DOTT. ANTONIO TAGLIAFICO & DOTT. DENJS TASSISTO

G E O L O G I

COMUNE DI CHIAVARI

PROVINCIA DI GENOVA

Progetto :

Recupero con variante urbanistica dell'area Lames
Via San Rufino 29
S.U.A. B 11

Committente:

LAMES SPA

Giugno 2011

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

STUDIO DI FATTIBILITA'





Geol. Antonio Tagliafico

Geol. Denjs Tassisto

Via Privata Gastaldi 4/15, 16043 – Chiavari ÷ Piazza Nicoloso 8/11, 16036 – Recco
Tel / Segr / Fax : 0185.75606

Progetto : Recupero con variante urbanistica dell'area Lames Via San Rufino 29 - S.U.A. B 11
Località: Chiavari - GE
Committente: LAMES SPA
Elaborato: Relazione Geologica e Sismica di Fattibilità
Data: Giugno/2011

SOMMARIO

1. PREMESSA 2
2. DESCRIZIONE DELLO S.U.A. 2
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
4. QUADRO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 8
5. INDAGINI PRELIMINARI 12
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE .22
7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO 25
8. CARTA DI ANALISI 35
9. CARTA DI SINTESI E NORME DI CARATTERE GEOLOGICO 35
10. CONCLUSIONI 43

ALLEGATI

ALL. 1	Corografia, 1:5000;
ALL. 2	Carta geologico geomorfologica, 1:5000;
ALL. 3	Carta di analisi e degli accertamenti geognostici, 1:800;
ALL. 4	Sezioni geologiche interpretative, 1:400;
ALL. 5	Carta di Microzonazione sismica, 1:800;
ALL. 6	Carta di Sintesi, 1:800;
ALL. 7	Stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo;
ALL. 8	Certificati analisi e prove di laboratorio geotecnico:
ALL. 9	Diagrammi di avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche;
ALL. 10	Grafici indagine sismica.
ALL. 11	Documentazione fotografica indagini.

1. PREMESSA

I sottoscritti professionisti sono stati incaricati dalla Lames Spa di Chiavari di fornire la propria consulenza relativamente il progetto di recupero con variante urbanistica dell'area Lames Via San Rufino 29 - S.U.A. B 11.

Il presente elaborato costituisce lo Studio di Fattibilità dell'intervento e viene redatto ai sensi della normativa vigente ed in particolare secondo la *Circolare 4551/89, "Integrazione della nota-circolare 77341/8706 – 2034 del 30/07/87 relativa alla applicazione della LR 24/87, per quanto concerne le disposizioni relative alle indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici attuativi*".
In questa fase è stato improntata un'indagine preliminare volta a fornire un quadro d'insieme sugli aspetti geologici, geotecnici, geomorfologici, idrogeologici, sismici del sito.

L'area oggetto di studio è individuabile nella Carta Tecnica Regionale scala 1:5000 elemento n. 231081 "Sanguineto" (vd. Corografia allegata). Per la cartografia tematica allegata sono state utilizzate le planimetrie fornite dai Progettisti Arch. Claudio Bruni e Arch. Francesco Pallestrini di Chiavari.

Gli aspetti di compatibilità idraulica sono stati affidati allo Studio di Ingegneria Brizzolara e Sturla di Chiavari, mentre per le valutazioni strutturali preliminari sono stati incaricati gli Ingegneri Barabino e Noce di Genova.

2. DESCRIZIONE DELLO S.U.A.

Si riportano alcuni dati salienti desunti dalle Relazioni Tecniche allegate al progetto e redatte dai Progettisti Architetti Bruni e Pallestrini, alle quali si rimanda per completezza.

Il progetto di variante nasce dalla necessità di ampliamento e trasferimento dello stabilimento produttivo, attualmente insediato nell'area di Via San Rufino n. 29 in Chiavari, la cui ricollocazione avverrà nell'area di Località Quartaie nel Comune di Cicagna (GE).

La riconversione dello stabilimento industriale comporta la variante urbanistica dell'area (denominata B9 nel vigente Piano Regolatore) in uno S.U.A. di iniziativa privata con cambio di destinazione d'uso delle aree in residenziali (nuova denominazione S.U.A. B 11).

La nuova distribuzione dei volumi prevede due distinte localizzazioni abitative: nella porzione più a sud è progettato il fabbricato destinato agli alloggi pubblici con posti auto pertinenziali al piano terreno su pilotis e verde pubblico; nella parte più a nord è stato collocato l'insediamento privato caratterizzato da uno sviluppo in altezza per lasciare più spazio possibile alle aree verdi circostanti. Si tratta di un insieme di tre corpi di fabbrica con altezze diverse e con quello centrale sensibilmente più elevato.

I tre corpi sono adiacenti ed ortogonalmente compenetrati due a due ed appoggiati al terreno attraverso un piano pilotis seminterrato e tamponato da verde perimetrale e da una struttura radiale a copertura della parte sporgente della base rispetto all'elevato. Il piano seminterrato contiene gli ingressi della parte abitativa, box, posti auto ed alcuni locali con funzioni tecnico/impiantistiche. Corsie e rampe di acceso poste sulla viabilità posteriore consentono l'accesso veicolare a questo piano ed a quello sottostante interrato destinato ancora a parcheggio.

Si prevede la possibilità, per meglio soddisfare le esigenze abitative, di realizzare un altro piano box interrato (eventualmente parziale) ad un livello ancora inferiore e con accesso sempre dalla viabilità retrostante gli edifici.

Alcuni dati dimensionali riportati a fine descrittivo:

SUPERFICIE LOTTO STRUMENTO URBANISTICO ATTUATIVO = 20.565 MQ

STATO ATTUALE

VOLUMETRIA FABBRICATO INDUSTRIALE CIRCA 99.500 MC
SUPERFICIE COPERTA DA CAPANNONI CIRCA 12.200 MQ
SUPERFICIE PERMEABILE ATTUALE CIRCA 1.100 MQ

VARIANTE

NUMERO DI UNITA' ABITATIVE PREVISTE IN E.R.P. = 31
VOLUMETRIA PREVISTA EDILIZIA PRIVATA 74.699,89 MC
VOLUMETRIA PREVISTA IN E.R.P. 6.994,42 MC
SUPERFICIE OCCUPATA NEL SOTTOSUOLO (Ro) = 9.199,13 MQ
SUPERFICIE PERMEABILE 5.799,09 MQ

EDILIZIA PRIVATA

SUPERFICIE PARCHEGGIO/BOX EDILIZIA PRIVATA = 9.338,80 MQ
con ulteriore possibilità di realizzare un ulteriore parcheggio interrato
SUPERFICIE PARCHEGGI ESTERNI = 157,86 MQ
NUMERO POSTI AUTO PIANO PILOTIS = 107
NUMERO POSTI AUTO/BOX PIANO BOX = 196
NUMERO POSTI AUTO ESTERNI = 8

EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA

SUPERFICIE PIANO PILOTIS E.R.P.= 869,07 MQ
NUMERO POSTI AUTO PIANO PILOTIS = 31
NUMERO POSTI AUTO ESTERNI = 35

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le normative di settore cui si fa riferimento per la redazione degli studi geologici a corredo del progetto di SUA sono elencate nel seguito:

- DM 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare n.617 del 02/02/2009, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.
- DGR 1308/2008, Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- DGR 1362/2010, “D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.”
- DGR 471/2010 “*Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale.”*
- L.R. 24/87 *“Disposizioni per lo snellimento delle procedure urbanistiche in attuazione della legge 28 febbraio 1985 n. 47 e disciplina degli strumenti urbanistici attuativi”.*
- Circolare 4551/89, “Integrazione della nota-circolare 77341/8706 – 2034 del 30/07/87 relativa alla applicazione della LR 24/87, per quanto concerne le disposizioni relative alle indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici attuativi”.
- Pianificazione di Bacino (DL 180/98 – Ambito Regionale 16)
- PRG Comunale (Norme geologiche/Destefanis1993)

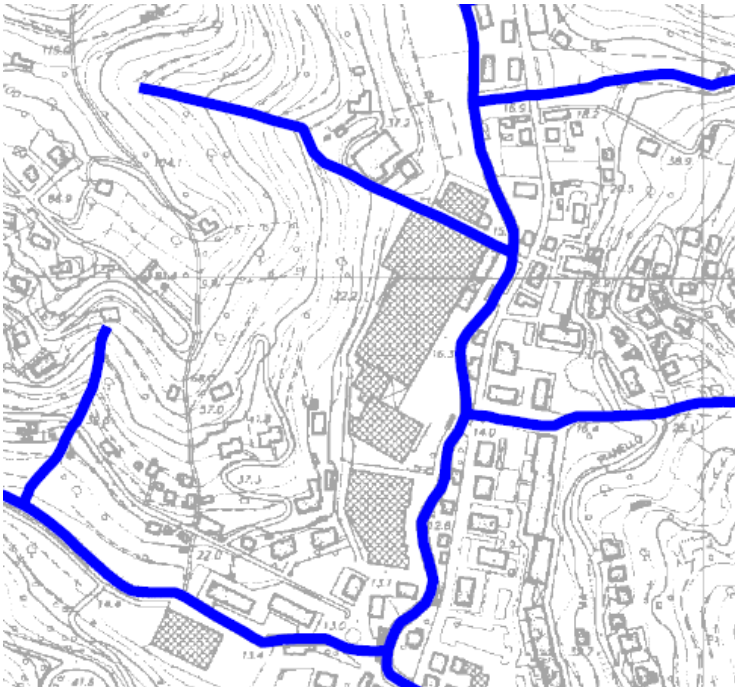
- Dlgs 152/2006, “Norme in materia ambientale” e s.m.i.i.
- D.Lgs. 16 /01/2008, n. 4 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”.
- DGR 859/2008 “Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo”.

Tutti gli adempimenti necessari di indagine secondo le norme citate sono stati esaustivamente trattati nei successivi paragrafi della relazione, tranne per quanto riguarda gli aspetti “ambientali” (Dlgs 152/2006 e terre e rocce da scavo) che saranno ampiamente affrontati nella Relazione di Indagine Ambientale Preliminare (in corso di redazione).

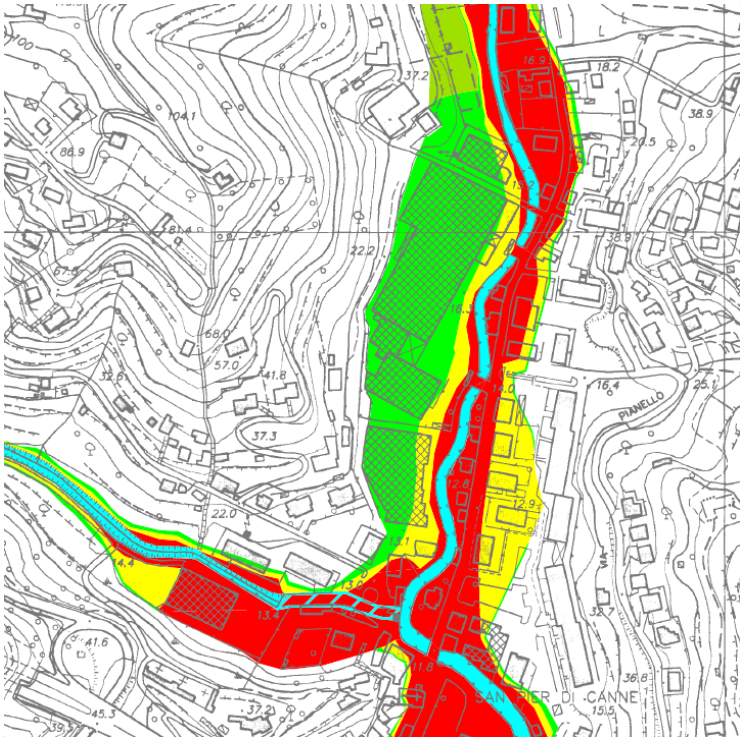
Sulla base delle definizioni della Circolare 4551/89 lo studio ha preso in esame gli aspetti collegati ad un SUA di “Tipo AP” – terreni interamente di pianura. In particolare la *Carta di Sintesi* riporta la zonizzazione geologico-tecnica a cui è associata la relativa normativa geologica.

In riferimento ai possibili vincoli esistenti di ambito geologico, si ricorda che sul territorio interessato dall’intervento vige il *Piano di Bacino - D.L. 180/98 - Ambito Regionale 16*, dalla cui cartografia tematica emerge quanto segue:

a) CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO E DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA: tutti i corsi d’acqua presenti nella zona sono classificati come *significativi*.



b) CARTA DELLE FASCE FLUVIALI: il Torrente Rupinaro risulta studiato mediante verifiche idrauliche con individuazione delle fasce inondabili, secondo cui l’area di intervento ricade nelle Fasce B (T=200 anni) e C (T=500 anni).



c) CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: il sito è censito per la quasi totalità in zona a suscettività molto bassa PG0, con locali situazioni variabili sino a PG3a alla base del versante.



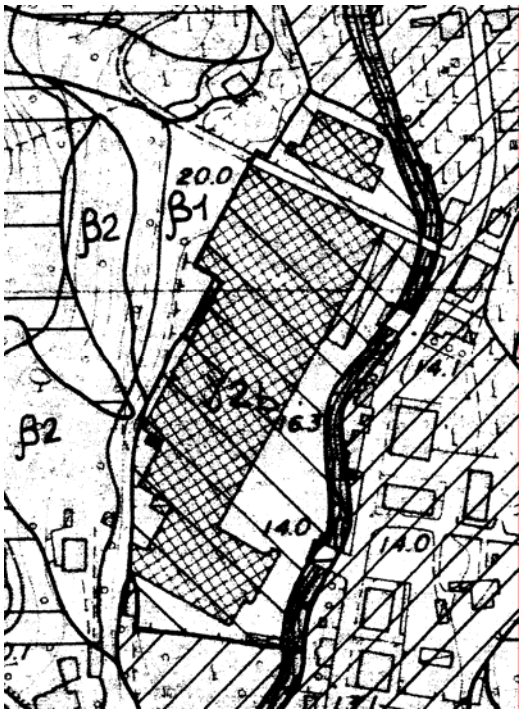
Ciò premesso per quanto ai punti a) e b) ovvero per l'analisi della compatibilità sotto il profilo idraulico delle opere a progetto si rimanda allo "Studio Brizzolara e Sturla Ingegneri Associati" di Chiavari appositamente incaricato.

Per quanto riguarda il punto c) le opere previste sono compatibili con le tipologie ammesse nelle classi di suscettività al dissesto individuate nell'area, senza bisogno di parere da parte della Provincia.

Relativamente il *Vincolo Idrogeologico*, come risulta dall'apposita carta delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico (R.D. n. 3267/1923) (fonte: Provincia di Genova, perimetrazione ufficiale e vigente - variante sostanziale sul vincolo idrogeologico adottata con D.G.P. 204 del 19/10/2010, entrata in vigore il 15/12/2010 in regime di salvaguardia rispetto alla normativa precedentemente vigente), l'area di intervento non ricade in zona sottoposta a tutela.

Infine la normativa geologica comunale è rappresentata dallo studio a corredo del PRG (Destefanis 1993) contenente la zonizzazione e la normativa di attuazione. In riferimento a questo studio si segnala che l'areale di proprietà interessa le seguenti zone così definite:

- ✓ Beta 1 (β1): Aree con suscettività d'uso condizionate
  Con condizionamenti di ordine geologico eliminabili con interventi di piccola e media difficoltà ed onerosità;
- ✓ Gamma 2b (γ2b): Aree speciali
  Aree ad urbanizzazione compatta (o altrimenti impegnate) e/o interdette con problemi geologico-geotecnici strettamente connessi alle preesistenze edilizie in zone interessate da alluvioni.



Estratto Carta di Zonizzazione e suscettività d'uso del territorio (Indagine Geologiche PRG Chiavari)

Le indagini geologico-tecniche eseguite in questa fase (fase di fattibilità) rispondono alle norme geologiche di attuazione per le aree di suscettività individuate per interventi "rilevanti", come nel caso in esame.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica del sito la Regione Liguria ha approvato la D.G.R. n. 1362 del 19.11.2010 (che aggiorna la precedente DGR 1308/2008), secondo la quale il Comune di Chiavari è classificato in zona sismica 3.

A tal proposito lo studio è stato svolto in conformità della DGR 471/2010, che dispone studi di microzonazione sismica di Livello 2 a corredo degli strumenti urbanistici, ed ai sensi delle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14.01.2008). Si è redatta pertanto la Carta di Microzonazione sismica per la descrizione della quale si rimanda all'apposito paragrafo 7.

Infine per quanto attiene il Dlgs 152/2006 e s.m.i.i, si ribadisce che trattandosi di sito industriale con mutamento d'uso a residenziale, è stata preliminarmente verificata la qualità delle matrici ambientali (suolo e acqua) nei confronti delle potenziali fonti di inquinamento derivanti dalle attività svolte fin dal passato nello stabilimento.

Poiché lo S.U.A. prevede il mutamento d'uso da destinazione industriale a residenziale, occorre eseguire una indagine ambientale preliminare ricercando, sulla base delle informazioni reperibili circa le lavorazioni effettuate nel sito, i parametri connessi ad un potenziale inquinamento e controllare che il livello delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC, allegato 5 al Titolo V della parte quarta del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.) sia compatibile con i limiti dettati dalle norme per la destinazione d'uso prevista.

Tale fase di studio convergerà nella *Relazione di indagine ambientale preliminare*, dove saranno descritte le indagini ed analisi eseguite sui campioni di suolo e acqua di falda dallo Studio Chemilab di Chiavari e LGT di Massa, i cui risultati saranno esaminati in riferimento alla nuova destinazione d'uso e nei riguardi dell'utilizzo delle terre e rocce da scavo.

Per questi aspetti la normativa regionale di riferimento è rappresentata dalla DGR n.859/2008 "*Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo*". Tali criteri si applicano a opere e interventi pubblici e privati che prevedano la produzione e l'utilizzo di terre e rocce da scavo secondo quanto indicato dall'art. 186 del titolo I della parte quarta del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 " Norme in materia ambientale" corretto ed integrato dal D.Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norma in materia ambientale".

Le volumetrie occupate nel sottosuolo saranno di diverse migliaia di metri cubi e produrranno in fase di realizzazione terreni di risulta in volumetrie ancora maggiori ("volume bulking") di cui si prevede il parziale riutilizzo; in questi casi la norma prevede la redazione di un apposito studio progettuale composto da un "progetto di produzione" e "progetto di utilizzo", nonché apposito piano scavi.

Secondo le definizioni normative l'area oggetto di studio rientra tra i *Siti di produzione interessati da attività potenzialmente contaminanti: aree in cui le condizioni di uso attuale o pregresso possono aver prodotto la contaminazione delle matrici acqua, suolo o sottosuolo.*

La verifica del rispetto delle condizioni per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo deve essere garantita preliminarmente alla realizzazione degli scavi stessi. L'accertamento della qualità dei materiali di scavo mediante indagine ambientale sul sito di produzione è sempre da prevedersi qualora gli usi, anche pregressi, del sito di produzione siano tali da ritenere possibile la

contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque, e/o le caratteristiche chimico fisiche del substrato e delle coperture naturali del sito di produzione siano tali da generare rischi per la salute dell'uomo e/o alterare negativamente la qualità delle matrici ambientali interessate con riferimento al sito di utilizzo.

Già dalla fase preliminare dello studio geologico, nella programmazione delle indagini si è previsto quindi di eseguire alcuni carotaggi sia di tipo geognostico-geotecnico che ambientale. (vd. Paragrafo 5).

La scelta della quantità dei punti di indagine è stata effettuata in base alle indicazioni della DGR 859/2008, che prescrive un numero preciso di carotaggi in rapporto all'estensione dell'area e secondo il seguente schema :

Dimensione dell'area	Punti di verifica
Inferiore a 2.500 mq	3
Tra 2.500 mq e 10.000 mq	3 + 1 ogni 2.500 mq eccedenti
Oltre i 10.000 mq	4 + 1 ogni 5.000 mq eccedenti

Nel caso in esame, poiché l'area del sito è pari a 20.600 mq, sono stati necessari n. 7 (4 + 3) punti di verifica. I campioni sono stati prelevati in cassetta durante le perforazioni e sottoposti a analisi chimiche (serie metalli, IPA, PCB, BTEX, cianuri, idrocarburi leggeri e pesanti) dallo Studio Chemilab di Chiavari e dal Laboratorio Geotecnico Toscano di Massa per quanto riguarda l'amianto totale.

Alcuni punti di campionamento sono stati ubicati in prossimità di potenziali fonti di contaminazione (in base alle informazioni reperite), ed allo stesso tempo si è cercato di distribuirli in modo da indagare tutta l'area, compatibilmente con il ritmo costante delle lavorazioni, l'organizzazione logistica interna, le misure di sicurezza, etc., che hanno condizionato il posizionamento delle indagini, soprattutto all'interno del capannone industriale.

4. QUADRO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area oggetto dell'intervento è situata in sponda destra del Torrente Rupinaro, in corrispondenza dei depositi terrazzati della ristretta piana alluvionale, estesa ai lati del corso d'acqua.

L'area si distingue per l'intensa antropizzazione e si colloca al margine Nord-occidentale dell'abitato di Chiavari, poco più a valle del confine con il Comune di Leivi. L'intero complesso industriale si è sviluppato in diversi lotti di costruzione che si sono succeduti nel tempo.

Il corpo settentrionale e quello centrale del capannone sono costituiti da strutture poste in elevazione fuori terra: qui è concentrata la produzione industriale e sono localizzati i vari uffici. In fregio al fabbricato sorge un ampio piazzale adibito a parcheggio e area per lo scarico e carico delle merci.

Il corpo meridionale è posto invece ad una quota inferiore rispetto al resto dello stabilimento con un piano seminterrato adibito mensa, cucine e spogliatoi, mentre il piano superiore, allo stesso livello del piazzale principale, è adibito a magazzino merci.

Alla base del versante è presente lungo tutta l'area una sistemazione mediante muri di sostegno che sostengono la sovrastante viabilità. I muri sono costruiti in cls e di altezza variabile (massima dell'ordine dei 5-6 metri) ed in alcuni punti divisi in modo da formare un terrazzamento intermedio.

Dal punto di vista geologico in questo settore sono presenti litotipi appartenenti alla "Formazione della Val Lavagna" costituita da scisti argillosi manganesiferi con intercalazioni di silicoclastiti fini, argilliti scistose, più o meno siltose, o marnoso-ardesiache e rari livelli sottili di arenarie e calcareniti fini.

Il substrato è stato osservato in affioramento lungo la strada privata a monte in corrispondenza di un taglio stradale, ed alla base del muro di contenimento sul confine meridionale del lotto (zona cucine). La scistosità mostra giaciture con immersione verso i quadranti occidentali ed inclinazione medie ed è quindi disposta a traverpoggio rispetto all'orientazione del versante.

In corrispondenza di due carotaggi eseguiti in questa fase sono state rinvenuti al di sotto dei depositi alluvionali litotipi di composizione prevalentemente marnosa-ardesiaca di colore nero, verosimilmente appartenenti al Membro delle Ardesie di M. Verzi.

Sulla base di quanto osservato con i sondaggi, il substrato si approfondisce verso l'asse del Torrente oltre 16 metri di profondità al di sotto dei depositi alluvionali (vedi sondaggio S3).

Dal punto di vista tettonico-strutturale nell'area si rileva una mega anticlinale coricata (vergenza NE, direzione media dell'asse NW-SE), con le Argille a palombini al nucleo nel settore tra i torrenti Rupinaro ed Entella e con gli argilloscisti della Val Lavagna, in serie normale sul Rupinaro ed in serie rovesciata su entrambi i versanti del torrente Entella. Nel tratto occidentale è invece presente in sovrapposizione la placca dei calcari del M. Antola.

Per quanto riguarda la tettonica di tipo fragile, è da evidenziare come questa influenzi l'assetto orografico e l'impostazione del reticolo. Le principali lineazioni hanno orientamento N-S, NNW-SSE, NW-SE, E-W. Le prime sono da ricondurre al periodo Miocene medio-superiore, le ultime invece sono il risultato di fenomeni tettonici recenti, realizzatisi nel quaternario e che hanno condizionato l'evoluzione morfologica dell'Appennino.

Il T. Rupinaro è impostato lungo tratti rettilinei N-S rigettati da lineazioni dirette NW-SE su cui si sono impostati anche il rio Campodonico ed il rio signifcativo che scorre a nord dello stabilimento.

Le coperture sciolte presenti, si possono raggruppare in tre distinte tipologie:

- terreni di riporto
- coltre eluvio – colluviale
- depositi alluvionali

Terreni di riporto

Ricoprono praticamente tutta la parte più superficiale dell'area e sono composti da terreni di granulometria e composizione eterogenea e spessori variabili.

Sono prevalentemente costituiti da terreni di risulta abbancati in passato per ricavare l'area di sedime del capannone industriale e da terreni di sottofondo delle varie pavimentazioni esterne e interne.

Gli spessori aumentano procedendo dalla base del pendio verso l'asta del Torrente Rupinaro, con potenze massime dell'ordine di 4-5 metri in corrispondenza del muro d'argine.

I comparti settentrionale e centrale dell'area risultano sopraelevati di circa 3,5 metri rispetto a quello più meridionale e presentano di conseguenza i riporti con maggior spessore.

Coltre eluvio-colluviale

Deriva essenzialmente dall'alterazione in posto del substrato argillitico e marnoso (eluvio), in parte rimosso e mobilizzato dall'azione delle acque e deposto nelle zone più depresse (colluvio).

Le coltri presentano sempre uno scheletro detritico eterometrico, ma generalmente minuto e poco elaborato, con clasti o scaglie a spigoli vivi. La matrice, percentualmente variabile, risulta di composizione limo-sabbiosa-argillosa debolmente coesiva.

Le coltri si rinvengono alla base del pendio e presentano spessori massimi dell'ordine dei 6 metri nel comparto nord-occidentale. Procedendo verso il corso d'acqua le coltri si assottigliano rapidamente per passare ai depositi alluvionali con cui si mescolano e si interdigitano .

Depositi alluvionali

I depositi alluvionali iniziano a comparire poco più a valle della zona pedemontana e aumentano gradualmente di spessore verso l'alveo del torrente Rupinaro.

Negli orizzonti superficiali sono costituiti da terreni con granulometria fine, coesivi e di composizione prevalentemente limo-argillosa, frammisti alla coltre detritica di versante in prossimità dei settori basali del versante. Si ritrovano immediatamente al di sotto dei terreni di riporto e raggiungono uno spessore di circa sei metri in corrispondenza del lato orientale del capannone (vedi sondaggio S3).

Al di sotto si rinvengono ghiaie in matrice limo-sabbiosa, che nei livelli più profondi aumentano di granulometria, con clasti sensibilmente più arrotondati.

Dal punto di vista idrogeologico, il basamento roccioso si può considerare praticamente impermeabile in condizioni di integrità, con infiltrazione e circolazione idrica marginale, e comunque sempre localizzata in relazione alla frequenza, alla disposizione delle discontinuità presenti nell'ammasso ed al suo grado di alterazione.

Si stima per le coltri una permeabilità medio-bassa, variabile in funzione della percentuale di contenuto di matrice fine.

I depositi alluvionali grossolani sono generalmente caratterizzati da una permeabilità medio-alta e un buon drenaggio, mentre i depositi alluvionali fini presentano un grado di permeabilità molto basso.

Su tutta l'area di intervento è stata riscontrata la presenza di una falda acquifera i cui livelli piezometrici sono stati misurati tramite una serie di piezometri a tubo aperto.

Nel periodo monitorato i livelli di falda hanno mostrato differenti quote in relazione alla posizione rispetto al versante: le soggiacenze sono minori nella zona pedemontana e aumentano in direzione dell'asse del torrente Rupinaro.

Alla luce delle prime misure piezometriche effettuate dal 03/06/11 al 15/06/11 le direzioni di deflusso della falda sono dirette dal versante verso l'asse del corso d'acqua.

L'acquifero è di tipo alluvionale nastriforme, esteso trasversalmente alla valle (in senso E-O) e si chiude alla base dei versanti contro il substrato roccioso ivi affiorante o subaffiorante.

L'acquifero è limitato inferiormente dal substrato roccioso integro e risulta in falda libera all'interno delle coltri eluvio-colluviali alla base del versante. Verso il centro della piana occupata dal SUA, il serbatoio è costituito dai terreni alluvionali ghiaiosi. Qui l'acquifero diventa di tipo confinato o semiconfinato, in leggera pressione, in quanto limitato superiormente dal livello di sedimenti alluvionali fini limo-argillosi quasi impermeabili.

Il torrente Rupinaro rappresenta la principale via di deflusso superficiale presente nell'area. Nasce dalle pendici del crestone di Costa Lunga ed ha una lunghezza d'asta di 5,9 km. Il principale affluente è il Rio Campodonico, che confluisce nel Rupinaro in sponda sinistra poco più a valle dell'area in oggetto.

Quest'ultimo tratto del corso d'acqua si distingue per l'intensa antropizzazione, dovendo attraversare l'abitato di Chiavari per raggiungere lo sbocco a mare.

L'alveo è canalizzato per l'intero tratto terminale e presenta un andamento debolmente sinuoso nella zona della Lames, per assumere quindi un andamento decisamente rettilineo fino alla foce.

La sezione d'alveo è di forma rettangolare, regolare, di circa 9 m d'ampiezza. Gli argini sono continui su entrambi i lati, più rialzati in sponda destra in corrispondenza dello stabilimento. Sono prevalentemente costruiti in pietrame e malta ed in discreto stato di conservazione, a parte localizzati distacchi di conci lapidei.

In questo tratto il fondo dell'alveo del torrente risulta plateato con una soletta in cls, con scarsi accumuli di depositi alluvionali grossolani sul fondo.

Immediatamente a monte dello stabilimento è presente un rio significativo, affluente in sponda destra del Rupinaro, completamente tombinato fino alla confluenza.

Tutte le acque provenienti dalle superfici impermeabilizzate sono regimate tramite un sistema di tubazioni interrate che recapitano direttamente nel Torrente Rupinaro.

5. INDAGINI PRELIMINARI

In relazione all'importanza, alla destinazione d'uso e alle dimensioni dell'intervento sono state eseguite, in questa fase di fattibilità, una serie di indagini dirette e indirette finalizzate a determinare preliminarmente la sequenza litostratigrafia, l'andamento del substrato roccioso e il suo stato di conservazione, a delimitare settori a comportamento geotecnico e sismico omogeneo, e a definire i livelli di falda, nel rispetto delle normative vigenti (geologiche s.l. e sismiche), con particolare riferimento alla citata Circ. Reg. 4551/89.

La campagna di indagine ha previsto nell'ordine:

- n. 7 Sondaggi a carotaggio continuo di tipo geognostico-ambientale corredati da:
  - prelievo di campioni di sottosuolo a vari livelli per le analisi chimiche di laboratorio;
  - prove SPT in foro;
  - prelievo di n. 6 campioni rimaneggiati per analisi granulometrica dei terreni;
  - prelievo di n. 3 campioni indisturbati per le prove di laboratorio geotecnico;
  - installazione di piezometri a tubo aperto in tutti i fori di sondaggio per il monitoraggio dei livelli di falda e il prelievo di campioni di acqua da analizzare in laboratorio chimico.

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche del tipo standardizzato DPL030 e installazione di canne piezometriche in tutti i fori di sondaggio;

- indagine sismica comprendente n. 4 profili MASW ed una serie di misure HVSR.

Per l'ubicazione si rimanda alla *Carta di Analisi e degli accertamenti geognostici* allegata (ALL.3).

5.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati denominati con le sigle da S1a S7 e la loro posizione è riportata nella Carta di Analisi (ALL.3).

I lavori di perforazione sono stati eseguiti dalla Geotirreno con sede Massa, nel periodo dal 2 al 5 giugno 2011, utilizzando una sonda cingolata modello JOY 3 HYDRA.

Le perforazioni sono stata effettuate a carotaggio continuo utilizzando carotieri semplici con corone a denti di widia di diametro 101 mm e camicia di rivestimento provvisoria del diametro 178 mm. Per le prime manovre nei livelli superficiali il carotaggio è stato eseguito direttamente con la corona ed i tubi del rivestimento provvisorio.

Poiché i carotaggi hanno anche una valenza ambientale oltre che geognostica-geotecnica, le perforazioni sono state eseguite procedendo a secco ed a velocità ridotta in maniera da non surriscaldare il materiale prelevato e le corone. Nei carotaggi più profondi è stata utilizzata acqua di perforazione solo a partire dalla profondità di 9 m per rivestire il foro e durante l'uso del carotiere doppio in roccia.

Dopo ogni manovra di estrazione del carotiere l'impresa appaltatrice dei sondaggi ha provveduto alla decontaminazione degli utensili di perforazione attraverso getti di acqua in pressione in un area sufficientemente distante dalla zona di prelievo ed in maniera da evitare la diffusione di

eventuale inquinamento.

L'estrusione del materiale carotato è avvenuto sempre senza l'utilizzo di fluidi e riposto in apposite cassette catalogatrici da 5 m in plastica. Una volta ultimata una cassetta da 5 m di carotaggio si è provveduto alla documentazione fotografica; ciascuna cassetta è stata fotografata e si è proceduto al campionamento ambientale. Le cassette sono conservate presso lo stabilimento Lames.

In corrispondenza dei fori di sondaggio state eseguite diverse prove SPT e sono stati prelevati n. 3 campioni indisturbati e n. 6 campioni rimaneggiati per le analisi e prove geotecniche di laboratorio.

In allegato sono riportate le stratigrafie dettagliate (ALL.7) di ciascun sondaggio con l'indicazione di tutti i dati relativi alle operazioni di perforazione; è inoltre riportata la documentazione fotografica delle postazioni di ciascun sondaggio e delle relative carote nelle cassette catalogatrici (ALL.11).

Per la descrizione granulometrica dei materiali carotati e deposti in cassetta è stato fatto riferimento alle classi granulometriche ed ai criteri di identificazione speditivi di cantiere riportati nelle Raccomandazioni AGI (1977).

Per facilitare la consultazione, nelle tabelle seguenti sono riportati in forma semplificata i principali livelli stratigrafici individuati in ciascun sondaggio, con le rispettive profondità dal piano di campagna ed i valori di N_{SPT} dei livelli testati.

Sigla sondaggio	***Profondità (m) da p.c.***	***Descrizione terreno***	***SPT***	
			Profondità (m)	***N_{SPT}***
S1 *Prof. raggiunta –6.00 m da p.c.*	0.00 – 0.20	*Soletta calcestruzzo*		
	0.20 – 1.65	*Terreni di riporto e coltre eluvio-colluviale* costituiti da limo-argilloso con breccia lapidea argillitica		
	1.65 – 6.00	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso* (Argilliti di Val Lavagna)	1.65 – 1.95	85

Sigla sondaggio	***Profondità (m) da p.c.***	***Descrizione terreno***	***SPT***	
			Profondità (m)	***N_{SPT}***
S2 *Prof. raggiunta –6.00 m da p.c.*	0.00 – 0.10	*Pavimentazione e soletta cls*		
	0.10 – 0.80	*Terreni di riporto*		
	0.80 – 5.80	*Coltre eluvio-colluviale* composta da limo argilloso con breccia lapidea argillitica	1.15 – 1.45 2.15 – 2.45 5.15 – 5.45	11 17 32
	5.80 – 6.00	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso (Argilliti di Val Lavagna/Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S3	0.00 – 0.10	*Pavimentazione stradale*		
	0.10 – 2.40	*Terreni di riporto*	1.65 – 1.95	9
	2.40 – 8.20	*Depositi alluvionali fini* costituiti da limi argillosi	3.15 – 3.45	4
Prof. raggiunta –19.00 m da p.c.	8.20 – 16.60	*Depositi alluvionali grossolani* composti prevalentemente da ghiaie limo-sabbiose	9.15 – 9.45 13.15 – 13.45	16 31
	16.60 – 19.00	*Substrato roccioso (Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S4	0.00 – 0.10	*Pavimentazione e soletta cls*		
	0.10 – 4.30	*Terreni di riporto*		
Prof. raggiunta –8.00 m da p.c.	4.30 – 8.00	*Depositi alluvionali grossolani* composti prevalentemente da ghiaie limo-sabbiose		

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S5	0.00 – 0.10	*Pavimentazione stradale*		
	0.10 – 2.55	*Terreni di riporto*	1.65 – 1.95	3
	2.55 – 8.90	*Depositi alluvionali fini* costituiti prevalentemente da limi argillosi	3.15 – 3.45	10
Prof. raggiunta –18.00 m da p.c.	8.90 – 14.60	*Depositi alluvionali grossolani* composti da ghiaie limo-sabbiose	9.15 – 9.45 10.65 – 10.95 12.15 – 12.45	24 20 27
	14.60 – 15.70	*Coltre eluvio-colluviale* composta da limo argilloso e breccia lapidea argillitica		
	15.70 – 16.50	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso*		
	16.50 – 18.00	*Substrato roccioso (Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S6 *Prof. raggiunta –9.00 m da p.c.*	0.00 – 0.20	*Soletta calcestruzzo*		
	0.20 – 1.80	*Terreni di riporto*		
	1.80 – 5.50	*Depositi alluvionali fini frammisti alla coltre detritica* e costituiti da limi argillosi con breccia lapidea		
	5.50 – 7.60	*Coltre eluvio-colluviale* composta da limo argilloso e breccia lapidea argillitica		
	7.60 – 8.70	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso*		
	8.70 – 9.00	*Substrato roccioso (Argilliti di Val Lavagna/Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S7 *Prof. raggiunta –9.00 m da p.c.*	0.00 – 0.10	*Pavimentazione stradale*		
	0.10 – 3.10	*Terreni di riporto*		
	3.10 – 8.50	*Depositi alluvionali fini* costituiti prevalentemente da limi argillosi		
	8.50 – 9.00	*Depositi alluvionali grossolani* composti da ghiaie limo-sabbiose		

5.2. Prove penetrometriche dinamiche

Si è scelto di eseguire n. 4 prove penetrometriche dinamiche (ALL.9) con un'attrezzatura dinamica medio-leggera del tipo standardizzato "DL030" di fabbricazione tecnotest (modello TP 223/S).

Le prove sono state tutte effettuate previa esecuzione di prefori con martello pneumatico per demolire le pavimentazioni che altrimenti ne avrebbero impedito l'esecuzione. La prova consiste nell'infissione di una punta conica a perdere, di area standard pari a 10 cm2, attraverso una batteria di aste che riceve l'energizzazione tramite l'impatto di un maglio di 30 Kg che cade ripetutamente da un'altezza di 20 cm.

Il conteggio del numero di colpi necessario per l'avanzamento di un tratto di 10 cm, in condizioni di assenza di attrito laterale (controllato tramite la periodica rotazione delle aste), permette una stima della stratigrafia del terreno attraversato e delle sue caratteristiche di resistenza al taglio in funzione delle correlazioni con la prova standard SPT (Standard Penetration Test).

I test sono stati denominati con le sigle progressive da P1 a P4 e sono state ubicate come da planimetria allegata (*Carta di analisi*, ALL. 3).

I diagrammi penetrometrici indicano il numero di colpi N_{10} per ogni infissione di 10 cm ed i valori corrispondenti della resistenza dinamica alla punta Rpd.

Quest'ultimo valore, Rpd, è ottenuto con una formula empirica detta "degli olandesi" ed è un parametro caratteristico che può essere utile per confrontare attrezzatura strumentale differente, per correlazioni con la resistenza alla punta del penetrometro statico o anche per valutazioni preliminari del carico ammissibile del terreno. La formula analitica per ricavare la resistenza dinamica alla punta è la seguente:

$$R_{pd} = \frac{M^2 H \ N_{30}}{A \, h \, (M + P)}$$

dove: M = peso del maglio (30kg)
H = altezza di caduta di M (20 cm)
A = sezione della punta conica (10 cm2)
h = passo d'infissione (10 cm)
N = n° colpi per un approfondimento di 10 cm
P = massa dei componenti battuti

Le profondità riportate nel diagrammi penetrometrici si riferiscono alla quota locale delle pavimentazioni.

Le prove P1-P2-P4 sono state condotte fino al raggiungimento del rifiuto strumentale, intendendo con termine che il maglio rimbalza ripetutamente sulla testa incudine senza produrre alcun avanzamento significativo con un numero di colpi registrato maggiore di 100, a causa del rinvenimento del substrato roccioso o di un livello con clasti lapidei particolarmente grossolani.

Negli schemi seguenti, sono riportati i risultati delle prove penetrometriche e la loro interpretazione stratigrafica, effettuata anche sulla base delle conoscenze acquisite con i carotaggi eseguiti:

P1:
0.00 ÷ 0,30 m: preforo
0.30 ÷ 5.00 m : terreni a comportamento coesivo assimilabili ai depositi alluvionali fini rinvenuti con i carotaggi e resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 4
5.00 ÷ 8.70 m : terreni a comportamento prevalentemente granulare che si possono ascrivere ai alluvionali ghiaiosi individuati nei carotaggi alle stesse quote assolute. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 14
8.70: rifiuto strumentale dovuto probabilmente al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

P2*:*
0.00 ÷ 0,40 m: preforo
0.40 ÷ 0.70 m : terreni di riporto grossolani
0.70 ÷ 3.60 m : terreni a comportamento misto granulare / coesivo che si possono interpretare come coltre detritica di pendio.
Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 9
3.60 ÷ 4.00 m : probabile cappellaccio di alterazione del substrato roccioso e rifiuto strumentale

***P3**:*
0.00 ÷ 0,60 m: preforo e terreno grossolano di riporto
0.60 ÷ 7.10 m : terreni a comportamento misto coesivo/granulare assimilabili ai depositi alluvionali fini con contenuto di ghiaia o breccia minuta rinvenuti con i carotaggi (in particolare S6) con resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 6
7.10 ÷ 10.0 m : terreni a comportamento granulare che si possono assimilare agli orizzonti alluvionali ghiaiosi. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 15

***P4**:*
0.00 ÷ 0,50 m: preforo
0.50 ÷ 1.10 m : terreni di riporto grossolani
1.10 ÷ 2.70 m : terreni a comportamento prevalentemente coesivo assimilabili ai depositi alluvionali fini rinvenuti con i carotaggi con resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 5
2.70 ÷ 6.70 m : terreni a comportamento prevalentemente granulare che si possono ascrivere alla coltre detritica di pendio. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} =11
6.70 ÷ 7.30 m : probabile cappellaccio di alterazione del substrato roccioso e rifiuto strumentale.

I valori di N_{DL30} calcolati possono essere poi correlati con il parametro N_{SPT} della prova penetrometrica standard SPT, attraverso varie formulazioni. In particolare, al fine di determinare l'angolo di resistenza al taglio dei terreni attraversati in via preliminare, si è fatto riferimento alle correlazioni ricavate con misure sperimentali da Vanelli & Benassi (1983), secondo cui mediamente si può porre: $N_{DL30} \approx N_{SPT}$. (vd. Paragrafo 6).

5.3. Misure piezometriche

All'interno di tutti i fori di sondaggio sono state installate tubazioni piezometriche a tubo aperto, del diametro di 3" o 4" e lunghezza variabile, secondo gli schemi riportati nelle schede di sondaggio allegate.

Nell'intercapedine tra la tubazione microfessurata e le pareti del foro è stato inserito un filtro di ghiaia. Alla base dei tratti ciechi il piezometro è stato isolato con bentonite, mentre la testa del tubo è stata cementata e protetta con un chiusino carrabile. Per un più ampio controllo della falda su tutta l'area, sono state installate nei fori delle prove penetrometriche canne piezometriche fessurate del diametro di 16 mm.

Nella tabella seguente sono riportate le soggiacente piezometriche in metri rispetto al p.c.

Piezometro	***Diametro***	***04.6.2011***	***05.06.11***	***08.06.11***	***10.06.11***	***11.06.11***	***15.06.11***
S1	3"	-3.35	-3.48	-3.16	-3.20	-3.10	-3.24
S2	4"	-0.46	-0.45	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
S3	4"	-5.85	-5.86	-5.35	-5.46	-5.57	-5.69
S4	3"	-5.20	-5.31	-4.84	-5.00	-5.03	-5.15
S5	4"		-6-09	-5.60	-5.70	-5.80	-5.92
S6	3"		-4.13	-3.82	-3.81	-3.80	-3.91
S7	3"			-5.65	-5.84	-5.91	-6.03

Piezometro	*Diametro*	*04.6.2011*	*05.06.11*	*08.06.11*	*10.06.11*	*11.06.11*	*15.06.11*
P1	16 mm					-2.94	-3.05
P2	16 mm					-1.59	-1.51
P3	16 mm						-4.95
P4	16 mm						-2,46

5.4. Prove di laboratorio geotecnico

Per valutare in laboratorio le caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti interessati dall'intervento in progetto, sono stati prelevati durante le perforazioni n. 3 campioni indisturbati (sigla Ci) utilizzando un campionatore a pareti sottili tipo Shelby.

Sono stati inoltre prelevati n 6 campioni rimaneggiati (sigla CR) direttamente nelle casette catalogatrici dei sondaggi. Il seguente schema riassume le sigle dei campioni e le profondità di prelievo:

Sondaggio	*Sigla Campione*	*Profondità di prelievo dal p.c.(m)*	*Descrizione stratigrafica*
S2	S2-CR1	3.00 – 5.00	Coltre detritica
S3	S3-CR1	6.00 – 7.00	Depositi alluvionali fini
	S3-CR2	9.00 – 10.00	Depositi alluvionali grossolani
	S3-CR3	12.00 – 14.50	Depositi alluvionali grossolani
S5	S5-Ci1	4.50 – 5.00	Depositi alluvionali fini
	S5-Ci2	7.50 – 8.00	Depositi alluvionali fini
S6	S6-CR1	3.00 – 4.00	Depositi alluvionali fini
	S6-CR2	5.00 – 5.50	Depositi alluvionali fini
S7	S7-Ci1	5.00 – 5.60	Depositi alluvionali fini

Le fustelle contenenti i campioni indisturbati sono state sigillate con paraffina ed inviate al laboratorio L.G.T. di Massa, dove è stata eseguita una serie di prove geotecniche, i cui certificati di prova sono raccolti in allegato (ALL. 8).

Per maggior facilità di lettura, i risultati delle prove sono state sintetizzati nelle 2 tabelle seguenti: la prima con le proprietà indici (granulometria, contenuto d'acqua, classificazioni ecc.) e la seconda con i parametri geotecnici di resistenza e compressibilità.

Tab. PROPRIETÀ INDICI		***CAMPIONI***							
		S2-CR1	***S3-CR1***	***S3-CR2***	***S3-CR3***	***S5-Ci1***	***S5-Ci2***	***S6-CR1***	***S6-CR2***
Profondità di prelievo (m)		3.00 – 5.00	6.00 – 7.00	9.00 – 10.00	12.00 – 14.50	4.50 – 5.00	7.50 – 8.00	3.00 – 4.00	5.00 – 5.50
Colore		Marroncino verdino e ocra	Marroncino e verdino	Marroncino	Marroncino	Verde-azzurrino	Marrone e azzurrino	Marroncino	Marroncino
Granulometria	*Ghiaia (%)*	38,19	2,19	39,72	52,00	0,10	9.40	6,16	28,09
	Sabbia (%)	28,85	17,45	27,48	23,57	16,25	30.29	25,05	32,02
	Limo (%)	20,90	50,83	20,08	11,96	52,91	33.23	36,49	18,98
	Argilla (%)	20,06	29,53	12,72	12,47	30,74	27.08	32,29	20,91
Descrizione del materiale		Ghiaia limosa sabbiosa argillosa	Limo con argilla sabbioso	Ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa	Ghiaia sabbiosa debolmente argillosa limosa	Limo con argilla sabbioso	Sabbia con limo e argilla debolmente ghiaiosa	Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso	Sabbia e ghiaia limose argillose
Contenuto in acqua w (%)						23,90 – 26,60	22,4		
Grado di saturazione (%)						94 - 100			
Peso di volume γ *(t/m^3)*						1,778 – 2.04	1,819		
Limite Liquidità (%)						40	41		
Limite Plasticità (%)						22	23		
Indice di plasticità (%)						18	18		
Indice di liquidità						0,2	0,0		
Indice di consistenza						0,8	1,0		
Classificazione USCS						CL	CL		

Parametri geotecnici

PROVA DI LABORATORIO	PARAMETRI RICAVATI	S5-Ci1 4.50 – 5.00	S5-Ci2 7.50 – 8.00	S7-Ci1 5.00 – 5.60
Prova di compressione ELL	*Coesione non drenata* *C_u = qu/2 [Kg/cm^2]*	0,63	0,28*	0,50
Prova triassiale CD	*Angolo di attrito efficace* *ϕ' [°]*	27	-	-
	Coesione efficace *C' [kPa]*	9	-	-
Prova edometrica	*Coefficiente di consolidazione C_v* *[cm^2/s]*		1,624 x 10^{-3}	3,131 x 10^{-3}
	Coefficiente di conducibilità idraulica K *[cm/s]*		3,79 x 10^{-8} *σ'= 2 kg/ cm^2*	8,48 x 10^{-8} *σ'= 1 kg/cm^2*
	Coefficiente compressibilità di volume *m_v (a 2.00 kg/cm^2)* *[cm^2/kg]*		0,0234	0,0172
	Indice di compressibilità C_c nel tratto finale della curva		0,186	0,183

*I risultati della prova ELL sul campione S5-Ci2 sono da ritenersi poco attendibili a causa della composizione prevalentemente sabbiosa del provino.

5.5. Prove di laboratorio chimico

Sono stati prelevati nei primi metri di ciascun sondaggio campioni di terreno e campioni dinamici di acqua di falda in ciascuno dei piezometri installati, al fine di sottoporli ad adeguate analisi chimiche nei confronti di sostanze potenzialmente inquinanti derivanti dalle lavorazioni eseguite nello stabilimento.

I campioni sono stati affidati in parte allo studio Chemilab di Chiavari e in parte al Laboratorio Geotecnico Toscano di Massa, e sono attualmente in corso di analisi. Le successive tabelle sintetizzano il numero di campioni e il tipo di analisi cui sono stati sottoposti. I risultati saranno commentati nella Relazione di indagine ambientale preliminare.

CAMPIONI DI SUOLO E ACQUA SOTTOPOSTI AD ANALISI CHIMICHE PER LA RICERCA DEI SEGUENTI COMPOSTI serie metalli, IPA, PCB, BTEX, cianuri, idrocarburi leggeri e pesanti

Sondaggio	*Sigla Campione*	*Profondità di prelievo dal p.c.(m)*	*Data Campionamento*
S1	S1-CS1	0.00 – 1.00	02.06.11
	S1-CS2	1.00 – 2.00	02.06.11
	S1-CF1		13.06.11
S2	S2-CS1	0.00 – 1.00	02.06.11
	S2-CS2	1.00 – 2.00	02.06.11
	S2-CF1		09.06.11
S3	S3-CS1	0.00 – 1.00	03.06.11
	S3-CS2	1.00 – 2.00	03.06.11
	S3-CS3	2.00 – 3.00	03.06.11
	S3-CF1		09.06.11
S4	S4-CS1	0.00 – 1.00	03.06.11
	S4-CS2	3.00 – 4.00	03.06.11
	S4-CS3	4.50 – 5.50	03.06.11
	S4-CF1		09.06.11
S5	S5-CS1	0.00 – 1.00	04.06.11
	S5-CS2	1.00 – 2.00	04.06.11
	S5-CS3	2.00 – 3.00	04.06.11
	S5-CF1		09.06.11
S6	S6-CS1	0.00 – 1.00	05.06.11
	S6-CS2	1.00 – 2.00	05.06.11
	S6-CS3	3.50 – 4.50	05.06.11
	S6-CF1		09.06.11
S7	S7-CS1	0.00 – 1.00	05.06.11
	S7-CS2	5.00 – 6.00	05.06.11
	S7-CS3	8.00 – 9.00	05.06.11
	S7-CF1		09.06.11

NOTE: CS =Campione di suolo - CF = Campione dinamico acqua di falda

Sigla Campione	*Profondità di prelievo dal p.c.(m)*	*Tipo di analisi*
S1-AM1	0.00 – 0.50	Amianto totale
S2-AM1	0.00 – 0.80	Amianto totale
S3-AM1	0.00 – 2.00	Amianto totale
S4-AM1	0.00 – 2.00	Amianto totale
S5-AM1	0.00 – 2.00	Amianto totale
S6-AM1	0.00 – 1.80	Amianto totale
S7-AM1	0.00 –2.00	Amianto totale

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE

L'insieme delle indagini ha consentito la ricostruzione di un modello geologico preliminare del sottosuolo in esame, la cui espressione grafica è descritta nelle sezioni geologiche allegate (ALL. 4).
Dal punto di vista stratigrafico ed in forma semplificativa i terreni incontrati sono così riassumibili:

- Terreni di riporto eterogenei, di potenza crescente verso l'argine del torrente Rupinaro.
- Coltri di natura eluvio-colluviale con comportamento prevalentemente granulare e costituite da scheletro lapideo della dimensione di una ghiaia in matrice sabbiosa-limosa-argillosa; presenti in una fascia pressoché continua alla base del versante, con spessori decrescenti verso il centro della piana. Presentano una permeabilità medio-bassa.
- Deposti alluvionali fini di composizione limo-argillosa con comportamento coesivo, moderatamente consistenti e localmente frammisti e/o in eteropia di facies con le coltri.
  Sono caratterizzati da un grado di permeabilità molto basso, dell'ordine di 10^{-8} cm/sec.
- Depositi alluvionali grossolani prevalentemente composti da ghiaie sabbioso-limose. In relazione alla composizione abbastanza grossolana, presentano una permeabilità medio-alta.
- Substrato roccioso, costituito dai litotipi della Formazione di Val Lavagna e presentano al tetto un orizzonte di alterazione di spessore variabile. L'ammasso risulta praticamente impermeabile in condizioni di integrità.

Le soggiacenze dal piano campagna della falda nel periodo monitorato variano da pochi decimetri alla base del versante, fino a circa 6 metri sul lato di levante del capannone industriale.
La falda è tipo freatico nella zona pedecollinare all'interno delle coltri, mentre verso valle diventa di tipo artesiano all'interno delle ghiaie alluvionali, in leggera pressione poiché confinata al tetto dai depositi alluvionali limo-argillosi di permeabilità molto bassa.

6.1. Terreni sciolti

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei terreni sciolti a comportamento granulare si possono correlare direttamente il valore di N_{SPT} con l'angolo di resistenza al taglio ϕ'.

I valori di N_{SPT} possono essere utilizzati per stimare in maniera preliminare l'angolo di resistenza al taglio ϕ' attraverso le relazioni proposte da vari autori. Nella tabella seguente sono riportati i valori di ϕ' calcolati attraveso la relazione proposta da Meyerhof (1965) per terreni con contenuto di limo > del 5% :

$$\phi = 23.7 + 0.57Nspt - 0.006(Nspt)^2$$

Per i terreni alluvionali coesivi sono stati invece attribuiti i parametri geotecnici desunti dalle prove di laboratorio.

Si riportano di seguito i parametri geotecnici assegnati in prima approssimazione ai terreni individuati con i dati desunti in questa fase preliminare:

	N_{SPT}	ϕ'	c' [kg/cm^2]	cu [kg/cm^2]	γ [t/m^3]	Cc (tratto finale curva edometrica)
Terreni di riporto	*3 ÷ 9*	*26°÷ 28°*	*0*	*-*	*1.7 ÷ 1.9*	*-*
Coltre detritica	*9 ÷ 17*	*28° ÷ 31°*	*0*	*-*	*1.7 ÷ 1.9*	*-*
Depositi alluvionali fini	*4 ÷ 6*	*27°*	*0.09*	*0.50 ÷ 0.63*	*1.8 ÷ 2.0*	*0,18*
Depositi alluvionali ghiaiosi	*14 ÷ 31*	*30° ÷ 35°*	*0*	*-*	*1.8 ÷ 2.0*	*-*

6.2. Ammasso roccioso

E' stato effettuato un rilievo geostrutturale sull' affioramento presente immediatamente a monte dello stabilimento.

Sono state individuate due famiglie di superfici di discontinuità oltre alla scistosità e si è constatata inoltre la presenza di un certo numero di fratture indipendenti.
Sono riportate di seguito le giaciture delle famiglie di giunti misurate nella stazione di rilevamento G1 (in ALL 3 l'ubicazione e in ALL. 11 la documentazione fotografica):

Stazione G1

STRATIFICAZIONE	265°/40°
K1	182°/75°
K2	106°/58°

Facendo riferimento a misure sclerometriche eseguite sugli stessi litotipi, si può assegnare una resistenza alla compressione uniassiale della roccia sana pari a 20 ÷ 25 MPa.

Applicando la classificazione di Bieniawski (Sistema RMR, 1989), si può caratterizzare mediamente l'ammasso roccioso sano nel seguente modo, considerando un RQD medio pari a 40 come rilevato nei carotaggi:

		Intervallo	Coeff.
1. Compressione semplice	*Qu (Mpa)*	5 - 25	2
2. RQD	*RQD calcolato*	25 - 50	8
3. Spaziatura dei giunti	*Spaziatura (mm)*	<60	5
4. Condizioni dei giunti	*Continuità (m)*	> 20 m	0
	Apertura(mm)	1 - 5 mm	1
	Scabrezza	Lievemente scabri	3
	Riempimento	Morbidi<5 mm	2
	Alterazione	Moderata	3
5. Condizioni idrauliche	*Situazione generale*	Bagnato	7
RMRbase	*31*		
Classe	*IV - Roccia scadente*		

In via del tutto preliminare si indicano per l'ammasso roccioso i seguenti parametri di *resistenza al taglio di picco* sulla base di esperienze e precedenti studi eseguiti sui medesimi litotipi.

	substrato roccioso alterato	***substrato roccioso sano***
peso di volume γ *[t/m^3]*	23 - 24	24 - 25
angolo d'attrito dell'ammasso ϕ'	27° - 30°	30° - 35°
coesione dell'ammasso c [kg/cm^2]	0.10 – 0.50	0.50 – 1.00

7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Per quanto riguarda la pericolosità sismica del sito la Regione Liguria ha approvato la D.G.R. n. 1362 del 19.11.2010 (che aggiorna la precedente DGR 1308/2008), secondo la quale il Comune di Chiavari è classificato in zona sismica 3.

Con Deliberazione di Giunta Regionale n. 471/2010 del 22/03/2010, pubblicata BURL n.15, parte II, del 14.04.2010, i "*Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale*" si è stabilito, in considerazione degli aggiornamenti conseguenti alla DGR n. 1362/2010, il seguente schema:

- per tutti i Comuni, obbligo di studio di microzonazione sismica di *livello 1*;
- per i Comuni di fascia 3, obbligo di approfondimenti di livello 2 su tutte aree oggetto di strumento urbanistico attuativo e soggette ad amplificazione sismica e/o suscettibili di instabilità, come definite dallo studio di livello 1. In assenza delle informazioni di livello 1, lo strumento attuativo va elaborato con gli approfondimenti di *livello 2*.

I livelli 1 e 2 (insieme al livello ulteriore 3) sono codificati negli allegati alla DGR 471/2010 e derivano dagli indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica redatti dal Dipartimento Protezione Civile.

Ai fini della comprensione del lavoro svolto si descrivono nel seguito alcuni passaggi normativi sui quali è stato impostato lo studio del rischio sismico dell'area, anche in considerazione dei colloqui ed informazioni fornite dal collega Geol. Bottero della Regione Liguria (Dipartimento Ambiente - Via D'Annunzio 111 - 16121 Genova).

Mentre il livello 1 presenta un carattere qualitativo, propedeutico a tutti gli studi di microzonazione, e consiste nel raccogliere i dati geologici, geomorfologici, litotecnici di base al fine di suddividere il territorio in "*microzone omogenee in prospettiva sismica*", e si inserisce nell'ambito della stesura dello strumento urbanistico generale (PRG, PUC), il livello 2 produce la *Carta di Microzonazione Sismica* ed introduce nelle zone omogenee, individuate nel I° livello, l'elemento quantitativo.
Ovvero per ciascuna zona soggetta ad amplificazione vengono definiti i rispettivi fattori di amplificazione (FA e FV) ottenuti come rapporti tra parametri di accelerazione o velocità.

Occorre precisare che i fattori di amplificazione definiti nel 2° livello si limitano a discriminare le diverse zone di amplificazione in termini di valore relativo e, pertanto, non rivestono alcun significato ai fini della progettazione strutturale delle opere, per le quali occorre fare esclusivo riferimento ai criteri di calcolo definiti dalle norme tecniche vigenti.

Questo livello di approfondimento quantitativo basato su metodi semplificati, risulta quindi di interesse ai fini della stesura di uno strumento urbanistico attuativo (SUA, PUO) per il quale gli standard d'indagine degli studi di carattere geologico sono stati definiti dalla circolare regionale n°4551 del 12/12/1989 e prevedono la realizzazione di rilevamenti geologici s.l., la raccolta di dati pregressi e

l'esecuzione di indagini (dirette ed indirette), il tutto finalizzato alla redazione di una *Carta di Analisi* (*e degli accertamenti geognostici e geotenici*), di una *Carta di Sintesi* e di specifiche *Norme di Attuazione*.

Affinché gli studi di microzonazione di II° livello possano condurre alla quantificazione numerica dell'amplificazione del moto sismico in superficie risulta pertanto necessario che le indagini da svolgersi in fase di redazione del progetto di strumento attuativo consentano la definizione di massima del modello litostratigrafico del sottosuolo e dei relativi parametri sismici (quantificazione della velocità equivalente delle onde di taglio, V_{SH}, e profilo di velocità dei terreni).

La *Carta di Analisi*, che prevede la zonizzazione "geologico-tecnica dei terreni" relativa ad ambiti a comportamento omogeneo, deve tenere conto della suddivisione del territorio in ambiti omogenei in funzione del livello di amplificazione sismica (in termini di FA e FV), così come rappresentati nella *Carta di microzonazione*.

La *Carta di Sintesi*, invece, deve considerare le problematiche sismiche connesse agli effetti di sito (sempre rappresentati nella Carta di microzonazione) riguardanti le zone suscettibili di amplificazione sismica locale e quelle suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazione, cedimenti differenziali, faglie capaci e sovrapposizione degli effetti).
Anche in ragione di queste definizioni è stato individuato il programma delle ulteriori indagini necessarie in relazione alle problematiche individuate.

Circa le *Norme di Attuazione*, poiché le stesse devono guidare l'intervento geologico in tutte le successive fasi di progettazione e realizzazione del SUA, relativamente alle problematiche sismiche, dovranno essere esplicitate le modalità, densità e tipologia delle eventuali prove e indagini integrative da effettuarsi negli ambiti omogenei ed i criteri generali di intervento.

Gli studi di microzonazione sismica (soprattutto il livello 1 ma anche il livello 2) trovano il loro ideale ambito di applicazione su estensioni territoriali rilevanti, a scala comunale o sub-comunale (almeno superiore ai 5 ha[1]), in quanto lo scopo è quello di riconoscere le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti (fratture, frane, liquefazione, densificazione, movimenti differenziali deformazioni permanenti ecc.) per le costruzioni e le infrastrutture.

Ne deriva pertanto che una microzonazione a corredo di strumenti urbanistici attuativi (SUA o PUO) sviluppati su aree limitate, come ad esempio quella oggetto del presente studio (area dello SUA, pari a circa 2 ha), non trova la sua ottimale applicazione ed i suoi risultati vengono a risultare poco significativi, anche nei confronti dei principi generali degli studi di MS.

[1] *Come indicato in una proposta di linee guida redatta dalla Regione Liguria e presentata alla Giunta Regionale in data 21/06/11, non ancora pubblicata sul BURL, la quale prevede, una volta approvata, lo svolgimento di studi di MS di livello 2 solo ed esclusivamente per SUA e PUO di dimensioni superiori ai 5 ettari.*

Ai fini della realizzazione degli interventi previsti dagli strumenti di pianificazione territoriale, si applicano, in ogni caso, le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008) le quali prevedono il calcolo delle azioni sismiche di progetto considerando i fenomeni amplificativi dovuti alle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e topografiche di sito.

La scala di riferimento delle NTC risulta quella del "manufatto", rispetto al quale le nuove norme offrono al progettista indicazioni sulle modalità di valutazione degli effetti locali. In genere, per i casi ordinari, le indagini e lo studio a supporto della progettazione forniscono informazioni puntuali e più specifiche di quelle ottenibili dagli studi areali di MS, lasciando poi al progettista la responsabilità di valutazioni più dettagliate per opere e situazioni complesse.

Ciò premesso si segnala che il Comune di Chiavari non è dotato di uno studio di microzonazione sismica di Livello 1, e si ribadisce che la funzionalità di tale strumento conoscitivo è legata alla sua estensione al territorio comunale, piuttosto che così puntuale come nel caso dell'area oggetto dello SUA B11.

Pertanto i sottoscritti professionisti non hanno ritenuto utile redigere anche la *Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica*, bensì solo la *Carta di Microzonazione sismica* legata al secondo livello di approfondimento, quello richiesto per uno strumento attuativo, pur partendo nell'iter di valutazione compiuto dal livello base di acquisizione dei dati esistenti come di fatto attiene al livello 1.

In particolare è stata compiuta una ricerca presso gli uffici del Comune sull'esistenza di dati di indagine esistenti e eseguiti nell'area o nelle immediate vicinanze, ma senza esito; quindi sono state esaminate tutte le fonti bibliografiche accreditate – Carte tematiche del Piano di Bacino e del PRG di Chiavari (studio geologico del Dott. Destefanis), al fine di eseguire una prima disamina dei tematismi secondo l'approccio di livello 1.

I dati raccolti sono stati implementati dalla campagna geognostica e geofisica realizzata in questa fase di studio (fattibilità).

Le indagini geognostiche (sondaggi) corredate dalle prove geotecniche eseguite per questa fase di fattibilità, sono state associate alle seguenti indagini geofisiche (eseguite e elaborate dalla Geotirreno srl):

- n. 4 profili MASW
- alcune misure del rumore sismico (HVSR)

Ovviamente, una volta definito il modello geologico-stratigrafico di massima del sito si è cercato di eseguire le indagini geofisiche in modo da ottenere un modello sismostratigrafico di buona affidabilità, seppur preliminare.
Si segnala tuttavia che le indagini geofisiche hanno incontrato non poche difficoltà legate alle caratteristiche proprie dell'area nonché all'esigenza della Committenza di non interrompere il ciclo produttivo (solette in cemento di vario spessore, asfaltature, strutture sepolte, disturbi ambientali

legate alle lavorazioni).

A tal proposito, in sostituzione dei profili sismici a rifrazione in onde P previsti inizialmente, si è infittito il numero di indagini totali MASW ed H/V rispetto alla stima iniziale, in modo da by-passare alcune incertezze avute in fase di acquisizione in alcuni punti, raggiungendo comunque a parere degli scriventi un discreto livello di approfondimento, tale di consentire la stesura della Carta di Microzonazione sismica, come da obblighi normativi vigenti.

La stima dei parametri simici, geologico-geotecnici e stratigrafici così ottenuta in questa fase ha permesso di definire ambiti dell'areale con omogenee caratteristiche di amplificazione sismica; questo modello potrà tuttavia essere affinato e subire variazioni dopo la prossima fase di studio geologico esecutivo a corredo del progetto definitivo/esecutivo.
Nella fase di studio esecutivo saranno perciò forniti i parametri sismici per la determinazione dell'azione sismica di progetto (§ 3.2 del D.M. 14.01.2008).

Con riferimento all'areale indagato, coincidente con l'area dello SUA, ed alle definizioni per le varie zone (stabili – stabili suscettibili di amplificazioni locali – suscettibili di instabilità) è stata individuata una sola tipologia di zona, appartenente alla tipologia B.

Zone B. ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI: sono quelle aree passibili di amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e/o morfologica locale.
In tali zone sono compresi i terreni di copertura, le coltri di alterazione del substrato e le zone del substrato roccioso che presentano condizioni di elevata fratturazione e disarticolazione; gli spessori di questi terreni devono essere superiori a 3 m, ovvero a 5 metri, secondo studi più recenti. Sono altresì comprese le aree che presentano pendenza maggiore del 35% (pendii con inclinazione superiore a 15°) a cui possono essere associati fenomeni amplificativi di carattere topografico.
Per le "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali", i terreni presentano basse velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs < 800 m/s) e sono sovrapposti ad un substrato più rigido (bedrock) con velocità delle onde di taglio Vs > 800 m/s.

Tale zona è stata rappresentata secondo la "legenda tipo" presentata nel documento nazionale "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS)": colori dal giallo al rosso secondo valori di FA crescenti.

Il metodo scelto per la quantificazione dei fattori di amplificazione è stato quello semplificato degli abachi indicati nel documento nazionale "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS)"; tale modello applicato al sito in esame risulta comunque caratterizzato da alcune incertezze e limiti di applicabilità propri del metodo stesso e non solo in relazione alle caratteristiche del sito, oltre che derivanti anche dalla limitata estensione del medesimo.

Al fine di rispondere ai dettami normativi della DGR 471/2010, si è pervenuti ad una carta di MS che riporta valori dei fattori di amplificazione da considerarsi tuttavia di carattere descrittivo non vincolante

per il successivo step progettuale, anche in virtù della fase di indagine esecutiva.
L'area di applicazione è stata contenuta nella superficie del SUA ed è quindi caratterizzata da morfologia pianeggiante/sub-pianeggiante, con inclinazione media sicuramente <15°.

Le "valutazioni sismiche" esplicate dalla norma indicano un modello di sottosuolo a due strati, ovvero terreni di copertura e bedrock sismico, quest'ultimo individuato da un valore di velocità delle onde di taglio Vs $\geq$ 800 m/s.
Tali considerazioni applicate alla stratigrafia riscontrata determinano alcune semplificazioni, in quanto la totalità dei depositi deve essere ricompresa in una unica classe granulometrica (argille o sabbie o ghiaie); inoltre la Vs misurata per l'orizzonte roccioso individuato (Formaz. Val Lavagna) è risultata inferiore a 800 m/s, peraltro in buon accordo con misure di Vs già eseguite sui medesimi litotipi.

Ragionando tuttavia in termini di contrasto di impedenza e sulla base delle stratigrafie dei sondaggi, si ritiene che un substrato come quello presente nella zona di studio costituisca comunque una significativa interfaccia in termini di differenza di velocità rispetto i soprastanti depositi.

Pertanto non essendo riusciti a determinare la profondità del bedrock con Vs $\geq$ 800, ma solo ipotizzata per via indiretta dall'andamento dei profili MASW, nella scelta della profondità del bedrock (H) indicata negli abachi si è tenuto conto anche delle evidenze dei sondaggi.

Riassumendo il modello di riferimento ha visto l'impiego dei seguenti dati:

morfologia del sito	pianeggiante/sub-pianeggiante, a < 15°
litologia coperture	GHIAIA (prevalente)
Zona sismica	3 (a_g = 0.15 g)
Input energia abachi	a_g = 0.18g

Infine dalle indagini geofisiche, eseguite dalla Ditta Geotirreno srl di Massa, pur con le limitazioni già descritte, si sono avuti i seguenti risultati:

MASW	V_{SV30} (m/s)	V_{SH30} (m/s)
1	467	484
2	386	389
3	448	473
4	439	436

Nelle figure che seguono sono riportati i dati delle MASW e gli abachi di riferimento utilizzati per la determinazione di FA ed FV.

Risultati MASW 1

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**MASW1_vert.sgy; MASW1_love.sgy**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + onde di Love**	

Tab. 1 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 409, 325, 294, 490, 712
Vsh (m/s): 376, 342, 314, 493, 729
Thickness (m): 0.4, 2.9, 6.2, 6.9

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{S30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **467** m/s; V_{SH30} = **484** m/s (modello medio)

Risultati MASW 2

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**ResV.sgy; ResL.sgy**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + onde di Love**	

Tab. 2 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 427, 253, 290, 382, 678
Vsh (m/s): 390, 272, 291, 373, 671
Thickness (m): 0.4, 4.8, 5.0, 9.8

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{S30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **386** m/s; V_{SH30} = **389** m/s (modello medio)

Risultati MASW 3

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**MASW3.cdp; HV3.hv**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + HVSR**	

Tab. 3 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 359, 196, 449, 564, 684
Vsh (m/s): 357, 222, 478, 559, 703
Thickness (m): 0.5, 4.2, 5.8, 8.7

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{S30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **448** m/s; V_{SH30} = **473** m/s (modello medio)

Risultati MASW 4

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**MASW4.cdp; HV5.hv**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + HVSR**	

Tab. 4 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 417, 267, 328, 461, 740
Vsh (m/s): 427, 270, 330, 439, 749
Thickness (m): 0.5, 4.5, 5.4, 9.0

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{S30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **439** m/s; V_{SH30} = **436** m/s (modello medio)

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FA	Ghiaia	0.18g	Lineare pendenza intermedia

	V_{SH} (m/s)									
H	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.47	1.91	1.70	1.51	1.30	1.16	1.09	1.05	1.02	1.01
10	-	2.39	2.14	1.79	1.56	1.38	1.26	1.18	1.08	1.03
15	-	2.22	2.19	1.99	1.78	1.58	1.43	1.30	1.14	1.05
20	-	1.90	2.08	1.99	1.80	1.65	1.50	1.38	1.19	1.07
25	-	1.63	1.87	1.90	1.77	1.65	1.51	1.41	1.23	1.09
30	-	1.57	1.68	1.73	1.71	1.61	1.51	1.40	1.22	1.10
35	-	-	1.62	1.65	1.59	1.57	1.47	1.38	1.22	1.09
40	-	-	1.60	1.59	1.53	1.47	1.43	1.35	1.21	1.09
50	-	-	1.47	1.52	1.46	1.38	1.33	1.27	1.17	1.07
60	-	-	1.37	1.47	1.42	1.35	1.29	1.23	1.13	1.04
70	-	-	1.25	1.34	1.38	1.32	1.27	1.21	1.10	1.01
80	-	-	1.13	1.26	1.29	1.29	1.23	1.19	1.08	1.00
90	-	-	1.11	1.20	1.24	1.25	1.22	1.17	1.07	0.99
100	-	-	1.02	1.13	1.19	1.19	1.19	1.15	1.06	0.98
110	-	-	0.98	1.11	1.15	1.17	1.14	1.13	1.04	0.97
120	-	-	0.92	1.06	1.11	1.11	1.12	1.09	1.03	0.96
130	-	-	0.87	1.00	1.08	1.09	1.09	1.06	1.02	0.95
140	-	-	0.85	0.96	1.04	1.06	1.07	1.05	0.99	0.94
150	-	-	0.80	0.92	1.00	1.02	1.04	1.02	0.97	0.93

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FV	Ghiaia	0.18g	Lineare pendenza intermedia

	$V_{s,H}$ (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.25	1.10	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
10	-	1.73	1.22	1.12	1.08	1.05	1.04	1.03	1.01	1.00
15	-	2.36	1.73	1.36	1.18	1.12	1.08	1.06	1.03	1.01
20	-	2.70	2.15	1.66	1.38	1.21	1.14	1.10	1.05	1.02
25	-	2.72	2.36	1.94	1.58	1.37	1.22	1.15	1.07	1.03
30	-	2.67	2.51	2.07	1.74	1.50	1.33	1.21	1.10	1.04
35	-	-	2.50	2.21	1.83	1.59	1.41	1.28	1.12	1.04
40	-	-	2.44	2.25	1.93	1.66	1.47	1.33	1.15	1.05
50	-	-	2.34	2.19	1.98	1.78	1.59	1.42	1.20	1.08
H 60	-	-	2.19	2.11	1.95	1.76	1.61	1.47	1.23	1.09
70	-	-	2.14	2.00	1.89	1.75	1.60	1.46	1.24	1.10
80	-	-	1.99	1.96	1.81	1.69	1.58	1.46	1.26	1.11
90	-	-	1.87	1.89	1.75	1.63	1.54	1.45	1.25	1.11
100	-	-	1.85	1.81	1.72	1.59	1.50	1.41	1.25	1.11
110	-	-	1.83	1.72	1.66	1.56	1.47	1.38	1.24	1.10
120	-	-	1.81	1.69	1.63	1.53	1.43	1.36	1.21	1.08
130	-	-	1.76	1.67	1.55	1.50	1.41	1.33	1.20	1.06
140	-	-	1.73	1.67	1.55	1.45	1.40	1.30	1.18	1.06
150	-	-	1.71	1.65	1.53	1.41	1.36	1.28	1.16	1.05

Si riportano in allegato gli estratti grafici della Relazione tecnica fornita dai tecnici rilevatori (Geotirreno srl di Massa – dott. Geoll. Allacorta e Cazzani) descriventi le indagini MASW eseguite e tra le varie misure di H/V quelle indicate come meno influenzate dalle problematiche logistiche e del sito.

L'apparecchiatura d'indagine utilizzata da GeoTirreno S.r.l. è costituita da: sismografo Seismic Source, Modello DaqLink III a 24 canali, con risoluzione di acquisizione a 24 bit; n°24 geofoni verticali e n°24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 4.5 Hz; n°2 cavi sismici da 24 m, dotati ognuno di 12 take out per la connessione dei geofoni.

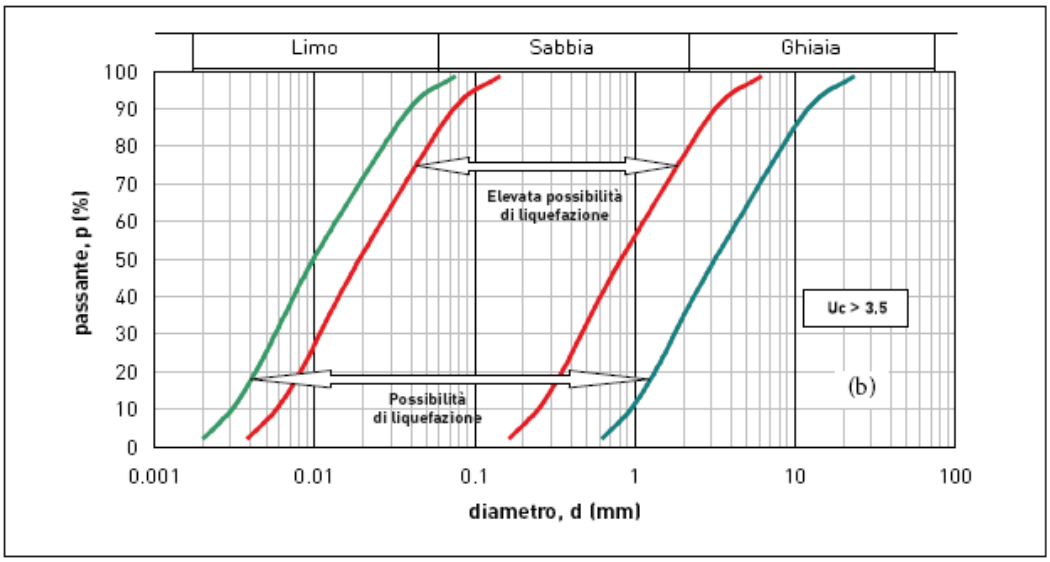
La strumentazione adottata per la misura della frequenza di sito è il modello SL07 prodotto da SARA Instrumensts, costituito da una terna di velocimetri, con frequenza propria nominale di 4.5Hz (due orizzontali sugli assi Y e X ed un verticale sull'asse Z), associati ad un digitalizzatore a 24bit e frequenza di campionamento a 250 Hz.
Per ciascuna stazione di misura si esegue una registrazione protratta per 30 minuti, così da permettere una acquisizione del segnale utile, avendo cura di disporre lo strumento in posizione orizzontale e orientando l'asse del sensore Y in direzione Nord.

Considerazioni sulla suscettibilità a Liquefazione

L'osservazione delle curve granulometriche mostrano un coefficiente di Uniformità elevato, > 3.5, per cui la verifica preliminare delle condizioni di potenziale liquefazione va riferita al grafico (Sherif & Ishibashi - 1978) determinato per granulometrie estese.

Le indagini di fase esecutiva permetteranno un maggior dettaglio circa le granulometrie dei depositi ed una più ampia distribuzione delle informazioni.

Sebbene le curve disponibili dei campioni esaminati rientrino parzialmente nel range di depositi potenzialmente liquefacibili, si ricorda che le NTC2008 prevedono la possibilità di omettere le verifiche alla liquefazione dei terreni in caso ad esempio nell'area in esame siano attesi eventi sismici attesi di Magnitudo < 5.



A tal proposito si è provveduto ad acquisire dati da fonti accreditate circa la Magnitudo degli eventi sismici attesi in riferimento al territorio del Comune di Chiavari. Tali informazioni derivano dalla consultazione degli studi eseguiti e forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e contenuti nelle Mappe interattive di pericolosità sismica (2007) redatte nell'ambito del Progetto S1 – convenzione INGV - Dipartimento di Protezione Civile.

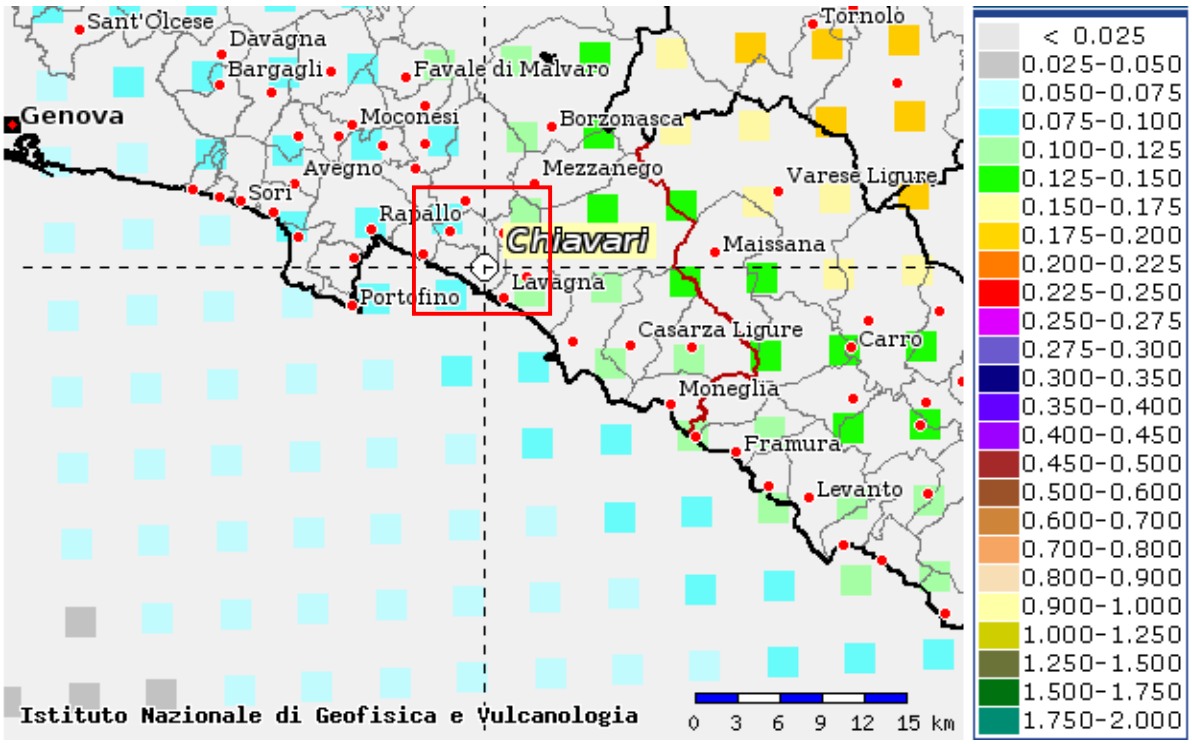
Attraverso tali mappe è possibile, una volta individuato il reticolo di riferimento per il sito in interesse, ottenere per ciascuno dei quattro nodi della griglia di riferimento il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa a(g), accelerazione orizzontale massima al suolo.

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and

Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso [da: Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε ; D. Spallarossa, S. Barani ; Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova].

I dati disponibili per i quattro nodi del reticolo descrivono magnitudo massime attese di 4.870, pertanto inferiori a 5 (NTC), secondo lo schema seguente che indica anche le distanze:



M=4.860 14 km	M=4.870 12 km
M=4.850 14.6 km	M=4.840 12.2 km

8. CARTA DI ANALISI

Tutte le informazioni derivanti dalle indagini geologiche e geognostiche effettuate sono state sintetizzate in una *Carta di Analisi* (ai sensi della Circ. 4551/89) in scala 1:800 (ALL.3), che ha come base topografica il rilievo planoaltimetrico su cui è stato impostato il SUA.

In questa carta sono stati evidenziati gli affioramenti rocciosi del substrato roccioso, i terreni sciolti di copertura differenziati in relazione alla loro composizione e al loro range di spessore, tutti gli elementi morfologici ed idrogeologici più significativi e la posizione delle indagini geognostiche e sismiche effettuate.

I dati desunti hanno condotto alla zonizzazione geologica-tecnica ed idrogeologica, con definizione di ambiti a comportamento geotecnico e idrogeologico discretamente omogeneo in senso verticale ed orizzontale.

Per quanto riguarda l'esame dei "rapporti con i corsi d'acqua – zone esondabili" , si sottolinea che l'evoluzione normativa ha determinato l'entrata in vigore di strumenti di pianificazione specifici (Piani di bacino) corredati da studi idraulici di approfondimento. Pertanto per tutti questi aspetti si rimanda alle norme del Piano di Bacino vigente, nonché alle valutazioni eseguite dallo studio di ingegneria Brizzolara e Sturla di Chiavari appositamente incaricato.

Inoltre sono entrate in vigore disposizioni normative più aggiornate anche sotto il profilo della valutazione della pericolosità sismica del sito, e nel presente studio si è operato tenendo conto anche delle caratteristiche del territorio in funzione del livello di amplificazione sismica, così come rappresentati nella Carta di Microzonazione.

Infine sulla stessa Carta di Analisi è riportata la zonizzazione delle interferenze degli scavi e dei riporti con i manufatti esistenti.

9. CARTA DI SINTESI E NORME DI CARATTERE GEOLOGICO

Come già descritto nel Paragrafo 2, il S.U.A. si divide in due distinte localizzazioni: a sud è previsto un fabbricato destinato agli alloggi pubblici con posti auto pertinenziali al piano terreno e verde pubblico, senza locali interrati e si estende in elevazione per sette piani.

Nella parte più a nord è invece collocato l'insediamento di edilizia privata caratterizzato da tre corpi di fabbrica di altezze diverse, con quello centrale sensibilmente più elevato: i due edifici laterali avranno un'altezza fuori terra rispettivamente di 7 e 8 piani, mentre la torre centrale si svilupperà con 17 piani in elevazione.
I tre corpi sono adiacenti ed ortogonalmente compenetrati due a due, hanno un livello seminterrato in

cui sono posizionati box, posti auto ed alcuni locali tecnici. Un sottostante piano completamente interrato è destinato ancora a parcheggio, e si sta considerando la possibilità di realizzare un ulteriore piano box interrato.

In relazione alle caratteristiche idro-geo-morfologiche riscontrate localmente ed alle problematiche specifiche legate agli interventi in progetto è stata realizzata una carta di zonizzazione geologico-tecnica che definisce cinque differenti aree definite come: Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4 e Zona 5.

Viene fornita una dettagliata programmazione delle indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche integrative che dovranno essere eseguite necessariamente per le successive fasi di progettazione.

Per ciascuna zona vengono inoltre definite le norme di carattere idrogeologico e geologico-tecnico, in particolar modo per quando riguarda i criteri generali di intervento ai fini fondazionali e di scavo.

9.1 ZONA 1 – Settore sud-occidendale del S.U.A.

Questo settore è caratterizzato dalla presenza di sottili coltri eluvio-colluviali che poggiano direttamente sul substrato roccioso, posto mediamente a profondità inferiore ai 2 m.

In una parte di questa zona è prevista una rampa di accesso all'autorimessa interrata ed alcuni box.
Gli scavi, di altezza massima dell'ordine dei quattro metri interesseranno prevalentemente il substrato roccioso e/o il suo cappellaccio di alterazione, per cui non ci dovrebbero essere particolari difficoltà nel reperimento di un discreto substrato di fondazione per l'autorimessa e per il tratto di muro di sostegno contromonte.

Le indagini saranno quindi principalmente rivolte alla caratterizzazione geomeccanica del substrato, alla definizione dello spessore del cappellaccio di alterazione e delle caratteristiche di permeabilità della coltre e della roccia alterata.
In questa zona infatti la falda, di tipo freatico, è posta ad una quota superiore rispetto al fondo degli scavi e al piano di imposta delle strutture fondazionali, per cui dovranno essere effettuate indagini idrogeologiche volte alla determinazione del coefficiente di permeabilità dei terreni sciolti e del substrato roccioso alterato, ai fini della quantificazione delle venute d'acqua all'interno degli scavi .

In questa area vengono perciò prescritte le seguenti indagini geognostiche-geotecniche:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo della profondità di circa 10-15 m, ad integrazione del carotaggio S1 già eseguito in questa fase.
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti e/o Lugeon nella roccia
- Installazione di tubo piezometrico da 3"
- analisi geomeccanica delle carote rocciose poste in cassetta previa esecuzione di prove di laboratorio sui provini (point load test, prove di compressione semplice ecc.)

9.2 ZONA 2 – Settore nord—occidendale del S.U.A.

Questo settore è caratterizzato dalla presenza di coltri eluvio-colluviali di spessore mediamente superiore a 2 metri, con potenze massime dell'ordine dei 6 metri che poggiano direttamente sul substrato roccioso.

In questa zona è prevista la maggior parte dei box posti sul lato più occidentale dell'autorimessa.
Gli scavi, di altezza massima dell'ordine dei quattro metri interesseranno prevalentemente i terreni sciolti, e solo parzialmente il substrato roccioso.
La presenza di manufatti (muri di sostegno, strada carrabile e due capannoni) in prossimità dei due fronti di scavo, contromonte e laterale settentrionale, obbliga l'adozione di particolari cautele, e la realizzazione di opere di sostegno provvisionali degli scavi, associate al monitoraggio della stabilità dei fronti durante l'esecuzione di lavori.
Le fondazioni delle strutture saranno presumibilmente impostate in parte sul substrato roccioso e in parte sulle coltri di copertura.

Le indagini geognostiche saranno quindi principalmente volte alla caratterizzazione geomeccanica del substrato, alla definizione dello spessore del suo cappellaccio di alterazione e alla verifica delle caratteristiche geotecniche di resistenza e compressibilità delle coltri sciolte e dell'ammasso roccioso.
Anche in questa zona la falda è tipo freatico ed è posta ad una quota superiore rispetto al fondo degli scavi e al piano di imposta delle strutture fondazionali previste, per cui dovranno essere effettuate indagini volte alla determinazione dei parametri idraulici dei terreni interessati dagli sbancamenti, per la stima delle venute d'acqua all'interno degli scavi.

In questa area vengono perciò prescritte le seguenti indagini geognostiche-geotecniche:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di circa 10-15 m, ad integrazione del carotaggio S2 già eseguito in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT.
- Prelievo di campione/i indisturbati su cui eseguire in laboratorio geotecnico le analisi di riconoscimento di routine, granulometria e prove di taglio diretto CD o triassiale CD
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti e/o Lugeon nella roccia
- Installazione di tubo piezometrico da 3"
- Prove di permeabilità tipo Slug o Bail Test nei piezometri
- analisi geomeccanica delle carote poste in cassetta con esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- n.1 prova penetrometrica dinamica

9.3 ZONA 3 – Settore centrale del S.U.A.

In quest'area saranno realizzate tutte le opere fuori terra di edilizia privata, che sono le più rilevanti previste dallo strumento urbanistico.

La zona è prevalentemente caratterizzata dalla presenza dei sedimenti alluvionali limo-argillosi, sovrapposti a depositi ghiaiosi. Gli spessori aumentano gradualmente procedendo in direzione del torrente Rupinaro, arrivando a superare i 15 metri nel settore più orientale della zona.

In quest'area sono preponderanti le problematiche fondazionali, dovute alla presenza dell'orizzonte costituito da limi argillosi moderatamente consistenti, di scadenti caratteristiche di resistenza e compressibilità.

Tale orizzonte si estende al di sotto di tutto il sedime degli edifici e con potenze tali, che alla luce delle indagini finora effettuate, non sembra essere adatto a costituire un piano di appoggio diretto delle strutture, sia in termini di portanza sia per quanto riguarda i cedimenti assoluti e quelli differenziali tra il comparto occidentale e quello orientale dei fabbricati, dove gli spessori dei limi argillosi sono maggiori.

In considerazione quindi della rilevanza delle opere e dei carichi trasmessi in fondazione, appare già da questa fase raccomandabile il ricorso a fondazioni indirette, adottando palificazioni attestate fino al substrato roccioso più resistente.

La falda è tipo artesiano, debolmente in pressione al di sotto dei limi argillosi impermeabili, con livelli piezometrici misurati nel giugno 2011, quindi in una stagione relativamente poco piovosa, variabili tra i 4 e 6 metri.
Sarà quindi necessario valutare dal punto di vista geotecnico possibili problematiche di sollevamento del fondo degli scavi a causa della sottospinta idraulica al di sotto dei livelli argillosi.

Nell'ipotesi progettuale di realizzazione di un solo piano interrato, con fronti di scavo di altezza max 4 mt, in corrispondenza dei settori meridionale e orientale degli scavi si potrà, eventualmente, procedere senza opere di sostegno provvisionali, conferendo alle scarpate inclinazioni compatibili con le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati, previa verifica di stabilità dei fronti stessi.

Sul lato settentrionale, invece, la presenza di una strada carrabile e di un cappannone industriale-commerciale, consigliano l'adozione di opere provvisionali e un monitoraggio del fronte tramite misure inclinometriche. In questo settore inoltre si dovranno valutare in particolar modo le caratteristiche di resistenza e compressibilità dei limi argillosi presenti al sedime del muro di sostegno.

Le indagini saranno quindi principalmente volte alla determinazione delle caratteristiche geotecniche di resistenza e compressibilità dei depositi alluvionali, alla definizione delle profondità del substrato roccioso sano e dello spessore del suo cappellaccio di alterazione, alla valutazione dei parametri

geotecnici dei limi argillosi e alla eventuale definizione dei parametri idrogeologici dell'acquifero.

In questa area vengono prescritte le seguenti indagini:

- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo sino al reperimento per alcuni metri del substrato roccioso sano, di cui almeno due spinti alla profondità di almeno 30 m, ad integrazione dei carotaggi S3, S5 e S6 già eseguiti in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT nei terreni granulari.
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti granulari
- Prelievo di un numero congruo di campioni indisturbati dei terreni fini, su cui eseguire in laboratorio le analisi di riconoscimento, limiti di Atteberg, pesi di volume, prove di permeabilità, prove edometriche e prove triassiali di tipo UU, CD e/o CIU in maniera da ricavare tutti i parametri drenati e quelli non drenati necessari per le verifiche a breve e a lungo termine.
- Al termine delle operazioni di perforazione i fori saranno attrezzati a piezometro da 3", mentre due perforazioni saranno attrezzate con una tubazione da 5".
- analisi geomeccanica delle carote rocciose poste in cassetta e esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- esecuzione di almeno n. 4 prove penetrometriche dinamiche in maniera da completare la verifica degli spessori e delle caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti.
- Prove di permeabilità tipo Slug o Bail Test sui piezometri.
- Eventuale esecuzione di due prove di emungimento di lunga durata sui piezometri di 5" per la determinazione dei parametrici idraulici dell'acquifero.

9.4 Zona 4 - Settore meridionale del S.U.A.

In questa zona il SUA prevede l'intervento di edilizia pubblica. Dal punto di vista stratigrafico e geotecnico l'area ha caratteristiche simili a quelle della zona 3, con la differenza che sono presenti terreni di riporto con spessori più esigui.

Anche in quest'area sono preponderanti le problematiche fondazionali, dovute alla presenza dell'orizzonte limo-argilloso, costituito da limi argillosi moderatamente consistenti, di scarse caratteristiche di resistenza e compressibilità presente direttamente al sedime del futuro edificio di ERP.

Le indagini geotecniche dovranno indirizzare alla scelta della tipologia fondazionale, che dovrà essere valutata anche in relazione all'incremento di carico in fondazione del nuovo edificio rispetto all'attuale capannone seminterrato, a due piani, attualmente presente.
Sul limite settentrionale della zona sarà realizzato un nuovo muro di sostegno e a tergo abbancati terreni di risulta per sistemare ad un'unica quota il piazzale di pertinenza dell'intervento di edilizia privata.

Le indagini saranno quindi principalmente volte alla determinazione delle caratteristiche geotecniche di resistenza e compressibilità dei depositi alluvionali, alla definizione delle profondità del substrato roccioso sano e dello spessore del suo cappellaccio di alterazione, alla valutazione dei parametri geotecnici dei limi argillosi.

Per questa zona vengono prescritte le seguenti indagini:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, di cui almeno uno spinto alla profondità di circa 30 m, ad integrazione delle indagini già eseguite in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT nei terreni granulari.
- Prelievo di un numero congruo di campioni indisturbati dei terreni fini, su cui eseguire in laboratorio le analisi di riconoscimento, limiti di Atteberg, prove edometriche e prove triassiali di tipo UU, CD e/o CIU in maniera da ricavare i parametri drenati e quelli non drenati necessari per le verifiche a breve e a lungo termine.
- Al termine delle operazioni di perforazione i fori saranno attrezzati a piezometro da 3".
- analisi geomeccanica delle carote rocciose poste in cassetta e esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- esecuzione di almeno n. 1 prova penetrometrica dinamica per completare la verifica degli spessori e delle caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti.

L'ipotesi progettuale attuale non determina interferenze col regime di falda riscontrato.

9.5 Zona 5 - Settore orientale del S.U.A.

In questa zona non sono previste opere di particolare rilevanza dal punto di vista geologico-tecnico.
Saranno abbancati modesti spessori di terreno di risulta a tergo dei muri d'argine già presenti, per cui dovranno essere verificate le condizioni di stabilità delle murature esistenti sulla base dei parametri geotecnici dei terreni a tergo.

Per questa zona vengono quindi prescritte le seguenti indagini:

- esecuzione di almeno n. 3 prove penetrometriche dinamiche a tergo del muro d'argine

9.6 Norme comuni a tutte le ZONE

In questa sezione vengono riportate le indagini geognostiche-geotecniche e le norme comuni a tutte le Zone in cui è stato suddiviso il SUA.

Le indagini prescritte ad integrazione di quelle relative a ciascuna Zona sono le seguenti:

- Monitoraggio dei livelli piezometrici della falda nei periodi piovosi autunnali in condizioni di massima ricarica dell'acquifero per valutare i livelli piezometrici massimi e le escursioni stagionali della falda. Restituzione dei dati in forma di carte a isopiezometriche.

- Esecuzione di un congruo numero di indagini sismiche in foro, ad esempio mediante tecniche downhole e/o crosshole, e/o in superficie, ad integrazione di quelle già effettuate, per la corretta individuazione della categoria di suolo di fondazione.

- Ogni eventuale indagine di carattere ambientale che si rendesse necessaria quale approfondimento (anche se non prescritto dagli Enti di controllo) per la caratterizzazione esaustiva dei terreni di risulta al fine di un loro smaltimento e/o riutilizzo secondo le norme vigenti, in caso di eventuali evidenze locali che si riscontrino nella successiva fase di indagine o durante l'esecuzione delle opere, ad esempio anche attraverso campionamento sui cumuli.

Per le fasi di progettazione definitiva/esecutiva dovrà essere redatta a corredo una relazione geologica ai sensi del DM 14-01-2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni). La relazione geologica a carattere esecutivo dovrà contenere le indagini, la caratterizzazione e il modello geologico e sismico del sito in riferimento alle opere previste.

La relazione geologica dovrà contenere anche un piano di monitoraggio della stabilità dei fronti di scavo, con previsione ed ubicazione di apposite perforazioni attrezzate con tubazioni inclinometriche,

da installare prima dell'inizio dei lavori di sbancamento. Le tubazioni saranno installate al contorno degli scavi dove si prevedono le maggiori interferenze con i manufatti esistenti.

La progettazione dell'intervento dovrà porre particolare cura nell'individuazione di adeguati criteri e metodi per la disciplina delle acque superficiali e di quelle provenienti dalle superfici impermeabilizzate. Le nuove opere vanno comunque ad inserirsi in un contesto che allo stato attuale è completamente impermeabilizzato, prevedendo nuovi ampi spazi a verde che determineranno un miglior drenaggio naturale delle acque di pioggia.

Nel rispetto della normativa di cui alla Circolare 4551/89, si ricorda che le norme del S.U.A. devono guidare l'intervento geologico in tutte le fasi successive della progettazione e della realizzazione.
Pertanto, anche in base alle NTC 2008, e considerando l'importanza e impegno dell'opera, si prescrive per la fase esecutiva l'assistenza del geologo alla Direzione Lavori durante la realizzazione del progetto.

Infine relativamente all'ipotesi di realizzazione di un secondo piano interrato nella zona dell'insediamento di edilizia privata, si ritiene che tale soluzione possa essere presa in considerazione anche per motivi geotecnici, ovvero al fine di attestare le fondazioni degli edifici entro il livello di depositi alluvionali ghiaiosi più resistenti, purché questo intervento abbia caratteristiche tali da oltrepassare completamente ed uniformemente i livelli fini limo-argillosi più scadenti.

In ogni caso dovranno essere attentamente valutate le caratteristiche geotecniche di resistenza e deformabilità dei livelli ghiaiosi per determinarne l'idoneità a costituire il sedime di fondazione delle strutture.

In questo caso, vista la maggiore entità degli scavi, sarà necessario realizzare opere provvisionali su tutti i fronti di sbancamento (berlinesi intarantate o diaframmi bentonitici) e dovranno essere adeguatamente considerate le interferenze con la falda sia nella fase esecutiva che di esercizio.

In particolare in fase di scavo bisognerà porre in atto adeguati accorgimenti per minimizzare le venute d'acqua all'interno degli scavi, al fine di prevenire abbassamenti significativi della falda al contorno e conseguenti cedimenti a carico dei manufatti circostanti.

Occorrerà inoltre valutare l'interferenza del secondo piano interrato sul deflusso generale della falda attraverso un apposito studio idraulico- idrogeologico. Nella ZONA 3 comunque, la falda risulta già di tipo artesiano al di sotto dei depositi limo-argillosi ed il secondo piano interrato non farebbe che riprodurre la situazione naturale già presente, con la falda in pressione.

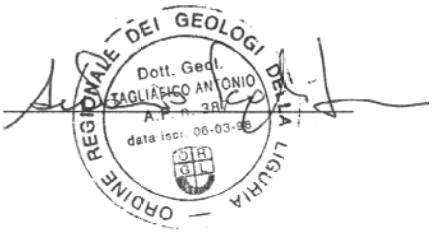
10. CONCLUSIONI

In base alle risultanze dell'indagine preliminare si ritiene di poter esprimere un positivo giudizio di fattibilità dell'intervento dal punto di vista geologico-tecnico.

La presente Relazione e gli elaborati in allegato costituiscono adempimento alle normative citate nell'apposito paragrafo.

Prima della fase di progettazione esecutiva degli interventi si dovranno comunque svolgere tutti gli ulteriori approfondimenti di indagine previsti per le varie Zone della Carta di Sintesi, e seguire le norme di attuazione prescritte nel paragrafo precedente.

Geol Antonio Tagliafico



Geol. Denjs Tassisto

