata tra 1.8 m (H_3) influenzata dal vicino corso d'acqua e 3.5 – 4.8 m (H_{1-2}) dall'attuale p.c.; la direzione di scorrimento coincide con la linea di massima pendenza.

Nel corso dell'esecuzione delle perforazioni sono state eseguite n. 3 prove SPT nel sondaggio H_1 e H_3 con valori di N_{SPT} intorno a 10; non sono state condotte analisi di laboratorio.
Le indagini condotte a supporto degli interventi di restauro del Teatro Sociale sono consistite in n.3 sondaggi ad asse verticale (B_{1-3}) per complessivi 25 m di perforazione (***Fig.6a***); non sono state eseguite in questo caso prove in foro o analisi di laboratorio
La stratigrafia accertata durante i sondaggi condotti è schematizzata come segue:

Sondaggio B1

0.0-1.9 m	limo ghiaioso-sabbioso - riporto
1.9-3.3 m	substrato roccioso ridotto in breccia (cappellaccio d'alterazione)
3.3-5.0 m	calcare marnoso mediamente fratturato con intercalazioni argilloso-scistose talora ridotte in breccia (RQD=40-60%)

Sondaggio B2

0.0-1.0 m	limo sabbioso-argilloso - riporto
1.0-1.7	substrato roccioso ridotto in breccia (cappellaccio d'alterazione)
1.7-10.0 m	calcare marnoso con intercalazioni di livelli argillitici e marnoso-scistosi talora ridotti in breccia

Sondaggio B3

0.0-2.3 m	sabbia limosa con ghiaia - riporto
2.3-3.7	substrato roccioso ridotto in breccia (cappellaccio d'alterazione)
3.7-10.0 m	calcare marnoso mediamente fratturato con intercalazioni di livelli argillitici e marnoso-scistosi talora ridotti in breccia

I dati disponibili sul livello di falda rilevato sono stati elaborati nella ***Fig.9***, che rappresenta la superficie piezometrica sotto forma di curve di livello riferite alle quote di rilievo.

7. PROFILO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI MASSIMA

Sulla base del rilevamento di superficie e delle indagini sopra descritte, si può delineare in via preliminare la seguente situazione stratigrafica, che risulta, sotto l'aspetto geomorfologico e geotecnico, omogenea con la vicina P.zza Matteotti; tale modello dovrà essere oggetto di opportune verifiche geognostiche in fase di cantiere, secondo il programma d'indagini descritto nel seguito.
L'assetto stratigrafico dell'area può essere schematizzato come segue, procedendo dal p.c. in profondità.

Copertura sciolta: presente su parte dell'area di indagine con spessore compreso tra 9.3 m (P_2), 13.6 m (BH_3) e 14.3 m (P_3); mostra una granulometria eterogenea, poiché costituita da sabbia argillosa con scaglie di lapidei, breccia, frammenti di laterizi in superficie, ma è frequente la presenza di trovanti lapidei e intercalazioni di argilla limosa.
Dal punto di vista granulometrico, si tratta prevalentemente di limo argilloso con ghiaia (in subordine ghiaia argillosa con limo), con percentuali di sabbia e ghiaia variabili.
Le analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante la campagna geognostica condotta nel 2001 hanno permesso di valutare che la frazione fine, poco plastica, di natura argilloso-limosa, presenta incidenza minima del 40% e massima del 90%; il limite di liquidità è compreso generalmente tra 30 e 40, mentre l'indice di plasticità varia tra 10 e 20.
La classificazione secondo il Sistema Unificato pone tali materiali nella classe ML e CL e in subordine nelle classi SC e GC in funzione delle percentuali di sabbia e ghiaia.

Substrato roccioso: la quota di rinvenimento del substrato dal piano campagna registrata nel sondaggio più rappresentativo per l'area in esame risulta intorno a 9.0 m (P_2) in funzione dello spessore del riporto e del rimaneggiamento subito.
Il materiale roccioso è rappresentato dalle litofacies descritte in precedenza, con frazione calcareo-marnosa, marnoso-calcarea e calcarenitica, di colore grigio chiaro fino a marroncino, nettamente dominante su quella argillitica a grana fine, fittamente lamellare, di colore grigio scuro fino a nerastro, presente solo come intercalazione o giunto di strato, spesso ridotta in breccia durante le attività di perforazione.
Dall'osservazione degli affioramenti disponibili in prossimità di P.zza Matteotti si rileva che la facies calcarea si presenta da sana a poco alterata, fratturata secondo sistemi di discontinuità che presentano inclinazione media sub-verticale. La spaziatura dei giunti varia tra 20 cm e 60 cm e la geometria delle discontinuità è di tipo ondulato con superficie poco rugosa.
La fratturazione dell'ammasso è sempre significativa: il valore del R.Q.D. misurato durante le perforazioni condotte oscilla tra il 20% e 40% negli orizzonti superficiali fino a valori talora superiori al 70% al crescere della litostatica.
Al fine di ottenere l'indice di qualità, l'ammasso roccioso è stato classificato attraverso i sistemi empirici normalmente impiegati nella pratica professionale: nel caso in esame è stato adottato il sistema GSI nella formulazione proposta da Hoek e Brown (1997) modificata per le rocce eterogenee come i flysch da Marinos e Hoek (2000).

Il valore del GSI è ottenuto stabilito il valore del RMR di Bieniawski (1989) ed introducendo una predeterminato punteggio relativo alle condizioni idrauliche (R_5=15) ed all'orientazione dei giunti (R_6=0).
Nella ***Fig.10*** sono riportati i parametri che determinano gli indici caratteristici della classificazione RMR; gli elementi necessari ad applicare questo sistema sono stati ricavati integrando le informazioni ottenute con le indagini svolte ed in particolare:

- rilevamento strutturale su affioramento, che ha consentito la determinazione della resistenza alla compressione delle discontinuità (J.C.S.) e delle condizioni generali dei giunti;
- stima dei valori del R.Q.D. e condizioni medie delle discontinuità dai sondaggi precedentemente svolti;
- prove ed analisi di laboratorio eseguite sulla stessa Formazione ad altro titolo;
- esame di dati bibliografici riferiti alla stessa Formazione lapidea (Falcioni et al., 1995);

Sono di seguito forniti i valori dei parametri che determinano la classificazione prescelta, tenendo presente che, per alcuni di questi, si rilevano condizioni disperse: in questi casi si attribuisce un doppio punteggio in modo tale da pervenire ad un range di valori relativi alla qualità dell'ammasso.

R1 - Resistenza alla compressione monoassiale: sulla base dei dati bibliografici relativi alla formazione in esame si possono indicare valori di resistenza variabili tra 50 MPa e 90 MPa. Si attribuisce un punteggio di 7 per le condizioni medie.
R2 - Rock Quality Designation: le osservazioni condotte durante i sondaggi eseguiti in precedenza sul comparto indicano un valore modale compreso tra 40% e 50%, a cui corrisponde un punteggio di 8; si evidenzia, tuttavia, che vi sono anche osservazioni con valori di RQD inferiori al 10%.
R3 - Spaziatura discontinuità: le osservazioni condotte sugli affioramenti disponibili indicano una spaziatura compresa tra 0.2 m e 0.6 m, cui corrisponde un punteggio di 10, ma occorre evidenziare che una discreta quantità di osservazioni ricade nella classe inferiore, con spaziatura tra 0.06 e 0.2 m, cui corrisponde un rating di 8.
R4 - Condizioni dei giunti: l'indicazione delle condizioni medie delle discontinuità individuate comprende valutazioni articolate, il cui punteggio complessivo è fornito dalla somma delle seguenti caratteristiche:

- persistenza = sempre elevata, punti 0 (giunto di strato);

- apertura delle discontinuità = valutata in base alle osservazioni condotte sugli affioramenti disponibili è compresa tra 0.1 mm e 1 mm talora superiore, punti 4 e 1;
- rugosità = giunti lisci (JRC pari a 6), punti 1;
- riempimento = si rilevano frequentemente patine di ossidazione e riempimenti di natura limo-argillosa. Rating 4 e 2;
- alterazione = giunti moderatamente alterati, punti 3.

Sommando i singoli contributi, si ottiene un campo valori del parametro R4 compreso tra 12 e 7, valido per le condizioni medie.

R5 - Condizioni idrauliche: stando a quanto constatato durante le campagne geognostiche condotte, si assegnano condizioni di percolazione idrica lungo i giunti, cui corrisponde un punteggio di 4, mentre per la determinazione del GSI è imposto il rating di 15.

Per ciò che concerne l'indice B_{RMR}, ossia senza assegnare il punteggio corrispondente all'orientazione dei giunti rispetto al pendio, si procede con la seguente relazione:

$$B_{RMR} = (R1+R2+R3+R4+R5) = 41 \div 34$$

Il valore dell'indice RMR, necessario per l'assegnazione della classe di qualità della roccia, deve essere condotto valutando in questa fase l'orientazione delle discontinuità in rapporto alla disposizione del versante: con riferimento all'orientazione del giunto di strato si può indicare una disposizione media favorevole, cui corrisponde un punteggio di –5,

$$RMR_{corretto} = B_{RMR} + R6 = B_{RMR} - 5$$

con la quale si ottiene un indice tra 36 e 29, che consente di classificare l'ammasso roccioso, in termini di qualità, in scadente (classe IV).

Un approccio più moderno per la determinazione della qualità della roccia e dell'eventuale caratterizzazione in termini di resistenza al taglio d'ammasso, è quello che prevede l'uso del GSI, determinato una volta noto il valore di B_{RMR}:

$$GSI = BRMR - 5 = (R1+R2+R3+R4+15) - 5 = 51 \div 42$$

La qualità dell'ammasso roccioso è compresa nella classe B confermando la correlazione tra quanto ottenuto e la classificazione dei flysch secondo Marinos e Hoek (2000): per rocce costituite da strati competenti con sottili intercalazioni di materiali più teneri, è indicato un range del GSI tra 40 e 47 (***Fig.11***).

Il tetto del basamento rigido è visualizzato nella ***Fig.8***, che rappresenta la superficie del substrato roccioso alterato sottoforma di curve di livello riferite alle quote di rilievo.

8. PROGRAMMA D'INDAGINI IN FASE ESECUTIVA

Le problematiche geologiche evidenziate nel corso del presente studio di fattibilità ed in particolare l'esigenza di sviluppare in dettaglio le analisi relative all'insieme struttura-fondazione-terreno, comportano la necessità di prevedere una campagna di indagini dirette volte a precisare con riferimento all'area di stretto intervento:

- la natura, lo spessore e le caratteristiche meccaniche dei terreni costituenti la successione stratigrafica caratteristica;
- l'assetto della falda e la sua dinamica nel tempo.

Nel corso della fase d'indagine esecutiva è indispensabile la presenza del consulente geologo-geotecnico per la definizione del grado di approfondimento degli studi, in rapporto alle problematiche che dovranno essere affrontate in sede di progettazione strutturale.
La relativa documentazione inerente ai risultati delle indagini e delle prove sarà trasmessa attraverso una relazione a carattere esecutivo ("relazione geotecnica alle indagini").
La campagna programmata a livello preliminare e quindi suscettibile di variazioni in funzione delle problematiche reali individuate attraverso gli studi esecutivi, consiste nella realizzazione:

- n. 6 sondaggi geognostici condotti ad asse verticale con recupero di materiale e spinti mediamente fino a 20 m di profondità;
- prove in foro e prelievo di campioni per le successive analisi di laboratorio;
- i fori di sonda saranno allestiti con tubo piezometrico a tubo aperto microfessurato da 2" per integrare il monitoraggio della falda;
- n.2 fori di sonda a ridosso della linea ferroviaria e di Via F.lli Rosselli potranno essere allestiti con tubo inclinometrico per il controllo strumentale dell'area cantiere prima, durante e dopo le attività previste.

La nuova serie di prospezioni che completano ed integrano i dati relativi a sondaggi e prove precedenti sono localizzati come in ***Fig.6a***.
I fori di sonda, eseguiti con diametro di perforazione ϕ 127 mm, saranno condizionati con tubi piezometrici in PVC microfessurato da 2" ai fini del rilievo delle pressioni neutre e tubi inclinometrici per il monitoraggio del cantiere.

Le indagini geotecniche consistono in prove in sito tipo S.P.T. con scarpa aperta (A.G.I., 1977), condotte in avanzamento nelle modalità da decidere in base ad un programma specifico; non è ammessa la dotazione di punta conica per la sostituzione della scarpa tagliente aperta.
Nel corso delle operazioni di carotaggio saranno prelevati campioni di terreno e spezzoni di carote lapidee per le successive analisi di laboratorio; stante la granulometria delle terre, le analisi consisteranno presumibilmente nella sola identificazione dei campioni (granulometria per via umida, areometria, limiti di Atterberg, contenuto in carbonati), mentre sui lapidei saranno condotti prove triassiali di compressione monitorate con restituzione della curva sforzo-deformazione.
Le zone non investigate attraverso la perforazione potranno essere comunque oggetto di indagini dirette attraverso pozzetti esplorativi eseguiti mediante idonei mezzi meccanici.
Tale procedura, rendendo possibile la ricostruzione della natura e della profondità dei terreni, consentirà l'elaborazione di sezioni geologiche e geotecniche constatate in corrispondenza del piano di imposta dei volumi previsti, ai fini della soluzione dell'aspetto fondazionale e di sostegno dei fronti di scavo.

9. CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ

L'area individuata per lo studio di S.U.A. è omogenea in termini geotecnici ed idrogeologici: le carte di analisi sono comunque riferite a porzioni territoriali più ampie di quelle oggetto di variante, sia in aderenza alla circolare R.L. n. 4551/89, sia per comprendere i rapporti formazionali sotto il profilo geologico e le tendenze geomorfologiche evolutive.
La carta di sintesi è stata definita nei limiti dello S.U.A. e nell'immediato intorno; la descrizione e trattazione dell'unica zona individuata è derivata dalla carta di analisi e dal profilo stratigrafico esposto in precedenza: in funzione di quanto sopra, si può definire quindi la zona classificata come "TERRENI RIMANEGGIATI E RIPORTO"; sono compresi in questa classe tutti i terreni sottoposti a strumento urbanistico attuativo in cui è previsto l'intervento.
Le indagini condotte nel settore in esame a corredo di già significativi interventi edilizi (parcheggio interrato di P.zza Matteotti, Hotel in Via N.Cuneo, ristrutturazione del Teatro Sociale) hanno permesso di verificare che:

- il comparto, inserito nel tessuto urbano del centro di Camogli, è il risultato delle modifiche apportate al territorio in seguito alla realizzazione del tracciato ferroviario, in particolare alla necessità di smaltire il materiale proveniente dalla realizzazione della galleria Camogli-S.Margherita L.;

- la stratigrafia, in sintesi, consiste nella sovrapposizione di riporto e terreni rimaneggiati con spessori tra 9.0 e 14.0 m al substrato roccioso in condizioni di fratturazione media;
- la copertura sciolta è costituita da limo argilloso con ghiaia ed è riconducibile, anche se con qualche incertezza legata alla natura granulometrica ben gradata, ad un mezzo a grana fine poco plastico;
- il substrato roccioso è rappresentato da litofacies flisciodi (Flysch di M.Antola) dove possono essere distinte le sequenze tipiche di megacicli completi, da arenaria ad argillite: si può indicare una netta dominanza di marne calcaree e calcari marnosi, in subordine calcareniti ed infine argilliti come sottili intercalazioni;
- la strumentazione idrogeologica allestita nei fori di sondaggio in P.zza Matteotti ha consentito di accertare in via preliminare la presenza di terreni saturi a circa 7.0-14.0 m di profondità da p.c.; il gradiente idraulico corrisponde in prima analisi all'interfaccia sciolto-substrato, maggiori informazioni potranno essere fornite in seguito all'installazione della nuova strumentazione di monitoraggio prevista in fase esecutiva;
- la realizzazione delle autorimesse interrate comportano l'apertura di fronti di scavo temporaneo d'altezza fino a 12.0 m dal p.c., sono quindi prevedibili interferenze della tavola d'acqua con il piano di sbancamento e a livello del piano di fondazione generale.

Per quanto attiene alle linee-guida di carattere geotecnico-strutturale si rimanda alle Norme di attuazione che contengono le principali raccomandazioni preliminari.
Sulla base di quanto emerso nel corso delle indagini, stante la tipologia d'intervento edilizio che prevede la realizzazione di un complesso strutturalmente unitario, oltre ad aree scoperte adibite a parcheggio e sistemazione della viabilità, la porzione di terreno esaminata può ritenersi idonea sotto il profilo geotecnico ed idrogeologico ad ospitare le opere a progetto.
Il livello di pericolosità geomorfologica (Pg1) individuato dal Piano di Bacino Stralcio e la zonizzazione geologica del PRG comunale (zona C1) appaiono compatibili con il progetto proposto, in quanto, il comparto urbano presenta una bassa acclività senza evidenze di instabilità potenziale o criticità idrauliche di rilievo.

Genova, 3 dicembre 2007

Geol. Andrea Benedettini

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n. 475
ANDREA BENEDETTINI
GEOLOGO
data iscr. 23-01-2003

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Cestari F., 1990, Prove Geotecniche in sito.GEO-GRAPH s.n.c.
- Associazione Geotecnica Italiana, 1977, Raccomandazioni sulle indagini geotecniche.
- Bieniawski Z.T., 1989, Engineering rock mass classification, J. Wiley & Sons.
- Delibera Della Giunta Regionale, 2003, Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dei comuni della Regione Liguria in ottemperanza al disposto di cui all'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, Gazzetta Ufficiale n. 105 del 08.05.2003.
- Falcioni C., Nosengo S., Paoletti L., Pedemonte S., 1995, Caratteristiche di resistenza al taglio di discontinuità in roccia per alcuni litotipi liguri, Prof. Geologo, n. 1/2-1995.
- Hoek E. e Brown E.T., 1997, Practical estimates of rock mass strength, Int J. Rock Mech Min Sci Geomech Abstr 34(8), 1165-1186.
- Hoek E., 2000, Rock engineering. Course notes by Evert Hoek.
- Lancellotta R., 1993 Geotecnica. Ed. Zanichelli, 555 pp.
- Marinos P e Hoek E., 2000, GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation GeoEng 2000, Melbourne.
- Ministero Dei Lavori Pubblici, 1988, Circolare 24.09.1988 n. 30483 Pres. Cons. Superiore – Serv. Tecnico Centrale. Istruzioni per l'applicazione dell'art. 1 della L. 64/74 e D.M. 11.03.1988.
- Ministero Dei Lavori Pubblici, 1988, Decreto 11.03.1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (…). Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 127 suppl. del 01.06.1988.
- Ordinanza Del Presidente Del Consiglio Dei Ministri, 2003, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274). Suppl. Ord. Alla Gazzetta Ufficiale n. 105 del 08.05.2003.
- Pesenti E., 1994, Studi geologici connessi al P.R.G. del Comune di Camogli.
- Provincia di Genova, Area 06 Difesa del Suolo, Opere ambientali e Piani di Bacino, 2002, Ambito 15 Piano di Bacino stralcio D.L. 180/98 e s.m.i.
- Regione Liguria, 1987, L.R. n.24 del 08.07.1987 "Disposizioni per lo snellimento delle procedure urbanistiche in attuazione della L.28.02.1985 n.47 e disciplina degli strumenti urbanistici attuativi". B.U.R. n.30/1987.
- Regione Liguria, 1989, Integrazione della nota-circolare n.77341/8706 – 2304 del 30.07.1987 relativa alla applicazione della L.R. n.24 del 08.07.1987 "Disposizioni per lo snellimento delle procedure urbanistiche in attuazione della L. 28.02.1985 n.47 e disciplina degli strumenti urbanistici attuativi" per quanto concerne le disposizioni relative alle indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici attuativi.
- Servizio Geologico Italiano, 1968, Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100000, F. 83 "Rapallo" 2° ed.

APPENDICE
NORME DI ATTUAZIONE A CARATTERE GEOLOGICO

Art. 1 - INQUADRAMENTO

Le seguenti norme disciplinano, per gli aspetti geologici, l'attuazione dello Strumento Urbanistico Attuativo, in osservanza della legislazione vigente.
Il corpo regolamentare fornisce indicazioni circa:

- le metodologie geognostiche ritenute più adatte a fronte dei problemi geologici individuati sul territorio (cartografia tematica);
- i livelli di approfondimento degli accertamenti geologici e geognostici da eseguirsi nei diversi e successivi stadi di pianificazione e progettazione urbanistico-edilizia.

Queste regolano inoltre, sempre per gli aspetti geologici, gli interventi sul suolo o nel sottosuolo secondo quanto previsto dal D.M. Min LL. PP. 11.03.1988 (Suppl. Ord. n. 47 alla G.U. n. 127 del 01.06.1988), costituendone l'applicazione sia a livello progettuale sia esecutivo.
Fermo restando quanto sopra, la Civica Amministrazione, in qualsiasi fase dell'iter approvativo o realizzativo dell' intervento edilizio-urbanistico, potrà richiedere integrazioni di indagini, rispetto a quelle indicate nel seguito, al fine di conformare la documentazione progettuale ad eventuali aggiornamenti normativi in materia.

Art. 2 - QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Le norme che seguono sono formulate in ottemperanza alle disposizioni contenute nella nota circolare n.4551 del 12.12.89 della Regione Liguria.
Queste norme indicano, in termini coordinati con le problematiche emerse, a quali regole comportamentali deve sottoporsi l'iniziativa pubblica nella fase di attuazione del progetto.
Esse inoltre rappresentano la specificazione dei contenuti delle norme di carattere geologico fornite dal D.M. LL.PP. 11.03.88 in forma più personalizzata e quindi meglio calata nella realtà territoriale in cui vanno ad operare.
Al termine di tutte le procedure approvative, queste costituiscono parte integrante della normativa che disciplinerà tutte le attività edilizie e, più in generale, le trasformazioni del suolo nell'ambito delle zone oggetto di intervento.
Le norme in definitiva, oltre ad essere una lettura puntuale del D.M. LL.PP. n.47/1988, definiscono lo standard minimo di approfondimento che deve caratterizzare la fase progettuale e/o esecutiva dal punto di vista geognostico e geotecnico, nonché gli indirizzi metodologici e tecnico-esecutivi da fornire in ordine agli interventi modificatori dell'assetto del terreno.
Gli indirizzi forniti in campo geologico-tecnico, supportano senza sostituirli i criteri che regolano la progettazione strutturale e l'esecuzione delle opere di ingegneria civile.

Art. 3 - AMBITO DI APPLICAZIONE

Le presenti norme si applicano a tutte le opere da realizzarsi nel territorio oggetto di SUA, che comportino interferenze con il suolo ed il sottosuolo; queste sono relative alle indagini sui terreni, sulle rocce ed alla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate di cui al D.M. LL. PP. 11.03.1988.

Art. 4 - RESPONSABILITÀ E OBBLIGHI

Il Committente titolare del permesso di costruire, il professionista incaricato degli accertamenti geognostici e geotecnici, il progettista degli interventi sia sul suolo sia nel sottosuolo e il direttore dei lavori, sono responsabili, per quanto di rispettiva competenza, di ogni inosservanza alle presenti norme, così come delle modalità esecutive che siano fissate nella concessione o autorizzazione edilizia.
E' obbligatoria la messa in atto di tutte le indicazioni e prescrizioni contenute nella relazione geologica di fattibilità, con le eventuali rettifiche e/o integrazioni introdotte nelle relazioni geotecniche sulle indagini allegate ed in particolare alla dichiarazione di inizio lavori; queste costituiscono parte integrante delle condizioni di concessione ad edificare.
Qualora, in corso d'opera, emergesse la necessità di apportare modifiche, queste dovranno essere preventivamente rese note all'Amministrazione comunale, nonché motivate e documentate in apposita relazione, anche qualora non implichino varianti significative per gli aspetti urbanistici.

Art. 5 - INTERVENTI LIMITROFI A PREESISTENZE EDILIZIE

Per interventi limitrofi a preesistenti edilizie, tra le relazioni di corredo al progetto, dovrà essere incluso uno studio finalizzato alla verifica delle ripercussioni dell'intervento (in corso d'opera e successivamente alla fine dei lavori) sui terreni di fondazione su cui gravano tutti i manufatti circostanti.
In caso positivo, dovrà essere certificata la compatibilità delle nuove opere con i limiti imposti dal comportamento statico e di funzionalità dei manufatti esistenti.
In tal senso potranno essere predisposti specifici dispositivi d'osservazione e controllo in gradi di monitorare i manufatti durante l'esecuzione dei lavori.

Art. 6 - NORME DI SALVAGUARDIA IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA
6.1. Interferenza con la rete idrografica

- gli interventi che insistono sui corsi d'acqua pubblici e nelle rispettive fasce di rispetto sono regolati dalle Norme di Attuazione dei Piani di Bacino, ai sensi della Legge n° 183/1989; occorrerà, pertanto, prima della successiva fase di progettazione, l'ottenimento delle deroghe alle distanze previste dalla normativa vigente;
- le modifiche da apportarsi all'attuale tombinatura dovranno essere oggetto, in fase esecutiva, di specifica progettazione idraulica;
- in ogni caso l'intervento, dovrà essere mirato al regolare deflusso senza esondazioni ed erosioni, con l'adozione di un adeguato franco della portata di piena prevedibile

con tempo di ritorno di almeno 200 anni o, se maggiore, della portata certificata dal Servizio Idrografico dello Stato.

6.2. Opere di sbancamento

- potranno essere consentiti scavi a fronte unico di altezza massima di 2.0 m, con estensione inferiore a 4.0 m, purchè i fronti siano adeguatamente sagomati in funzione delle caratteristiche intrinseche delle terre.
- per sbancamenti eccedenti in lunghezza le misure sopra indicate, si dovrà procedere a campioni, passando al campione successivo solo dopo aver sistemato il precedente con adeguate opere di contrasto.
- le altezze di scavo previste per la realizzazione delle opere interrate, in rapporto alla natura incoerente dei terreni e soprattutto alle strutture edilizie e alle infrastrutture viarie circostanti, comportano la necessità di ricorrere ad opere di contenimento estese su tutto il perimetro di scavo. Appare percorribile la soluzione tecnica di una paratia di m.p. corredata da intirantature vincolata al substrato roccioso, estesa all'intero settore di scavo;
- nel caso non sia percorribile l'ipotesi di tiranti attivi estesi sul fronte principale stante la proiezione in sotterraneo di terreni di altrui proprietà, gli stessi potranno essere eseguiti quali opere provvisionali, per consentire uno sbancamento in sicurezza. La perforazione potrà essere condotta a carotaggio continuo al fine di minimizzare il disturbo nei terreni limitrofi;
- un aspetto importante della progettazione strutturale è rappresentato dalle infrastrutture circostanti, che richiedono limiti particolarmente severi ai cedimenti orizzontali. Pertanto, oltre alle verifiche classiche, si suggerisce di predisporre un modello di calcolo automatico atto a simulare il reale comportamento dell'opera prescelta, non solo nella fase finale di massimo scavo, ma anche per le fasi intermedie, onde poter considerare integralmente i percorsi tensionali.

6.3. Opere di fondazione

- tutti i manufatti di contrasto e sostegno relativi ai fronti di scavo principali, dovranno essere riferiti sul substrato roccioso;
- ugualmente le opere di appoggio dei volumi interrati potranno essere riferiti sul substrato roccioso
- opere di contenimento relative a opere accessorie potranno essere fondate direttamente sui materiali sciolti purché venga dimostrata sulla base di analisi geotecniche la compatibilità terreno-fondazione.

6.5. Scarpate naturali-opere in rilevato

- i rilevati artificiali in terreno sciolto dovranno essere eseguiti con materiale misto, ad elevata percentuale di materiale lapideo grossolano.

- le opere di contenimento al piede dei rilevati dovranno essere valutate a seguito dell'esame delle condizioni di stabilità del substrato o dei piani di appoggio, fatti salvi i criteri fondazionali precedentemente esposti.
- salvo condizioni idrogeologiche particolari, gli angoli di scarpa dei rilevati artificiali privi di opere di contrasto, non dovranno comunque superare i 40° e le altezze i 2.0 m, mentre le superfici di appoggio dovranno risultare debolmente inclinate ed esenti di problemi di stabilità.

6.6. Problematiche idrauliche:

- dovrà essere prestata attenzione alla captazione e smaltimento di vie d'acqua preferenziali eventualmente individuate nel corso delle attività di sterro;
- in considerazione del profilo idrogeologico esposto, dovrà essere previsto l'uso di sistemi d'impermeabilizzazione delle fondazioni unitamente ad un sistema di pompaggio elettromeccanico ubicato all'interno di alcuni pozzetti di raccolta oppure, in alternativa, lo smaltimento delle acque nella nuova tombinatura del corso d'acqua, mentre a tergo delle opere di sostegno dovrà essere predisposto un adeguato sistema di drenaggio per il controllo delle pressioni neutre;
- per la realizzazione della nuova tombinatura dovranno essere garantiti idonei gradienti e previsto un pozzetto a monte con funzione di intercettazione del materiale trasportato, prevedendo una manutenzione programmata con rimozione del materiale in eccesso; la tombinatura dovrà essere inoltre ispezionabile e dimensionata secondo gli standard idraulici vigenti.

6.7. Regimazione acque superficiali

- le opere stradali ed i parcheggi a raso dovranno essere eseguite mediante tutti gli accorgimenti tecnici atti a favorire una corretta regimazione delle acque superficiali, quali lieve contropendenza della sede stradale, canalette di raccolta, opere di tombinatura, caditoie, regimazione delle acque verso le vie di naturale deflusso.
- gli scarichi delle acque pluviali e quelle provenienti da superficie impermeabilizzate dovranno essere canalizzati naturalmente o forzatamente verso la rete principale delle acque bianche.

6.8. Controllo strumentale

- in fase esecutiva il cantiere dovrà essere dotato d'attrezzature per il monitoraggio strutturale e geotecnico, in modo tale da poter verificare la stabilità dei terreni limitrofi e soprattutto dei manufatti adiacenti, nelle condizioni attuali, durante il cantiere e nella fase d'esercizio;
- si suggerisce pertanto di definire, tramite tecnico abilitato, un accertamento tecnico preventivo sulle strutture circostanti, al fine di poter ottenere un semplice, ma efficace, riferimento per un successivo controllo delle preesistenze edilizie. Qualora lo stato di consistenza metta in evidenza un quadro fessurativo nelle edilizie circostanti,

le lesioni più significative dovranno essere oggetto di monitoraggio (ad es. tramite fessurimetri elettrici automatici);

- l'accertamento delle eventuali vibrazioni indotte dalle attività di cantiere sulle strutture circostanti potrà essere condotto mediante l'installazione di accelerometri, dimensionati in modo da garantire adeguata flessibilità e risposta nelle diverse condizioni d'impiego;
- per quanto attiene alla zona di sbancamento verso la linea ferroviaria e Via F.lli Rosselli, si suggerisce l'installazione di almeno 2 tubi inclinometrici, al fine di garantire il completo monitoraggio del cantiere durante l'intera fase esecutiva.

Art. 7- DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il tipo di documentazione geologica e geotecnica da presentare durante l'iter delle pratiche urbanistico-edilizie deve essere redatta ai sensi del D.M. LL.PP. 11.03.88 punto H (fattibilità geotecnica di opere su grandi aree) e della legge Regione Liguria n.24/1984 "*Disposizioni per lo snellimento delle procedure urbanistiche in attuazione della legge 28 Febbraio 1987, n. 47 e disciplina degli strumenti urbanistici attuativi*", seguendo le indicazioni della Circolare esplicativa legge Regione Liguria Servizio Difesa del Suolo e Servizio Strumenti Urbanistici n. 2077 del 27.04.1988.

7.1 Specifiche tecniche relative allo svolgimento delle indagini

Ferma restando la possibilità di un più consistente grado di approfondimento, gli accertamenti geologici condotti sull'area di intervento ed estesi ad un suo adeguato intorno dovranno valutare, quale standard medio di definizione delle problematiche in applicazione del D.M. LL.PP. 11.03.1988, i seguenti aspetti:

- natura, origine, potenza, caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche delle coperture sciolte, al fine di determinare le condizioni di equilibrio geomorfologico diffuse e puntuali prima di qualsiasi intervento modificatorio, prevedendone il comportamento nel tempo in rapporto agli interventi in progetto;
- natura, giacitura, assetto strutturale, stato di conservazione del substrato roccioso al fine di accertare preventivamente se e quali accorgimenti tecnici si debbano adottare prima dell'esecuzione dell'intervento al fine di non compromettere l'attuale assetto sotto il profilo geologico-geomorfologico, nonché il regime idrologico ed idrogeologico;
- problemi di equilibrio dei versanti, anche se in debole pendenza, in relazione ad interventi di qualsiasi tipo caratterizzati da scavi di significativa lunghezza se connessi con sbancamenti con fronte notevole (> 4 m), con o senza reinterro o ripristino delle condizioni morfologiche preesistenti.

Gli accertamenti geologici e geotecnici prescritti per l'area oggetto dell'intervento e per un suo intorno, ritenuto significativo, debbono contenere a livello di standard minimo:

- la documentazione cartografica di dettaglio dell'assetto geologico riferita al substrato roccioso ed alle coperture sciolte di maggior rilievo;
- la documentazione cartografica di dettaglio dell'assetto geologico complessivo, della situazione idrologica ed idrogeologica, delle caratteristiche geomeccaniche del basamento e delle condizioni geotecniche delle coperture sciolte, ricostruita con elementi desunti da rilevamenti eseguiti e/o da bibliografia, senza ricorso, quindi, a prospezioni geognostiche dirette o indirette;
- la documentazione grafica (stratigrafie, sezioni geologico-tecniche) relativa agli accertamenti nell'ambito del volume significativo del terreno interessato dalle opere, oppure spinti al substrato roccioso in posto e non alterato per una profondità non inferiore a 3 m.

Gli accertamenti dovranno essere condotti attraverso dati desunti, oltre che da spaccati naturali significativi, anche da prospezioni geognostiche dirette o indirette con saggi diretti o sondaggi meccanici e/o prospezioni geofisiche, con prove geotecniche e geomeccaniche in sito e/o in laboratorio.
La scelta del metodo o dei metodi di indagine dovrà essere adeguatamente discussa nello studio geologico, in rapporto all'effettiva estensione del volume geotecnico significativo ed ai limiti di attendibilità delle correlazioni adottate.
I parametri geotecnici e geomeccanici forniti dal consulente geologo dovranno essere adottati dal progettista per i calcoli e le verifiche:

- delle opere di sostegno e della loro compatibilità con l'assetto geomorfologico (punto D del D.M. 11.03.1988);
- delle opere di fondazione (punto C del D.M. 11.03.1988).

In tutte le analisi di stabilità dovranno essere sempre valutate le eventuali escursioni di falda.
Le verifiche di stabilità, applicate ad una o più sezioni del progetto a seconda delle caratteristiche dello stesso, dovranno essere sviluppate con calcoli ed elaborazioni specificamente applicabili ed adeguatamente discusse nella relazione geotecnica sulle indagini.

7.2 Documentazione da produrre nelle fasi di indagine

In ragione della complessità e della vulnerabilità del territorio dello S.U.A. sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrogeologico e geologico-tecnico, ad ogni fase del percorso approvativo, corrisponde di norma la seguente specifica documentazione.

Fase 1
Alla presentazione della pratica urbanistico-edilizia è necessario allegare una "**relazione geologica di fattibilità**", a firma di geologo iscritto all'ordine professionale, nella quale siano sviluppati i seguenti elementi:

- indagini geologiche finalizzate a fornire i caratteri litologici, geomorfologici, strutturali, idrologici, idrogeologici e geologico-tecnici del suolo e del sottosuolo direttamente

interessati dalla proposta progettuale, estese ad un adeguato intorno, in ragione delle peculiarità del sito e dell'incidenza dell'intervento.

- valutazioni sulla "fattibilità dell'intervento" definendo se, in ragione della specificità del comparto e del tipo di intervento, gli elementi di conoscenza raccolti, integrati con quanto derivante dagli studi geologici per il PRG, dagli studi conoscitivi per la formazione dei Piani di Bacino o altri studi eseguiti in precedenza, siano sufficienti o meno a supportare la progettazione esecutiva di quanto previsto.
- nel caso in cui, su responsabile valutazione del professionista incaricato delle indagini, lo stato delle conoscenze non sia ritenuto sufficiente allo scopo sopra richiamato, in ragione della complessità delle "problematiche geologiche" della zona e/o delle dimensioni, del tipo e dell'importanza dell'intervento, dovrà essere predisposto un "Programma delle prospezioni geognostiche", conforme al punto B4 del D.M. LL.PP. 11.03.88, atto ad integrare gli elementi necessari alla progettazione esecutiva.

Nel caso specifico il grado di approfondimento dell'indagine nella prima fase corrisponde ai contenuti del presente rapporto tecnico, con il quale si intende esaustiva la documentazione da produrre per l'approvazione dello strumento urbanistico da parte degli organi tecnici preposti. Tale elaborato presenta anche i presupposti di una relazione preliminare di fattibilità.

Fase 2

Prima del rilascio del provvedimento concessorio o comunque prima dell'avvio dei lavori, dovrà essere presentata, relativamente alle singole licenze edilizie, la "**relazione geotecnica sulle indagini**", con i contenuti prescritti dalle presenti norme, conformi al punto B5 del D.M. LL PP. 11.03.1988 e congruenti con la relazione geologica di cui alla Fase 1 ai sensi del 6° comma dello stesso punto B5. Tale documento dovrà essere sottoscritto da professionista abilitato a termini di legge.

Nella "relazione geotecnica sulle indagini"i dovranno essere sviluppati i seguenti elementi:

- conferma, completamento o eventuale rettifica delle diagnosi geologiche e delle indicazioni generali fornite nella fase 1 con la relazione geologica di fattibilità;
- la caratterizzazione geotecnica e/o geomeccanica del suolo e del sottosuolo direttamente interessati dalla proposta progettuale; tale caratterizzazione dovrà essere estesa ad un adeguato intorno, in ragione delle peculiarità geologiche del sito e dell'incidenza dell'intervento, al fine di fornire al progettista delle strutture gli elementi per la successiva e distinta progettazione esecutiva delle fondazioni, delle strutture portanti o di sostegno e delle eventuali opere di regimazione delle acque connesse all'intervento da realizzare.
- per interventi in zone urbanizzate, tra le relazioni di corredo al progetto dovrà essere incluso uno studio finalizzato alla verifica delle possibili ripercussioni dell'intervento (in corso d'opera e successivamente alla fine dei lavori), sul comportamento statico o sulla funzionalità di manufatti adiacenti. In caso positivo, dovrà essere certificata la compatibilità delle nuove opere con limiti imposti dal comportamento statico e di funzionalità dei manufatti esistenti.

Qualora in fase esecutiva emergessero problemi geologici non previsti in fase progettuale, che richiedano soluzioni tecniche diverse da quelle previste, dovrà essere presentata al Servizio competente una "**relazione geotecnica in corso d'opera**", che illustri quanto emerso e le nuove soluzioni adottate.

Fase 3
Contestualmente alla comunicazione di fine lavori, dovrà essere presentata una **"relazione geologica e geotecnica di fine lavori**", a firma congiunta del professionista incaricato delle indagini geognostiche, del progettista delle strutture e del direttore dei lavori, contenente l'attestazione della corretta esecuzione degli interventi sul suolo e nel sottosuolo, a garanzia della stabilità delle opere realizzate e di quelle preesistenti, nonché per la tutela dell'equilibrio geomorfologico e dell'assetto idrogeologico ed idraulico della zona di intervento.
Alla relazione geologica e geotecnica di fine lavori è necessario allegare, ad integrazione di quanto presentato in fase istruttoria, gli ulteriori risultati ed informazioni di carattere geognostico acquisite durante la fase esecutiva delle opere.

7.3 - Elaborati grafici da allegare alle relazioni

La documentazione da allegare alla relazione geologica, in termini di elaborati grafici e relative scale, riferite a progetti definitivi-architettonici di opere edilizie e di interventi sul suolo e nel sottosuolo è la seguente:

- elaborati di inquadramento generale, di sintesi e carte tematiche, sezioni orientate a fornire inquadramenti del terreno interessato dall'intervento nonché di un conveniente intorno alla scala 1:2000, 1:5000;
- carte geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geologico-tecniche, carta delle prospezioni geognostiche e prove in sito ed eventuali altre carte tematiche alla scala 1:1000 e 1:500;
- sezioni geologiche e/o geologico-tecniche alla scala dei progetti; in ogni caso a scala con denominatore non superiore a 500;
- stratigrafie di indagini e prove geognostiche geotecniche e/o geofisiche con denominatori di scala ritenuti congrui e comunque mai superiori a 200;
- risultati di analisi di laboratorio;
- risultanze delle analisi e delle verifiche di stabilità.

Gli elaborati grafici e documentali prodotti dovranno essere firmati da soggetto abilitato ai sensi di legge.