



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Cuneo



COMUNE DI SANFRONT

**"PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO L.R. 56/77**

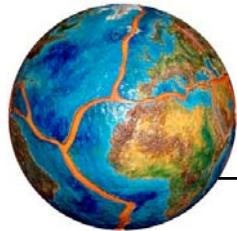
**AREA C.R. 1 - S.P. 29 - LOCALITA' MENIELLA"**

**RELAZIONE GEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

D.M. 14/01/2008

Il progettista:

Il richiedente:



**Studio Geologico Lombardo Dott. Francesco**

Via Meniella, 13 - 12030 – Sanfront (CN)

Tel. 335-8308289 – Mail: franzgeol@gmail.com

C.F. LMBFNC79A26H727A - P. I.V.A. 03212350049

## 1 INTRODUZIONE

A seguito della richiesta da parte dell'Arch. Anna Moine dello Studio Tecnico Associato Moine Arch. Anna, Moine Geom. Roberto e Ilaria, Via Mazzini n. 4-6, Comune di Sanfront (CN) ed all'incarico conferitomi dai proprietari dei fondi ubicati in Via Divisione Cuneense e Via Meniella, viene redatta la presente relazione a commento delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni sui quali è prevista la proposta progettuale per la realizzazione di un intervento di P.E.C. ai sensi della L.R. 56/77 art. 43 nel territorio comunale di Sanfront, mediante il progetto dello Strumento Urbanistico Esecutivo.

L'intervento pianificatorio proposto tiene conto della situazione attualmente in atto, della parte di territorio già urbanizzata, delle possibili future trasformazioni del P.R.G.C., ed in particolare da un lato della presenza a valle di marciapiedi, realizzati recentemente lungo la strada provinciale ed in piccola parte già ricadenti sull'area in oggetto, intervento particolarmente utile visto il notevole sviluppo urbanistico avutosi negli anni lungo l'asse viario provinciale e dall'altra della presenza di un'ampia area attualmente in salvaguardia, confinante ad Est con le aree "CR1" ed "SP 29", alla quale sin da ora si dovrà garantire la necessaria accessibilità.

Il piano esecutivo in progetto, prevede la formazione di sette lotti edificabili, parcheggi, aree a verde, marciapiedi e viabilità pubblica; le dimensioni dei lotti rispecchiano proporzionalmente le diverse proprietà dei proponenti, e potranno essere oggetto ove possibile di successive suddivisioni o accorpamenti. L'accessibilità ai fondi (consentita solo dalla strada comunale di Via Meniella, nel rispetto del vigente codice della strada e delle prescrizioni di P.R.G.C.) e la pendenza del terreno, hanno in parte determinato le scelte progettuali che si propongono. Per maggiori dettagli circa le caratteristiche progettuali delle opere in progetto, si rimanda agli appositi elaborati progettuali redatti dall'Arch. Anna Moine.

Il presente studio è stato condotto al fine di valutare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche della porzione di territorio oggetto d'intervento ed i settori immediatamente circostanti i terreni che



saranno interessati dal progetto; in particolare l'area di intervento ricade sul Foglio 16 – 452, 548, 210, 547, 207, 209, 242/parte, 1177/parte, 1169/parte, 208, 1183, 1180, 1186, 543/parte, 204/parte, 495 e 205, nella porzione Sud-orientale del territorio comunale di Sanfront (CN).

L'indagine di cui alle pagine seguenti è stata finalizzata all'individuazione di eventuali interferenze potenzialmente intercorrenti tra la realizzazione del progetto e l'assetto geologico ed idrogeologico del territorio ed in particolare ponendo come obiettivo la valutazione del grado di fattibilità dell'intervento, considerando anche le caratteristiche geotecniche dei terreni con i quali andranno ad interagire le fondazioni delle strutture in progetto.

A tal fine si è provveduto ad effettuare una ricerca bibliografica dei dati esistenti e ad un rilevamento geologico-geomorfologico di massima in corrispondenza del sito. Sulla base del sopralluogo effettuato e delle litologie riscontrate in loco, verranno forniti dei valori indicativi dei principali parametri geomecanici dei terreni. Per la determinazione dei principali parametri geotecnici e dei terreni caratterizzanti il sottosuolo nell'area esaminata, sono stati realizzati n. 3 pozzetti esplorativi di profondità massima pari a 2 m, una prospezione sismica passiva con il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) ed un'indagine geofisica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Lo studio geologico è stato redatto ai sensi del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e alla Circolare 617 del 02/02/2009.



## **2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il sito dove è previsto il Piano Esecutivo Convenzionato in progetto è situato ad una quota di circa 465 m s.l.m. nel territorio comunale di Sanfront, più precisamente nel settore di fondavalle Sud-orientale rispetto al centro abitato, in corrispondenza del settore (attualmente) prativo a Sud-Est di Via Meniella, nelle immediate vicinanze della Strada Provinciale che collega Sanfront con Gambasca (si veda a tal proposito l'estratto di CTR riportato in allegato).

L'area è rappresentata, alla scala 1:10.000, nella Carta Tecnica Regionale Tavola 190, Sezione 160. Qui di seguito si riporta una foto aerea dalla quale è possibile intuire con maggiore chiarezza l'ubicazione dell'area oggetto d'intervento.



### **3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEMORFOLOGICO**

#### **3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE: LE ALPI OCCIDENTALI**

La formazione della catena alpina occidentale deriva da una serie di complessi processi geodinamici legati ad una fase iniziale di subduzione della litosfera oceanica e una successiva di collisione continentale tra il paleomargine europeo e quello insubrico. Tale collisione ha dato origine ad una catena orogenetica in cui sono conservate e riconoscibili le unità di crosta continentale tettonicamente interposte ad unità oceaniche.

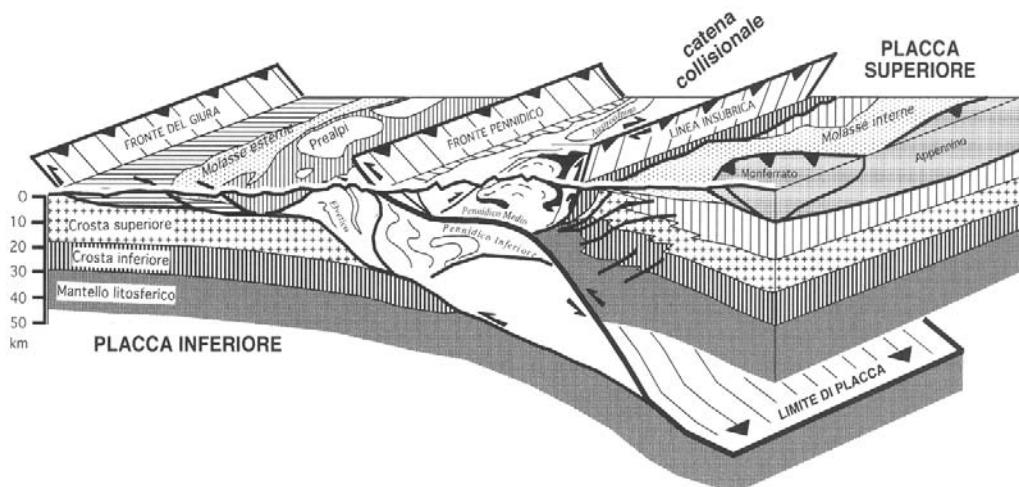
La catena alpina viene comunemente suddivisa in quattro domini strutturali principali, partendo dall'alto verso il basso geometrico (*Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 153 – Bardonecchia*):

- il dominio Sudalpino, che rappresenta la porzione di margine insubrico non interessata dalla tettogenesi collisionale, non presenta la sovraimpronta metamorfica alpina; è separato dalla catena dalla linea insubrica e la vergenza è verso l'avampaese padano;
- il dominio Austroalpino, costituito da unità di crosta continentale, rappresentato da un basamento varisico intruso da granitoidi permiani, ricoperto da modeste coperture mesozoiche;
- il dominio Pennidico, un sistema multifalda al quale sono riferite le unità che conservano traccia della crosta oceanica mesozoica (Zona Piemontese s.l., Zona dei calcescisti con pietre verdi, ecc.) e un gruppo di falde di basamento, all'interno delle quali vengono distinte le Falde Pennidiche superiori (M. Rosa, G. Paradiso e Dora-Maira), il Sistema Medio Pennidico (Falda del G. S. Bernardo) e le Pennidiche inferiori (Antigorio, Leendum, M. Leone);
- Il dominio Elvetico, costituito da un basamento cristallino e da successioni di copertura meso-cenozoiche più o meno scollate (Falde Elvetiche). Il basamento affiora nei cosiddetti Massicci Cristallini Esterni (Argentera, Pelvoux, Belledonne, M. Bianco – Aiguille Rouge e Aar Gottardo). Questo dominio è stato coinvolto soltanto nella fase deformativa eonalpina e neoalpina.



Qui di seguito viene riportato uno stereogramma relativo alle Alpi Occidentali, nel quale vengono evidenziati, in modo piuttosto semplice alla piccola scala, i caratteri strutturali della catena alpina e i diversi domini con le relative vergenze (verso l'avampaese padano per il dominio Sudalpino e verso l'avampaese europeo per gli altri domini). L'area oggetto di intervento ricade all'interno del dominio Pennidico.

### **STEREOGRAMMA DELLA ALPI OCCIDENTALI**



#### **3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELL'AREA D'INTERVENTO**

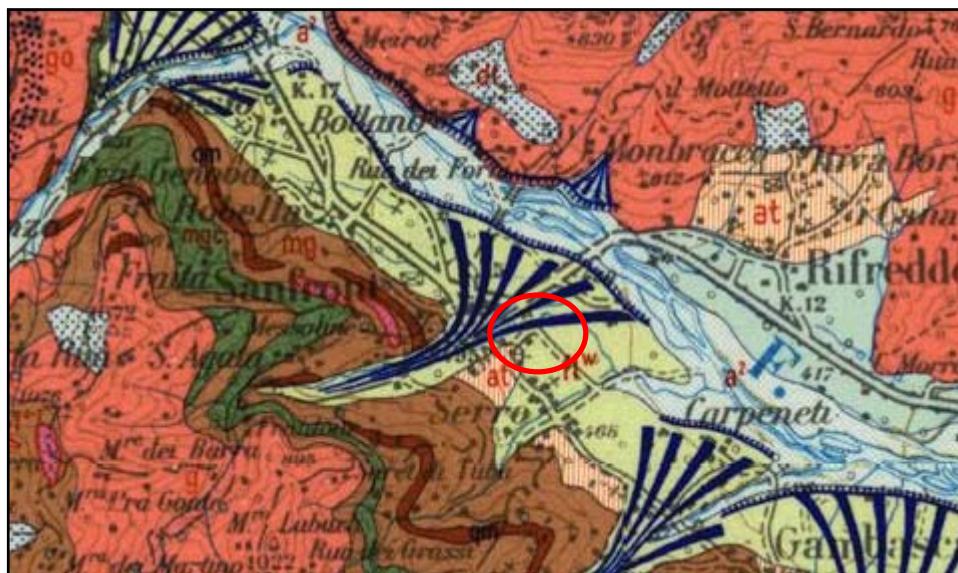
Dal punto di vista geologico regionale, nella porzione di territorio oggetto del presente lavoro affiorano unità appartenenti al Dominio di Margine Continentale, rappresentate da unità di crosta continentale alle quali sono associate le relative coperture carbonatiche mesozoiche più o meno scollate e coperture di incerta collocazione (Incertae Sedis) e unità del Dominio Oceanico e di Fossa, costituite da unità ofiolitiche e di crosta oceanica. Per l'inquadramento dell'area in esame verrà fatto riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 78 – Dronero (estratto di seguito riportato).

In corrispondenza dell'area indagata, affiorano i litotipi appartenenti al massiccio del Dora-Maira. L'unità tettonometamorfica del Dora-Maira si estende dalla Val di Susa fino alla Val Maira ed è ricoperto dalle coperture mesozoiche della Zona Pennidica, ad esclusione del lato orientale in cui sono presenti i



depositi quaternari della Pianura Padana. Il massiccio è costituito da un basamento polimetamorfico di età precarbonifera e da unità di copertura monometamorfica, legata al carbonifero-permiano.

**Estratto Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000**  
**Foglio 78-79 Argentera-Dronero**



Il primo dei due basamenti è costituito da metapeliti, generalmente micascisti a granato e cloritoide associate subordinatamente a masse di metabasiti e marmi a silicati. All'interno degli gneiss occhiadini sono presenti dei relitti di ortoderivati di età pre-ercinica, distinguibili per la presenza di biotite rossa, attribuibile al ciclo ercinico di medio grado e in base ai rapporti intrusivi con rocce granitiche di età ercinica. All'interno dei basamenti polimetamorfico e monometamorfico sono presenti metaintrusivi con composizione da intermedia ad acida di età tardo ercinica. Il secondo è invece costituito da coperture rappresentate essenzialmente dal Complesso Grafítico del Pinerolese, in particolare sono metaconglomerati, meta-arcose, metapeliti all'interno delle quali generalmente è presente un pigmento grafítico, che talora si concentra in piccole lenti o sottili livelli.

Il basamento monometamorfico è costituito inoltre da serie di coperture detritiche (gneiss minuti e micascisti; quarziti conglomeratiche e quarziti micacee) e coperture derivanti dalla trasformazione metamorfica alpina di originari graniti,



leucograniti, filoni aplitici e pegmatitici (gneiss occhiadini e micro-occhiadini, gneiss leucocratici e micascisti argentei).

Più nel dettaglio, nell'area oggetto d'indagine gli affioramenti del substrato cristallino risultano essere localizzati nei settori di versante circostanti all'area e sono prevalentemente costituiti, nel settore Sud-occidentale da gneiss, gneiss minuti e da micascisti gneissici, all'interno dei quali talora sono presenti corpi lenticolari di micascisti grafitici e carbonatici e nel settore Nord-orientale da gneiss e microocchiadini con associati filoni aplitici. Nella zona d'interesse il substrato roccioso non affiora in quanto coperto dai depositi quaternari generalmente grossolani di origine fluvio-torrentizia, costituiti da ghiaie con ciottoli e blocchi angolosi, localmente di dimensioni anche pluridecimetriche, immersi in matrice sabbiosa/sabbioso-limosa. Tali sedimenti, noti in letteratura come depositi fluvioglaciali wormiani, formano attualmente gli apparati di deiezione ed i terrazzi sospesi rispetto l'alveo attuale del Fiume Po.

### **3.3 CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGRAFIA DI SUPERFICIE**

L'area oggetto del presente studio è localizzata in corrispondenza del settore di raccordo tra il fondovalle modellato dal Fiume Po ed il versante destro della bassa Valle Po, ove si sviluppano i conoidi geneticamente connessi ai corsi d'acqua tributari che originano superfici topografiche a media acclività degradanti verso Est. In particolare l'area oggetto d'intervento è posta in corrispondenza del settore marginale dell'apparato di deiezione del Rio Albetta, la cui testata è localizzata nel settore Sud-occidentale del territorio comunale. La superficie topografica presenta tratti subpianeggianti alternati a scarpate caratterizzate da acclività maggiormente accentuate degradanti verso Est/Nord-Est.

Dal punto di vista geomorfologico, gli elementi caratterizzanti l'intero settore in esame sono determinati dall'esteso modellamento operato dalle acque del reticolo idrografico superficiale esistente. In generale, esso presenta una serie di terrazzamenti ed ondulazioni della superficie topografica, ricollegabile principalmente all'azione di modellamento operata da parte dei corsi d'acqua. Per ciò che concerne l'idrografia superficiale, i principali vettori idrici sono rappresentati dal Fiume Po e dal Rio Albetta. Il primo, presenta una direzione di



deflusso circa NW-SE in corrispondenza della porzione di territorio considerata, l'alveo ha caratteristiche prettamente torrentizie con una fascia fluviale ristretta ed incisa. Il secondo invece, trae origine nel settore Sud-occidentale del territorio comunale, si sviluppa secondo una direzione circa SW-NE e genera il conoide di deiezione sul quale sorge il centro abitato di Sanfront; recentemente, trattandosi di settore di conoide attivo, sono state realizzate delle opere di riassetto territoriale per la messa in sicurezza dell'abitato medesimo. Nel settore orientale di fondovalle, il Rio Albertta confluisce nel corso d'acqua principale.

Dal punto di vista idrologico, il Rio Albertta come le piccole incisioni presenti nell'area esaminata, sono corsi d'acqua che durante il periodo estivo o in occasione di periodi particolarmente siccitosi si presentano completamente asciutti o con portate del tutto modeste. In generale il deflusso è legato ai periodi di precipitazione meteorica o alle fasi di fusione del manto nevoso. Anche il Fiume Po, in concomitanza con i periodi maggiormente critici dal punto di vista idrico, è caratterizzato da portate del tutto modeste; nel tratto più a valle (verso Revello) l'alveo, durante i mesi estivi caratterizzati da scarse precipitazioni, risulta essere completamente asciutto (il corso d'acqua tende ad alimentare la falda idrica superficiale, riemergendo successivamente più a valle).

Per quanto riguarda la rete idrografica secondaria, l'area risulta essere costituita da una rete di canali minori (bealere e canali irrigui) utilizzati per l'irrigazione locale delle superfici coltivate ma che assolvono anche alla funzione di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

#### **3.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

In corrispondenza del settore analizzato sono presenti i depositi alluvionali grossolani ascrivibili al quaternario, caratterizzati da ghiaie e ciottoli eterometrici con presenza di blocchi di dimensioni plurimetriche in una matrice generalmente sabbiosa e sabbioso limosa. Per quanto riguarda gli spessori, il complesso ghiaioso-ciottoloso presenta spessori decisamente variabili; tuttavia, in corrispondenza del sito analizzato non è possibile definire con precisione lo spessore del complesso alluvionale quaternario, in quanto non si hanno a disposizione dati litostratigrafici relativi a perforazioni eseguite nelle vicinanze che possano fornire maggiori dettagli in merito. L'analisi della “*Carta della Base*



*dell'Acquifero Superficiale”, sulla base di quanto definito dal D.D. del 4 agosto 2011, n.267 riguardante “Aggiornamento della cartografia della base dell'acquifero superficiale nelle aree di pianura alla scala 1:50.000 e revisione dei criteri tecnici orientativi per quanto riguarda il territorio della Provincia di Cuneo. Adeguamento della cartografia nell'area circostante il lago di cava in località Fontane dei Comuni di Faule (CN) e Pancalieri (TO) – D.G.R. n.34-11524 del 3 giugno 2009”, pone l'area oggetto d'intervento nell'area funzionale definita **M**, ovvero aree montane, collinari e di fondovalle, in particolare nella sottoarea **MC2**, depositi alluvionali e di fondovalle alpino. Il limite della base dell'acquifero, indicato per tali aree, risulta essere pari a 50 m di saturo o 50 m dal piano campagna ove non sia noto il livello piezometrico. Considerato che in sede di sopralluogo è stato possibile individuare approssimativamente la quota del livello statico, il quale risulta essere a circa 12-13 m dal p.c., si intuisce come il limite della base dell'acquifero possa essere posto a profondità di circa 62-63 m.*

In riferimento ai complessi idrogeologici individuati nella zona esaminata (si precisa a tal proposito che si è fatto riferimento al lavoro di tesi svolto dall'Ing. Rancurello Samuele “*Il rischio di inquinamento da nitrati delle acque sotterranee: valutazione in un'area-campione del Saluzzese*” (Luglio 2003), nel quale vengono analizzati degli studi di carattere idrogeologico relativi al settore di pianura cuneese con metodologie stratigrafiche e sedimentologiche basate sull'analisi della classificazione di *facies sedimentaria* (Cavalli, Vigna 1996; Vigna 1995); tali metodologie permettono di riconoscere differenti *facies* collegate a precisi ambienti deposizionali e tracciare la geometria e i rapporti intercorrenti tra i diversi corpi sedimentari) è possibile effettuare la seguente distinzione in termini di acquiferi:

- ✓ Acquifero libero principale, rappresentante un unico corpo idrico esteso a tutta la pianura principale nonché ai conoidi torrentizi presenti nel tratto vallivo, la cui alimentazione proviene principalmente dagli apporti meteorici e dalla perdite in subalveo dei corsi d'acqua alpini; apporti più contenuti derivano dalla perdite dei principali canali irrigui con fondo non impermeabilizzato;
- ✓ Acquifero profondo, compreso nel complesso delle ghiaie alterate: è caratterizzato da un'alimentazione distale indipendente dall'apice delle



conoidi e legata a travasi del soprastante acquifero libero. Si tratta di un acquifero localmente in pressione, caratterizzato da pressioni artesiane ma scarsamente produttivo a causa della ridotta permeabilità (Civita et Al., 2000).

### **3.5 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA**

Il territorio in cui ricade il sito d'intervento è caratterizzato dall'assenza di emergenze connesse alla circolazione idrica sotterranea. La granulometria, la tessitura dei depositi affioranti, nonché la pendenza della superficie topografica, favoriscono il regolare deflusso delle acque di ruscellamento superficiale e di quelle di infiltrazione.

Durante il sopralluogo effettuato, non è stato possibile effettuare misurazioni del livello statico della falda freatica in corrispondenza del sito esaminato; sulla base di quanto affermato da alcune persone residenti nelle immediate vicinanze dell'area d'intervento, i quali possedevano fino a qualche anno addietro un pozzo utilizzato in passato a servizio delle abitazioni (ora non più presente), il livello statico si attestava a profondità superiori ai 12-13 m dal p.c. Tale valore si ritiene possa essere attendibile; in occasione di recenti verifiche su un pozzo esistente posto nelle vicinanze dell'area in esame (per la localizzazione dell'opera di captazione si faccia riferimento all'estratto di CTR riportato in allegato) il livello statico si è attestato a circa 17 m dal p.c.

Si ritiene che la falda idrica superficiale sia in equilibrio idraulico con il reticolo idrografico superficiale; l'alimentazione avviene per infiltrazione diretta degli apporti meteorici e per dispersione in subalveo dai corsi d'acqua.

Considerata la presenza di livelli granulometricamente più fini (limosi/limoso-argillosi), caratterizzati da una bassa conducibilità idraulica, non si esclude la presenza di locali piccole “sacche” di acqua, alimentate per lo più dalle precipitazioni meteoriche.

Sulla base di quanto analizzato, si può ragionevolmente affermare che *le opere in progetto non alterano negativamente la situazione morfologica esistente nell'area, risultando quindi compatibili con l'equilibrio idrogeologico del territorio.*



## **4 DATI DI BASE**

### **4.1 RICERCA DATI**

Per il presente studio, al fine di individuare le problematiche geologico - idrogeologiche esistenti, è stata effettuata, prima del sopralluogo nel sito, una ricerca bibliografica di dati esistenti relativi al territorio su cui ricade l'area oggetto di studio.

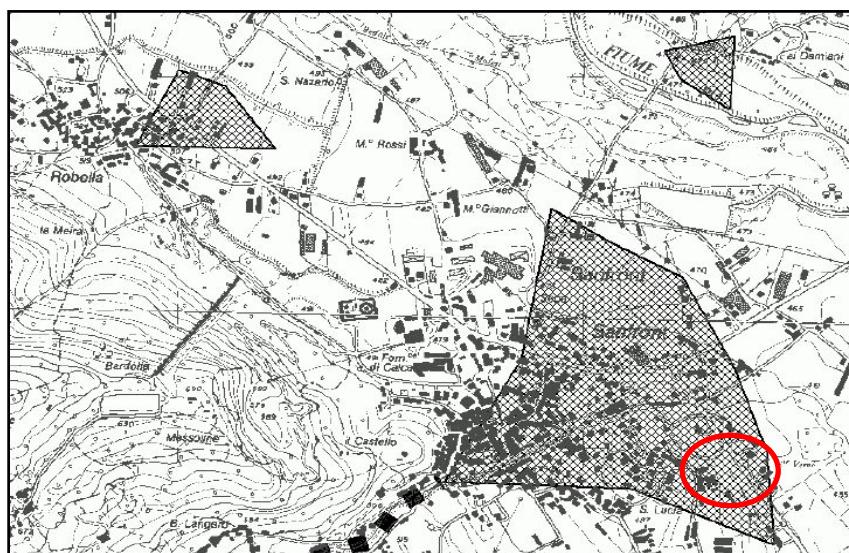
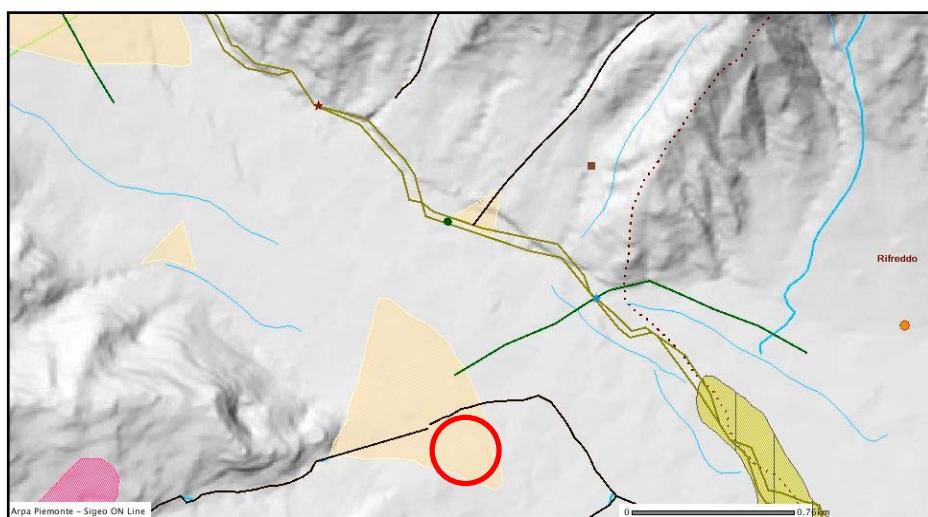
Al fine di verificare la ricorrenza di processi di dinamica che possono avere interessato e/o interessare l'area d'intervento, si è proceduto alla consultazione della documentazione bibliografica specifica, qui di seguito riportata:

- *"Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (delimitazione delle aree in dissesto)"* allegato alla tavola Modifiche ed integrazioni al Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI (Foglio 190, Sez. II - Paesana) predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi dell'art. 17 della Legge n° 183/89;
- cartografia della Banca Dati Geologica del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte individuata dalla *"Carta delle aree inondabili"*, *"Carta delle frane"*, *"Carta dei tributari minori e delle conoidi"* e *"Carta dei settori di versante vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni incoerenti della copertura superficiale"* ;
- Geoportale Risknat, a cura dell'ARPA Piemonte, uno dei principali risultati del Progetto Strategico Risknat sui rischi naturali nell'area di cooperazione transfrontaliera Italia-Francia (Programma Alcotra 2007-2013) ;
- all'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia *"Progetto IFFI"* della Regione Piemonte, predisposto dall'ARPA Piemonte, in ottemperanza alla L.R. 28 del 20/11/2002 e al SIFrap, che nasce come un'estensione del Progetto IFFI, nonché come sviluppo del patrimonio di conoscenze del Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche;
- PRGC del Comune di Sanfront.



Qui di seguito, sulla base di quanto riscontrato dalla cartografia tematica consultata, verranno analizzate le tipologie di dissesto indicate per il settore indagato. Nel complesso si evince che l'area in esame non è stata soggetta in passato a particolari processi che possono aver compromesso la stabilità e la sicurezza del settore oggetto d'indagine e non presenta evidenze di dissesto legate a fenomeni di instabilità di tipo superficiale.

La Carta della Banca Dati Geologica, in sostanziale accordo con quella del PAI (vedi estratti successivi), mette in evidenza il settore di conoide sul quale sorge l'abitato di Sanfront; per quanto riguarda le aree potenzialmente interessabili da fenomeni di esondazione/allagamento, si nota come queste siano poste soltanto più a valle, verso il territorio comunale di Rifreddo (aree evidenziate in giallo).



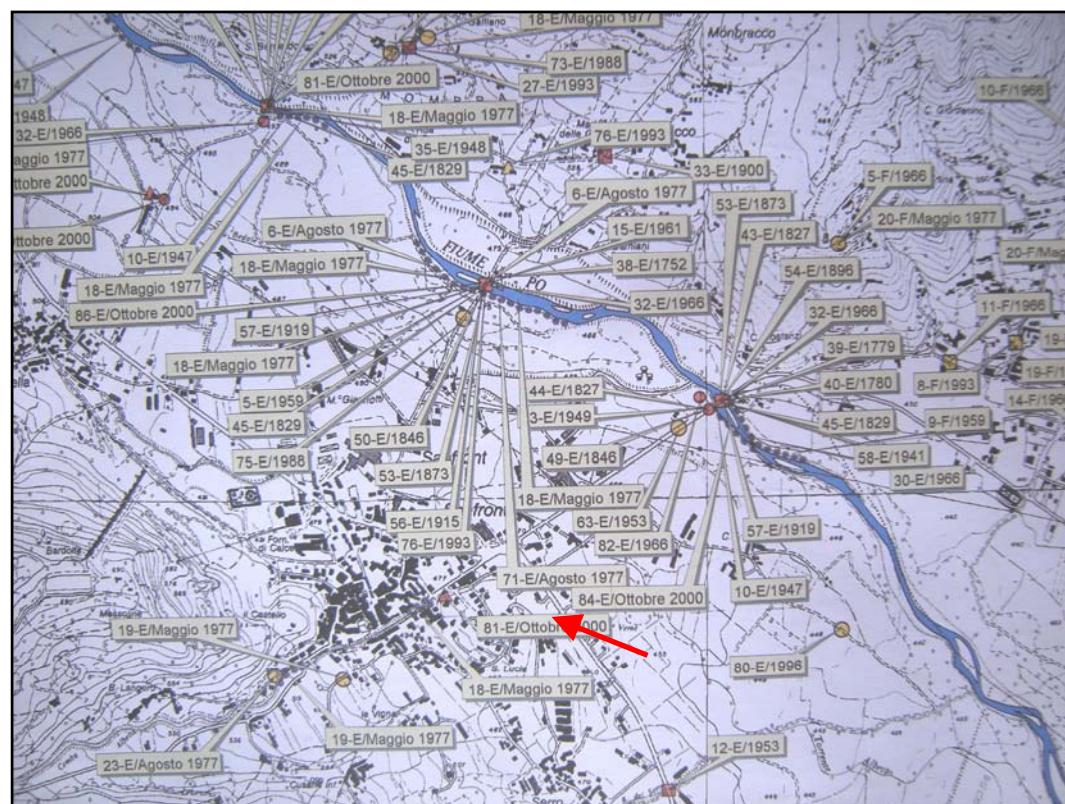
Sanfront (Cn)

Giugno 2013

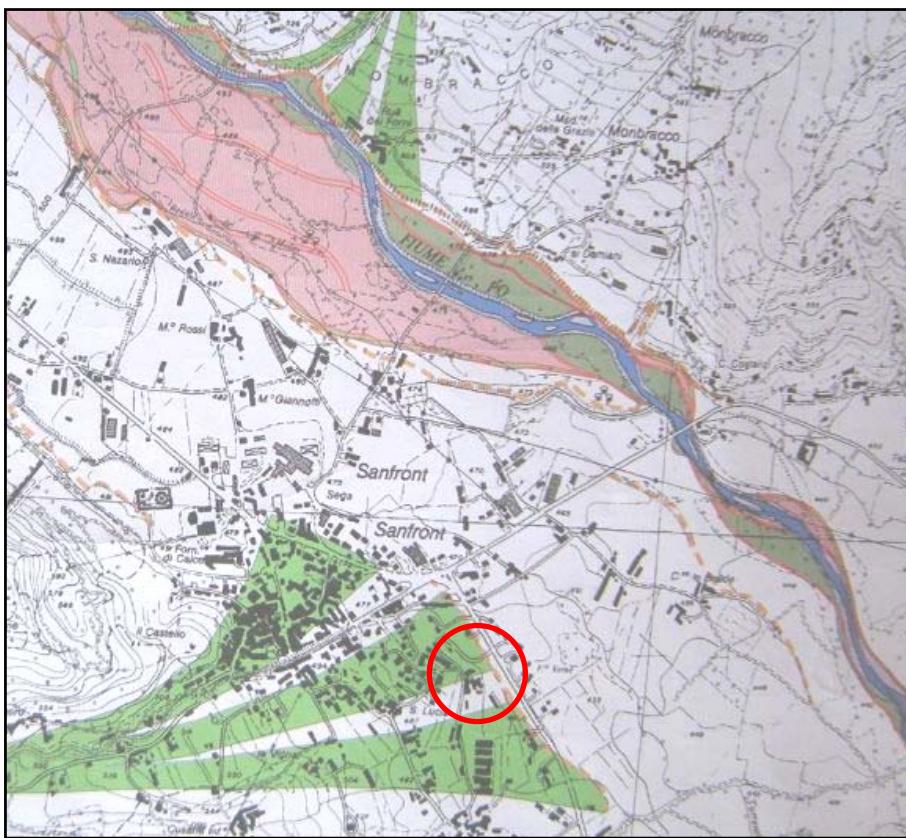
Per quanto riguarda le carte indicate al PRGC, non vengono segnalate particolari criticità per il settore in esame.

Sulla base dei dati storici relativi agli eventi alluvionali pregressi che hanno interessato l'alta Valle Po, tratti dalla tesi di laurea realizzata dallo scrivente nell'A.A. 2005/2006 dal titolo "*Individuazione delle aree a maggiore frequenza di inondabilità in Valle Po mediante l'utilizzo dell'indagine storica e dell'analisi geomorfologica*", non risulta che si siano verificati negli ultimi due secoli fenomeni di esondazione con danni da parte del Fiume Po o del Rio Albertta in corrispondenza del sito oggetto d'intervento. Si osserva come la maggior parte dei danni sia concentrata, chiaramente, nei pressi dei due ponti che conducono al settore pedemontano del Monte Bracco.

Qui di seguito si riporta un estratto della “*Carta dei danni pregressi in alta Valle Po – Tratto Paesana-Revello*” tratta dallo studio sopra citato, che mette in evidenza i danni verificatisi nel territorio comunale di Sanfront (ricerca storica effettuata nell’arco degli ultimi due secoli e mezzo – nell’etichetta relativa ai singoli danni rilevati, viene attribuito un codice, il quale è collegato ad una scheda che riassume i danni registrati e l’anno dell’evento alluvionale; la freccia rossa indica l’area in esame).



Facendo sempre riferimento allo studio precedentemente citato ed in particolare alla “*Carta geomorfologica e delle aree a maggiore frequenza di inondabilità in alta Valle Po*” (di cui se ne riporta un estratto di seguito), è possibile individuare le aree caratterizzate da maggiore criticità in termini di potenziale interessamento da fenomeni di esondazione da parte del Po. Sulla base della ricerca storica è stata redatta la carta menzionata dalla quale si intuisce come il settore oggetto d’intervento sia posto al di fuori delle aree a maggiore pericolosità; queste, indicate con la colorazione rossa e verde (si precisa che in rosso sono indicate le aree interessate durante l’evento alluvionale dell’ottobre 2000, mentre in verde quelle interessate dall’evento meteorico del maggio 1977), risultano essere poste nel settore settentrionale del territorio comunale sanfrontese. Vengono inoltre evidenziati gli antichi canali riattivabili (alvei abbandonati) in occasione di eventi parossistici rilevanti (linee rosse). Come già riportato in precedenza, l’area è posta in corrispondenza del settore marginale del conoide generato dal Rio Albetta ed inoltre sono state recentemente realizzate delle opere di riassetto territoriale volte all’eliminazione di eventuali criticità correlabili a potenziali esondazioni del corso d’acqua stesso.

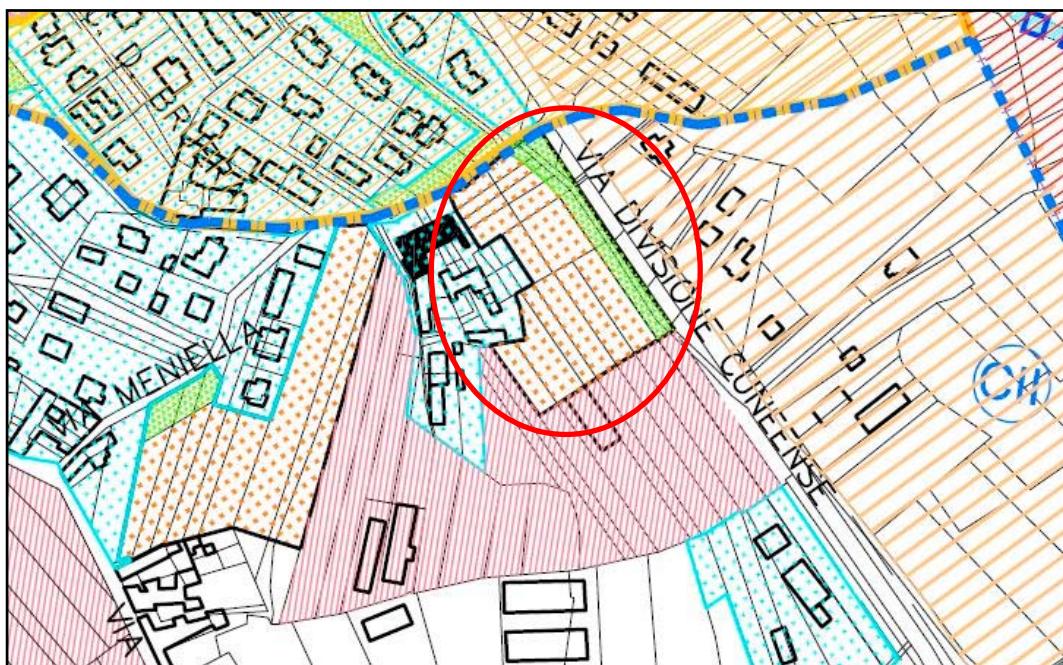


Nel corso delle indagini di terreno, in corrispondenza del settore su cui è prevista la realizzazione delle strutture in progetto, non è stata riscontrata la presenza di evidenze morfologiche riconducibili a processi di instabilità in atto.

In conclusione, sulla base delle valutazioni sopra riportate e dal sopralluogo effettuato, si può ragionevolmente ritenere che l'area oggetto d'indagine non presenti dei condizionamenti legati al rischio idrogeologico tali da pregiudicare la fattibilità degli interventi in progetto

#### **4.2 IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA**

Per quanto concerne la classificazione di Piano Regolatore Generale Comunale, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale del 15/10/2007, la cartografia prescrittiva “*Tavola 3/b1 – sviluppo planimetria P.R.G.C. 1:5.000*” (estratto qui di seguito riportato), colloca il sito oggetto d'intervento all'interno della classe II di pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica (art. 41 N.T.A.).



Si precisa quindi che nella **classe II** sono comprese “...le aree contraddistinte da condizioni di modesta pericolosità geomorfologica riconducibile a fenomeni di potenziale instabilità dei versanti a limitata acclività per fluidificazione dei terreni della coltre superficiale del tipo a “debris flow”



*zone caratterizzate da potenziale allagamento con acque a bassa energia conseguenti ad incauti interventi dell'azione antropica nonché zone dove siano segnalate potenti coltri di copertura della roccia in posto, limiti geotecnici dei terreni di fondazione e possibili interferenze di scavi con il livello piezometrico della falda. Le condizioni di pericolosità geologica ed i fattori di rischio potranno essere ridotti mediante l'attuazione di suggerimenti ed indicazioni fornite dai progetti esecutivi riassunti in uno studio idrogeologico, geomorfologico e geotecnico locale da predisporre in fase di progetto esecutivo riferito al singolo lotto interessato e ad un intorno significativo circostante...”.*

L'area in esame, sulla base di quanto definito dalla cartografia riportata, ricade nell'area C.R. ovvero aree di Completamento Residenziale così come definito all'art. 24 delle NTA: “*Rappresenta le porzioni di territorio interne o marginali al centro abitato, di “Nuovo Impianto” (corrispondenti alla zona territoriale omogenea di tipo C, così come definita dal D.M. 02.04.1968 n. 1444), ossia le parti del territorio destinate a nuovi complessi insediativi che risultano inedificate o nelle quali la edificazione esistente non raggiunge i limiti di densità di 1,50 mc./mq., in cui sono possibili interventi di nuova costruzione, secondo un progetto urbano di luogo, ambientalmente e funzionalmente espressivo di connotati locali significativi.*

**Prescrizioni d'intervento:**

*Le aree di Completamento Residenziale sono adibite agli usi abitativi e complementari, volti a soddisfare il fabbisogno residenziale, pregresso ed emergente nel periodo di previsione del P.R.G.C., integrato a funzioni di interesse generale...”.*



## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 INDAGINI ESEGUITE IN SITO E LOCALIZZAZIONE

Ai fini di un maggior approfondimento delle indagini e per meglio permettere la caratterizzazione dei terreni con i quali andranno ad interagire le fondazioni delle strutture in progetto, in sede di sopralluogo è stato possibile definire le litologie caratterizzanti i primi metri di sottosuolo. In particolare sono stati realizzati n. 3 pozzi esplorativi, con profondità pari a 2 m per i pozzi 1 e 3 e 0,8 m per il pozzetto 2; l'approfondimento oltre tale quota è stato reso difficoltoso dalla presenza di blocchi di dimensioni metriche e dal complessivo buon grado di addensamento del deposito. Successivamente è stata realizzata un'indagine sismica con metodologia MASW in corrispondenza dell'area d'intervento (vedi CTR allegata), al fine di ottenere informazioni circa la velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio relativo ai primi 30 m di sottosuolo (utili per la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale - parametro  $V_{s30}$ ) e un'indagine HVSR per la misura del rumore sismico ambientale.

Qui di seguito, si riporta un'immagine aerea con la relativa localizzazione dei pozzi esplorativi realizzati e dell'indagine geofisica (MASW).



## **5.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE: POZZETTI ESPLORATIVI**

Al fine di individuare le litologie caratterizzanti il sottosuolo in corrispondenza dell'area oggetto d'intervento e di stimare in linea di massima le caratteristiche geotecniche dei terreni medesimi, sono stati realizzati tre pozetti esplorativi aventi le profondità indicate in precedenza. Gli scavi sono stati realizzati indicativamente ai margini dell'area di P.E.C., in corrispondenza dei settori subpianeggianti più facilmente accessibili, considerata anche l'attuale presenza nell'area di alberi da frutta e terreni prativi.

Di seguito vengono riportate alcune immagini rappresentative relative ai pozetti esplorativi realizzati, che meglio chiariscono le litologie presenti nei primi metri di sottosuolo nell'area oggetto di P.E.C.

### **POZZETTO ESPLORATIVO N. 1**



**POZZETTO ESPLORATIVO N. 2**



**POZZETTO ESPLORATIVO N. 3**



Sulla base di quanto riscontrato in sede di realizzazione dei pozzetti esplorativi, è stato pertanto possibile definire gli orizzonti litologici presenti nel sottosuolo e più nel dettaglio:

- **Unità geotecnica 1: terreno di riporto.** Spessori variabili sull'intera superficie analizzata, comunque dell'ordine di qualche decimetro (0,2-0,3 m). Tali terreni sono caratterizzati dalla presenza di sabbie/sabbie limose con ghiaia fine o talora con frammenti litici di dimensioni da subcentimetriche a centimetriche, colore marrone/marrone scuro.
- **Unità geotecnica 2: depositi alluvionali.** Tali depositi sono presenti immediatamente al di sotto dei terreni di riporto. Sono costituiti, come visibile dalle immagini precedentemente riportate, da ciottoli e blocchi da subarrotondati a subangolosi, di dimensioni da decimetriche fino a metriche immersi in una matrice da sabbiosa ghiaiosa a sabbiosa, debolmente limosa di colore marroncino-bruno; il deposito presenta nel complesso un buon grado di addensamento.

I dati necessari alla valutazione dei parametri meccanici dei terreni superficiali sono stati desunti da indagini visive e dall'esperienza maturata in interventi eseguiti in contesti del tutto analoghi a quello esaminato in aree adiacenti, oltreché da dati di letteratura specifica.

Qui di seguito verranno pertanto forniti dei valori indicativi dei principali parametri utili, relativi ai depositi riscontrati in situ.

#### **TERRENO DI RIPORTO (VALORI PURAMENTE INDICATIVI):**

- $\gamma = 1800-1900 \text{ kg/m}^3$
- $\phi = 24^\circ-33^\circ$
- $c = 0$

#### **DEPOSITI ALLUVIONALI GROSSOLANI**

Per tali depositi, sono stati ipotizzati, cautelativamente, un valore di coesione nullo e un peso proprio del terreno pari a  $1800 \text{ kg/m}^3$ , mentre per la



determinazione dell'angolo di attrito interno si è ricorso all'approccio proposto da Cherubini e Orr (1999), qui di seguito riportato.

Secondo tale metodo, quando non sono disponibili valori derivanti da indagini in situ, è possibile risalire al valore caratteristico ipotizzando, per il terreno sul quale verranno poggiate le fondazioni, un valore di angolo di attrito interno minimo, uno massimo e un valore corrispondente a quello più probabile. La formula per il calcolo è la seguente:

$$x_k = x_m * (1 - CV/2)$$

dove:

$x_k$  = valore caratteristico

$x_m = (a + 4b + c)/6$

$CV = (c - a)/(a + 4b + c)$

$a$  = valore minimo stimato

$b$  = valore più probabile

$c$  = valore massimo stimato

Ipotizzando cautelativamente per i depositi analizzati un range di valori compresi tra  $32^\circ$  e  $40^\circ$  (quindi rispettivamente valore minimo e massimo) e un valore maggiormente probabile pari a  $36^\circ$ , applicando la formula suddetta si ottiene un valore di angolo di attrito pari a  $35,33^\circ$  (che cautelativamente verrà adottato pari a  $35^\circ$ ).

Quindi, riassumendo i valori dei principali parametri utili vengono qui di seguito riportati:

- $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c = 0$



### **5.3 INDAGINE GEOFISICA: PROVA MASW**

In data 12 giugno 2013, è stata eseguita un'indagine geofisica mediante una prova MASW da parte dello scrivente (elaborazione ed interpretazione dati eseguita da parte della EEG S.r.l.) , per la determinazione del valore  $V_{s30}$ .

Lo scopo dell'indagine è quello di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali  $V_s$  da cui ricavare il parametro  $V_{s30}$ . L'indagine è consistita in n. 1 stendimento geofisico, caratterizzato da 24 geofoni disposti con passo di 2 m, ai cui estremi sono stati realizzati degli scoppi.

Nome	Stendimento Geofisico	Energizzazione	Geofoni
P.E.C. Meniella	46 m	2	24

#### ***5.3.1 Analisi multicanale delle onde superficiali***

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le ondepressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidezza superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.





verticale delle  $V_s$ .

Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale  $V_s$  dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo



piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

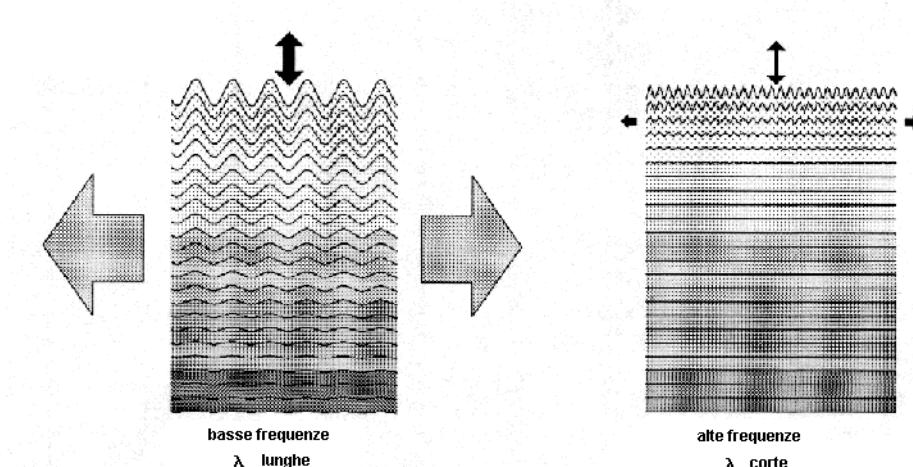
La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x; y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo  $V_s$  di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole



operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza(<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

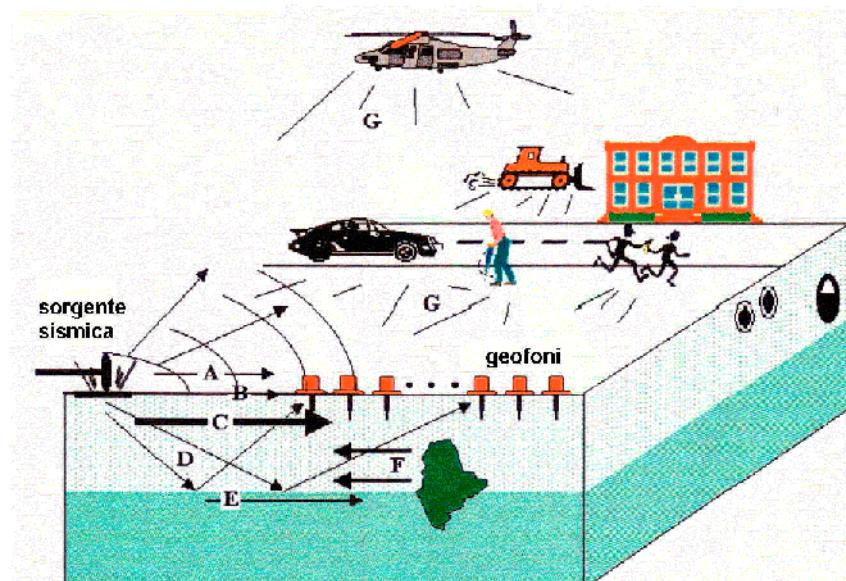
La strumentazione utilizzata è costituita da :

- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- fucile sismico o una mazza da 6 Kg

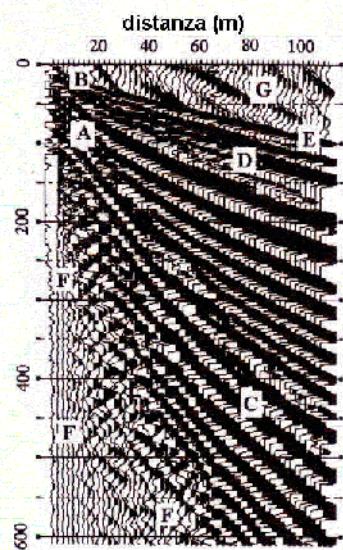


## VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE

### Acquisizione multicanale



### Sismogramma multicanale

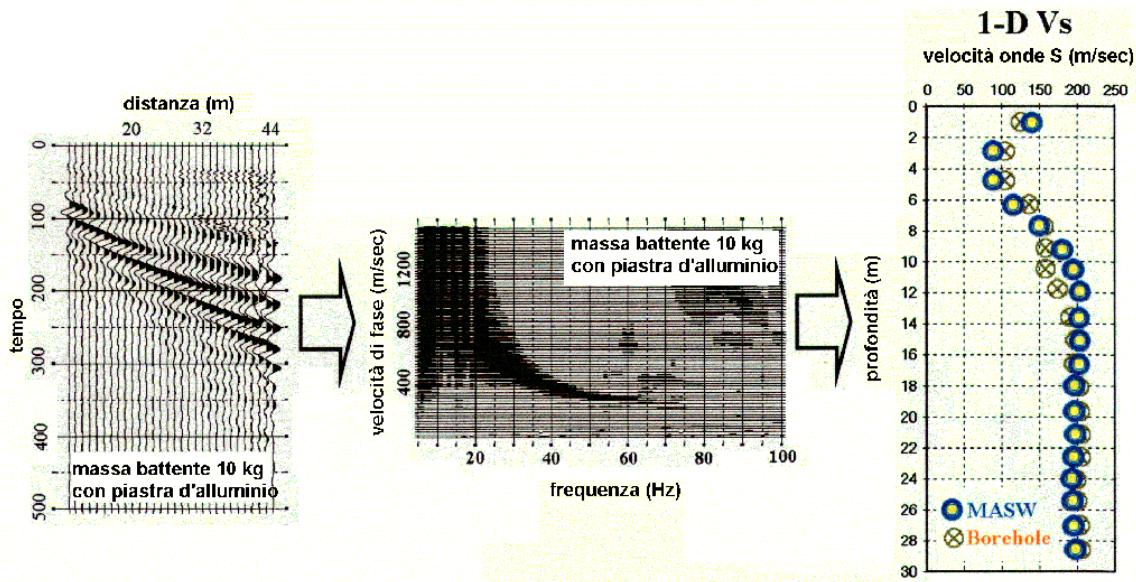


A: onde in aria	E: onde rifratte
B: onde dirette	F: onde riverberate
C: onde di superficie	G: rumore ambientale
D: onde riflesse	

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



## **DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW**



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  (profilo 1-D) che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità

### ***5.3.2 Risultati indagine MASW***

In allegato si riportano i risultati della prova MASW realizzata. Facendo riferimento alla scheda allegata, nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica. Al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione  $V_s$  (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + \frac{V_s}{1000}$$



Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di  $V_s$  progressiva.

Dalla curva si può quindi ricavare il valore di  $V_{s10}$ ,  $V_{s20}$  e così via, e quindi anche il valore di  $V_{s30}$ , quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro  $V_{s30}$  calcolato utilizzando la stratigrafia  $V_s$  e la formula:

30

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}{30}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato  $i$  – esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  come riportato nella seguente tabella:

Grado	Classe	Velocità sismica (m/s)
Molto buono	A	$V_{s30} > 800$
Buono	B	$360 < V_{s30} < 800$
Discreto	C	$180 < V_{s30} < 360$
Sufficiente	D	$V_{s30} < 180$
Insufficiente	E	Strati sup. all. (5 – 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A
Molto scadente	S1	$V_{s30} < 100$
Pessimo	S2	$V_{s30} < 50$



La stratigrafia  $V_s$  riportata nelle tavole indicate è quella utilizzata per il calcolo del  $V_{S30}$  ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale ma probabilmente non esattamente coincidente.

L'indagine realizzata ha permesso di individuare pertanto la categoria di sottosuolo sulla base del parametro  $V_{S30}$  ottenuto pari a **505 m/s**; tale tipologia di terreno, facendo riferimento al paragrafo 3.2.2. delle NTC 2008, ricade all'interno della categoria di **sottosuolo B**:

*“depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s...”.*

#### **5.4 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA: HVSR**

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato *microtremore* in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato *artificialmente*, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di “fondo”, sempre presente in varia forma e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc.) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima



dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $F$ ) dello strato di terreno  $n$  è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4h$$

in cui  $V_s$  è la velocità media delle onde S nello strato  $N$  ed  $h$  è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $h$  degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.



**Sismografo EEG con geofono triassiale in fase di acquisizione**

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale EEG ed elaborati con software EEG:

- il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in situ per un tempo  $t$ , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori .



Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il “pad” di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.



## 6 INQUADRAMENTO SISMICO

### 6.1 DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE

L'area di intervento, come l'intero territorio comunale di Sanfront, secondo la normativa vigente (classificazione sismica entrata in vigore a seguito dell'approvazione della D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011 – B.U.R.P. n. 50 del 15/12/2011), riguardante la classificazione sismica dei comuni piemontesi (D.G.R. 11-13058 del 19/01/2010), è compreso all'interno della **Zona 3**.

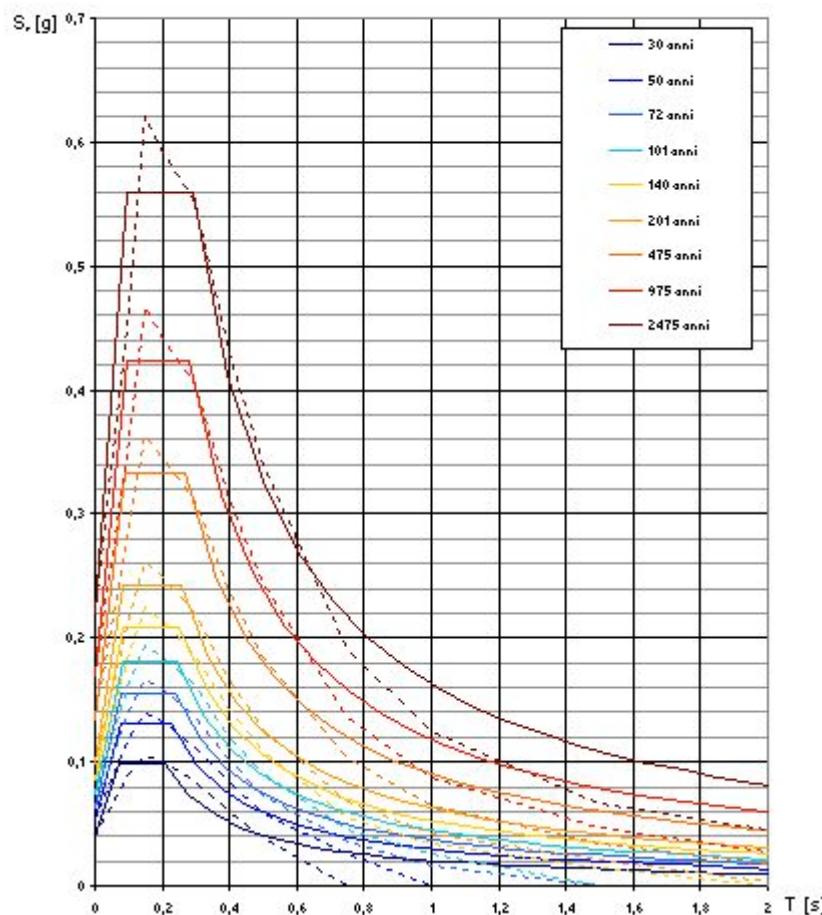
Per la determinazione delle azioni sismiche, è stato utilizzato il foglio di calcolo reso disponibile dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (sito internet [www.csdp.it](http://www.csdp.it) – Spettri di risposta ver. 1.0.3.). Per la definizione degli spettri di risposta relativi ad uno stato limite viene effettuata in tre fasi: individuazione della pericolosità del sito, scelta della strategia di progettazione e determinazione dell'azione di progetto.



Nella prima fase è possibile ricavare lo spettro di risposta elastico per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento e vengono definiti i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.



**Spettri di risposta elasticici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



Per quanto riguarda invece la seconda fase, viene definita la strategia di progettazione, in particolare vengono attribuiti i valori di vita nominale e la classe d'uso dell'opera strutturale (punti 2.4.1 e 2.4.2 delle NTC); da tali valori è possibile ottenere il periodo di riferimento per l'azione sismica (punto 2.4.3 delle NTC).

Nel caso specifico sono stati adottati i seguenti parametri:

**$V_N = 50$  anni** (opere ordinarie)

**$C_U = 1$** , coefficiente relativo alla classe d'uso 2 (costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali).

**$V_R = 50$  anni**, dato dal prodotto di  $V_N * C_U$



Dopo aver inserito i parametri suddetti, è possibile ricavare gli spettri di risposta elasticici per i diversi stati limite. Nella tabella successiva, vengono riportati i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,041	2,446	0,206
SLD	50	0,054	2,429	0,227
SLV	475	0,134	2,479	0,270
SLC	975	0,169	2,504	0,279

## **6.2 VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE**

Il D.M. 14 gennaio 2008 prevede, al punto 7.11.4.3.2, che la verifica della suscettibilità a liquefazione di un deposito possa essere omessa qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,1g
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente Figura 1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_C < 3,5$  e nella Figura 2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_C > 3,5$



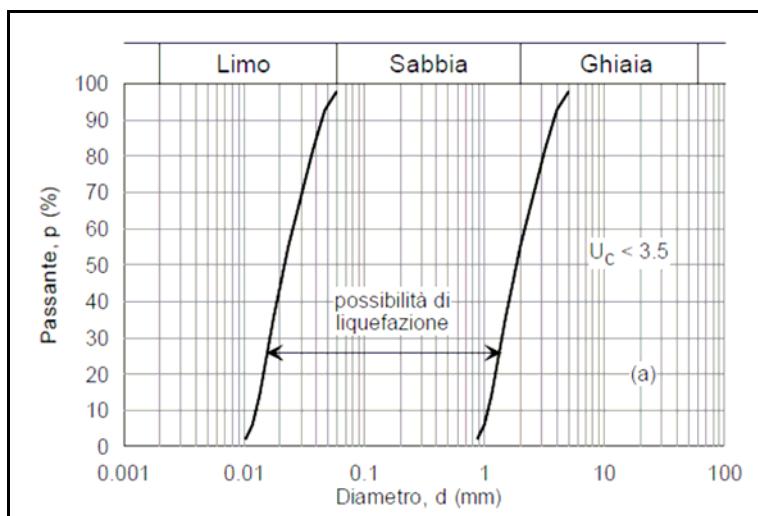


FIGURA 1

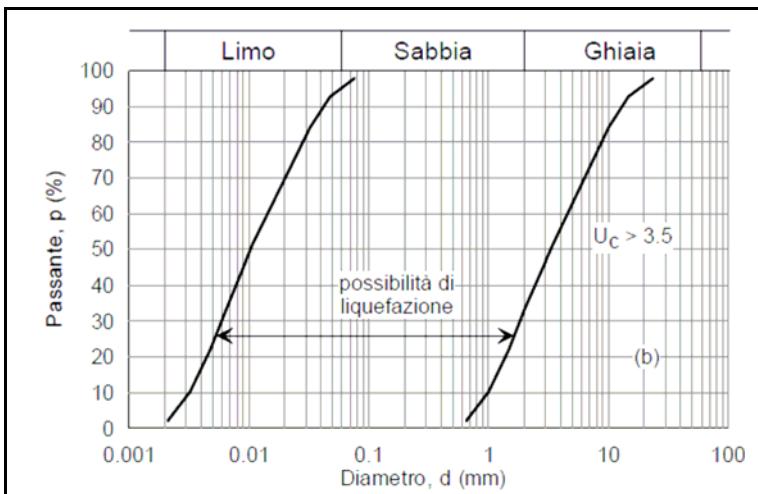


FIGURA 2

### Applicazione del metodo al caso specifico

Per ciò che concerne la possibilità di liquefazione dei terreni nell'area analizzata, questa può essere ragionevolmente omessa, in considerazione della tipologia di depositi caratterizzanti il sottosuolo nel settore indagato. In effetti, dall'osservazione dei dati litostratigrafici analizzati, i terreni sono costituiti da depositi prevalentemente grossolani (ghiaie, ciottoli, blocchi) immersi in una matrice sabbiosa ghiaiosa/sabbiosa debolmente limosa addensata (depositi di origine alluvionale), mentre non si riscontra la presenza di livelli sabbiosi omogenei e/o con estensioni areali rilevanti.



## 7 CONCLUSIONI

E' stato condotto uno studio geologico e geomorfologico al fine di valutare la fattibilità dell'intervento relativo alla realizzazione di un P.E.C. nel territorio comunale di Sanfront (Area C.R. 1 – S.P. 29 come definite da P.R.G.C.), mediante Strumento Urbanistico Esecutivo ai sensi dell'art. 43 della L.R. 56/77.

Nel rispetto delle note tecniche espresse nella presente relazione, durante le indagini è emerso che ragionevolmente si può escludere che la fattibilità degli interventi in progetto sia pregiudicata da particolari condizionamenti di natura geologica e non sussistono problemi dal punto di vista geotecnico, per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione. Si precisa che il piano di posa delle fondazioni delle future strutture in progetto dovrà essere impostato all'interno dei depositi alluvionali grossolani, dotati di buoni requisiti geotecnici in relazione alle buone caratteristiche granulometriche del deposito stesso.

Sulla base dell'assetto geologico locale e dei dati relativi all'indagine geofisica realizzata in situ (indagine MASW) è stata attribuita ai terreni la categoria B di sottosuolo secondo quanto disposto dal D.M. 14 gennaio 2008 (paragrafo 3.2.2 delle Norme tecniche per le costruzioni) e classe di amplificazione topografica T1.

Facendo riferimento alle considerazioni appena esposte, nel rispetto delle prescrizioni illustrate nella relazione, si può quindi esprimere un parere positivo in merito alla fattibilità del Piano Esecutivo Convenzionato in progetto.

## IL TECNICO

Dott. Geol. Francesco Lombardo  
*Ordine Regionale Geologi Piemonte*  
n° 735



*Studio geologico Lombardo Dott. Francesco*

*Via Meniella, 13 – 12030 Sanfront (Cn) – Cell. 335 8308289 Mail: franzgeol@gmail.com*

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEMORFOLOGICO.....</b>	<b>4</b>
3.1	<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE: LE ALPI OCCIDENTALI .....</i>	4
3.2	<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELL'AREA D'INTERVENTO .....</i>	5
3.3	<i>CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGRAFIA DI SUPERFICIE .....</i>	7
3.4	<i>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</i>	8
3.5	<i>CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA .....</i>	10
<b>4</b>	<b>DATI DI BASE .....</b>	<b>11</b>
4.1	<i>RICERCA DATI.....</i>	11
4.2	<i>IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA .....</i>	15
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>17</b>
5.1	<i>INDAGINI ESEGUITE IN SITO E LOCALIZZAZIONE .....</i>	17
5.2	<i>INDAGINI GEOGNOSTICHE: POZZETTI ESPLORATIVI .....</i>	18
5.3	<i>INDAGINE GEOFISICA: PROVA MASW .....</i>	22
5.4	<i>PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA: HVSR .....</i>	29
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO SISMICO.....</b>	<b>32</b>
6.1	<i>DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE.....</i>	32
6.2	<i>VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE .....</i>	34
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>36</b>



## **ALLEGATO 1**

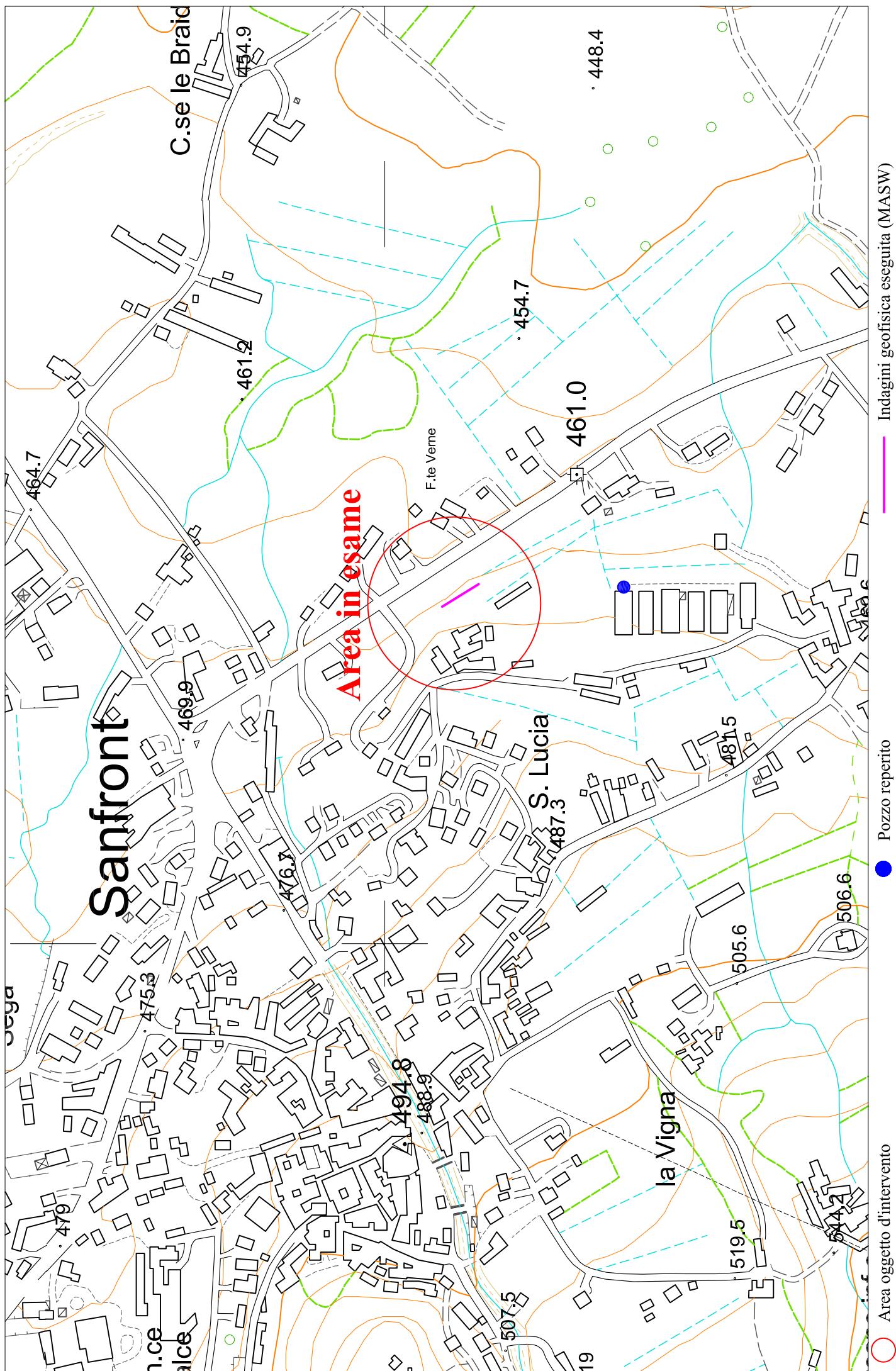
CTR alla scala 1:10.000 – Ubicazione dell’area oggetto  
d’intervento e dell’indagine MASW eseguita



*Studio geologico Lombardo Dott. Francesco*

*Via Meniella, 13 – 12030 Sanfront (Cn) – Cell. 335 8308289 Mail: franzgeol@gmail.com*

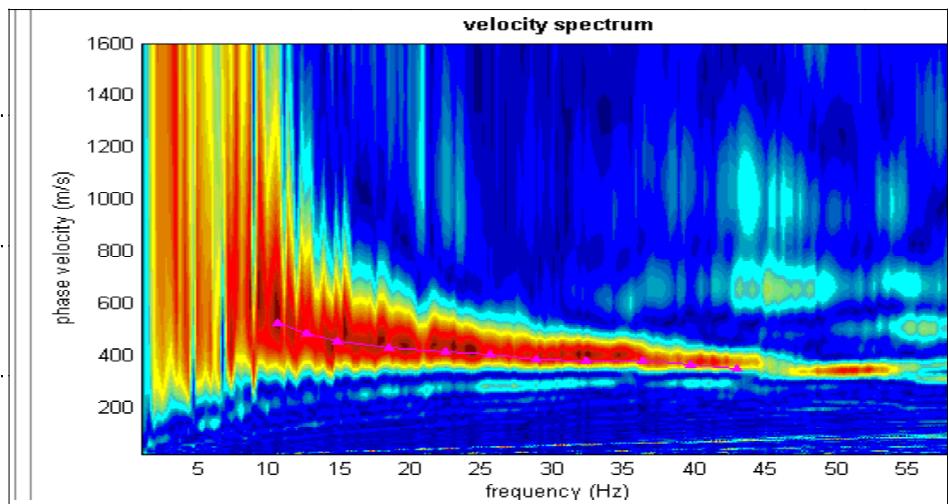
**CTR ALLA SCALA 1:5.000 - UBICAZIONE DELL'AREA OGGETTO D'INTERVENTO E  
DELL'INDAGINE MASW ESEGUITA**



## **ALLEGATO 2**

Risultati dell'indagine MASW realizzata in sito

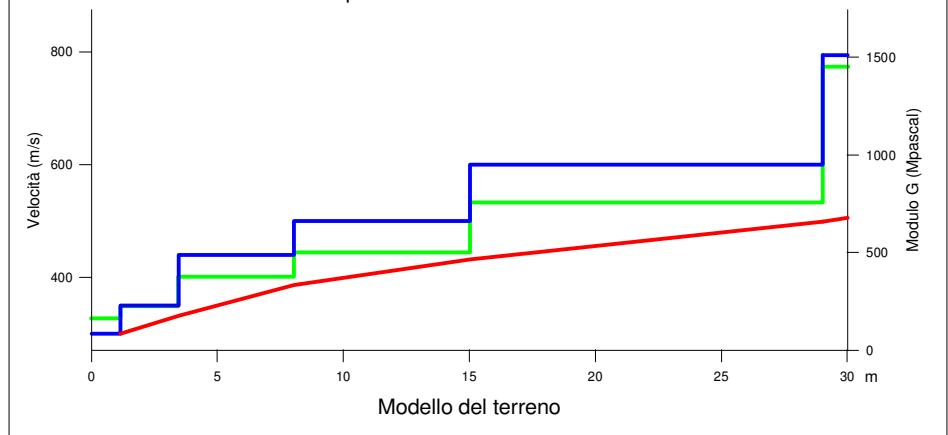
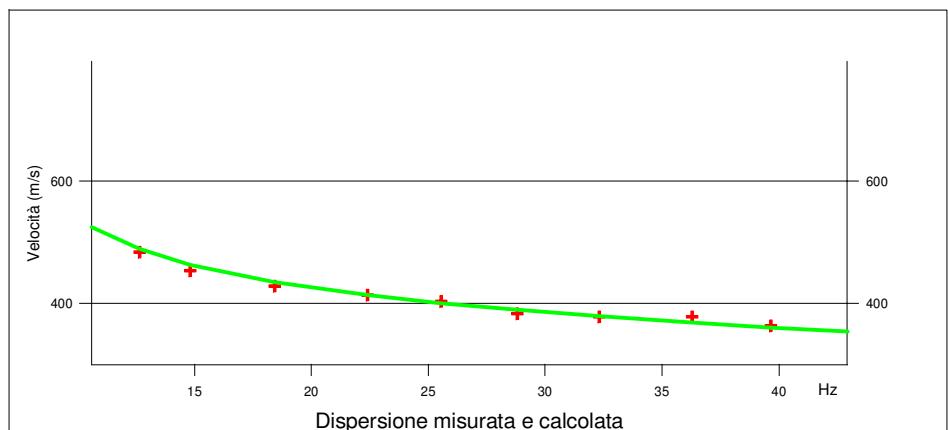




### LEGENDA

- +
- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

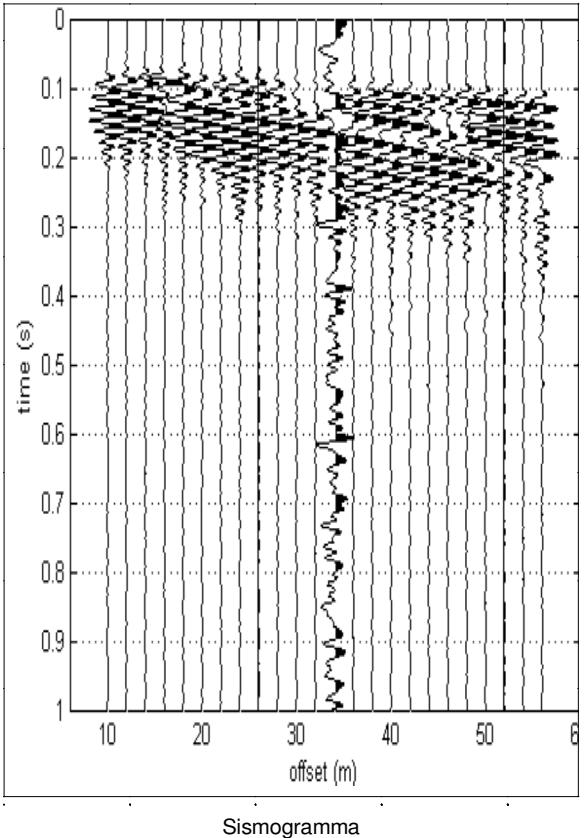
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D = 1.5 + Vs/1000$



### TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.2	300	.0038	300	162
1.2	3.5	350	.0066	332	227
3.5	8	440	.0104	386	376
8	15	500	.014	432	500
15	29	600	.0233	499	756
29	30	795	.0012	505	1450

VALORE CALCOLATO VS30 = 505 m/s



## PROVA SISMICA VS30

Località: Sanfront (Cn) - Via Meniella

Studio Geologico Lombardo Dott. Francesco

Metodologia MASW

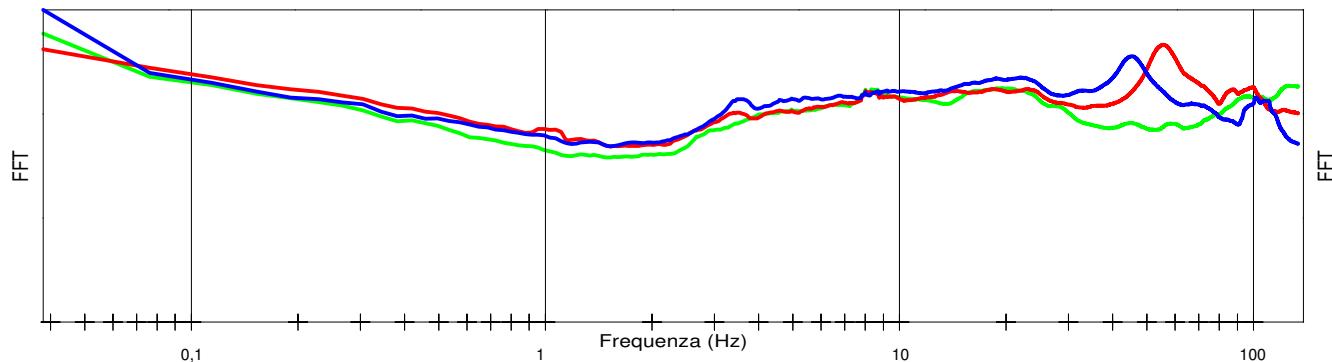
## VELOCITA' DELLE ONDE S

### **ALLEGATO 3**

Risultati grafici relativi all'acquisizione HVSR



### COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



### LEGENDA

Spettro asse Z (verticale)

Spettro asse X

Spettro asse Y

H/V direzione X

H/V direzione Y

H/V media

Deviazione standard

Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 Khz

Finestra di campionamento 26,2 s

Assenza di Picchi alle frequenze Significative

### PROVA H/V

Località: Sanfront (Cn) - Via Meniella

Studio Geologico Lombardo Dott. Francesco

Metodo Nakamura

### SPETTRI DI FREQUENZA PROVA F7466

All. 2/b

Giugno 2013

**EEG** s.r.l.  
GEOPHYSICS  
ELABORAZIONE DATI

