



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO



COMUNE DI FRABOSA SOPRANA

**PROGETTO DEI LAVORI DI
RISTRUTTURAZIONE DELL'IMPIANTO
DI DEPURAZIONE ESISTENTE IN
LOCALITÀ "MONDAGNOLA"**



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOLOGICA E SISMICA



Committente:

Mondo Acqua S.p.A.

Via Venezia, 6 – 12084 MONDOVI' (CN)

Data:

Febbraio 2012

Elaborato redatto da:

Dott. Geol. Giuseppe GALLIANO
Via Matteotti, 2 - 12073 CEVA (CN)

Inquadramento territoriale:

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO

INDICE

PREMESSA	3
1.0 - INQUADRAMENTO	5
2.0 – LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	7
3.0 - LINEAMENTI GEOLOGICI	10
4.0 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI	11
4.1.0 - Pericolosità sismica e calcolo della vs30 ai fini della determinazione dell’azione sismica di progetto	12
4.2.0 - Ubicazione indagini e acquisizione dati.....	13
4.2.1 - <i>Indagini geofisiche</i>	14
4.2.2 – <i>Cenni teorici metodologia MASW</i>	14
4.2.3 – <i>Cenni teorici sulle indagini geosismiche a rifrazione</i>	15
.....	16
4.2.4 – <i>Elaborazione dati</i>	17
4.2.5 – <i>Definizione della classe sismica – Profilo Masw</i>	18
4.2.6 – <i>Profilo di velocità e valutazione del parametro Vs30</i>	19
4.2.7 – <i>Risultati dell’indagine sismica e rifrazione</i>	19
4.2.8 – <i>Sintesi conclusiva dei risultati</i>	20
5.0 - CARATTERIZZAZIONE TECNICO - QUALITATIVA DEI TERRENI	22
5.1 - Parametri geotecnici qualitativi delle coperture ghiaioso limose sabbiose, deb. argillose	22
6.0 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	23

PREMESSA

Per incarico della società Mondo Acqua S.p.A. lo scrivente si è occupato della stesura dell'elaborato di carattere geologico - geomorfologico per la caratterizzazione dei terreni, in merito al "Progetto dei lavori di ristrutturazione dell'impianto di depurazione esistente in località Mondagnola" nel Comune di Frabosa Soprana (CN).

La stesura della presente si è resa necessaria in quanto l'area oggetto d'intervento ricade:

➤ *in zona soggetta a vincolo per scopi idrogeologici (L.R. 45/89).*

I parametri dimensionali dei movimenti terra previsti nell'ambito dei lavori rientrano tra quelli previsti all'art. 2 lettera a) della L.R. 45/89. Più in dettaglio i lavori comporteranno:

⇒ *- nuova vasca 620 m³ circa;*

⇒ *- sistemazione strada: 240 m³ circa;*

⇒ *- scavo per posa tubazione acquedotto: max 80 m³;*

⇒ *- altri interventi: 100 m³ circa.*

L'intervento a progetto prevede l'ampliamento dell'attuale impianto mediante una nuova vasca, i lavori per la realizzazione di un nuovo stacco verso il depuratore della condotta dell'acquedotto esistente, la sistemazione della viabilità d'accesso al depuratore e i lavori di sistemazione dell'area.

Il quadro di dissesto contenuto nello strumento urbanistico vigente non risulta condiviso con i contenuti del PAI.

Per l'espletamento del lavoro sono stati consultati i dati pubblicati nella letteratura specifica:

- *le carte edite dalla Banca Dati Geologica Regionale, a cura del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte, per i sette tematismi considerati (Frane, Settori di versante vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni incoerenti della copertura superficiale, Alveo-tipi e portate, Conoidi potenzialmente attive e frequenza dei fenomeni di trasporto in massa connessi alla attività torrentizia in tributari minori, Aree inondabili, Danni alla rete viaria (stradale e ferroviaria) ed ai ponti, Danni ai centri abitati);*
- *la cartografia del PAI "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – delimitazione delle aree in dissesto";*
- *la cartografia dei dissesti Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia);*
- *gli allegati geologici al P.R.G.C. vigente.*

L'elaborato viene predisposto, inoltre, in ottemperanza alle norme di legge vigenti ed in particolare:

- *L.R. n. 56/77 e s.m.i., "Legge urbanistica regionale";*
- *D.M. dell'11/03/1988 n. 47 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce ...";*
- *D.P.C.M. 24/05/2001 "Approvazione del "Piano Stralcio per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico. (Legge 183/89, art. 17 comma 6-ter)" adottato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con Deliberazione del Comitato Istituzionale 26/04/2001 n. 18;*
- *L.R. n. 56/77 e s.m.i., "Legge urbanistica regionale";*
- *Circolare PGR n°11/PRE dell'8 maggio 1990 "Circolare esplicativa sugli adempimenti in ordine all'applicazione del D.M. 11 marzo 1998 ...";*
- *N.T.A. del P.R.G.C. vigente.*

1.0 - INQUADRAMENTO

Il settore oggetto d'indagine è situato a NE dell'abitato di Frabosa Soprana Capoluogo.

Si tratta di una porzione di fondovalle dove è presente l'attuale impianto di depurazione.

L'area, posta in destra orografica del rio Straluzzo, è ubicata alla quota altimetrica di circa 740 m s.l.m.

L'area, più in generale, è definita da un contesto morfologico di versante, caratterizzato da forme controllate essenzialmente dalla natura litologica dei terreni; si tratta di un tratto di fondovalle incassato inciso dall'idrografia principale che si raccorda al pendio con coltri detritiche e colluviali.

E' definita da una pendenza regolare che digrada in direzione del corso d'acqua con pendenze contenute.



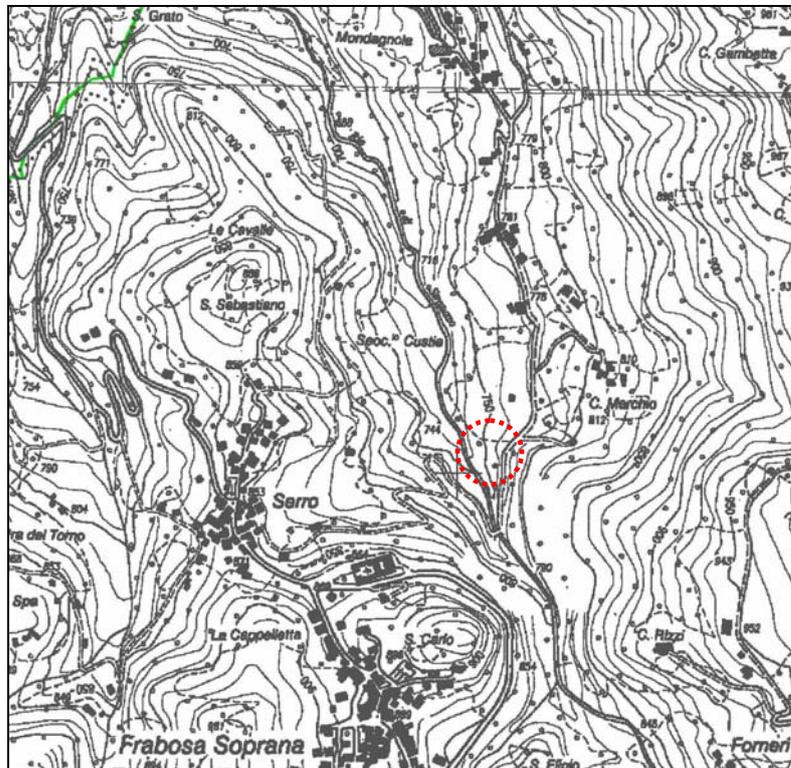
Stralcio foto aerea con visualizzazione del lotto indagato (Volo Regione Piemonte 2000)

Le informazioni di carattere topografico relative al sito in esame risultano contenute:

- nella tavoletta *FRABOSA SOPRANA* (I.N.O.) foglio n° 91 della cartografia I.G.M. alla scala 1:25.000;



- nella sezione 227100 foglio "FRABOSA SOPRANA" della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000;



- stralcio planimetria catastale con visualizzazione dell'area indagata.



2.0 – LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico l'area indagata presenta una morfologia piuttosto articolata, fortemente influenzata dalla presenza di litotipi ad erodibilità differenziale (calcescisti, dolomie e quarziti). In particolare i versanti che si sviluppano su rocce compatte, maggiormente resistenti all'erosione, come i conglomerati, le quarziti, i calcari e i porfiroidi, si presentano da mediamente a molto acclivi, mentre quelli che si sviluppano su rocce maggiormente erodibili, come i calcescisti e i depositi quaternari, si presentano poco acclivi.

I processi gravitativi principali che possono interessare i versanti sono i crolli, in molti casi prodotti dal termoclastismo e dal crioclastismo, e i colamenti della coltre superficiale, in seguito all'imbibizione della coltre stessa di acqua di provenienza meteorica. Sul reticolato idrografico minore possono essere presenti invece accentuati fenomeni di erosione e trasporto.

In corrispondenza al raccordo tra i versanti ed il fondovalle si rinvencono i maggiori spessori di depositi detritico-colluviali, per effetto del trasporto e successivo accumulo dei prodotti dell'alterazione dei litotipi affioranti nei settori sovrastanti.

In alcuni settori si segnalano inoltre forme moreniche piuttosto estese legate all'attività glaciale pleistocenica.

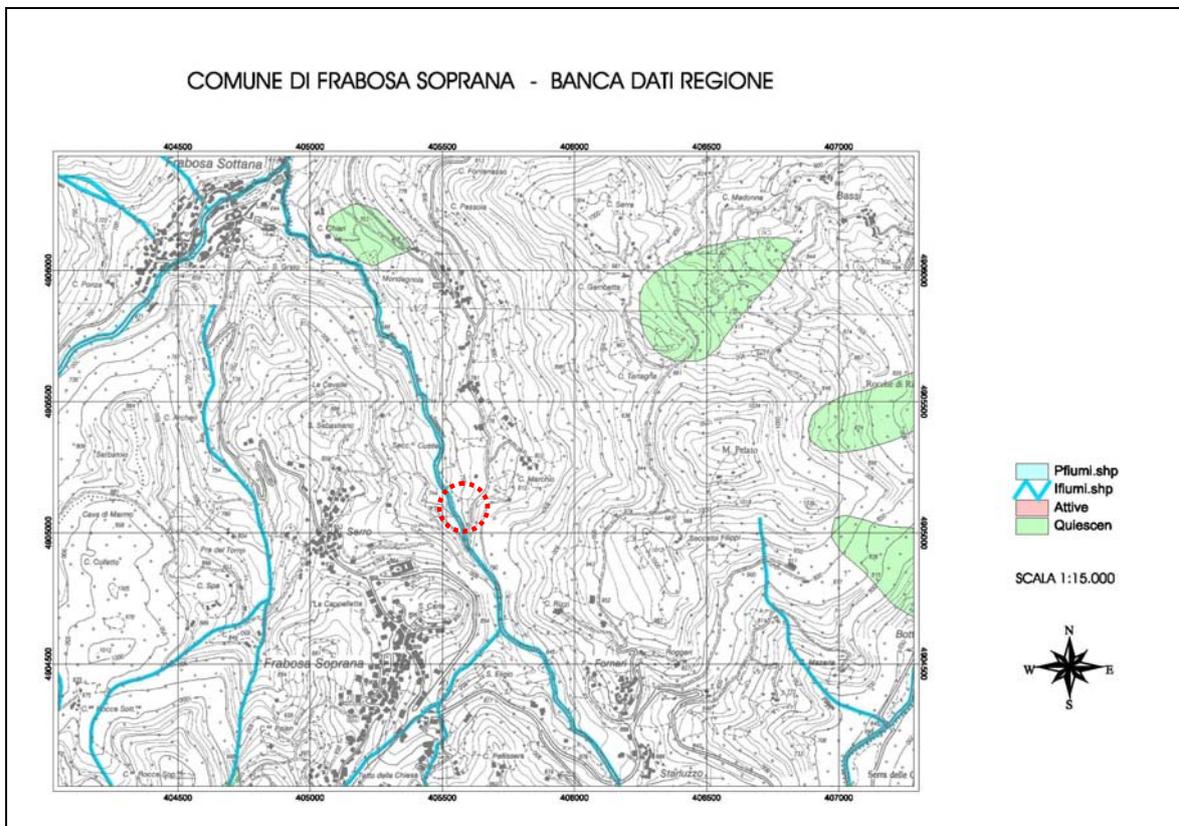
Alcuni tratti vallivi si sono impostati in corrispondenza a strutture tettoniche disgiuntive di media estensione, lungo le quali si è avuta una maggiore erodibilità ed un maggior modellamento da parte degli agenti esogeni.

L'area di interesse è in particolare localizzata lungo il fondovalle del rio Mondagnola a margine della vecchia strada comunale dal Capoluogo per Mondagnola.

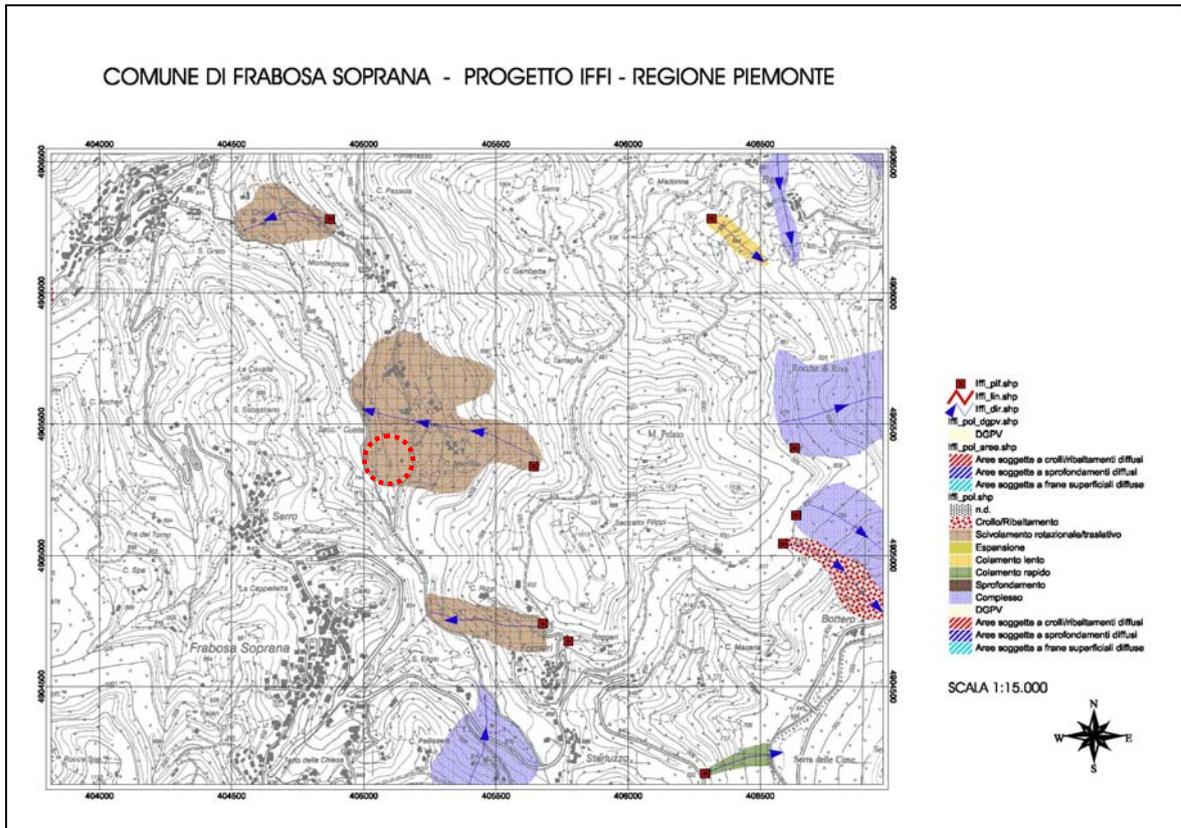
Il lotto considerato, in concomitanza con l'evento alluvionale del Novembre 1994, non venne interessato da processi di dissesto.

In merito alle problematiche di carattere geomorfologico, dalla consultazione della cartografia dei dissesti disponibile:

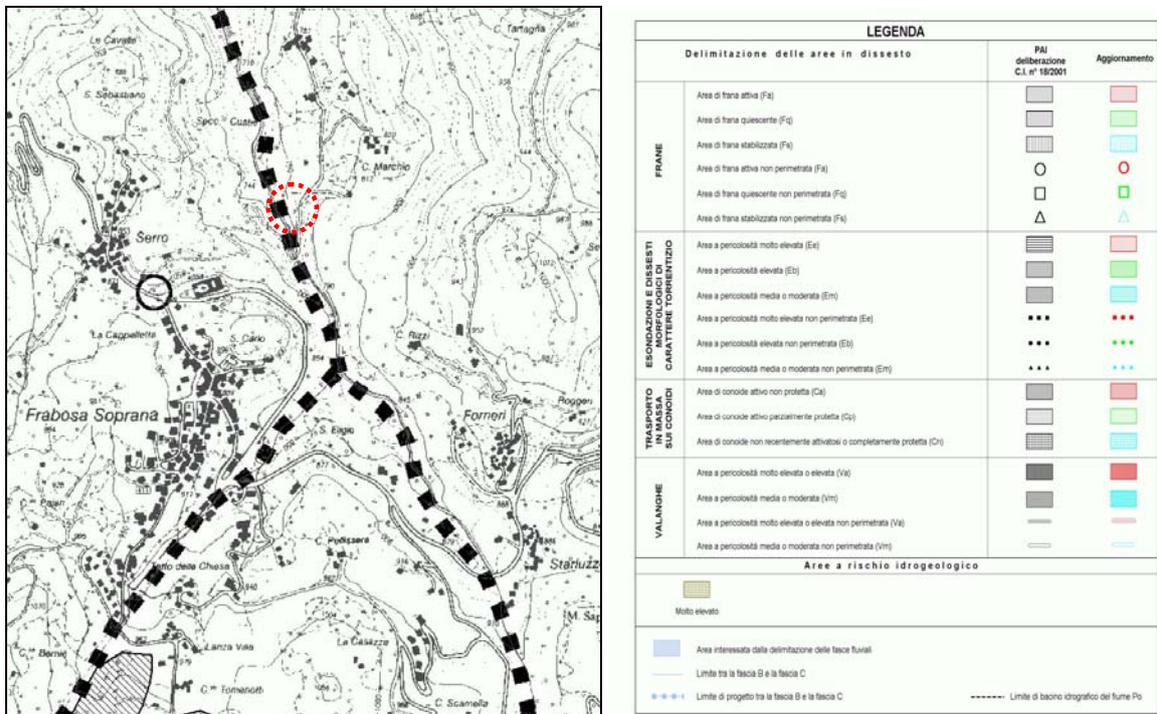
- Banca Dati Geologica Regionale;



- cartografia dei dissesti Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia);



- cartografia del PAI “Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – delimitazione delle aree in dissesto”;

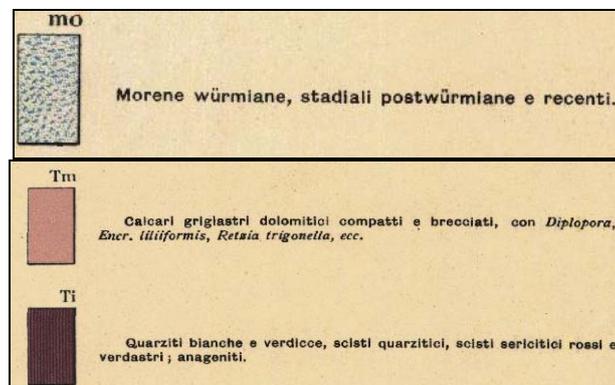
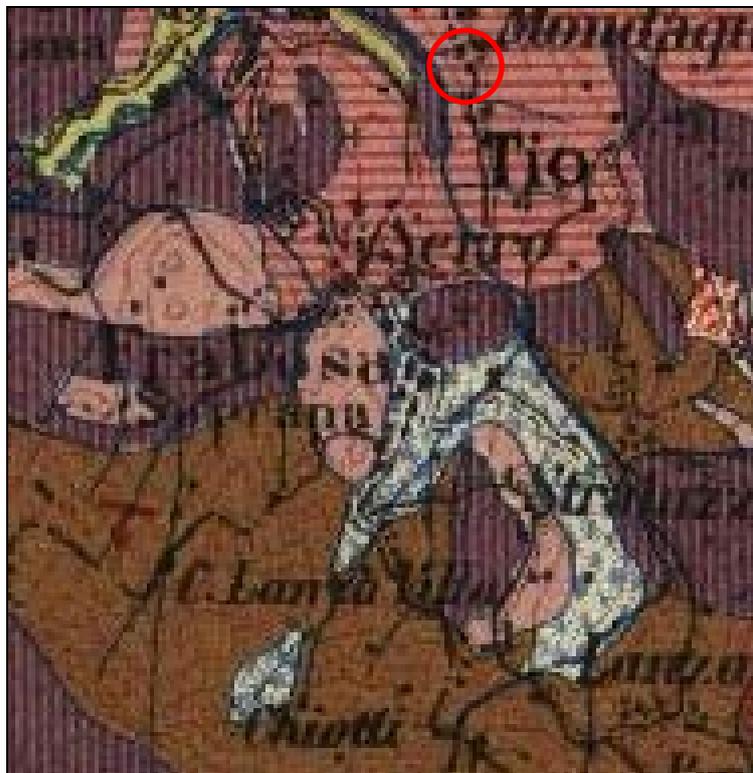


l'area indagata non risulta interessata da processi di dissesto sia recenti sia quiescenti.

3.0 - LINEAMENTI GEOLOGICI

Più in generale, nel territorio comunale di Frabosa Soprana affiorano unità tettoniche appartenenti ai domini paleogeografici Brianzonese ligure e Piemontese rappresentati, rispettivamente, il primo da terreni comprendenti un tegumento permo-carbonifero ed una copertura meso-cenozoica ed il secondo da materiali della sola copertura meso-cenozoica.

La Zona Brianzonese, estesa a gran parte del territorio comunale di Frabosa Soprana, è rappresentata dalla “Unità di Ormea” suddivisibile in un "tegumento" permo-carbonifero di origine vulcano-clastica ed in una successione sedimentaria meso-cenozoica.



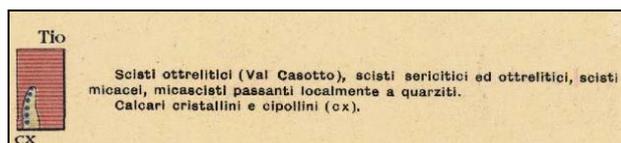


Fig. 1. Estratto dalla carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 con successiva legenda.

Il “Tegumento permo-carbonifero” corrisponde, nella sequenza originaria, ad un insieme di terreni vulcano-clastici interposto tra il basamento cristallino (qui non presente) e la successione sedimentaria meso-cenozoica. I litotipi presenti nel settore indagato sono riconducibili alla successione di ignimbriti permiane, formatasi durante imponenti episodi vulcanici, riunite nella formazione dei “Porfiroidi del Melogno” affioranti in vaste aree del territorio comunale. Queste vulcaniti rappresentano la base stratigrafica della sequenza di copertura che affiora prevalentemente nel settore meridionale dell’area indagata.

Quarziti conglomeratiche in affioramenti isolati si rinvengono in prossimità dei Bassi, in sinistra idrografica della Valle Corsaglia: si tratta di depositi di conoide alimentati da prodotti di denudazione noti con il termine di “Verrucano” probabilmente di età permiana. Questa formazione forma la base della copertura triassica, alla quale passa transizionalmente.

L’area considerata è posta in corrispondenza delle quarziti conglomeratiche affioranti a monte del depuratore.

La successione stratigrafica puntuale del settore indagato risulta definita da una coltre detritica e mista a depositi alluvionali e grossolani con presenza di blocchi metrici di natura quarzifica.

Per quanto concerne le informazioni di carattere geologico relative al sito considerato si potrà fare riferimento alla cartografia geologica ufficiale, al foglio n° 91 BOVES della "Carta geologica d'Italia" alla scala 1:100.000.

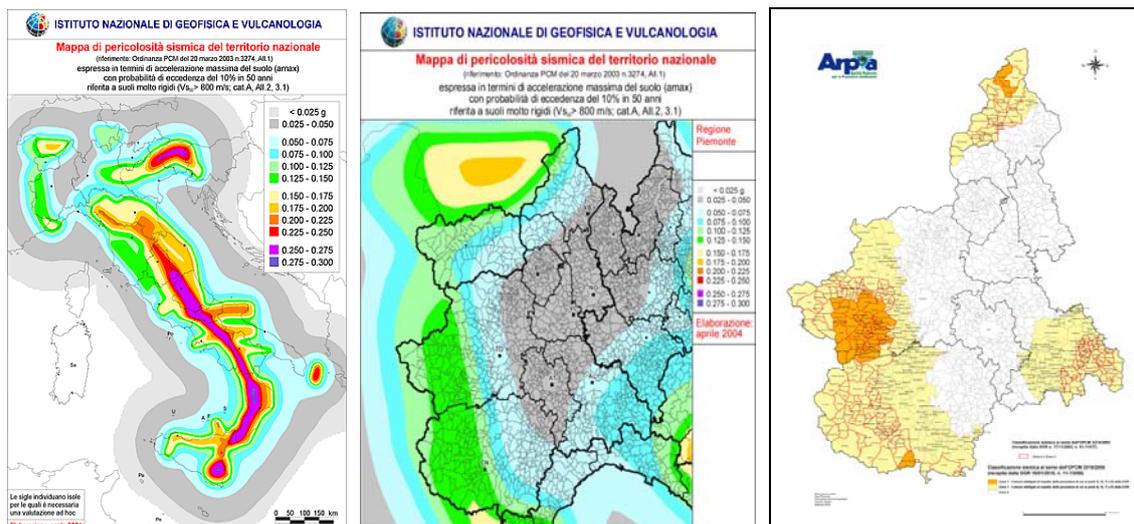
4.0 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La recente normativa in materia sismica ha introdotto sostanziali novità rispetto al quadro legislativo vigente ed ha portato alla adozione di un nuovo assetto normativo per quanto concerne gli aspetti relativi al rischio sismico ed alla progettazione antisismica.

La nuova classificazione del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003, n.3274 – All.1) è visualizzata nella mappa che segue.

Con la recente Deliberazione della Giunta Regionale 12 dicembre 2011, n. 4-3084 sono state definite le procedure e modalità di gestione. (D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010) “Approvazione delle procedure di

controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.”



Nelle figure è visualizzata la nuova classificazione per il territorio piemontese (DGR 19 gennaio 2010 n.11-13058 - O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006).

La nuova classificazione comporta una suddivisione dei terreni che deve essere effettuata, in prima istanza, sulla base dei rilievi geologici eseguiti, dell’analisi e dell’interpretazione dei dati stratigrafici e geotecnici disponibili. Le caratteristiche litotecniche dei depositi (natura del deposito, granulometria, addensamento dei materiali granulari, consistenza dei materiali non coesivi, ecc. anche su base qualitativa) e le informazioni relative alla loro reciproca geometria (spessori, geometria dei limiti fra i depositi, ecc.) consentono la qualificazione dei suoli e dei profili di terreno secondo i criteri definiti al punto 5.1 dell’All. 2 dell’OPCM 3274/2003 .

Per la definizione dell’azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l’effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

L’identificazione di questa categoria va di norma eseguita in base ai valori della V_{s30} , cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, tuttavia, come specificato nella suddetta normativa, nei terreni non coesivi può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) NSPT30.

4.1.0 - Pericolosità sismica e calcolo della v_{s30} ai fini della determinazione dell’azione sismica di progetto

Come definito nel testo unico allegato al D.M. del 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, “le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag”.

4.2.0 - Ubicazione indagini e acquisizione dati

L’indagine comprende l’esecuzione di una prova MASW che, compatibilmente con gli spazi disponibili in sito, è stata ubicata all’interno del lotto interessato. Lo stendimento è stato realizzato posizionando 24 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 1.5 m, per un totale di 34.5 m lineari di stendimento.

Depth (Z_{max}) ¹ (m)	Source (S) ² (lb)	Receiver (R) ³ (Hz)	Receiver Spread (RS) (m)			
			Length ⁴ (D)	Source Offset ⁵ (X ₁)	Receiver Spacing (dx)	
					24-ch*	48-ch
≤ 1.0	≤ 1 (1)**	4.5–100 (40)	1–3 (2.0)	0.2–3.0 (0.4)	0.05–0.1 (0.1)	0.02–0.05 (0.05)
1–5	1–5 (5)	4.5–40 (10)	1–15 (10)	0.2–15 (2)	0.05–0.6 (0.5)	0.02–0.3 (0.25)
5–10	5–10 (10)	≤ 10 (4.5)	5–30 (20)	1–30 (4)	0.2–1.2 (1.0)	0.1–0.6 (0.5)
10–20	≥ 10 (20)	≤ 10 (4.5)	10–60 (30)	2–60 (10)	0.4–2.5 (1.5)	0.2–1.2 (1.0)
20–30	≥ 10 (20)	≤ 4.5 (4.5)	20–90 (50)	4–90 (10)	0.8–3.8 (2.0)	0.4–1.9 (1.5)
30–50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	30–150 (70)	6–150 (15)	1.2–6.0 (3.0)	0.6–3.0 (2.0)
> 50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)

Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine (da www.masw.com)

L’indagine sismica a rifrazione è stata effettuata lungo il medesimo stendimento a 24 geofoni equispaziati a 1.5 metri. L’acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link III, Seismic Source Ltd.).

Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base Rj45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (Vibra Scope v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l’analisi, e la memorizzazione delle forme d’onda da registrare. I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari a 4.5 Hz, con distorsione inferiore allo 0.2%. L’energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 kg su piastra metallica. Per l’innesco (trigger) si è utilizzato uno “shock sensor” collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo. Per l’acquisizione dei dati si sono individuati 7 punti di energizzazione per ciascuno stendimento; tali punti sono stati ubicati ad un’estremità dello stendimento, alla distanza massima di 10.5 metri dal primo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 2 impulsi sismici.

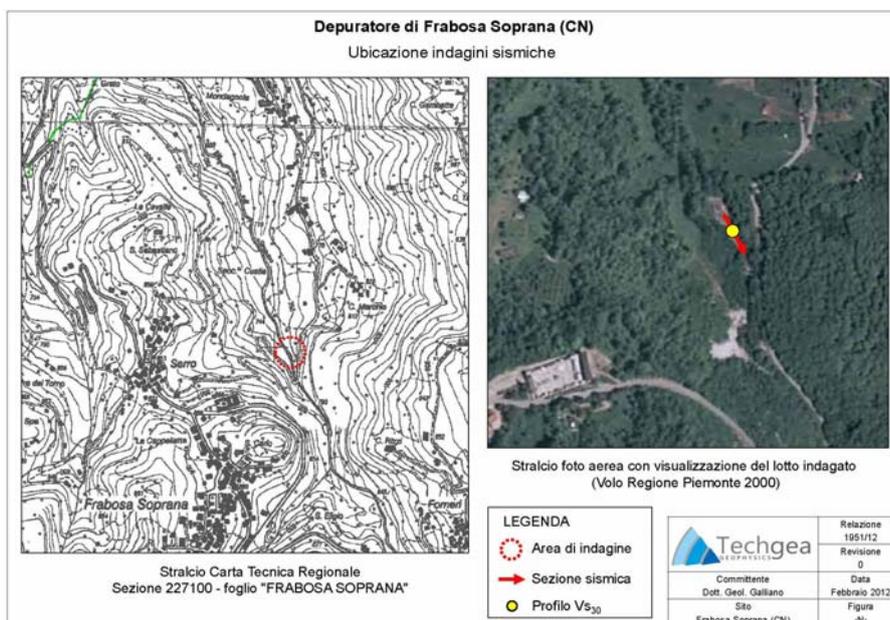
4.2.1 - Indagini geofisiche

La campagna geofisica è stata condotta dalla Techgea Geophysics i risultati della stessa curati dal dott. Emmanuele Duò e dott. geol. Mario Naldi.

Lo scopo delle indagini è la definizione della classificazione sismica dei suoli (in ottemperanza alle NTC del D.M. del 14.01.2008 e successivi aggiornamenti) secondo la normativa sismica vigente (D.G.R. 19 gennaio 2010 n. 11-13058).

Il piano di indagini ha previsto la realizzazione di n. 1 profilo MASW, per la determinazione del parametro V_{s30} per il calcolo dell'azione sismica di progetto abilità del sottosuolo.

L'ubicazione delle indagini geofisiche – definita in modo da coprire tutta l'area di interesse - è riportata nella figura che segue.



I risultati dell'indagine (illustrati nelle Figure) sono di seguito commentati.

4.2.2 – Cenni teorici metodologia MASW

La strumentazione utilizzata è composta da:

1. un acquirente a 24 canali della Seismic Source (DAQLink II System – 24 bit Acquisition System)
2. 24 geofoni a frequenza di 4,5 Hz (indagine MASW) e 24 geofoni a frequenza di 40 Hz (sismica a rifrazione)
3. una mazza battente da 8 Kg per la generazione dell'impulso sismico.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

1) *Acquisizione (Figura 2);*

2) Processing (Figura 3);

3) Inversione (Figura 4).

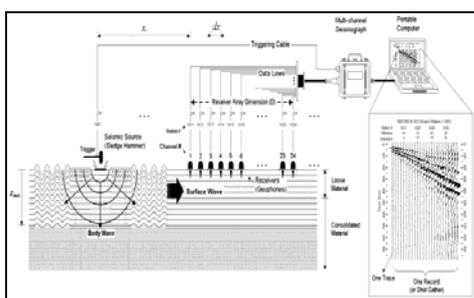


Figura 1- Schema di acquisizione dati MASW

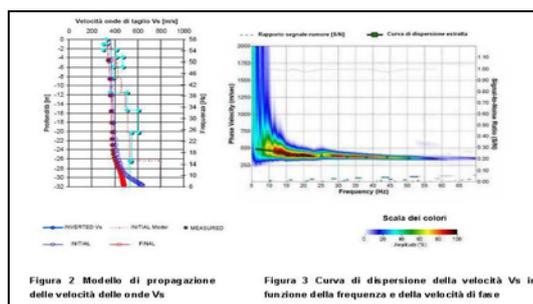


Figura 2 Modello di propagazione delle velocità delle onde Vs

Figura 3 Curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è stata effettuata realizzando due stendimenti lineari di 46 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanti di 2 m.

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate cinque energizzazioni con mazza battente da 8 kg, disposte ad un estremo del profilo ad una distanza di 8, 10, 12 e 14 m dal primo geofono.

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 3 impulsi sismici. Lo schema di acquisizione è riportato in Appendice A.

L'acquisizione dei dati sismici è stata ottenuta con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (units Daq Link III, Seismic Source ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

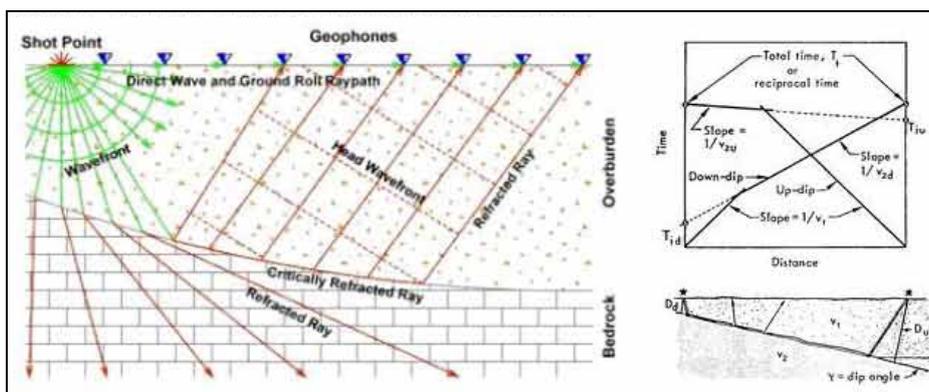
L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 8 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

4.2.3 – Cenni teorici sulle indagini geosismiche a rifrazione

Il rilievo sismico a rifrazione di onde P è un metodo di indagine basato sulla misura dei tempi di percorso che le onde elastiche, generate nel terreno in un punto-sorgente, impiegano per raggiungere dei ricevitori (geofoni) disposti sulla superficie del terreno ed allineati con il punto di energizzazione. La distanza tra i geofoni e quella del punto di energizzazione sono scelte in base allo spessore ed ai tipi di materiale che si vogliono indagare. Le onde elastiche che si propagano in profondità e vengono in parte deviate (rifratte) lungo l'interfaccia che separa due mezzi a differente impedenza acustica (V_1 , V_2) ed in parte proseguono verso il basso finché l'energia viene completamente assorbita dal mezzo in cui si propaga.

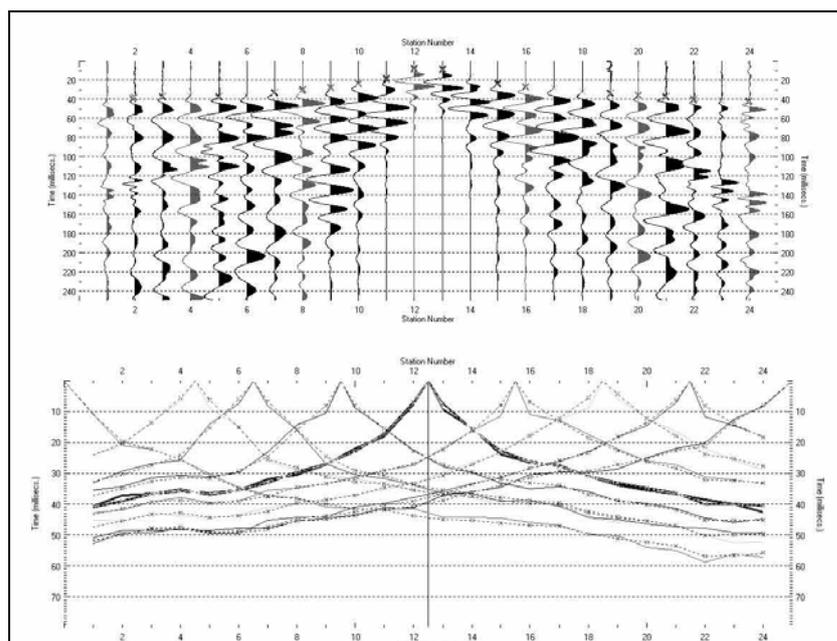
L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica,

che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto su monitor e memorizzato su supporto informatico.



Modello di propagazione dei fronti d'onda nei raggi rifratti

Con i tempi di percorso rilevati mediante i geofoni e le distanze degli stessi dai punti di energizzazione si tracciano dei diagrammi tempi-distanze (dromocrone) che permettono di calcolare sia la velocità di propagazione delle onde di compressione P, sia la profondità e lo spessore dei terreni che sono stati attraversati dalle onde sismiche. L'interpretazione delle dromocrone consente di ricavare delle sezioni sismiche che schematizzano la distribuzione della velocità in funzione della profondità.

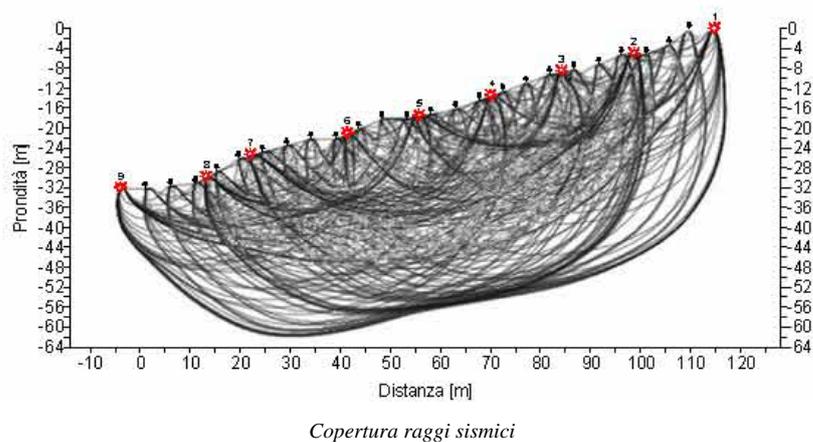


Sismogramma e dromocrone

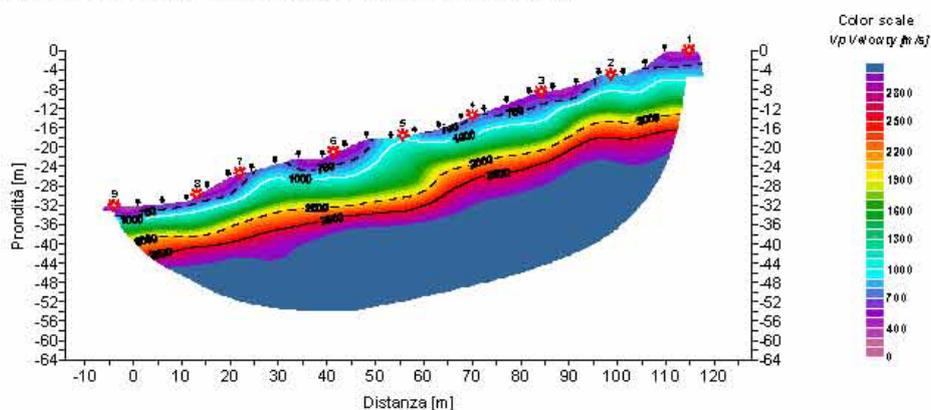
Dall'analisi delle dromocrone è possibile definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata). E' importante sottolineare che la sismica a rifrazione funziona solo per velocità crescenti. L'interpretazione per la risoluzione geometrica dei sismostrati (profondità e velocità) si avvale di diverse metodologie di calcolo dalle più semplici procedure dirette (Hagedoorn, 1959; Barry, 1967), seguendo le leggi generali dell'ottica, a quelle più complesse sia 1 D che 2D che elaborano i dati mediante la tecnica del GRM (Palmer, 1980), del

Ray-tracing o della tomografia (Hampson & Russell, 1984; Olsen, 1989). La finalità della tomografia è la dettagliata esplorazione del modello di distribuzione della velocità in un mezzo.

Essa si basa sui primi arrivi ottenuti per set plurimi di coppie sorgente-ricevitore: la sola limitazione è quella che i raggi sismici formino una rete completa e cioè, idealmente, ciascun punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi in tutte le direzioni.



L'analisi dei raggi sismici con il programma di inversione tomografica discretizza il modello fisico e restituisce un modello di distribuzione delle velocità delle onde di compressione P (isotache espresse in m/s) coerente con il modello geologico del sottosuolo. Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si utilizza il software RAYFRACT TM (32 - bit version), della Intelligent Resources Inc. (Canada). I dati dei primi arrivi (onde di compressione) sono stati elaborati con il metodo GRM (general reciprocal method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo. Tale metodo (inversione tomografica) consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).



4.2.4 – Elaborazione dati

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si è proceduto al riconoscimento e raccolta dei dati dei primi arrivi (software Reflexw, Sandmeier Software, D). Successivamente le onde di primo arrivo sono state elaborate con il metodo GRM (General Reciprocal Method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo (software Reyfract, Intelligent Resources Inc., CDN). Il metodo dell'inversione tomografica consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione). I dati sismici relativi all'indagine MASW sono stati elaborati con il software Surfseis V. 3.05 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

4.2.5 – Definizione della classe sismica – Profilo Masw

Secondo la normativa vigente, definita in Piemonte dalla D.G.R. 12/12/2011 n°4-3084, il Comune di **Frabosa Soprana** ricade in zona sismica 3. D.M. del 14/01/2008 “Approvazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni” mette a disposizione dei professionisti uno strumento basato sul progetto sviluppato in collaborazione con l'INGV e dal DPC – “S1” – per il calcolo dei parametri rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per qualsiasi sito del territorio nazionale. Le coordinate geografiche assolute (gradi, minuti, secondi) del punto di riferimento del profilo MASW (per il calcolo VS30) sono:

- ⇒ 44 17'30.8"N Latitudine
- ⇒ 07°48'34.6"E Longitudine.

Nella tabella che segue vengono forniti i parametri di cui sopra calcolati utilizzando le coordinate del centro dello stendimento.

T_r [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0.036	2.559	0.198
50	0.051	2.512	0.224
72	0.062	2.509	0.239
101	0.075	2.471	0.251
140	0.089	2.447	0.260
201	0.105	2.443	0.268
475	0.150	2.479	0.290
975	0.198	2.493	0.306
2475	0.277	2.525	0.323

– Parametri rappresentativi delle componenti delle azioni sismiche di progetto

La medesima normativa di riferimento (D.M. 14.01.2008) individua come parametro di riferimento per la classificazione dei suoli la velocità media di propagazione entro 30 m di

profondità delle onde di taglio (V_{S30}) è e viene calcolata a partire dalla velocità delle onde di taglio con la seguente formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio ($\gamma < 10^{-6}$)) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Nella tabella che segue, è contenuta la classificazione sismica prevista dal suddetto Decreto Ministeriale.

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s,30}$ (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT ₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e cu_{30} > 250 kPa nei terreni a grana fina).	360-800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT ₃₀ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu_{30} < 250 kPa nei terreni a grana fina).	180-360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT ₃₀ < 15 nei terreni a grana grossa e cu_{30} < 70 kPa nei terreni a grana fina).	<180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V_s > 800 m/s).	-
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu_{30} < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	-

Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3431/2005 (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni).

4.2.6 – Profilo di velocità e valutazione del parametro V_{s30}

Come visualizzato nella figura 5 il valore del parametro V_{s30} ottenuto tramite MASW è pari a 770 m/s a partire dal p.c. corrispondente ad un suolo di classe sismica S2. La presenza di una coltre detritica superficiale in spessore superiore ai 3.00 m posta su un substrato rigido, costituisce causa di possibili fenomeni di amplificazioni locali del moto sismico, determinando l'attribuzione alla classe di suolo S2 benchè il valore di V_{s30} riscontrato sia tipico di contesti geotecnici di classe "B". L'analisi dei profili stratigrafici, riportati in Figura 5, evidenzia la presenza di due livelli stratigrafici principali:

4.2.7 – Risultati dell'indagine sismica e rifrazione

Il modello tomografico di velocità delle onde di compressione relativo alla sezione sismica a rifrazione è illustrato in figura 4. La sezione sismica riporta la suddivisione in isotache (curve di ugual velocità di compressione, V_p) ottenute dalla elaborazione tomografica dei primi arrivi delle onde V_p . Nella sezione sono riportati, inoltre, i punti di scoppio (da 1 a 6) e la posizione dei

geofoni (ogni 1.5 m). La sequenza sismo-stratigrafica, opportunamente confrontata con quanto emerso dalla prova MASW eseguita contestualmente, evidenzia i seguenti caratteri salienti:

- ⇒ un primo strato caratterizzato da basse velocità ($V_p < 2000$ m/s), osservabile fino a circa 7 – 8 m di profondità dal p.c., costituito da depositi grossolani sciolti;
- ⇒ un substrato lapideo sottostante, caratterizzato da velocità delle onde di compressione gradualmente crescenti e comprese tra 2000 e 3000 m/s.

4.2.8 – Sintesi conclusiva dei risultati

Classificazione sismica $V_{s30} = 770$ m/s Classe B

“Rocce tenere e 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 V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT, $30 > 50$, nei terreni a grana grossa e cu, $30 > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”.

“Depositivi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nelle altre tipologie previste dalla norma”;

Profilo Stratigrafico

- ⇒ da 0.00 a 8.00 m depositi sciolti grossolani;
- ⇒ oltre 8.00 m substrato lapideo (quarziti).

Fig. 4.

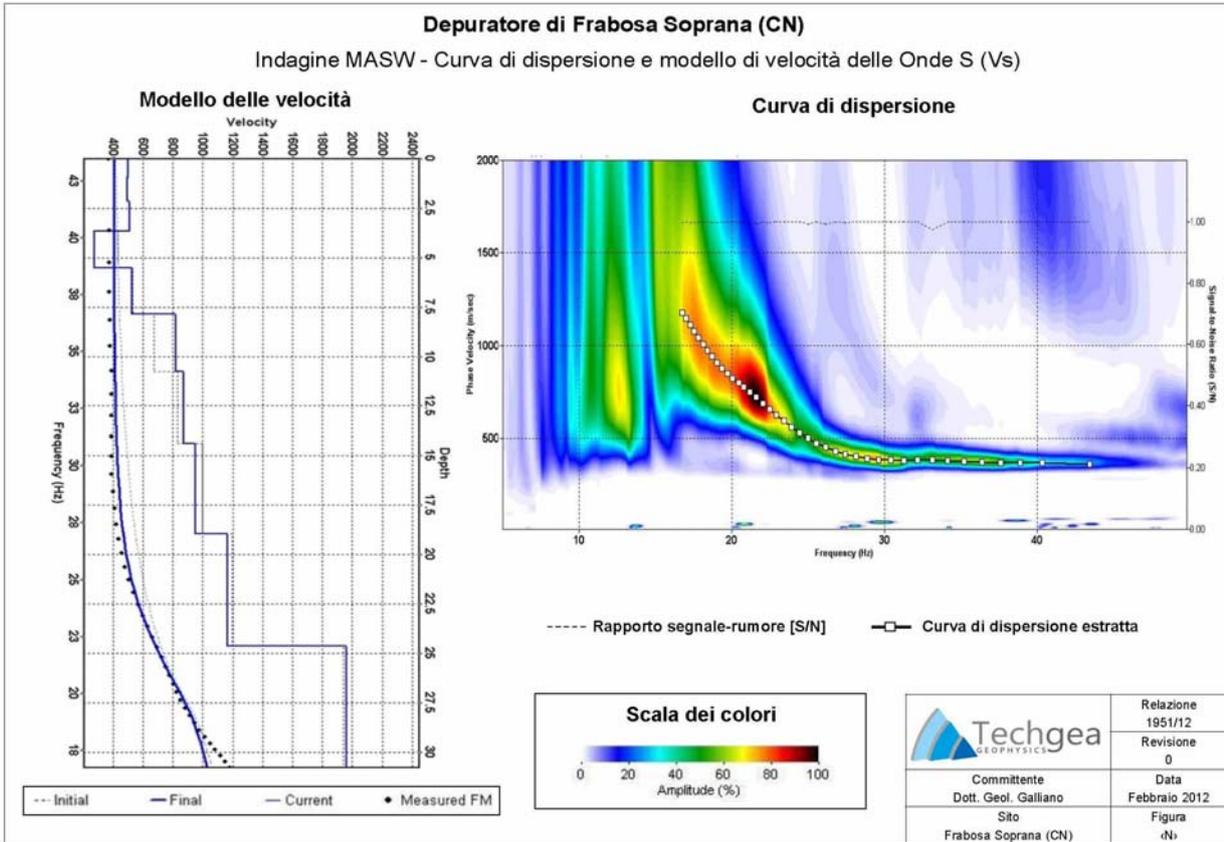


Fig. 5.

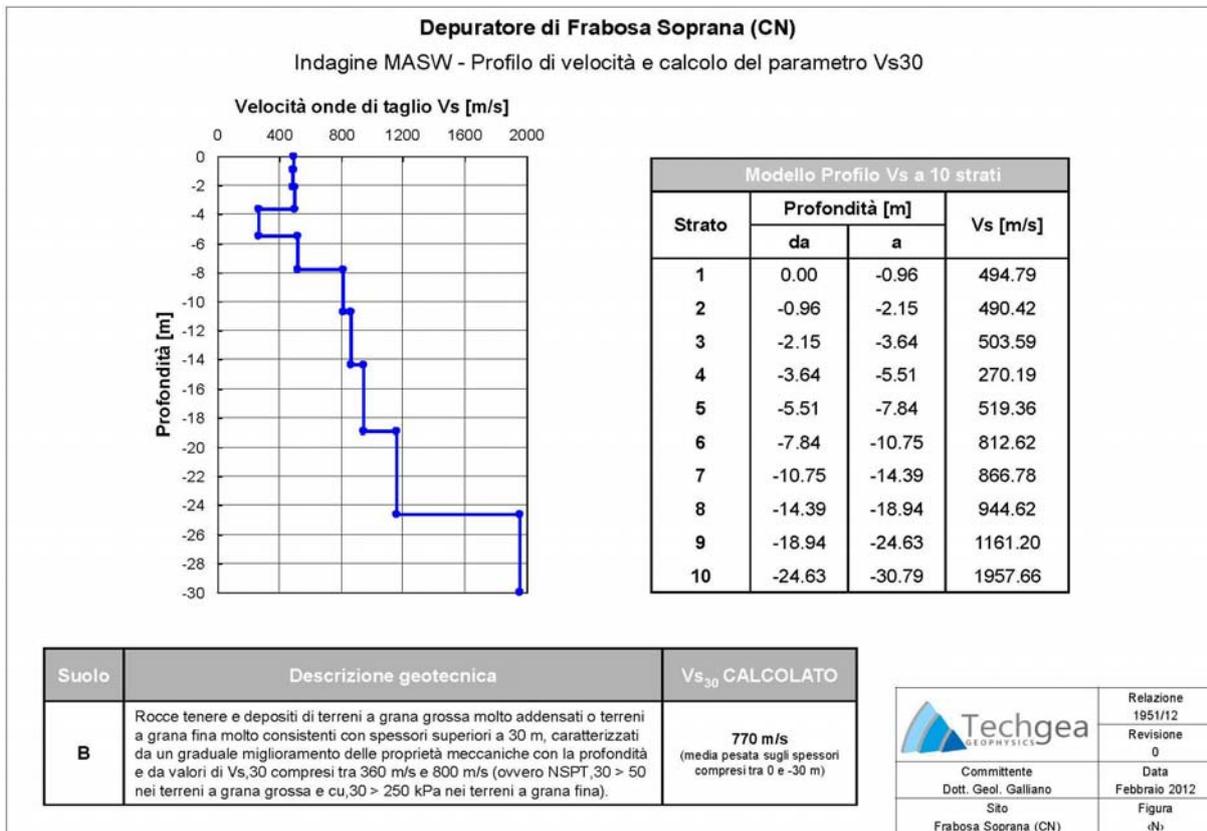
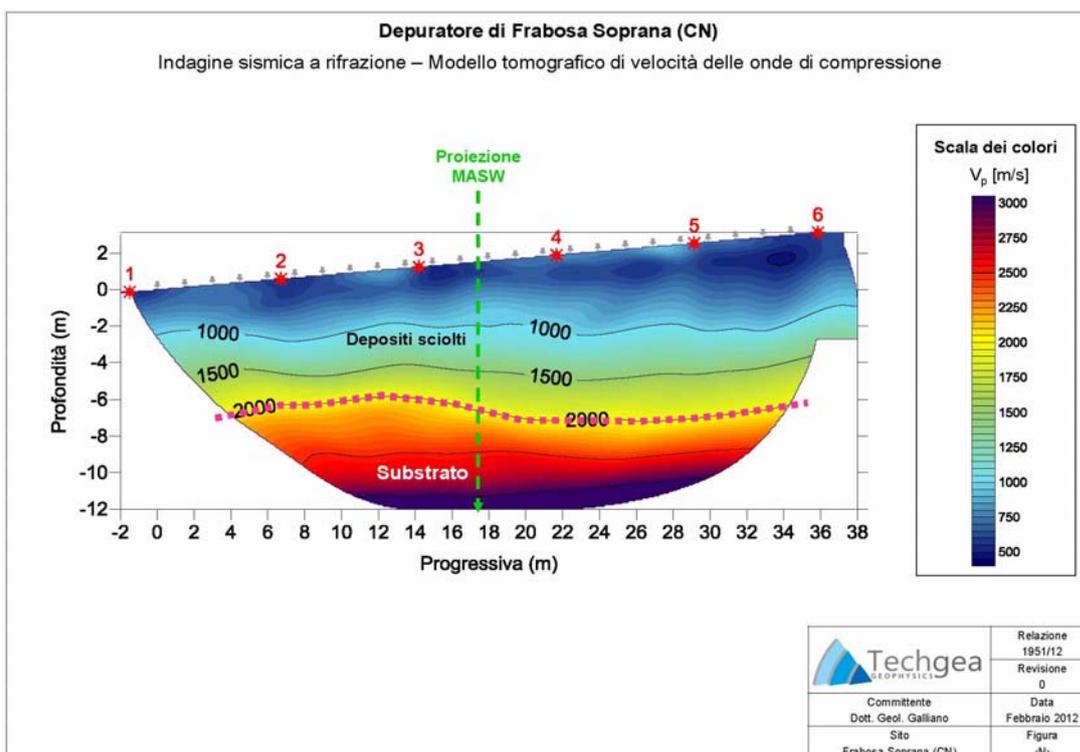


Fig. 6.



5.0 - CARATTERIZZAZIONE TECNICO - QUALITATIVA DEI TERRENI

Per la classificazione dei materiali, e in particolare della matrice delle coltri detritiche e colluviali, si è tenuto conto di quanto accertato nel corso del sopralluogo in sito in aree di affioramento.

La successione stratigrafica per l'area esaminata vede la presenza di terreni raggruppabili sostanzialmente in due unità litologiche:

- ⇒ la prima costituita prevalentemente dai materiali *ghiaioso sabbiosi limosi con ciottoli e blocchi*, classificabili come GW (USCS);
- ⇒ la seconda dalle quarziti conglomeratiche del substrato prequaternario.

5.1 - Parametri geotecnici qualitativi delle coperture ghiaioso limose sabbiose, deb. argillose

Parametri	Unità Litologica
ϕ'	38 [°]
ϕ_{cv}	34 [°]
γ	19 – 20 [kN/m ³]
c_u	0 [kPa]

6.0 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'elaborato sono state analizzate le caratteristiche geologico – tecniche in merito al “Progetto dei lavori di ristrutturazione dell'impianto di depurazione esistente in località Mondagnola” nel Comune di Frabosa Soprana.

Sulla base dei dati disponibili e alla luce di quanto preliminarmente accertato si precisano le seguenti considerazioni per l'ambito indagato:

- l'area di intervento non risulta interessata da processi di dissesto legati sia alla dinamica dei versanti sia alla dinamica torrentizia. In merito a quest'ultima il depuratore risulta localizzato a margine dell'alveo del rio Straluzzo e sopraelevato rispetto a quest'ultimo di alcuni metri;
- la successione stratigrafica presunta risulta definita da un livello metrico di materiali riferibili a coltri detritiche miste a depositi alluvionali grossolani con blocchi metrici e una matrice sabbioso limosa.

In ragione di quanto esposto, sotto l'aspetto operativo si dovrà tenere conto delle seguenti indicazioni:

Classificazione sismica dei terreni

- Sulla base dei risultati delle indagini sismiche condotte i terreni nell'ambito indagato con valori di $V_{s30} = 770$ m/s vengono associati alla Classe “B” “*Rocce tenere e 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 V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT, $30 > 50$, nei terreni a grana grossa e cu, $30 > 250$ kPa nei terreni a grana fina)*”.

Profilo Stratigrafico

- ⇒ da 0.00 a 8.00 m depositi sciolti grossolani;
- ⇒ oltre 8.00 m substrato lapideo (quarziti).

Opere di fondazione

- in considerazione della presenza di strutture esistenti si renderanno indispensabili accertamenti puntuali sulle opere di fondazione delle stesse al fine di accertarne la profondità d'imposta e stato di consistenza procedendo conseguentemente all'impostazione della struttura a progetto evitando interferenze negative fra strutture;

- le opere di fondazione della vasca in ampliamento saranno impostate direttamente nei depositi grossolani preventivamente costipati tenuto conto degli accertamenti di cui sopra.
- La scogliera prevista sarà impostata anch'essa nei materiali più grossolani. Per la stabilizzazione dei terreni di ricarica a tergo della stessa si consiglia l'impiego di talee di salice "a chiodo" oppure disposte a "cordonata";

Stabilità delle scarpate e rilevati

- La pendenza delle scarpate ricavate nei terreni sciolti, sia in scavo, sia in rilevato, dovrà essere contenuta entro i 36°. Inclinazioni maggiori richiederanno il ricorso a stabilizzazioni;
- la formazione dei rilevati dovrà essere preceduta dalla predisposizione di un cassonetto d'appoggio inclinato verso monte e i materiali costituenti il corpo del rilevato costipati a strati (0.70-0.80 m);
- la stabilizzazione superficiale dei terreni sciolti costituenti le scarpate sia in scavo sia in rilevato, potrà essere ottenuta mediante il ricorso alle usuali tecniche di ingegneria naturalistica (impiego di georeti, talee a chiodo, inerbimento delle superfici).
- La realizzazione di uno scavo per lo spostamento della condotta dell'acquedotto, lungo la linea di massima pendenza, impone, tenuto conto della pendenza della scarpata, lavori di risarcimento finalizzati alla stabilizzazione dei materiali di riempimento dello scavo a sezione obbligata riconducibili ad opere di ingegneria naturalistica (palizzate semplici, georeti in iuta, inerbimento delle superfici).

Regimazione delle acque

- Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla regimazione delle acque superficiali che potrà essere ragionevolmente ottenuta mediante una accurata gestione e allontanamento controllato delle acque nel sottostante alveo del rio Straluzzo;
- Lungo la viabilità d'accesso si propone un controllo delle acque superficiali ottenuto mediante:
 - ❑ una cunetta nel tratto iniziale collegata direttamente al rio presso il ponticello esistente;
 - ❑ la posa, nel tratto più ripido di accesso al depuratore, essendo prevista l'asfaltatura, di canalette grigliate, tipo "Pircher" per lo sgrondo delle acque meteoriche, poste trasversalmente a 45° rispetto all'asse della sede stradale per ottenere una buona pendenza e per favorire l'autopulitura del canale di scorrimento.

- In alternativa si potrà optare per una ricalibratura della strada conferendo alla stesse in inclinazione contropendenza e la successiva previsione di una cunetta collegata ad un collettore, quindi al rio sottostante;
- a tergo dei muri controterra dovrà essere prevista la formazione di un setto in materiale drenante (ghiaia lavata), di pezzatura idonea (0,5-7 cm) avvolta in tessuto non tessuto e collegato ad un collettore esterno di scarico delle acque bianche.

Per quanto concerne i lavori di scavo si rammenta quanto contenuto nel DECRETO LEGISLATIVO 9 APRILE 2008, N. 81 - Testo coordinato con il Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106 (Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro), nella Sezione III, Scavi e fondazioni, con quanto riportato all'Art. 118 (Splateamento e sbancamento):

Splateamento e sbancamento (art.12)

- 1) *“nei lavori di splateamento e sbancamento eseguiti senza l’impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l’altezza di m 1.50 è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.*
- 2) *Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazioni, di gelo o disgelo, o per altri motivi siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all’armatura od al consolidamento del terreno.*
- 3) *Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell’escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.*
- 4) *.....Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all’altezza dello scavo od alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dell’escavo.”*

Deposito di materiali in prossimità degli scavi (Art.14)

“E’ vietato costituire deposito di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.”

- In corso d’opera dovrà essere verificata la successione stratigrafica descritta; qualora vengano accertate variazioni stratigrafiche sostanziali rispetto a quanto ipotizzato si renderanno necessari approfondimenti d’indagine rispetto a quest’ultime.