

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 2
---	-------------------------------------	-----------	-----------

SOMMARIO

1.0 PREMESSA e CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

2.0 ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE E DELLA CARTOGRAFIA DISPONIBILE

- 2.1 Piano Urbanistico Comunale di Albisola Superiore del 16 Giugno 2004, Piano di Bacino Torrente Sansobbia approvato con D.C.P. n.47 del 25-11-2003 e s.m.i e Regolamento Regionale n.3/2011
- 2.2 Terre e rocce da scavo: Delibera Giunta Regionale n.89 del 01.02.2013 , D.M. 161/2012 e Legge 9 agosto 2013, n. 98

3.0 CARATTERISTICHE DELLA ZONA IN ESAME

Aspetti geomorfologici, quadro litologico e strutturale, idrogeologia

4.0 RISULTANZE DELLE INDAGINI SVOLTE

- 4.1 Prove Penetrometriche dinamiche
- 4.2 Parametri geotecnici medi
- 4.3 Misure piezometriche
- 4.4 Prove sismiche passive mediante tromografo digitale

5.0 CARTA DI ANALISI E CARTA DI SINTESI

6.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

- 6.1 Descrizione della sismicità e pericolosità sismica
- 6.2 Microzonazione sismica, risposta sismica locale e valutazione dell'azione sismica

7.0 CONCLUSIONI

ALLEGATI

- TAV. 1: Corografia
- TAV. 2: Carta geologico-geomorfologica
- TAV. 3: Carta idrogeologica
- TAV. 4: Cartografia Piano di Bacino
- TAV. 5: Carta di analisi
- TAV. 6: Carta di sintesi
- TAV. 7: Carta microzonazione sismica
- TAV. 8: Elaborati prove penetrometriche DPSH TG63-100
- TAV. 9: Elaborati prove penetrometriche pregresse DPM TG 30-20
- TAV. 10: Elaborati prove sismiche con tromografo digitale
- TAV. 11: Sezione geologica
- TAV. 12: Documentazione fotografica

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 3
---	-------------------------------------	-----------	-----------

1.0 PREMESSA E CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

Le presente relazione è redatta su incarico del Sig. Giovanni Battista LAGOMARSINO (Viale Giacomo Dino 4/3 16135 Genova) in merito al Piano Urbanistico Operativo in variante al P.U.C. vigente relativo ad area ubicata nel Comune di Albisola. In particolare l'area è ubicata a monte dell'asse autostradale e confina con il tracciato rappresentato da Via Vittorio Veneto. La zona interessa una porzione del mappale n.634 foglio 26 NCT del Comune di Albisola Superiore.

Nell'ambito del PUO (in zona AGR-ser del PUC) è prevista la realizzazione di campeggio di circa 4000 mq di estensione in cui troveranno collocazione 42 piazzole, oltre che gli annessi servizi igienici e locale commerciale (superficie dei locali servizi + commerciale di 167,61 mq) costituiti da un solo piano fuori terra.

Sempre nell'ambito del PUO è prevista la realizzazione di un tratto stradale, di circa 200 metri di lunghezza, che da Via Vittorio Veneto risale verso Via dei Siri.

La variante al PUC proposta, oltre a conservare la destinazione d'uso agricola, prevede l'introduzione di nuove destinazioni d'uso e nuovi parametri urbanistico edilizi. Le nuove destinazioni d'uso risultano la turistico/ricettiva per quanto riguarda il campeggio, la commerciale/scambio per quanto riguarda il locale commerciale per bar/pizzeria, attrezzature e impianti pubblici per quanto riguarda la viabilità pubblica.

La presente relazione è redatta in adempimento alla Circolare Regionale n.4551 del 12.12.1989 (inerente le indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici attuativi), alla DGR n.714/2011 (specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali ai sensi dell'art.1 della L.R. 29/83 per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della DGR n.471/2010), al Regolamento Regionale n.3 del 14.07.2011 (regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua).

In merito alla Circolare 4551 il sito in esame ricade in area AP, ovvero in terreni interamente di pianura, e la presente relazione espone nel seguito i contenuti richiesti dalla stessa per lo strumento di tipo AP.

Circa la DGR n.714/2011 questa espone quanto attiene alla caratterizzazione sismica ed i livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica. La DGR 714/2011 osserva che "relativamente ai progetti edilizi comportanti adeguamenti o varianti allo S.U. vigente ovvero a strumenti urbanistici attuativi i cui procedimenti conducono la rilascio del titolo edilizio, gli stessi risultano soggetti alla normativa sulle costruzioni (D.M. 14.01.2008) che prevede la

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 4
---	-------------------------------------	-----------	-----------

progettazione delle azioni sismiche definite a livello puntuale (sito-dipendente), pertanto il livello di approfondimento risulta più completo di quanto previsto dalla DGR 471/2010”.

In merito al Regolamento Regionale n.3 del 14.07.2011 questo è di riferimento per quanto concerne le fasce di inedificabilità assoluta e di rispetto relativamente alla presenza di due corsi d'acqua che delimitano l'ambito del PUO, come meglio esposto in seguito.

Di seguito si espongono le risultanze delle indagini svolte e le annesse valutazioni di carattere geologico.

2.0 ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE E DELLA CARTOGRAFIA DISPONIBILE

2.1 Piano Urbanistico Comunale di Albisola Superiore del 16 Giugno 2004, Piano di Bacino Torrente Sansobbia approvato con D.C.P. n.47 del 25-11-2003 e s.m.i e Regolamento Regionale n.3/2011.

In merito al Piano Urbanistico Comunale la Carta della Zonizzazione e Suscettività d'uso del territorio (Tav. 7a del PUC) classifica l'area in esame come in Zona A1 (aree di fondovalle costituite da depositi alluvionali attuali e/o terrazzati a comportamento granulare e permeabilità medio-alta. Assetto generale stabile).

La carta dell'acclività (Tav. 1a del PUC) indica per l'area in esame pendenze inferiori al 10%.

La carte geologica (Tav. 2a) riporta la presenza di depositi alluvionali. Il limite di Sud-Est dell'area in esame risulta contraddistinto dal passaggio fra i depositi alluvionali e la Formazione di Molare (indicata come complesso clastico grossolano costituito da conglomerati più o meno cementati con clasti costituiti da rocce di diversa natura e dimensioni decimetriche, localmente con intercalazioni di marne arenacee e marne). Tale Formazione è indicata nel Piano come presente lungo tutti i versanti che circondano a Nord, Sud ed Est la pianura alluvionale in cui è ubicato il sito in esame, pianura che sviluppa verso Ovest fino al Torrente Sansobbia.

Analogamente la carta geomorfologica (Tav. 3a) evidenzia nell'area la presenza di depositi alluvionali rappresentati da terrazzi fluviali.

La carta idrogeologica (Tav. 4a) riporta la presenza di terreni permeabili per porosità a grado alto. Il limite di Sud-Est dell'area risulta contraddistinto dalla presenza di zona a forte contrasto di permeabilità (per il contrasto fra i depositi alluvionali e la Formazione di Molare). La stessa carta non riporta nell'ambito dell'area in esame la presenza di pozzi.

La carta di uso del suolo (Tav. 5a) indica l'area come zona coltiva non terrazzata.

La carta della dinamica dei versanti (Tav. 6a) non riporta elementi di rilievo per la zona in esame (pianeggiante) e per le zone di versante ad essa circostanti.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 5
---	-------------------------------------	-----------	-----------

Dall'esame della cartografia di Piano di Bacino del Torrente Sansobbia si evince quanto segue:
Carta della suscettività al dissesto: l'area sito è classificata come a suscettività molto bassa Pg0 (aree, in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa) e localmente bassa Pg1 (aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo caratterizzati da una bassa incidenza sulla instabilità, dalla cui valutazione risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quella indicata al punto 3 (relativo alle aree Pg2)). In merito alle suddette aree il Piano indica quanto segue: nelle aree a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0) si demanda ai Comuni, nell'ambito della normativa geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree.

Carta delle aree inondabili: la zona d'intervento non rientra fra le aree classificate come inondabili;

Carta reticolo idrografico: l'area in esame è delimitata verso Nord-Ovest e Sud-Est, come visibile nelle tavole in allegato, da due piccoli colatori naturali i quali vengono indicati come corsi d'acqua demaniali e/o aventi significativa rilevanza idraulica.

Circa i suddetti corsi d'acqua il Regolamento Regionale n.3/2011, recante le disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua, indica la fascia di inedificabilità assoluta e quella di rispetto in funzione dell'area di bacino sottesa. In particolare i colatori naturali che delimitano l'ambito del PUO rientrano nel reticolo idrografico di terzo livello (porzione del reticolo idrografico comprendente le aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 0,25 e 0,1 Km²) per quanto riguarda il rio posto a Nord-Ovest dell'ambito (Rio 1 nella cartografia in allegato) e nel reticolo idrografico minuto (porzione del reticolo idrografico regionale minore di 0,1 Km²) per quanto concerne il rio posto a Sud-Est dell'ambito (Rio 2).

In riferimento al reticolo idrografico di terzo livello (area compresa fra 0,25 e 0,1 Km²) il Regolamento prevede una fascia di inedificabilità assoluta di 10 metri mentre per il reticolo idrografico minuto (area <0,1 Km²) è prevista una fascia di inedificabilità di 3 metri.

Come indicato dallo stesso Regolamento (art.4 punto 7) "La fascia di rispetto dai corsi d'acqua in cui sono vietati gli scavi coincide con quella di cui ai commi 3 e 4, ed è soggetta allo stesso regime normativo", ovvero coincide con le fasce di inedificabilità e risulta quindi rispettivamente di 10 e di 3 metri.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 6
---	-------------------------------------	-----------	-----------

In merito a quanto sopra, la collocazione delle nuove opere (asse stradale, strutture e piazzole del campeggio) considera le distanze indicate dal Regolamento. Il nuovo asse stradale previsto nella zona di Sud-Est dell'ambito sarà quindi posto ad almeno tre metri di distanza dal colatore naturale appartenente al reticolo idrografico minuto. Analogamente sul lato di Nord-Ovest dell'ambito verrà mantenuta una distanza di almeno 10 metri dal rio appartenente al reticolo idrografico di terzo livello.

2.2 Terre e rocce da scavo: Delibera Giunta Regionale n.89 del 01.02.2013, D.M. 161/2012 e Legge 9 agosto 2013, n. 98

La disciplina inerente le terre e rocce da scavo è regolamentata dal D.M. 161/2012 e, a livello regionale, dalla D.G.R. n.89 del 01.02.2013 (approvazione indirizzi operativi per la applicazione del Regolamento terre e rocce da scavo DM 161/2012).

Dal 21 Agosto 2013 e in vigore la Legge 9 agosto 2013, n. 98 (Conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69) all'interno della quale l'Art. 41-bis fornisce ulteriori disposizioni in materia di terre e rocce da scavo.

L'Art. 41-bis recita: "in relazione a quanto disposto dall'articolo 266, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, in deroga a quanto previsto dal regolamento di cui al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 10 agosto 2012, n. 161, i materiali da scavo di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), del citato regolamento, prodotti nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, sono sottoposti al regime di cui all'articolo 184-bis del decreto legislativo n. 152 del 2006, e successive modificazioni, se il produttore dimostra:

- a) che è certa la destinazione all'utilizzo direttamente presso uno o più siti o cicli produttivi determinati;
- b) che, in caso di destinazione a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, non sono superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione e i materiali non costituiscono fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale;
- c) che, in caso di destinazione ad un successivo ciclo di produzione, l'utilizzo non determina rischi per la salute né variazioni qualitative o quantitative delle emissioni rispetto al normale utilizzo delle materie prime;

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 7
---	-------------------------------------	-----------	-----------

d) che ai fini di cui alle lettere b) e c) non è necessario sottoporre i materiali da scavo ad alcun preventivo trattamento, fatte salve le normali pratiche industriali e di cantiere.

In merito a quanto sopra si nota che nell'attuale fase non è definito l'eventuale riutilizzo di terreni oggetto di scavo nella stessa area o, soprattutto, in sito diverso da quello di produzione. Si sottolinea comunque come i terreni oggetto di scavo siano riconducibili al terreno vegetale ad ai primi orizzonti dei depositi alluvionali che caratterizzano i luoghi. Tali materiali si ritengono utilizzabili per eventuali sistemazioni nell'area senza l'esigenza di nessun particolare trattamento e che la produzione degli stessi avverrà mediante metodologie di scavo che non determinano rischi di contaminazione per l'ambiente. I terreni in esubero dovranno essere conferiti a discarica autorizzata. Circa un eventuale riutilizzo in sito diverso si dovrà fare riferimento alla suddetta normativa.

3.0 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

Il sito in esame è ubicato ad una quota attorno ai 13 m.s.l.m. in corrispondenza di un'area pianeggiante in cui sono presenti zone adibite a coltivo. L'area, caratterizzata da depositi alluvionali sovrapposti al substrato roccioso riconducibile alla Formazione di Molare (conglomerati e brecce con alternanze di orizzonti marnosi e arenacei), è delimitata verso Nord-Ovest dai rilievi che costituiscono la dorsale la cui propaggine più meridionale è rappresentata dal Bric del Pino, verso Nord-Est dai versanti che risalgono verso la Costa del Siri, verso Sud-Est dai rilievi in cui si sviluppa in galleria l'asse autostradale (gallerie Siri e Torre), mentre verso Ovest la pianura alluvionale si estende fino al Torrente Sansobbia.

La Formazione di Molare che caratterizza il sottosuolo dell'areale indagato è costituita da conglomerati e brecce poligenici ad elementi di grandezza variabile, spesso superiore ai 10 cm, costituiti prevalentemente da elementi ofiolitici, ben cementati di colore rossastro. In alternanza ai livelli conglomeratici e breccioidi sono presenti marne localmente intercalate a livelli arenacei mediamente cementati e conglomerati poligenici sabbiosi più o meno cementati, con ciottoli arrotondati di dimensioni da centimetrica a decimetrica alternati a marne.

Nell'area sono state effettuate quattro prove penetrometriche (di cui due pregresse) e quattro prove geofisiche (di cui una pregressa) mediante tomografo digitale attraverso le quali (esposte in dettaglio in seguito) si è ricostruito l'assetto stratigrafico dei luoghi.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 8
---	-------------------------------------	-----------	-----------

Le prove hanno permesso di osservare la presenza di terreni riconducibili ad argille, argille limose e limo, fino ad almeno 11 metri da piano campagna, i quali rappresentano i depositi alluvionali dell'area. Il substrato roccioso (riconoscibile come 'bedrock sismico') risulta a profondità comprese fra 15,7 metri nella parte di Nord-Est (ovvero spostandosi verso Via dei Siri) fino a 31,8 metri nella zona di Nord-Ovest dell'area. Le altre prove sismiche restituiscono profondità di 26 e 27,6 metri nella zona centrale ed in quella di Sud-Est.

In merito agli aspetti idrografici la carta del reticolo idrografico (come precedentemente esposto) riporta la presenza di due colatori di versante indicati come corsi d'acqua demaniali e/o aventi significativa rilevanza idraulica (Rio 1 e 2 nella Carta di Analisi in allegato). Il primo colatore naturale di versante (Rio 1) proviene dai rilievi posti a nord della piana e dopo un tratto con direzione NE-SO prosegue piegando verso Ovest per poi riprendere la direzione NE-SO. Il secondo colatore (Rio 2) proviene dalle zone poste ad Est della piana. Dove evidenziato sulla cartografia questo assume direzione NE-SO per poi effettuare una variazione di percorso ad angolo retto e assumere direzione SE-NO, a seguito di un'ulteriore variazione di percorso riprende poi la direzione NE-SO.

Circa le caratteristiche idrogeologiche si espone quanto segue:

- i depositi alluvionali sono permeabili per porosità a differente grado in funzione delle caratteristiche dei terreni. Alla luce delle indagini svolte si indica una permeabilità medio-bassa fino ad almeno 11 metri da p.c. considerando la presenza di depositi alluvionali argillosi, limo argillosi e limosi;
- la Formazione di Molare è permeabile per fratturazione e/o fessurazione in merito ai litotipi conglomeratici, alle brecce ed agli orizzonti arenacei mentre gli orizzonti marnosi sono sostanzialmente impermeabili (possono presentare fenomeni di permeabilità per fessurazione e/o fratturazione con comunque limitazioni imposte dal materiale di alterazione di natura argillosa).

In merito alla presenza di falda la messa in opera di due piezometri a tubo aperto ha permesso di osservare, a seguito dell'effettuazione delle misure mediante freatimetro, la presenza d'acqua ad una profondità minima da piano campagna di 8,00 metri. Nel paragrafo §4.3 sono esposte in dettaglio le misurazioni effettuate.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 9
---	-------------------------------------	-----------	-----------

4.0 RISULTANZE DELLE INDAGINI SVOLTE

4.1 Prove Penetrometriche dinamiche

Nell'area in esame sono state effettuate n° 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH1 e DPSH2 (vedere ubicazione in allegato) al fine di valutare l'assetto stratigrafico del sito ed effettuare la caratterizzazione dei terreni attraversati. Circa tali prove, eseguite mediante penetrometro PAGANI DPSH TG63-100, è riportata in allegato la relativa documentazione inerente l'andamento del numero di colpi necessari all'avanzamento delle aste nel sottosuolo (per ogni prova sono riportate le tabelle dei valori di resistenza, i diagrammi numero di colpi punta – Rpd, l'elaborazione statistica con valutazione del valore Nspt equivalente).

Con la stessa strumentazione si è provveduto inoltre alla messa in opera di due piezometri, al fine di valutare la presenza d'acqua nel sottosuolo, i cui risultati sono esposti nel paragrafo §4.3.

Le prove DPSH1 e DPSH2 sono state approfondite rispettivamente fino a 11 e 10 metri da piano campagna.

Circa l'elaborazione dei dati la resistenza alla punta dinamica Rpd è stata valutata in base alla formula Olandese: $RPD = (M^2 H) / [A e (M + P)]$ dove: N = n. colpi per avanzamento ; M = massa battente ; H = altezza caduta ; e = avanzamento per colpo ; A = area punta ; P = peso totale sistema di battuta e aste.

I valori di Nspt degli orizzonti di terreno sono stati determinati sulla base della seguente correlazione: $Nspt = N [Q/Qspt] = bt N$ dove: $bt = Q/Qspt$ = coefficiente teorico di energia della prova in esame ; N = valore caratteristico del numero di colpi per un avanzamento medio di 0,20 m dello strumento riferito all'orizzonte di terreno in esame.

La prova DPSH1 ha restituito un numero di colpi (n° di colpi/20 cm), necessari all'approfondimento delle aste nel sottosuolo, compreso fra 3 e 9 fino a 8,40 metri da piano campagna. Oltre tale profondità la prova ha restituito un aumento del numero di colpi necessari alla penetrazione. In tale tratto si hanno generalmente almeno 16 colpi / 20 cm e solo localmente un numero di colpi inferiore.

Come visibile nella documentazione in allegato, l'elaborazione statistica dei dati relativi alla prova ha permesso di pervenire ai valori Nspt (numero di colpi alla prova penetrometrica standard) i quali nel tratto fino a 8,40 metri da p.c. risultano compresi fra 6 e 12 evidenziando la presenza di terreni da mediamente consistenti a compatti (correlazione di Bowles '82) con

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 10
---	-------------------------------------	-----------	------------

resistenza a compressione semplice compresa fra 0,75 e 1,50 kg/cmq. Oltre tale quota fino a 11,00 m da p.c., fatti salvi due livelli di consistenza analoga ai precedenti, i terreni si presentano molto compatti con resistenza a compressione semplice di almeno 2,00 kg/cmq.

Rispetto alla prova DPSH1, la prova DPSH2 ha restituito generalmente un minor numero di colpi. Da piano campagna fino a 8,20 metri di profondità il numero di colpi varia sostanzialmente fra 2 e 5 per poi aumentare presentando un valore minimo di 12 colpi fra gli 8,20 ed i 10,00 metri da p.c. In termini di valore N_{spt} l'elaborazione statistica restituisce un numero di colpi compreso fra 3 e 7 fino a 8,20 m da p.c. Sulla base di tali valori i terreni presenti in sottosuolo risultano di consistenza da molle a mediamente consistente con resistenza a compressione semplice fra 0,25 e 1,00 kg/cmq.

Oltre gli 8,20 m fino a 10,00 m da p.c. i valori di numero di colpi N_{spt} , tranne un livello con $N_{spt} = 12$, risultano almeno pari a 18 da cui terreni molto compatti con resistenza a compressione semplice di almeno 2,00 kg/cmq.

L'andamento delle due prove, fatta salva la diminuzione del numero di colpi necessari alla penetrazione delle aste nel sottosuolo in corrispondenza della prova DPSH2, risulta stratigraficamente confrontabile. Entrambe le prove restituiscono terreni di consistenza da molle a compatta fino a 8,20-8,40 metri da p.c. ed un significativo aumento del numero di colpi oltre tale profondità.

Durante l'esecuzione della prova DPSH2 è stato considerato anche il numero di colpi necessari all'infissione del rivestimento ai fini della successiva posa del piezometro.

Sulla base del rapporto fra il numero di colpi necessari alla penetrazione delle aste (N_{punta}) ed il numero di colpi per l'infissione del rivestimento ($N_{rivestimento}$) è possibile effettuare una stima della natura dei terreni attraversati secondo la seguente tabella:

Rapporto $N_{punta}/N_{rivestimento}$	Litologia
< 0,25	Argilla
0,25 – 0,40	Argilla con limo o sabbia
0,40 – 0,70	Limo
0,70 – 2,25	Sabbia con limo o limosa
2,25 – 4,00	Sabbia o ghiaia con matrice plastica
> 4,00	Ghiaia o ghiaia + sabbia

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 11
---	-------------------------------------	-----------	------------

I rapporti Npunta/Nrivestimento calcolati restituiscono generalmente terreni riconducibili ad argilla, argilla limosa e limo. Solo localmente è presente un rapporto compreso fra 0,80 e 2,00 riconducibile quindi a sabbie limose / limi sabbiosi. Questi piccoli livelli, alternati a limi, si collocano entro i 3,20 metri di profondità.

In aggiunta alle suddette prove si fa riferimento, ai fini della caratterizzazione dei luoghi, anche a due prove penetrometriche dinamiche pregresse (DPM1 – DPM2) (eseguite con penetrometro PAGANI TG 30-20 Tipo DPM) effettuate nell'area in ambito di altro progetto (vedere ubicazione in allegato).

Le prove DPM1 e DPM2 permisero di investigare il sottosuolo rispettivamente fino a 7,00 e fino a 6,90 metri di profondità, come visibile nelle tabelle in allegato dove è riportato l'andamento delle prove con il numero di colpi /10 cm e la correlazione fra questi ed il numero di colpi alla prova penetrometrica standard (NSPT).

L'esame delle prove permise di osservare un'omogeneità di risultati i quali restituirono terreni di consistenza molle o molto molle fino a 3,6-4,0 metri. A seguire si osservò un incremento del numero di colpi con passaggio a terreni da mediamente consistenti a compatti.

La prova P1 mise in evidenza la presenza di 6 orizzonti litotecnici rispettivamente con valori medi di Nspt pari a : A 0,76 – B 3,18 – C 0,76 – D 5,49 – E 9,09 – F 19,92.

La prova P2 presentò analogamente 6 orizzonti litotecnici aventi rispettivamente i seguenti valori medi del numero colpi Nspt :A 1,11 – B 3,14 – C 9,93 – D 5,47 – E 10,17 – F 16,29.

4.2 Parametri geotecnici

Circa i parametri geotecnici si espone quanto attiene ai diversi orizzonti osservati nelle prove effettuate. I parametri relativi all'angolo di attrito in condizioni drenate sono stati desunti tramite la formula di Meyerhof ($23,7 + 0,57 \cdot N_{spt} - 0,006 \cdot N_{spt}^2$) (per materiali con presenza di limo > 5%), la coesione non drenata mediante la formula di Terzaghi-Peck ($0,067 \cdot N_{spt}$), il peso di volume sulla base delle tabellazioni di Bowles '82, il modulo edometrico secondo Stroud-Butler ($5 \cdot N_{spt}$).

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 12
---	-------------------------------------	-----------	------------

In merito alle prove DPSH1 e DPSH2 le seguenti tabelle riportano il numero di colpi Nspt relativo ai vari livelli individuati ed i relativi parametri geotecnici dei terreni a seguito dell'applicazione delle sopra indicate formule di correlazione con il valore di Nspt (numero di colpi alla prova penetrometrica standard).

DPSH 1		Angolo di attrito Meyerhof >5% limo	Coesione non drenata kg/cmq Terzaghi-Peck	drenata kg/cmq C = 1/15 Cu	Peso di volume KN/mc	Modulo edometrico kg/cmq Stroud-Butler
Prof. (m)	NSPT					
0,00 – 0,60	7	27,40	0,47	0,031	18,50	35
0,60 – 1,40	12	29,68	0,80	0,054	20,00	60
1,40 – 2,40	10	28,80	0,67	0,045	19,50	50
2,40 – 3,00	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
3,00 – 3,20	13	30,10	0,87	0,058	20,25	65
3,20 – 3,40	9	28,34	0,60	0,040	19,25	45
3,40 – 3,80	7	27,40	0,47	0,031	18,50	35
3,80 – 4,40	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
4,40 – 5,00	10	28,80	0,67	0,045	19,50	50
5,00 – 5,40	9	28,34	0,60	0,040	19,25	45
5,40 – 5,60	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
5,60 – 6,20	12	29,68	0,80	0,054	20,00	60
6,20 – 6,40	9	28,34	0,60	0,040	19,25	45
6,40 – 6,60	13	30,10	0,87	0,058	20,25	65
6,60 – 7,00	9	28,34	0,60	0,040	19,25	45
7,00 – 7,20	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
7,20 – 8,00	9	28,34	0,60	0,040	19,25	45
8,00 – 8,40	12	29,68	0,80	0,054	20,00	60
8,40 – 8,60	24	33,92	1,61	0,107	21,50	120
8,60 – 9,00	33	35,98	2,21	0,147	22,00	165
9,00 – 9,20	24	33,92	1,61	0,107	21,50	120
9,20 – 9,40	18	32,02	1,21	0,080	21,00	90
9,40 – 9,60	12	29,68	0,80	0,054	20,00	60
9,60 – 10,00	19	32,36	1,27	0,085	21,20	95
10,00 – 10,20	7	27,40	0,47	0,031	18,50	35
10,20 – 10,40	13	30,10	0,87	0,058	20,25	65
10,40 – 10,60	30	35,40	2,01	0,134	22,00	150
10,60 – 11,00	51	37,16	3,42	0,228	22,00	255

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 13
---	-------------------------------------	-----------	------------

DPSH 2		Angolo di attrito	Coesione non	drenata	Peso di volume	Modulo edometrico
Prof. (m)	NSPT	Meyerhof >5% limo	drenata kg/cm ² Terzaghi-Peck	kg/cm ² C = 1/15 Cu	KN/m ³	kg/cm ² Stroud-Butler
0,00 – 0,60	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
0,60 – 1,20	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
1,20 – 1,60	4	25,88	0,27	0,018	17,00	20
1,60 – 1,80	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
1,80 – 2,00	4	25,88	0,27	0,018	17,00	20
2,00 – 2,20	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
2,20 – 2,60	4	25,88	0,27	0,018	17,00	20
2,60 – 2,80	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
2,80 – 3,20	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
3,20 – 3,80	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
3,80 – 4,20	4	25,88	0,27	0,018	17,00	20
4,20 – 4,40	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
4,40 – 4,60	4	25,88	0,27	0,018	17,00	20
4,60 – 5,00	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
5,00 – 5,80	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
5,80 – 6,00	4	25,88	0,27	0,018	17,00	20
6,00 – 6,60	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
6,60 – 6,80	4	25,88	0,27	0,018	17,00	20
6,80 – 7,00	3	25,36	0,20	0,013	16,50	15
7,00 – 7,40	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
7,40 – 7,80	6	26,90	0,40	0,027	18,00	30
7,80 – 8,00	7	27,40	0,47	0,031	18,50	35
8,00 – 8,20	12	29,68	0,80	0,054	20,00	60
8,20 – 8,80	21	33,02	1,41	0,094	21,30	105
8,80 – 9,40	18	32,02	1,21	0,080	21,10	90
9,40 – 9,60	22	33,34	1,47	0,098	21,40	110
9,60 – 10,00	30	35,40	2,01	0,134	22,00	150

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 14
---	-------------------------------------	-----------	------------

Circa le prove penetrometriche pregresse DPM1 e DPM2 le tabelle che seguono, analogamente a quanto esposto per le prove DPSH, riportano i valori di N_{spt} relativi ai livelli messi in luce dalle prove e la correlazione con i parametri geotecnici.

	PROVA DPM1	Angolo di attrito Meyerhof > 5% limo	Coesione non drenata kg/cmq Terzaghi-Peck	Coesione drenata kg/cmq C = 1/15 Cu	Peso di volume KN/mc Bowles	Modulo edometrico kg/cmq Stroud-Butler
	media da 0,0 a 2,5 m					
livello A	0,76	24,13	0,05092	0,003	16	3,8
	media da 2,5 a 3,0 m					
livello B	3,18	25,45	0,21306	0,014	16,5	15,9
	media da 3,0 a 3,6 m					
livello C	0,76	24,13	0,05092	0,003	16	3,8
	media da 3,6 a 4,4 m					
livello D	5,49	26,65	0,36783	0,025	17,5	27,45
	media da 4,4 a 6,0 m					
livello E	9,09	28,39	0,60903	0,041	19	45,45
	media da 6,0 a 7,0 m					
livello F	19,92	32,67	1,33464	0,089	21	99,6

	PROVA DPM2	Angolo di attrito Meyerhof > 5% limo	Coesione non drenata kg/cmq Terzaghi-Peck	Coesione drenata kg/cmq C = 1/15 Cu	Peso di volume KN/mc Bowles	Modulo edometrico kg/cmq Stroud-Butler
	media da 0,0 a 2,6 m					
livello A	1,11	24,33	0,07437	0,005	16	5,55
	media da 2,6 a 4,0 m					
livello B	3,14	25,43	0,21038	0,014	16,5	15,7
	media da 4,0 a 4,9 m					
livello C	9,93	28,77	0,66531	0,044	19	49,65
	media da 4,9 a 5,8 m					
livello D	5,47	26,64	0,36649	0,024	17,5	27,35
	media da 5,8 a 6,5 m					
livello E	10,17	28,88	0,68139	0,045	19	50,85
	media da 6,5 a 6,9 m					
livello F	16,29	31,39	1,09143	0,073	20	81,45

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 15
---	-------------------------------------	-----------	------------

4.3 Misure piezometriche

A seguito dell'esecuzione delle due prove penetrometriche mediante penetrometro superpesante furono eseguite (in data 15.10.2013) delle misure piezometriche dopo l'installazione dei piezometri in foro. Le misure restituirono per entrambi i punti d'indagine la presenza d'acqua a 9,00 metri da piano campagna.

Successivamente (in data 24.10.13) le misure eseguite hanno permesso di osservare un innalzamento del livello di acqua in foro. Nel piezometro installato presso la prova DPSH1 fu rilevata la presenza d'acqua a 7,95 m da p.c. (con innalzamento di 1,05 metri) mentre presso la prova DPSH2 fu rilevata acqua a 8,80 m da p.c. (con modesto innalzamento di 0,20 metri rispetto al 15.10.13).

In data 05.11.13 sono state effettuate ulteriori misure le quali hanno restituito un livello di acqua a 8,00 metri da p.c. presso la prova DPSH1 e a 9,00 metri presso la prova DPSH2. Rispetto alle misurazioni del 24.10.13 si è quindi registrato un abbassamento di 0,05 cm presso la prova DPSH1 e un abbassamento di 0,20 cm presso la DPSH2 confermando comunque un sostanziale attestamento dei livelli rispettivamente attorno agli 8,00 e 9,00 metri da piano campagna nei due punti di misura.

4.4 Prove sismiche passive mediante tromografo digitale

Nell'area sono state svolte tre prove sismiche passive la cui documentazione inerente le elaborazioni dei dati e gli annessi grafici di restituzione dei risultati sono riportati in allegato. Oltre a tali prove (T1P – T2P – T3P), eseguite nell'area relativa al PUO, si fa inoltre riferimento ad una prova pregressa (T1) eseguita in zona nell'ambito di altro progetto.

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino®, Micromed SpA) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz per un tempo di 20 minuti.

Lo strumento utilizzato si basa sulla metodologia sismica passiva con misura del rumore sismico mediante un'indagine a stazione singola dei rapporti spettrali (HVSR, Metodo di Nakamura). Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum) e permette sia la definizione delle caratteristiche della funzione di amplificazione in termini di frequenze fondamentali di risonanza sia la valutazione della stratigrafia in termini di profondità delle principali superfici di

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 16
---	-------------------------------------	-----------	------------

discontinuità. Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza. Per l'interpretazione software è stato utilizzato il programma *GRILLA* realizzato appositamente per le elaborazioni dei dati acquisiti con il tromografo utilizzato.

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero è stata ricavata la curva H/V, adottando una larghezza delle finestre d'analisi pari a 20 s, effettuando un lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

La valutazione della misura è stata condotta mediante il software Grilla sulla base delle indicazioni fornite dal progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) che ha stabilito le linee guida per una corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale.

Interpretazione delle misure:

Prova T1P

Il grafico frequenza-H/V (Fig.1 nel relativo allegato) mette in evidenza un picco significativo a 3,56 Hz. Oltre tale frequenza si osservano ulteriori picchi attorno a 12,5 Hz e 45 Hz i quali sono stati considerati ai fini dell'elaborazione del modello di sottosuolo. La curva mette in evidenza ulteriori piccoli picchi fra i 12,5 ed i 45 Hz frutto di ulteriori variazioni stratigrafiche. Ai vari picchi individuati si può attribuire un'origine stratigrafica in quanto si riconosce un minimo sulla componente verticale ed un massimo sulle altre componenti (Fig.4).

In Fig.2 è mostrato il grafico relativo alla serie temporale, relativa ai 20 minuti di acquisizione del segnale, sul quale è stata effettuata una rimozione dei transienti da cui un'analisi sul 58% del tracciato originario.

In Fig.5 è riportato il grafico relativo al confronto fra la curva sperimentale e la curva teorica. Quest'ultima è generata sulla base della stratigrafia, di cui in tabella n°1, che rappresenta il modello di sottosuolo adottato per effettuare il 'fit vincolato' della curva teorica a quella sperimentale e successivamente ottenere il profilo delle Vs ed una stima del parametro Vs30 relativo ai primi 30 metri di sottosuolo.

L'elaborazione della curva teorica ha permesso di definire un modello di sottosuolo caratterizzato da quattro orizzonti. Circa i tre orizzonti più superficiali questi presentano spessori rispettivamente di 0,8 , 6 e 25 metri con velocità stimata di Vs pari a 150, 280 e 620 m/s. Ad essi fa seguiti il quarto orizzonte, riconducibile al substrato roccioso, con Vs stimata di 1150 m/s.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 17
---	-------------------------------------	-----------	------------

Prova T2P

Il grafico frequenza-H/V (Fig.1 nel relativo allegato) mette in evidenza un picco significativo a 5,31 Hz. Oltre tale frequenza si osservano ulteriori picchi attorno ai 17 Hz e 37,5 Hz. Ai vari picchi individuati si può attribuire un'origine stratigrafica in quanto si riconosce un minimo sulla componente verticale ed un massimo sulle altre componenti (Fig.4).

L'elaborazione della curva teorica ha permesso di pervenire ad un modello di sottosuolo caratterizzato da tre orizzonti sovrapposti al substrato roccioso contraddistinti dai seguenti spessori e velocità: 1 metro e Vs 150 m/s ; 5 metri e Vs 340 m/s ; 20 metri e Vs 550 m/s. Il quarto orizzonte attribuibile al substrato roccioso presenta Vs stimata di 950 m/s.

Prova T3P

Il grafico frequenza-H/V (Fig.1 nel relativo allegato) presenta un picco significativo a 5,56 Hz. Oltre tale frequenza si osservano picchi attorno ai 13,5 Hz (e 20 Hz) e a 60 Hz. Analogamente alle altre prove effettuate si può attribuire ai vari picchi un'origine stratigrafica in quanto si riconosce un minimo sulla componente verticale ed un massimo sulle altre componenti (Fig.4).

Le elaborazioni finalizzate alla definizione del modello di sottosuolo anche in questo caso permettono di definire un sottosuolo caratterizzato da tre orizzonti riconducibili a terreni a cui fa seguito un quarto orizzonte attribuibile al substrato roccioso. Gli spessori e le relative velocità stimate sono i seguenti: 0,6 metri e 150 m/s ; 6 metri e 340 m/s ; 21 metri e 610 m/s. Per quanto riguarda il substrato roccioso risulta una velocità Vs di 1050 m/s.

Prova T1 (pregressa)

Il grafico frequenza-H/V (Fig.1 nel relativo allegato) mette in evidenza un picco significativo a 5,0 Hz. Oltre tale frequenza si osservano ulteriori piccoli picchi (da 10 a circa 30 Hz) che segnalano piccole variazioni all'interno dei terreni. Ai vari picchi individuati (in particolare quello a 5 Hz ed il picco a frequenza più elevata a circa 30 Hz) si può attribuire un'origine stratigrafica in quanto si riconosce un minimo sulla componente verticale ed un massimo sulle altre componenti (Fig.4).

L'elaborazione della curva teorica ha permesso di definire un modello di sottosuolo caratterizzato da quattro orizzonti. Due orizzonti superficiali con spessore rispettivamente di 1,7 e 12 metri, evidenziati dal picco a circa 30 Hz, aventi Vs media stimata pari a 200 e 400 m/s. Ad essi fa seguito un orizzonte caratterizzato da una minore velocità rispetto al secondo livello. Tale aspetto è indicato dalla presenza di un massimo della componente verticale rispetto alle altre componenti a frequenze comprese fra 7 e 9 Hz.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 18
---	-------------------------------------	-----------	------------

Al terzo orizzonte, di spessore 2 metri e Vs di 200 m/s, fa seguito il quarto orizzonte con Vs stimata di 970 m/s che è riconducibile al substrato roccioso.

Categoria di suolo

Le suddette prove hanno restituito i seguenti valori stimati di velocità Vs30:

T1P 467m/s – T2P 484 m/s – T3P 514 m/s - T1 474 m/s.

In merito alla definizione della categoria di suolo, di cui al DM 14.01.2008, le prove hanno permesso di osservare la presenza di terreni sovrapposti ad un bedrock sismico intercettabile a 15,7 metri nella prova T1, a 31,8 metri nella T1P, a 26 metri nella T2P, a 27,6 metri nella T3P. Fatto salvo il primo orizzonte, di spessore massimo di 1 metro, il secondo orizzonte (spessore da 5 a 6 metri per le prove T1P, T2P e T3P) presenta una Vs media di 320 m/s mentre il terzo orizzonte (di spessore variabile fra 20 e 25 metri) una Vs media di 593 m/s. I due orizzonti sono singolarmente riconducibili (DM 14.01.2008) rispettivamente a terreni di tipo C (Vs compresa fra 180 e 360 m/s – terreni mediamente addensati o mediamente consistenti) e di tipo B (Vs fra 360 e 800 m/s – rocce tenere o terreni molto addensati o terreni molto consistenti), caratteristiche che risultano in linea con quanto desunto dalle prove penetrometriche effettuate.

Ai fini della categoria di suolo i dati desunti dalle prove T1P, T2P, T3P permettono di attribuire il sito alla categoria di suolo B, ciò sia considerando i valori di Vs30 (compresi fra 360 e 800 m/s e quindi direttamente riconducibili a tale categoria) sia valutando una colonna stratigrafica avente 30 metri di depositi al di sopra del bedrock sismico (ulteriore condizione per l'attribuzione alla categoria B). Questa seconda valutazione è stata effettuata considerando l'intercettazione del bedrock sismico a 31,8 , 26 e 27,6 metri da piano campagna nelle tre prove, quindi alla luce del modesto spessore necessario al raggiungimento dei 30 metri nei risultati delle prove T2P e T3P.

Circa la prova pregressa T1 questa resituisce 15,7 metri di terreni al di sopra del bedrock sismico. I terreni presentano velocità comprese fra 200 e 400 m/s, relativamente ai tre orizzonti di depositi individuati, da cui un valore di Vs sui primi 15,7 (Vs15,7) pari a 323,71 m/s. Tale velocità permette di ricondurre i depositi a terreni di tipo C. La categoria di suolo in questo caso risulta essere la categoria E ovvero terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 metri posti su substrato di riferimento con Vs > 800 m/s.

Doppia risonanza terreno-strutture

Per quanto riguarda gli aspetti inerenti la doppia risonanza terreno-strutture le frequenze di

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 19
---	-------------------------------------	-----------	------------

riferimento ai fini ingegneristici per la riduzione del rischio sismico, derivanti dalle suddette prove, sono le seguenti.

T1P: picco principale 3,56 Hz, presenti ulteriori picchi attorno 12,5 Hz e 45 Hz.

T2P: picco principale 5,31 Hz, presenti ulteriori picchi attorno 17 Hz e 37,5 Hz.

T3P: picco principale 5,56 Hz, presenti ulteriori picchi attorno 13,5 Hz, 20 Hz e a 60 Hz.

T1 : picco principale 5,00 Hz, presenti ulteriori picchi da 10 a circa 30 Hz.

5.0 CARTA DI ANALISI E CARTA DI SINTESI

La Circolare Regionale n.4551 del 12.12.1989 prevede la redazione di due carte denominate carta di analisi (o di progetto) e carta di sintesi. Per la carta di analisi, in breve, sono previsti contenuti relativi alle prove svolte in sito, alla successiva definizione di ambiti a comportamento geotecnico e idrogeologico omogeneo. La carta di sintesi contiene invece quanto attiene alla zonizzazione geologico-tecnica dei luoghi con riferimento alle problematiche discendenti dall'analisi eseguita ed ai criteri d'intervento in relazione alle caratteristiche geologico-tecniche, idrogeologiche e idrologiche dei luoghi.

In allegato alla carta di analisi e la carta di sintesi sono riportate nelle Tavole 5 e 6. In riferimento alle carte si espone quanto segue.

La carta di analisi riporta l'ubicazione delle prove eseguite le quali, come precedentemente esposto, sono consistite in 4 prove penetrometriche (2 prove penetrometriche pregresse con penetrometro medio e 2 prove con penetrometro superpesante) ed in 4 prove geofisiche mediante tomografo (di cui una prova pregressa). Nella carta è riportata l'ubicazione dei due piezometri messi in opera in sostanziale corrispondenza delle due prove penetrometriche superpesanti, l'ubicazione dei due rii delimitanti l'ambito P.U.O. e la traccia della sezione geologica (Tav.11, a cui si rimanda in merito alla ricostruzione del sottosuolo). A seguito delle indagini svolte l'area relativa all'Ambito del P.U.O. si ritiene contraddistinta da caratteristiche geotecniche e idrogeologiche omogenee.

Circa la carta di sintesi le aree d'interesse sono state suddivise in tre zone (A, B, C).

La zona A è relativa all'area del campeggio in cui è prevista la realizzazione di piazzole, di struttura dedicata ai servizi igienici e di struttura commerciale al servizio del campeggio. Nella zona B sono state evidenziate le aree relative alla nuova strada con le annesse aree pedonali e parcheggi pubblici. Le zone C sono invece relative alle fasce di inedificabilità/rispetto determinate dalla presenza di due rii.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 20
---	-------------------------------------	-----------	------------

Circa la zonizzazione geologico-tecnica dei luoghi le zone A e B sono considerate, alla luce delle caratteristiche del sito come precedentemente esposto, come contraddistinte delle stesse peculiarità di tipo geologico, geotecnico e idrogeologico.

In merito alle zone C, sebbene anch'esse contraddistinte da identiche caratteristiche geologiche s.l. dei luoghi, in termini di zonizzazione vengono indicate separatamente in quanto sottoposte al Regolamento Regionale n.3/2011 e aventi quindi diversa caratterizzazione sotto il profilo delle problematiche di tipo idraulico.

Zona A e B:

Le zone A e B, distinte sulla base della differente destinazione delle aree (campeggio e strada), sono caratterizzate da comuni caratteristiche inerenti gli aspetti stratigrafici con presenza di depositi alluvionali finì i quali costituiscono l'orizzonte di sedime delle strutture previste, in particolare le strutture di fondazione dei manufatti destinati a servizi igienici e locali commerciali (come visibile nella sezione geologica in allegato). In termini di zonizzazione del territorio le indagini svolte permettono di confermare l'assetto stabile di cui al P.U.C. con modesti condizionamenti geologici s.l. interessanti l'ambito PUO. Considerando le caratteristiche dei luoghi dovranno valutarsi le problematiche legate ad eventuali fenomeni di cedimento differenziale determinati dalla presenza di terreni di natura compressibile caratterizzati generalmente da modesta consistenza. Più in generale, circa gli aspetti geotecnici di dettaglio e le relative verifiche, dovranno essere effettuate le idonee valutazioni nell'ambito della Relazione Geotecnica secondo quanto normato dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni (DM 14.01.2008) e relativa Circolare n°617 del 2 Febbraio 2009.

Circa gli aspetti idrogeologici si può escludere l'interazione di strutture fondazionali sub-superficiali di tipo diretto (ipotizzabili per le strutture previste) con la falda. A seguito delle misure effettuate quest'ultima risulta a profondità da piano campagna di almeno 8 metri. Si nota ad ogni buon conto come il livello di falda sia oggetto ad oscillazioni stagionali in funzione della quantità di precipitazioni atmosferiche. Le misure effettuate, nonostante siano state eseguite fino al novembre 2013, non hanno mostrato apprezzabili variazioni, ciò in funzione di una carenza di precipitazioni fino a tale data. I terreni di natura argillosa e limosa costituenti l'orizzonte di sedime delle strutture sono contraddistinti da permeabilità per porosità di basso grado.

In merito alla caratterizzazione sismica si rimanda a quanto esposto nel paragrafo 6.2.

Il progetto, circa la zona A, prevede modeste aree impermeabilizzate determinate dalle strutture per servizi igienici e commerciali (< 170 mq) mentre le previste piazzole del

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 21
---	-------------------------------------	-----------	------------

campeggio consentiranno il drenaggio delle acque. Circa la nuova strada questa dovrà prevedere canalizzazioni superficiali impermeabilizzate lungo il percorso. In generale la regimazione delle acque dovrà essere condotta evitando l'insorgere di fenomeni di accumulo idrico localizzato mediante idonea rete di smaltimento.

Zona C:

Analogamente alle zone A e B anche la zona C è contraddistinta da depositi alluvionali riconducibili a argille, limi e argille limose fino a significativa profondità da piano campagna. In merito agli aspetti stratigrafici, a quelli inerenti le caratteristiche geotecniche dei depositi e alla soggiacenza della falda le aree ricomprese nella zona C sono quindi contraddistinte dalle stesse condizioni esposte per le zone A e B. Le zone C si differenziano in quanto sottoposte al Regolamento Regionale n.3/2011 relativo alla tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua. Eventuali interventi in tali zone (non previsti dal progetto inerente l'Ambito PUO) dovranno perciò rispondere a quanto richiesto da tale normativa la quale prevede le attività non compatibili, quelle ammesse e gli studi a supporto. Si nota come la norma indichi che sono fatti salvi gli interventi di realizzazione di nuove strade purchè non interferenti con le opere di protezione presenti e con la possibilità di manutenzione degli alvei e delle opere stesse, né pregiudichino l'eventuale sistemazione definitiva del corso d'acqua. Nel merito la strada prevista all'interno dell'ambito PUO è stata comunque collocata al di fuori della fascia di inedificabilità e la sua realizzazione (comprese le aree accessorie quali in particolare la zona a parcheggio) dovrà quindi prevedere idonea distanza dal corso d'acqua limitrofo.

6.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1 DESCRIZIONE DELLA SISMICITA' E PERICOLOSITA' SISMICA

Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità risulta quanto segue per ciò che riguarda il territorio di Albisola Superiore e del suo intorno.

Dal data base macrosismico italiano (DBMI04) dell'INGV, utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04), risultano 4 eventi con $MW > 4$ desunti dalla storia sismica di Albisola Superiore.

Circa gli eventi più prossimi questi oscillano da una magnitudo M_w di 4,63 ad una pari a 6,29 relativa all'evento avvenuto nel 1887 nella Liguria Occidentale (si rammenta che per una magnitudo momento MW inferiore o uguale a 6 si ha una corrispondenza con la magnitudo

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 22
---	-------------------------------------	-----------	------------

Richter ML (Silvestri F., "Caratteri dei moti sismici ed analisi di pericolosità" in Appendice C di 'Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica', AGI 2005,).

In merito alla mappa della pericolosità sismica prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) questa riporta la distribuzione dei valori dell'accelerazione orizzontale massima a_g che per il territorio di Albisola Superiore risultano compresi fra 0,050 e 0,075 g.

In merito a quanto sopra si specifica come la Regione Liguria abbia riclassificato il territorio regionale mediante la Deliberazione della Giunta Regionale n°1362 del 19.11.2010 (DM 14.01.2008 Norme Tecniche Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria). In base alla classificazione regionale il Comune di Albisola Superiore risulta in area classificata come Zona 4.

6.2 MICROZONAZIONE SISMICA, RISPOSTA SISMICA LOCALE e VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Circa gli aspetti relativi alla microzonazione sismica la DGR n.714/2011, come precedentemente esposto, indica che "relativamente ai progetti edilizi comportanti adeguamenti o varianti allo S.U. vigente ovvero a strumenti urbanistici attuativi i cui procedimenti conducono la rilascio del titolo edilizio, gli stessi risultano soggetti alla normativa sulle costruzioni (D.M. 14.01.2008) che prevede la progettazione delle azioni sismiche definite a livello puntuale (sito-dipendente), pertanto il livello di approfondimento risulta più completo di quanto previsto dalla DGR 471/2010". Nel seguito si espone comunque anche quanto attiene alla valutazione delle microzone omogenee in prospettiva sismica e, come indicato dalla DGR in merito ai Progetti Urbanistici Operativi, una valutazione dei fattori di amplificazione (si nota come la DGR indichi quanto segue: "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").

Circa la valutazione approssimata del fattore di amplificazione è possibile fare riferimento al metodo proposto da Midorikawa e Fujiimoto (2003) i quali hanno proposto una formula empirica per stimare il fattore di amplificazione (F_a) utilizzando il valore di velocità V_{s30} .

La formula proposta è la seguente:

$$F_a = 10^{(2,367 - 0,852 \log V_{s30})} \pm 0,166$$

Le prove svolte hanno restituito i seguenti valori velocità V_{s30} a cui, applicando la suddetta formula, sono relativi i fattori di amplificazione sotto riportati.

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 23
---	-------------------------------------	-----------	------------

Prova	Vs30 m/s	Fa
T1P	467	1,238
T2P	484	1,201
T3P	514	1,141
T1	474	1,222

La suscettibilità di amplificazione risulterebbe quindi mediamente (Microzonazione sismica – G. Riga 2006) da bassa a moderata (fattori compresi fra 1,00 e 1,25).

Le prove sismiche effettuate presentano picchi di varia ampiezza in corrispondenza dei contrasti di rigidità fra terreni e bedrock sismico. L'ampiezza dei picchi si presenta massima nella prova T1P dopodichè diminuisce nel seguente ordine: T1, T3P, T2P. Rispetto al fattore di amplificazione stimato risulta un cambiamento di posizione delle prove T3P e T2P per via di una maggiore Vs30 stimata in corrispondenza della prova T3P.

In generale i valori di Vs30 possono essere ampiamente confrontati (variazione di soli 47 m/s rispetto al valore massimo e minimo di velocità derivanti dalle prove effettuate). Il valore medio risulta di 484,75 m/s sostanzialmente coincidente con i 484 m/s relativi alla prova T2P.

Circa la distinzione in microzone a comportamento omogeneo, prevista dalla DGR n.714/2011, si ritiene quindi di attribuire le aree relative all'ambito del PUO alla zona B, ovvero zone stabili suscettibili di amplificazioni locali. Tali zone sono quelle aree passibili di amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e/o morfologica locale. In particolare l'area in esame (contraddistinta da depositi alluvionali) risulta soggetta ad amplificazione stratigrafica mentre non è presente un'amplificazione topografica in quanto i luoghi mostrandoti acclività inferiore a 15°. Si nota, come precedentemente esposto in merito alla definizione della categoria di suolo, che in termini puntuali la zona di Nord-Est dell'area può essere ricondotta alla categoria E mentre la zona di Sud-Ovest (dove sono previste le strutture del campeggio e rappresentante la maggiore superficie dell'ambito PUO) può essere ricondotta alla categoria B. Tali caratteristiche non risultano modificare in termini generali quanto suddetto in merito alla definizione di zone omogenee nella fattispecie riconducibili a zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali risulta quindi rientrare tutta l'area dell'ambito PUO.

Secondo la normativa vigente la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A). Tali valori vengono modificati in

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 24
---	-------------------------------------	-----------	------------

funzione ad effetti dovuti a variazioni geologiche e geomorfologiche, denominati effetti di sito, che possono modificare la pericolosità sismica dell'area. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è quindi necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante l'approccio indicato nel §3.2.2 del DM 14.01.2008 in merito alla definizione della categoria di suolo (coefficiente stratigrafico Ss) e della categoria topografica (coefficiente topografico St).

- Per quanto concerne la categoria di suolo questa è la Categoria B (Vs30 compresa fra 360 e 800 m/s) sulla base delle indagini svolte come esposto in precedenza;
- In merito alla categoria topografica la zona indagata è situata in corrispondenza di un territorio con inclinazione inferiore ai 15° per la quale è possibile attribuire al sito la categoria T1;

Per la definizione dei parametri sismici è stato utilizzato il programma 'Parametri Sismici' della Geostru Software. I parametri di partenza relativi al sito in esame sono i seguenti:

Latitudine: 44,337486

Longitudine: 8,517561 (coordinate ED50)

Classe d'uso delle costruzioni: considerata sia la classe II (affollamento normale) che la classe III (affollamento significativo) da cui coefficiente d'uso (Cu) rispettivamente pari a 1,0 e 1,5.

Vita nominale (Vn): 50 anni

Periodo di riferimento (Vr): $V_r = V_n \times C_u = 50$ anni (75 anni per affollamento significativo)

Categoria di suolo: B

Categoria topografica: T1

Nelle elaborazioni dei parametri sismici esposte in seguito vengono riportati i parametri relativi agli spettri in accelerazione orizzontale ed i coefficienti sismici per i vari stati limite previsti dalla normativa (di operatività SLO, di danno SLD, di salvaguardia della vita SLV e di collasso SLC). Per quanto riguarda il sito di riferimento questi è contraddistinto dalle coordinate dei vertici della cella (identificativi 17133, 17134, 16912 e 16911) della griglia di pericolosità sismica così come definita dall'INGV. Nelle tavole a seguire l'accelerazione massima Amax è data in m/s²; kh e kv sono rispettivamente i coefficienti sismici orizzontale e verticale, β è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito così come definito al paragrafo 7.11 del DM 14.01.2008 in funzione delle opere e delle categorie di suolo.

Parametri sismici (elaborazione mediante il Software 'Parametri sismici' della Geostru Software):

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 25
---	-------------------------------------	-----------	------------

Siti di riferimento:

Sito 1	ID: 17133	Lat: 44,3281	Lon: 8,4577	Distanza: 4878,093
Sito 2	ID: 17134	Lat: 44,3310	Lon: 8,5274	Distanza: 1062,246
Sito 3	ID: 16912	Lat: 44,3810	Lon: 8,5233	Distanza: 4854,420
Sito 4	ID: 16911	Lat: 44,3780	Lon: 8,4535	Distanza: 6799,262

Parametri e coefficienti sismici: Fondazioni e stabilità dei pendii (affollamento normale)

Operatività (SLO):	Danno (SLD):	Salvaguardia della vita (SLV):	Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 81 %	Probabilità di superamento: 63 %	Probabilità di superamento: 10 %	Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 30[anni]	Tr: 50[anni]	Tr: 475[anni]	Tr: 975[anni]
ag: 0,019 g	ag: 0,024 g	ag: 0,053 g	ag: 0,065 g
Fo: 2,576	Fo: 2,547	Fo: 2,627	Fo: 2,729
Tc*: 0,158[s]	Tc*: 0,187[s]	Tc*: 0,304[s]	Tc*: 0,325[s]

Coefficienti Sismici	Coefficienti Sismici	Coefficienti Sismici	Coefficienti Sismici
SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,590	Cc: 1,540	Cc: 1,400	Cc: 1,380
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,005	Kh: 0,006	Kh: 0,013	Kh: 0,016
Kv: 0,002	Kv: 0,003	Kv: 0,006	Kv: 0,008
Amax: 0,221	Amax: 0,285	Amax: 0,627	Amax: 0,768
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,200

Parametri e coefficienti sismici: Fondazioni e stabilità dei pendii (affollamento significativo)

Operatività (SLO):	Danno (SLD):	Salvaguardia della vita (SLV):	Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 81 %	Probabilità di superamento: 63 %	Probabilità di superamento: 10 %	Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 45[anni]	Tr: 75[anni]	Tr: 712[anni]	Tr: 1462[anni]
ag: 0,023 g	ag: 0,029 g	ag: 0,060 g	ag: 0,073 g
Fo: 2,553	Fo: 2,555	Fo: 2,684	Fo: 2,768
Tc*: 0,180[s]	Tc*: 0,207[s]	Tc*: 0,316[s]	Tc*: 0,334[s]

Coefficienti Sismici	Coefficienti Sismici	Coefficienti Sismici	Coefficienti Sismici
SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,550	Cc: 1,510	Ss: 1,200	Cc: 1,370
St: 1,000	St: 1,000	Cc: 1,390	St: 1,000
Kh: 0,006	Kh: 0,007	St: 1,000	Kh: 0,017
Kv: 0,003	Kv: 0,003	Kh: 0,014	Kv: 0,009
Amax: 0,271	Amax: 0,339	Kv: 0,007	Amax: 0,855
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Amax: 0,703	Beta: 0,200

Località e progetto: Comune di ALBISOLA SUPERIORE – Via Vittorio Veneto Piano Urbanistico Operativo in Variante al P.U.C. vigente	Oggetto : RELAZIONE GEOLOGICA	rev. 0	Pag. 26
---	-------------------------------------	-----------	------------

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il fenomeno della liquefazione dinamica si verifica in depositi di sabbie, limi e ghiaie a grana fine con il livello di falda posto a meno di 15 metri di profondità. Tali depositi perdono temporaneamente resistenza e si comportano come un liquido viscoso piuttosto che come suolo, in conseguenza di un aumento della pressione neutra e una riduzione della pressione efficace dovute alle sollecitazioni sismiche. I terreni coesivi con contenuto in fini maggiore del 15% generalmente non sono considerati liquefacibili.

Circa gli aspetti inerenti la liquefazione dei terreni il DM 14.01.2008 riporta i casi in cui può essere omessa la verifica a liquefazione. Fra questi viene considerato come elemento di esclusione la presenza di accelerazioni massime attese inferiori a 0,1 g. Per quanto riguarda il sito in esame (con storia sismica che indica la presenza di terremoti con magnitudo superiore a 5 e livello di falda inferiore a 15 metri da piano campagna) si può escludere un rischio di liquefazione in quanto il territorio, come precedentemente indicato, è caratterizzato da accelerazioni comprese fra 0,050 e 0,075 g (mappa della pericolosità sismica INGV) (le tabelle sopra esposte riportano un'accelerazione massima di 0,073g relativa allo stato limite SLC).

Si nota comunque come il sottosuolo sia caratterizzato dalla presenza di depositi a granulometria fine fino alle profondità raggiunte mediante le prove penetrometriche superpesanti DPSH. Come precedentemente esposto, il rapporto fra numero di colpi durante l'esecuzione della prova penetrometrica DPSH2 ed il numero di colpi necessari all'avanzamento del rivestimento ha permesso di pervenire ad un sottosuolo sostanzialmente caratterizzato da argilla, limo e argilla limosa.

7.0 CONCLUSIONI

Alla luce delle prove svolte e di quanto sopra esposto gli interventi previsti nell'ambito interessato dal Piano Urbanistico Operativo si ritengono fattibili.

Circa le prescrizioni in funzione delle caratteristiche dei luoghi inerenti la realizzazione delle opere si rimanda a quanto esposto nel paragrafo 5.0 (zone A, B e C della carta di sintesi).

Genova, 22 Novembre 2013

Dott. Geol. Alessandro Monti