

**COMUNE DI
BELLOSGUARDO**

Provincia di Salerno

PIANO URBANISTICO COMUNALE

PUC

L.R. n. 16/2004 e Regolamento di Attuazione n. 5/2011

RELAZIONE GEOLOGICA



*IL SINDACO
DR. GIUSEPPE
PARENTE*

UFFICIO DI PIANO

*RESPONSABILE
ING. DANIELE GNAZZO*

STAFF

ARCH. GIOVANNI FENIELLO

STUDIO GEOLOGICO

GEOL. GIUSEPPE PORZIO



REVISIONE: MAGGIO 2017

INDICE

1. Premessa	pag.	3
2. Ubicazione geografica e dell'area	pag.	4
3. Scopo e metodologia di studio	pag.	5
4. Aspetto geologico	pag.	8
4.1. Evoluzione ed assetto tettonico	pag.	8
4.2. Unita' stratigrafico - strutturali	pag.	9
4.3. Caratteri geolitologici	pag.	11
4.4. Geologia del territorio comunale di Bellosguardo	pag.	13
5. Assetto geomorfologico ed idrogeologico	pag.	15
5.1. Morfologia	pag.	15
5.2. Idrografia ed idrogeologia	pag.	17
5.2.1. Inquadramento idrografico	pag.	17
5.2.2. Permeabilità	pag.	18
5.2.3. Sorgenti e pozzi	pag.	20
5.2.4. Aspetto idrologico generale	pag.	21
5.2.5. Considerazioni sull'assetto idrogeologico dell'area	pag.	21
6. Indagini Geognostiche e Geofisiche	pag.	22
6.1. Sondaggi meccanici	pag.	23
6.2. Sondaggi sismici a rifrazione	pag.	32
6.3. Sondaggi sismici in foro Down-Hole	pag.	49
6.4. Prospezioni sismiche Masw	pag.	52
6.5. Analisi e prove di laboratorio	pag.	74
6.6. Strumenti di misurazione - I piezometri	pag.	84
7. Cartografia Tematica Del Territorio Comunale L.R. 9/83 - L.R. 35/87 - L.R. 16/04	pag.	86
7.1. Tavola I- Carta Geologico Tecnica C.G.T	pag.	87
7.2. Tavole II - Carta della Stabilità	pag.	88
7.2.1. Analisi delle condizioni dell'area in studio	pag.	89
7.3. Tavole III - Carta Idrogeologica	pag.	94
7.4. Tavole IV - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica M.O.P.S.	pag.	96
8. Caratterizzazione geotecnica e sismica delle litofacies	pag.	104
9. Le prescrizioni dell'Autorità di Bacino Campania Sud	pag.	107
10. Conclusioni	pag.	110

ALLEGATI :		TAVOLE :	
1	Sondaggi meccanici e stratigrafie	I	Carta Geologico Tecnica in Prospettiva Sismica C.G.T. 1:5000
2	Prospezioni Sismiche	II	Carta della Stabilità 1:5000
3	Prove ed analisi di laboratorio	III	Carta idrogeologica 1:5000
4	Documentazione fotografica	IV	Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva Sismica M.O.P.S. 1:5000
		V	Carta Ubicazione Indagini 1:5000

1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Bellosguardo, già provvista di P.R.G., intende ottemperare agli obblighi imposti dalla Legge Regionale n° 16 del 22/12/2004 e s.m.i. (*Norme sul Governo del Territorio*) per la redazione del P.U.C.

Premesso che con delibera di Consiglio Comunale n° 7 del 22/03/2006 l'Amministrazione Comunale impegnava la spesa per la redazione dello strumento urbanistico costituendo un Ufficio di Piano Comunale per la redazione del P.U.C.

In data 10/05/2017, con Determinazione del Responsabile Unico del Procedimento n° 44 del 10/05/2017, veniva stipulata una convenzione tra il Comune di Bellosguardo ed il sottoscritto dott. geologo Giuseppe Porzio, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi Reg. Campania con n.2598, incaricato per la consulenza specialistica geologico-sismica, finalizzata alla revisione ed aggiornamento della relazione geologica, destinata al progetto di redazione del P.U.C. del Comune di Bellosguardo.

Tale indagine si è resa necessaria in quanto l'Amministrazione Comunale, in ottemperanza alle Leggi Regionali n° 14/1982 e n° 16/2004, intende dotarsi del P.U.C. e R.U.E.C. adeguando l'esistente Piano Regolatore Generale alle nuove esigenze del territorio.

Il nuovo piano urbanistico comunale - P.U.C. (art. 22 L.R. 16/2004 e s.m.i.) -, tra l'altro, deve assicurare "la piena compatibilità delle previsioni in esso contenute rispetto all'assetto geologico e geomorfologico del territorio comunale, così come risultante da apposite indagini di settore preliminari alla redazione del piano."

Lo studio geologico del territorio è stato redatto ai sensi della L. R. n. 9 del 07/01/1983 e s.m.i. (aggiornamento art. 10 - L.R. 19/2009), L.R. 16/2004 e D.G.R. circa gli *Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica del Dipartimento di Protezione Civile*, e tenendo conto delle Norme di Attuazione del P.S.A.I. dell'Autorità di Bacino Campania Sud.

2. UBICAZIONE GEOGRAFICA DELL'AREA

L'area indagata, in riferimento alla Cartografia Ufficiale dello Stato è localizzata nel foglio dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) n° 198 – EBOLI - (cfr. fig. 1 – inquadramento territoriale – scala 1:100.000) e, più precisamente fogli IGM n° 487 “Rocccadaspide” e n° 488 “Polla” (cfr. Fig. 2 - corografia- scala 1:50.000), meglio identificabile nelle tavolette topografiche “Castelcivita II NO” – “S. Angelo a Fasanella II NE” – “Laurino II SE” – “Castel San Lorenzo II SO” –

Al catasto dei terreni il territorio comunale di Bellosguardo è compreso tra il foglio n° 1 e n° 20.

3. SCOPO E METODOLOGIA DI STUDIO

Il P.U.C., come recita l'art. 22 della L.R.16/2004, tra l'altro "assicura la piena compatibilità delle previsioni in esso contenute rispetto all'assetto geologico e geomorfologico del territorio comunale, così come risultante da apposite indagini di settore preliminari alla redazione del piano".

Il presente lavoro, nel rispetto della normativa vigente, ha lo scopo di valutare la compatibilità tra le previsioni progettuali del P.U.C. urbanistico e le caratteristiche geologiche generali del territorio.

Nell'intento di sistematizzare le problematiche poste in essere dalla pianificazione territoriale si è ritenuto indispensabile acquisire elementi utili per realizzare una conoscenza geologica del territorio comunale e lo stato di attività presente sullo stesso, per poi affrontare, in fase successiva, l'analisi specifica dell'ambito comunale, in termini geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici, con l'ausilio di prove ed indagini in sito, quali sondaggi a carotaggio continuo prospezioni sismiche ed analisi di laboratorio su campioni indisturbati.

L'analisi del territorio ha avuto inizio con la localizzazione dello stesso sulle basi topografiche cartacee; individuata l'area si è proceduto con la realizzazione degli ingrandimenti fotomeccanici dell'area interessata.

Con la disponibilità di questo indispensabile materiale cartaceo, è stato possibile procedere alla localizzazione diretta sul terreno degli aspetti geologici. Poi ha avuto inizio il rilevamento geologico delle situazioni lito - stratigrafiche, strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche e morfo-evolutive.

In definitiva, sono state individuate le condizioni stratigrafico - strutturali, morfologiche ed idrogeologiche dell'intero territorio comunale.

Inoltre, sono stati acquisiti dallo scrivente le indagini geognostiche e le prospezioni sismiche espletate per conto dell'Amministrazione Comunale nell'anno 2006, destinati proprio allo studio geologico-sismico del territorio comunale e finalizzati alla redazione della relazione geologica, parte integrante del P.U.C. del Comune di Bellosguardo.

Indagini eseguite - anno 2006:

n° 7 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;

n° 7 prelievo di campioni indisturbati

n° 5 sondaggi sismici di superficie del tipo "a rifrazione"
n° 3 sondaggi sismici in foro del tipo "Down-Hole";
n° 10 prove S.P.T.;
n° 7 prove di laboratorio su campioni indisturbati;
Installazione tubi piezometrici
(cfr. - Allegato -Tavola V - Carta Ubicazione Indagini -).

A questa prima fase sono seguite ulteriori prove integrative, di tipo sismico, espletate dallo scrivente nel corso dell'anno 2016.

Tali indagini hanno previsto l'esecuzione di n. 6 prospezioni sismiche MASW.

Lo studio è stato svolto eseguendo, innanzitutto, un inquadramento geologico generale dell'area con una descrizione delle formazioni geologiche che si rinvenivano nell'alta Valle del Fiume Calore Lucano.

A questa fase è seguita una seconda parte in cui è stato realizzato un rilevamento geologico e morfologico dell'area che ha permesso di individuare le litologie affioranti, la struttura e la giacitura dei terreni, nonché le forme del paesaggio che sono state messe in relazione ai maggiori agenti morfogenetici che agiscono sull'area. Durante il rilevamento, inoltre, si è evidenziato anche l'aspetto idrogeologico ed idrografico. È stato esaminato in modo approfondito durante i sopralluoghi, le caratteristiche fisiche e di conservazione dei terreni, nonché le modalità di drenaggio dell'area e le caratteristiche di deflusso delle acque, la circolazione idrica sia superficiale che sotterranea.

I dati così ottenuti, integrati con altri in possesso dello scrivente, confrontati con quelli ottenuti dalla bibliografia specializzata relativi a litotipi con le medesime caratteristiche geotecniche, hanno permesso di definire, in linea generale, le condizioni geologiche ed idrogeologiche dei terreni presenti nel sottosuolo del territorio comunale di Bellosguardo.

Le indagini effettuate, inoltre, hanno portato alla redazione di una cartografia tematica in scala 1:5000, articolata nelle seguenti Tavole:

- Carta Geologico Tecnica in prospettiva Sismica - C.G.T.
- Carta della Stabilità
- Carta Idrogeologica
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - M.O.P.S.

4. ASPETTO GEOLOGICO

Partendo dagli aspetti più generali che riguardano la costituzione geologica della Catena Appenninica e passando, via via, agli aspetti più specifici che riguardano il territorio comunale di Bellosguardo, saranno illustrati gli aspetti essenziali dei caratteri geologici dell'ambiente fisico, comprendenti geolitologia, tettonica, geomorfologia, idrogeologia ed idrologia.

4.1 Evoluzione ed assetto tettonico

La situazione geologica dell'area in esame, presenta una variegata complessità stratigrafica e strutturale, messa in evidenza da studi specialistici riguardanti l'assetto stratigrafico e strutturale della porzione meridionale della Catena Appenninica. Studi questi sviluppati in diverse sedi universitarie o da singoli ricercatori e pubblicati su periodici diffusi a scala nazionale di agevole reperibilità, che consentono di inserire in un contesto geologico, moderno ed aggiornato, le problematiche imposte dalla realizzazione delle opere antropiche in una prospettiva di corretta impostazione dell'uso del territorio, lasciando poco spazio alle "sorpresa geologiche" che hanno consentito, in passato, una diffusa speculazione sulla realizzazione delle opere pubbliche.

In questa relazione, senza voler affrontare il problema dal punto di vista scientifico bensì nell'intento di ribadire elementi conoscitivi appare doveroso tracciare un sintetico quadro sull'assetto strutturale della Catena Appenninica e mettere poi in correlazione i risultati della indagine bibliografica con quanto emerso dal rilevamento diretto specificamente effettuato per lo svolgimento di questa consulenza tecnica.

La trattazione degli aspetti geologici è partita proprio dall'esposizione dell'assetto strutturale della Catena Appenninica rilevato dalla più recente letteratura scientifica, per poi passare alla descrizione degli aspetti geologici e dell'assetto strutturale della stessa.

L'evoluzione spazio temporale dei domini paleogeografici da cui derivano le unità tettoniche, formati da un ripetersi di corpi geologici di ambiente di piattaforma carbonatica, zone di transizione a bacino e zone di bacino profondo, è testimoniata dall'individuazione a scala regionale di grossi allineamenti tettonici

quali sovrascorrimenti, faglie dirette e inverse; di questi i primi rappresentano le linee di accavallamento tettonico, con direzione appenninica (SW-NE), delle unità più interne su quelle via via più esterne, avvenute nella fase di formazione della catena a dinamica compressiva; una volta che le spinte compressive sono migrate verso i domini più esterni, ha prevalso una tettonica a dinamica distensiva testimoniata dagli allineamenti di faglie dirette, a cui sono da imputare la formazione delle ampie depressioni costiere vedi Piana Campana, Piana del Sele, ma anche infra-appenniniche come quella del Vallo di Diano.

L'assetto geomorfologico e fisiografico dell'Appennino Campano Lucano è il risultato delle complesse vicissitudini attraversate durante la sua storia geologica. Un ruolo particolarmente importante è stato ricoperto dalla neotettonica. Le attuali forme morfologiche rappresentano in primo luogo il risultato di spostamenti tettonici di blocchi lungo piani di scorrimento prevalentemente verticali e subordinatamente a processi di modellamento erosionali.

Di notevole importanza sono state le variazioni climatiche durante il quaternario glaciale specie nei periodi di maggior raffreddamento, durante i quali si è avuto un rapido modellamento dei versanti e formazione di imponenti accumuli clastici nelle valli e nelle depressioni strutturali.

4.2. Unità stratigrafico - strutturali

Nell'Appennino Meridionale affiorano tre elementi tettonici principali: la catena Appenninica s.s.; l'avanfossa Bradanica; l'avampaese pugliese.

L'avampaese pugliese è costituito da una successione di carbonati neritici, dello spessore di 6.000 m., che ricoprono un basamento non affiorante, ne incontrato in perforazione.

L'avanfossa Bradanica, il cui substrato è costituito dal tetto dei carbonati dell'Avampaese pugliese, ribassato a gradinata verso l'Appennino, è riempita da terreni pliocenici e quaternari che hanno subito soltanto movimenti verticali. In questi depositi sono intercalate, per colamenti gravitativi masse alloctone provenienti dal fronte Appenninico. Lo spessore massimo di questi terreni è di circa 3.000 m.

La catena sud appenninica è formata da una serie di coltri di ricoprimento, costituite nel Miocene, con uno spessore complessivo di circa 15.000 m. Sulle

coltri si rinvengono, in posizione trasgressiva depositi clastici miopliocenici a loro volta interessati da fasi tetto-genetiche.

L'Appennino Meridionale, viene considerato, quindi, una parte della catena costituita da falde di ricoprimento. La geometria interna di queste falde mette in evidenza l'esistenza di un certo numero di elementi che si sono individuati nel tardo terziario e le cui relazioni sono state frequentemente modificate dall'evoluzione dei fenomeni deformativi. Pertanto, non sempre è agevole individuare, anche con l'ausilio dell'analisi stratigrafica e strutturale, le grandi "unità" stratigrafico - strutturali.

Con tale termine si definiscono quei grandi corpi geologici, unitari e/o in frammenti non necessariamente continui, che corrispondono a parti di unità paleogeografiche già esistenti. I limiti di queste unità vengono definiti considerando i caratteri litologici specifici, il comportamento meccanico a grande scala ed i loro rapporti geometrici con le unità adiacenti.

I terreni presenti in tutto il territorio dell'Appennino Centro Meridionale sono stati distinti alcuni secondo criteri litostratigrafici, altri secondo criteri litostratigrafico - tettonici.

Tale suddivisione ha consentito di riconoscere unità derivanti dalla deformazione dei domini appenninici che partendo da posizioni interne, ossia da quelle che hanno subito per prime la deformazione, risultano essere:

Unità interne (Flysch del Cilento e Unità Sicilidi o Complesso delle Argille Varicolori);

Unità Monte Bulgheria-Capri-Verbicaro;

Unità Alburno Cervati-Pollino;

Unità Monti della Maddalena;

Unità Lagonegresi;

Unità del Matese Orientale;

Unità del Matese Nord-Occidentale;

Unità della Daunia;

Unità derivanti dall'evoluzione della Catena Appenninica (unità neogeniche da pre- a tardo- orogene)

Depositi quaternari recenti, coprono diffusamente le rocce sottostanti, formati da sedimenti eluviali residuali e alluvioni recenti ed attuali.

4.3 Caratteri geolitologici

In questo capitolo si esporranno i caratteri litologici delle rocce, dopo aver descritto le varie unità stratigrafico-strutturali affioranti.

Per meglio inserire gli aspetti litologici in un contesto geologico territoriale, appare opportuno delineare un sintetico schema geologico dell'area mettendo in risalto gli aspetti litologici delle varie unità stratigrafico strutturali che hanno dato origine al distretto della medio -alta Valle del Calore Lucano, ambito nel quale ricade il territorio comunale di Bellosguardo.

In questo distretto sono presenti terreni appartenenti a:

Unità Sicilidi;

Unità Alburno Cervati;

Unità neogeniche da pre- a tardo orogene

Depositi quaternari recenti.

Unità Sicilidi (dette anche Complesso delle Argille Varicolori) sono largamente diffuse in Campania e in Lucania, soprattutto a Est dei rilievi carbonatici. Spesso si presentano in modo confuso e, in misura minore come olistostromi nei terreni delle Unità Irpine e della Fossa Bradanica. Le Unità Sicilidi sono formate da successioni che vanno dal Cretacico medio al Terziario inferiore e comprendono marne sicilizzate e calcareniti risedimentate con selce, con intercalazione di argilliti, marne varicolori e arenarie micacee.

Unità Alburno - Cervati affiora in Campania (gruppo montuoso dell'Avella-Partenio, Monti Lattari e Picentini, gruppo dell'Alburno-Cervati, Monte Marzano). Questa unità, smembrata dalla neotettonica, deriva dalla deformazione di grandi domini di piattaforma carbonatica (piattaforma carbonatica Campano - Lucana).

La successione che ha uno spessore di 4000 metri, è formata da dolomie del Trias che passano a calcari dolomitici e calcari del Giurassico e del Cretacico superiore. Al di sopra si ritrovano, in posizione trasgressiva, calcari e marne del Paleocene superiore - Eocene inferiore, ancora in facies di piattaforma carbonatica (Formazione di Trentinara). Verso l'alto compaiono livelli calcarenitici del Miocene inferiore (Formazione di Cerchiara - Roccadaspide e del Bifurto-Capaccio) che coprono in disconformità una superficie carsificata e fossilizzata da argille rosse residuali.

Unità neogeniche da pre- a tardo orogene sono dovuti alla deformazione della catena appenninica. Si tratta di unità litostratigrafiche che possono derivare da bacini miocenici di avanfossa o di fosse interne alla catena che hanno poi subito una deformazione insieme alle unità sottostanti.

Queste formazioni sono costituite da sedimenti arenacei e conglomeratici (spesso con intercalazioni di grossi olistrostomi – Unità Pre Irpine) e possono raggiungere spessori di molte centinaia di metri. Di particolare importanza per l'evoluzione tettonica regionale risulta essere la linea di sovrascorrimento tettonico che sovrappone i terreni del Gruppo del Cilento a quelli carbonatici della piattaforma Campano – Lucana.

Depositi quaternari recenti, coprono diffusamente le rocce sottostanti, formati da alluvioni recenti ed attuali. Sono stati identificati alternanze ed intervalli di terreni costituiti prevalentemente da depositi alluvionali in cui elementi lapidei arrotondati sono immersi in una matrice sabbiosa e/o ghiaiosa debolmente limosa.

In particolare, le aree in esame fanno parte proprio di una serie di terrazzi di origine alluvionale legati alle fasi di innalzamento e, successive, reincisioni da parte del Torrente Pietra e del Torrente Fasanella.

La loro origine è quaternaria e costituiscono depositi che si rinvengono, generalmente, a quota più bassa e costituiscono le cosiddette "alluvioni terrazzate recenti".

I terreni appartenenti ai depositi sono rappresentati da ciottoli fortemente arrotondati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa. I ciottoli, oltre ad essere eterometrici, sono di origine diversa, si rinvengono, in prevalenza, ciottoli calcareo marnosi, ma sono presenti anche ciottoli quarzosi, arenacei, non mancano ciottoli di arenarie grossolane, di calcareniti e calcari, marne brunastre, non di rado si rinvengono frammenti un poco più spigolosi di materiale calcareo (calcareniti, e/o calcilutiti).

4.4 Geologia del territorio comunale di Bellosguardo

Dall'osservazione dei tanti affioramenti rinvenuti, dall'esame dei terreni ottenuti dai sondaggi e dall'osservazione di alcuni scavi presenti nel territorio di Bellosguardo, sono stati identificati nell'area i terreni appartenenti a due formazioni geologiche e, precisamente, alle :

Unità Sicilidi, rinvenute in tutto il territorio comunale. Si tratta di un'unità geologica assimilabile ad un "flysch", presenta una forte variabilità ed ha uno spessore sconosciuto. Sono formate da successioni che vanno dal Cretacico medio al Terziario inferiore e comprendono marne sicilizzate e calcareniti risedimentate con selce, con intercalazione di argilliti, marne varicolori e arenarie micacee, a giacitura fortemente caotica che inglobano grossi blocchi o straterelli calcarenitici avana spesso grigi.

Tale formazione, nella letteratura geologica vanno sotto il nome di "Argille Varicolori". Tutta la serie ora descritta si presenta con un andamento molto contorto e disturbato e raramente si rinvengono una chiara giacitura o orientazione degli strati.

La successione affiora estesamente in tutta la zona ed è ben visibile in essa il prevalere, negli affioramenti dei singoli luoghi, ora della parte più terrigena (argille scagliose, arenarie e marne siltose) ed ora della componente calcarea (calcari marnosi, e marne). La diversa litologia affiorante determina una diversa morfologia dei luoghi ed un diverso aspetto del paesaggio. Inoltre, sono evidenti i frequenti disturbi tettonici di cui è caratterizzato l'assetto stratigrafico - strutturale della formazione, con numerose faglie e con un andamento spesso a pieghe.

Pertanto si può affermare che nel territorio comunale di Bellosguardo affiorano estesamente le Argille Varicolori costituite essenzialmente da una successione calcarea - marnosa - argillosa. Tuttavia, nell'ambito della stessa formazione è possibile individuare due porzioni: quella prevalentemente calcarea - marnosa (AVcm -f.1) e quella argillosa (Avag -f.2).

La porzione litoide (f.1) è caratterizzata dalla presenza di calcari marnosi più o meno tettonizzati, di colore da grigio scuro a giallo brunastro, marne rosso mattone e marne giallo grigiastre con impregnazione di manganese che rappresentano i litotipi predominanti che si alternano ad argille grigiastre e/o grigio rossastre scagliose. Le litologie più sottili sono rappresentate da argille, argille

limose ed, in subordine, marne sottilmente scagliettate, dette "fogliarine" con evidenti superfici traslucide da tettonizzazione.

Le marne sono mediamente cementate per azione chimico - fisica post-diagenetica ad opera degli agenti esogeni.

La porzione argillosa (f.2) è caratterizzata dalla presenza abbondante di argille, argille limose grigio azzurrastre la cui caratteristica peculiare è rappresentata dal fatto che si rinvengono con diverse sfumature cromatiche varianti complessivamente tra il rossastro ed il giallastro. Si possono rinvenire litotipi prevalentemente argilloso - limosi a fiamme rosso e verde, estremamente tettonizzati ed in parte scompaginati. Queste argille sono state rinvenute in particolare nei sondaggi S4 e S5. Sempre nella f.2, invece, scarsa è la presenza calcari marnosi più o meno tettonizzati, di colore da grigio scuro a giallo brunastro, marne rosso mattone e marne giallo grigiastre con impregnazione di manganese che si alternano ad argille grigiastre e/o grigio rossastre scagliose.

Depositi alluvionali attuali e recenti, si rinvengono lungo fasce molto strette a ridosso delle aste fluviali del Torrente Pietra e del Torrente Fasanella, e rappresentano il materiale di deposizione recente costituito per lo più da ciottoli arrotondati o sub arrotondati di natura prevalentemente calcareo, calcareo - marnosa, marnosa a scarsa matrice limo - sabbioso - ghiaiosa. Il loro spessore è variabile ma complessivamente risulta essere di pochi metri, in sezione trasversale al corso d'acqua risultano avere andamento lenticolare con uno spessore che tende a ridursi verso le sponde fluviali.

5. ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Come è noto, la morfologia del paesaggio rappresenta il risultato delle complesse vicissitudini delle fasi tettoniche antiche e recenti e dei processi geomorfici che hanno interessato l'area. Un elemento caratterizzante molti rilievi è rappresentato dalla presenza, nelle culminazione orografiche, di morfologie a basse pendenze indicative di una o più fasi di movimenti di notevoli estensioni a componente verticale limitata, durante i quali l'azione della morfogenesi è stata predominante.

I versanti comprendono una grande varietà di morfologie differenziate per processi genetici e modelli evolutivi, passati ed attuali, che vanno dal versante strutturale in calcari, molto acclive e poco regolarizzato che si è modellato per recessione rettilineo-parallela in passato e, attualmente, per crolli; al versante impostatisi sulle formazioni calcareo - marnoso - argillose, modellati dai processi di erosione lineare e dai fenomeni franosi.

Le zone di fondovalle e costiere hanno subito fasi evolutive differenziate.

Nell'area studiata risultano presenti i seguenti sistemi fisiografici:

sistemi di crinale,
sistemi di versante,
sistema di fondovalle

I sistemi di crinale, a prescindere dalla posizione altimetrica, corrispondono assai di frequente a quei lembi residui delle antiche superfici subpianeggianti precedentemente descritte.

I sistemi di versanti che corrispondono alle zone di raccordo tra alti e bassi topografici, comprendono come già detto, una grande varietà di morfologie.

I sistemi di fondovalle costituiscono delle aree subpianeggianti di origini recenti legati per lo più all'azione deposizionali dei corsi d'acqua.

5.1 Morfologia

L'area oggetto di studio è situata nella medio - alta Valle del Calore Salernitano ed ha un diverso sviluppo altimetrico: tracciando un profilo topografico virtuale: si parte da quota 725 metri s.l.m. (in località Valline) per poi scendere ad una quota di circa 514 metri s.l.m. (in località "S. Giuseppe") per poi risalire ad una quota di circa 563 metri s.l.m. (nel centro abitato - località "Palazzo

Vecchio”) per poi scendere, definitivamente, verso l’area di fondovalle ad una quota di 145 metri (in località “Ponte Sette Luci”).

L’area in studio rappresenta una zona di “graben”, ovvero una zona di basso strutturale che si apre, a nord-overt, verso valle (Piana del Sele) ed è delimitata lateralmente dagli “Horst” carbonatici rappresentati dalla catena dei Monti Alburni, a nord-est, dalla dorsale Monte Chianiello-Monte Vesole a sud-ovest e dal Monte Motola-Monte Vivo a sud-est.

Tale depressione tettonica, durante le fasi tettoniche mio-plioceniche, è stata colmata, tra l’altro, dai terreni fliscoidi del complesso delle Argille Varicolori, che costituiscono l’ossatura di base del rilievo collinare di Bellosguardo.

I caratteri morfologici dell’area in esame, sono strettamente collegati ai numerosi processi geodinamici che hanno interessato la zona e che sono culminati nelle più recenti fasi tettoniche. Il modellamento delle forme originarie, è stato altresì condizionato nel Pleistocene ed in parte anche nell’Olocene dagli effetti prodotti dalle variazioni climatiche e dalla diversa risposta litologica all’azione erosiva. Dopo le ultime fasi tettoniche, l’esposizione, le pendenze, i dislivelli irregolari, la differente litologia e la continua incisione delle rete idrografica hanno contribuito non poco ad un’attività erosiva diversificata da zona a zona. Infatti, si nota un profilo in genere dolce ed ondulato nelle zone caratterizzate da affioramenti argillosi con assestamento plastico (località S. Giuseppe, Campi) e da un andamento aspro ed irregolare del paesaggio nelle aree di affioramento di termini più lapidei (Costa della Tempa).

In particolare, il territorio comunale di Bellosguardo, posto tra il Torrente Fasanella e il Torrente Ripiti, è costituito da un rilievo collinare in terreni della formazione calcareo - marnoso - argillosa, interrotto per qualche tratto da linee tettoniche che rappresentano faglie che o hanno dislocato degli alti topografici oppure hanno rappresentato delle vie preferenziali sulle quali si sono impostati modesti corsi d’acqua.

Lo studio delle forme del rilievo ha evidenziato che il pendio, nel complesso, è caratterizzato dalla presenza di una serie di concavo - convessità tipiche dell’evoluzione morfologica dei versanti in roccia delle serie fliscoidi.

Nel territorio, in relazione alle pendenze, è possibile individuare tre classi di acclività: la prima > 50% che interessa delle scarpate piuttosto ripide dovute o alla presenza di litotipi più resistenti, oppure a superfici di dislocazione tettonica oppure

ancora a vecchie nicchie di distacco. Le aree con una pendenza < 20%, in genere, sono rappresentate o dalle aree di fondovalle oppure da antichi terrazzi di frana. La fascia intermedia compresa tra il 20 % ed il 50% rappresenta la maggior parte del territorio comunale ed in più delle volte appartengono al sistema di versante con, a luoghi, delle concavo - convessità.

5.2 Idrografia ed idrogeologia

Risulta ormai evidente, che qualsivoglia azione antropica sull'ambiente fisico, ha come obiettivi, prioritari e fondamentali, la conoscenza idrogeologica del territorio. Pertanto, per lo studio idrogeologico completo del sito, è stato effettuato:

- un inquadramento idrografico dell'area con l'individuazione dei bacini idrografici di appartenenza;
- una valutazione del tipo e grado di permeabilità relativa alla luce della litologia e delle caratteristiche granulometriche, tessiturali e generali dei terreni presenti nel sottosuolo;
- presenza di sorgenti, che nel contesto idrogeologico locale svolgono un ruolo di primaria importanza per i fabbisogni idrici locali (sia agricoli che idropotabili). Di queste, si rileverà in seguito, dove possibile, la portata sorgiva attraverso misure effettuate direttamente in sito, che attraverso dati bibliografici: presenza di pozzi;
- aspetto idrologico generale,
- alcune considerazioni sulla base del rilevamento idrogeologico.

5.2.1. Inquadramento idrografico

Il reticolo idrografico nel territorio comunale di Bellosguardo è mediamente sviluppato in considerazione del fatto che, trovandosi il territorio comunale nella medio Valle del Calore Lucano, gli apporti idrici da altri bacini di raccolta non sono elevati.

Il territorio comunale di Bellosguardo ricade nel bacino imbrifero del Fiume Calore Lucano, affluente importante del Fiume Sele. Il Fiume Calore Lucano, non interessa direttamente il territorio in esame, ma sono alcuni suoi affluenti ad attraversare l'area, tra i più importanti il Torrente Pietra ed il Torrente Fasanella.

Il rilievo collinare di Bellosguardo rappresenta uno spartiacque principale che delimita a nord-ovest il bacino imbrifero del Torrente Fasanella e a sud-ovest quello del Torrente Pietra.

Il Torrente Fasanella presenta un bacino imbrifero che si sviluppa nei territori comunali di Bellosguardo, Sant'Angelo a Fasanella e Corleto Monforte, è alimentato da due torrenti importanti: il Torrente Celline ed il Vallone Auso. E' caratterizzato da portate perenni durante tutto l'anno anche se risente in maniera rilevante degli apporti meteorici in quanto, sviluppandosi il suo bacino su terreni prevalentemente poco permeabili, il deflusso superficiale in occasione di piogge intense persistenti, diventa rilevante. Nel territorio di Bellosguardo i maggiori valloni che confluiscono le acque nel torrente Fasanella sono: Il Vallone della Fontana ed il Vallone delle Macchie, entrambi caratterizzati da un regime di portate torrentizio con a tratti l'alveo in approfondimento.

Il Torrente Pietra presenta un bacino imbrifero che si sviluppa nei territori comunali di Bellosguardo, Roscigno, Sacco, Laurino e Felitto, è alimentato principalmente dal Torrente Ripiti e dal Torrente Maiuri. Anch'esso è caratterizzato da portate perenni durante tutto l'anno anche se risente in maniera rilevante degli apporti meteorici in quanto, sviluppandosi il suo bacino su terreni prevalentemente poco permeabili, il deflusso superficiale in occasione di piogge intense persistenti, diventa rilevante. Nel territorio di Bellosguardo i maggiori valloni che confluiscono le acque nel torrente Pietra sono: Il Vallone Chiusa del Prato ed il Vallone della Difesa, entrambi caratterizzati da un regime di portate torrentizio.

5.2.2 Permeabilità

Nell'area gli affioramenti delle formazioni individuate, risultano costituiti principalmente da tre componenti principali che sono quella alluvionale, quella calcareo- marnosa e quella argillosa. Tali terreni sono caratterizzati da condizioni e da caratteristiche idrogeologiche e di permeabilità diverse.

I terreni alluvionali, presente negli alvei del Torrente Fasanella e Pietra, sono caratterizzati da una permeabilità per porosità elevata, che consente una rapida infiltrazione e circolazione idrica sotterranea in senso verticale ed uno scarso ruscellamento superficiale.

La formazione calcareo-marnosa, con la prevalenza in affioramenti di banconi e strati marne, calcari marnosi e argille, presenta un permeabilità media, i

valori di assorbimento e di immagazzinamento delle acque piovane sono di tipo medio, verificandosi un ruscellamento superficiale delle acque meteoriche pressoché delle stessa misura delle acque di infiltrazione. I valori di infiltrazione, aumentano in zone poco acclivi o con la presenza di vegetazione. La circolazione idrica nel sottosuolo è sviluppata e le falde si dispongono in profondità.

Nei terreni argillosi, in genere la circolazione idrica sotterranea è scarsa o addirittura assente per la mancanza di permeabilità dei litotipi. Di contro, è molto evidente il ruscellamento superficiale privo o quasi di infiltrazione.

Tuttavia, i terreni argillosi si rinvengono spesso intensamente fratturati e tettonizzati, per cui sono dotati di un tipo di permeabilità secondaria. Pertanto, soprattutto nei periodi piovosi con il ritiro delle argille nella stagione secca, si crea la possibilità di infiltrazioni nei primi metri con manifestazioni idriche legate, nella portata, al regime pluviometrico.

Tali terreni, appartenenti alla formazione delle Argille Varicolori, nell'ambito della geologia regionale, rappresentano un termine poco permeabile rispetto alle unità carbonatiche, pertanto, in essi, è difficile rinvenire falde importanti, a massimo si rinvengono falde sospese e/ vincolate.

Alla luce degli elementi raccolti durante i ripetuti sopralluoghi eseguiti nell'area in studio e grazie ai dati ricavati dalle indagini indirette e dirette eseguite è stato possibile risalire alle caratteristiche di permeabilità dei terreni, capire le condizioni idrogeologiche del sottosuolo e rappresentare un modello idrogeologico per la circolazione idrica sotterranea.

Sono stati individuati tre tipologie di terreni caratterizzati da particolari caratteristiche di permeabilità che in combinazione con la situazione litostratigrafiche del sito determinano le condizioni idrogeologiche del sottosuolo e la circolazione idrica sotterranea.

In particolare è stato individuato :

A = depositi alluvionali

Sono terreni alluvionali, permeabili per porosità; si presentano sciolti e poco addensati, presentano una medio - alta permeabilità.

B = Terreni calcareo - marnoso - argillosi

Sono terreni a prevalente componente marnosa, caratterizzati da una media permeabilità per porosità e fratturazione;

C = Complesso argilloso-marnoso.

Sono terreni flyscioidi di natura argillosa con livelli di marne, la permeabilità è condizionata dalla presenza di materiale argilloso che determina una scarsa o bassa permeabilità della formazione.

La circolazione idrica sotterranea nei terreni affioranti, in realtà dipende da vari fattori locali, come ad esempio lo stato di fratturazione dei terreni e i rapporti stratigrafici fra le litologie. In sostanza, si riscontra una diversità di condizioni idrogeologiche locali nel sottosuolo e le falde si dispongono in livelli e a profondità variabili nei vari punti dell'area .

5.2.3. Sorgenti e pozzi

Il rilevamento ha evidenziato, nel territorio investigato, la presenza di diverse sorgenti perenni, anche se caratterizzate da portate piuttosto esigue. Sono state rilevate: la Sorgente della Fontana Vecchia, la Sorgente di Colapalumbo, la Sorgente del Funicello, la Sorgente Cerafuoli. Considerando la situazione morfologica e la formazione affiorante nonché il reticolo di faglie che dislocano il blocco argilloso, è da ipotizzare che il meccanismo che consente all'acque di fuoriuscire in questo punto sia "per limite di permeabilità".

In merito ai pozzi, piuttosto diffusi nei campi, utilizzati per scopi agricoli, il rilevamento ha evidenziato che questi, in generale, sono in pietrame, raramente in tubi di calcestruzzo, e raggiungono una profondità media di 4.00 – 5.00 metri. E' da precisare, in generale, che i cosiddetti "pozzi" più che essere veri e propri opere di captazione di falda, risultano essere delle vasche di accumulo delle acque di infiltrazione che pescano nel primo livello acquifero superficiale che si imposta tra il substrato argilloso ed il sovrastante complesso di alterazione e che la sua alimentazione sia strettamente connessa agli apporti meteorici in superficie.

Nel territorio comunale di Bellosguardo non sono presenti opere di captazione per uso pubblico idropotabili destinate al consumo umano.

5.2.4 aspetto idrologico generale

Sulla base dei dati di pluviometrici raccolti si è osservato che nell'area, l'altezza media di precipitazione annua ammonta a circa 1222 mm. Questo valore si riferisce a quello medio relativo al periodo 1921-1977.

Inoltre i dati raccolti hanno consentito di stimare anche il valore di evapotraspirazione reale. Esso è risultato, pari a circa 637 mm/a

5.2.5. Considerazioni sull'assetto idrogeologico dell'area

Il territorio comunale di Bellosguardo è attraversato in più punti da canali naturali e da valloni di piccole dimensioni che rappresentano, in generale, la rete di drenaggio superficiale dell'area. Tale rete, mediamente sviluppata, è caratterizzata da portate che risultano essere estremamente influenzate dal regime pluviometrico locale, è stato accertato che nei periodi invernali le portate aumentano notevolmente anche per la presenza in superficie di terreni argillosi scarsamente permeabili che favoriscono il deflusso sul suolo anziché le infiltrazioni nel sottosuolo. A volte, i canali non sono assolutamente adeguati alla funzione di scolo delle acque poiché presentano un profilo dell'asta molto irregolare con bruschi salti pendenza in cui l'azione erosiva e demolitrice delle acque diventa rapida e pericolosa per stabilità. Inoltre, in qualche tratto i valloni appaiono ostruiti da materiali di riporto e da una vegetazione intricata, come nel caso del Vallone delle Macchie, o del Vallone dei Campi. Pertanto, i corsi d'acqua necessitano di una ripulita e di una regimentazione delle acque con interventi ed opere di sistemazione idraulica

A luoghi, in quelle aree in cui i campi agricoli non sono più coltivati, il reticolo idrografico superficiale ed il presidio antropico è assente, pertanto, in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi sono presenti fenomeni di dilavamento superficiale pericolosi per la stabilità complessiva di questa parte di pendio, favoriti anche dalla pendenza del rilievo.

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Come evidenziato in premessa, sono state utilizzate le indagini geognostiche e geofisiche espletate nel corso dell'anno 2006, atte a verificare la stratigrafia del sottosuolo ed a determinare le caratteristiche fisico - meccaniche dei litotipi interessati, nonché a determinare la presenza di eventuali orizzonti acquiferi.

Tali indagini sono consistite nell'esecuzione di:

n° 7 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;

n° 7 prelievo di campioni indisturbati

n° 5 sondaggi sismici di superficie del tipo "a rifrazione"

n° 2 sondaggi sismici in foro del tipo "down hole";

n° 10 prove S.P.T.;

n° 6 sondaggi sismici di superficie del tipo "MASW"

prova di laboratorio su campioni indisturbati;

installazione tubi piezometrici

(cfr. - Allegato ubicazione Indagini -).

Nel mese di giugno - luglio 2006, in una prima fase d'indagine, si sono effettuati n° 7 sondaggi a carotaggio continuo con successivo prelievo di n° 7 campioni indisturbati eseguiti dalla Ditta Cupo sondaggi di Palomonte (SA) con relativi prelievi campioni e prove in foro S.P.T.;

A questa prima fase sono seguite ulteriori prove integrative, di tipo sismico, con l'esecuzione di n. 4 indagini sismiche a rifrazione e n. 3 down-hole e prove ed analisi di laboratorio su campioni prelevati durante i sondaggi eseguiti dal dott. geol. Vincenzo Adduci da Eboli (SA).

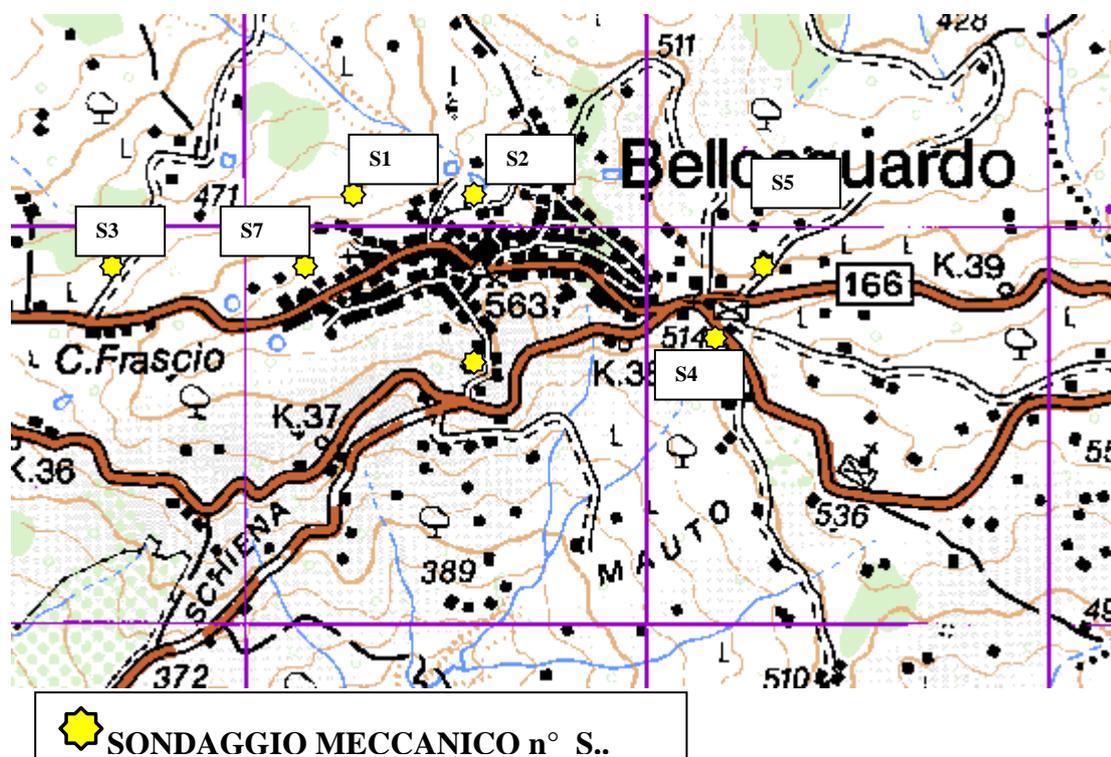
Infine sono state eseguite ulteriori prove integrative, di tipo sismico, espletate dallo scrivente nel corso dell'anno 2016.

Tali indagini hanno previsto l'esecuzione di n. 6 prospezioni sismiche MASW.

In allegato vengono riportati i risultati e le elaborazioni grafiche delle prove eseguite.

6.1. Sondaggi meccanici

Al fine di verificare la stratigrafia del sottosuolo e l'eventuale presenza di falde idriche significative furono eseguiti n° 7 sondaggi meccanici a carotaggio continuo del tipo "a rotazione con conservazione di nucleo", effettuati mediante l'uso di una sonda MK600D delle Officine Venafrane (C.M.V.) con capacità di avanzamento a secco e con acqua della ditta CUPO TRIVELLAZIONI di PALOMONTE (SA)(cfr. Allegato fotografico).



I carotaggi sono stati utili per accertare la stratigrafia del sottosuolo e per determinare le caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni interessati all'opera in progetto mediante il prelievo di campioni indisturbati e grazie all'esecuzione di prove S.P.T. in foro.

I sondaggi, opportunamente ubicati in relazione all'interesse di progetto ed alla prevedibile natura dei terreni, hanno raggiunto profondità massima sino a 30.00 metri dal piano di calpestio attuale (cfr. allegati - Documentazione Fotografica -)

Durante la perforazione fu prelevata una campionatura pressoché continua dei litotipi attraversati, anche se l'uso dell'acqua, necessaria per alcuni tratti di perforazione, ha fatto sì che la parte sottile (argille, argilla limosa e limi) sia stata

allontanata durante l'esecuzione del foro dall'acqua stessa e, pertanto, non campionata.

Dall'interpretazione dei dati ottenuti dai sondaggi geognostici, il sottosuolo risulta costituito prevalentemente da un'alternanza di argille grigio azzurre, calcari marnosi, marne calcaree, calcari nerastri intervallati da materiale sottile quali argille limose e limi dove a tratti prevale la porzione litoide e a tratti la porzione argillosa, appartenenti al Complesso delle Argille Varicolori

Alla sommità della formazione è presente sempre del materiale di riporto frammisto a del suolo agrario di colore brunastro.

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti vengono riportate in allegato, come pure si riporta la documentazione fotografica della campionatura completa dei terreni attraversati (cfr. allegati - sondaggi meccanici e stratigrafia).

L'indagine eseguita con il metodo ora descritto può essere così riassunta:

Sondaggio n° 1: Via Cesare Battisti

- profondità raggiunta: metri lineari 30 dal p.c. attuale;
- formazione geologica attraversata: successione calcareo-marnoso-argillosa (f.2)
- litologie attraversate: argille limose grigiastre, calcari marnosi, marne calcaree, marne scagliose, argille grigio azzurrastre,
- livello idrico -12,83 metri dal piano di calpestio;
- prove S.P.T. : (S.P.T. 1 – 6.50 m) rifiuto ; (S.P.T. 2 – 8.50 m) 47, rifiuto;
- campione: S1C1 (5.50-6.00 m)
- piezometro: presente a tubo aperto

La stratigrafia può essere così riassunta:

LITOLOGIA	SPESSORE	
Coltre superficiale	3,20	[m]
Argille limose grigio - giallastre	2,00	[m]
Calcareniti	0,30	[m]
Argille limose grigio - giallastre	2,00	[m]
Calcareniti	0,50	[m]
Argilla limosa grigiastra	1,70	[m]
Calcareniti	0,30	[m]
Argille limose grigio - giallastre	5,00	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	15,00	[m]

(cfr. allegati – stratigrafia -) .

Sondaggio n° 2: Via Fontana Vecchia

- profondità raggiunta: metri lineari 20 dal p.c. attuale;
- formazione geologica attraversata: successione calcareo-marnoso-argillosa (f.2)
- litologie attraversate: argille limose grigiastre, calcari marnosi, marne calcaree, marne scagliose, argille grigio azzurrastre,
- livello idrico -12,25 metri dal piano di calpestio;
- prove S.P.T. : (S.P.T. 1 – 5.50 m) 51, 48, 37 ; (S.P.T. 2 – 8.00 m) 53, rifiuto;
- campione: S2C1 (5.2-5.50 m)
- piezometro: assente

La stratigrafia può essere così riassunta:

LITOLOGIA	SPESSORE	
Coltre superficiale	1,00	[m]
Argilla limosa grigio-giallastra	2,00	[m]
Argille limose e marne scagliose	8,00	[m]
Argilla limosa grigio-giallastra	4,00	[m]
Argilla molle	0,50	[m]
Argilla limosa grigio-giallastra	3,50	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	1,00	[m]

(cfr. allegati – stratigrafia -) .

Sondaggio n° 3: località "Scantamani"

- profondità raggiunta: metri lineari 30 dal p.c. attuale;
- formazione geologica attraversata: successione calcareo-marnoso-argillosa (f.2)
- litologie attraversate: argille limose grigiastre, calcari marnosi, marne calcaree, marne scagliose, argille grigio azzurrastre,
- livello idrico -13,21 metri dal piano di calpestio;
- prove S.P.T. : (S.P.T. 1 – 6.00 m) 17,18,23;
- campione: S3C1 (5.50-6.00 m)
- piezometro: assente

La stratigrafia può essere così riassunta:

LITOLOGIA	SPESSORE	
Coltre superficiale	1,50	[m]
Argilla limosa grigio - giallastra	1,70	[m]
Argille limose e marne scagliose	1,80	[m]
Argilla limosa grigiastra	5,00	[m]
Calcareniti	2,00	[m]
Argilla limosa grigiastra	7,00	[m]
Argilla molle	1,00	[m]
Argilla grigio-azzurrastra	4,00	[m]
Argilla molle	1,00	[m]
Argilla grigio-azzurrastra	5,00	[m]

(cfr. allegati – stratigrafia -) .

Sondaggio n° 4: località "Cimitero Vecchio"

- profondità raggiunta: metri lineari 20 dal p.c. attuale;
- formazione geologica attraversata: successione calcareo-marnoso-argillosa (f.2)
- litologie attraversate: argille limose grigiastre, calcari marnosi, marne calcaree, marne scagliose, argille grigio azzurrastre,
- livello idrico - 8,05 metri dal piano di calpestio;
- prove S.P.T. : (S.P.T. 1 – 5.50 m) 16,27,32;
- campione: S4C1 (5.00-5.50 m)
- piezometro: assente

La stratigrafia può essere così riassunta:

LITOLOGIA	SPESSORE	
Coltre superficiale	1,20	[m]
Argille limose grigio - giallastre	4,40	[m]
Argilla grigio - azzurrastre	12,40	[m]
Calcareniti	1,00	[m]
Argilla grigio - azzurrastre	1,00	[m]

(cfr. allegati – stratigrafia -) .

Sondaggio n° 5: località "San Giuseppe"

- profondità raggiunta: metri lineari 30 dal p.c. attuale;
- formazione geologica attraversata: successione calcareo-marnoso-argillosa (f.1)
- litologie attraversate: argille limose grigiastre, calcari marnosi, marne calcaree, marne scagliose, argille grigio azzurrastra,
- livello idrico -1,95 metri dal piano di calpestio;
- prove S.P.T. : (S.P.T. 1 – 6.50 m) 6, 14, 18;
- campione: S5C1 (5.50-6.00 m)
- piezometro: presente a tubo aperto

La stratigrafia può essere così riassunta:

LITOLOGIA	SPESSORE	
Coltre superficiale	2,30	[m]
Argilla limosa grigio – giallastra	3,70	[m]
Argilla limosa grigiastra	2,70	[m]
Calcario marnoso polverizzato	0,60	[m]
Argilla molle	2,90	[m]
Calcareniti	0,20	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	8,60	[m]
Calcareniti	0,30	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	8,70	[m]

(cfr. allegati – stratigrafia -) .

Sondaggio n° 6: località "Tufolo"

- profondità raggiunta: metri lineari 30 dal p.c. attuale;
- formazione geologica attraversata: successione calcareo-marnoso-argillosa (f.2)
- litologie attraversate: argille limose grigiastre, calcari marnosi, marne calcaree, marne scagliose, argille grigio azzurrastre,
- livello idrico - 4,70 metri dal piano di calpestio;
- prove S.P.T. : (S.P.T. 1 - 6.50 m) 17, 22, 35;
- campione: S6C1 (6.00-6.50 m)
- piezometro: presente a tubo aperto

La stratigrafia può essere così riassunta:

LITOLOGIA	SPESSORE	
Coltre superficiale	2,00	[m]
Argilla molle	1,00	[m]
Argille limose grigio - giallastre	3,80	[m]
Argilla molle	5,70	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	12,00	[m]
Calcareniti	0,30	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	5,30	[m]

(cfr. allegati - stratigrafia -) .

Sondaggio n° 7: Via Carlo Marmo

- profondità raggiunta: metri lineari 20 dal p.c. attuale;
- formazione geologica attraversata: successione calcareo-marnoso-argillosa (f.2)
- litologie attraversate: argille limose grigiastre, calcari marnosi, marne calcaree, marne scagliose, argille grigio azzurrastre,
- livello idrico -12,50 metri dal piano di calpestio;
- prove S.P.T. : (S.P.T. 1 – 4.50 m) 42, 55, rifiuto ; (S.P.T. 2 – 7.50 m) 54, rifiuto;
- campione: S7C1 (4.00 – 4.50 m)
- piezometro: presente a tubo aperto

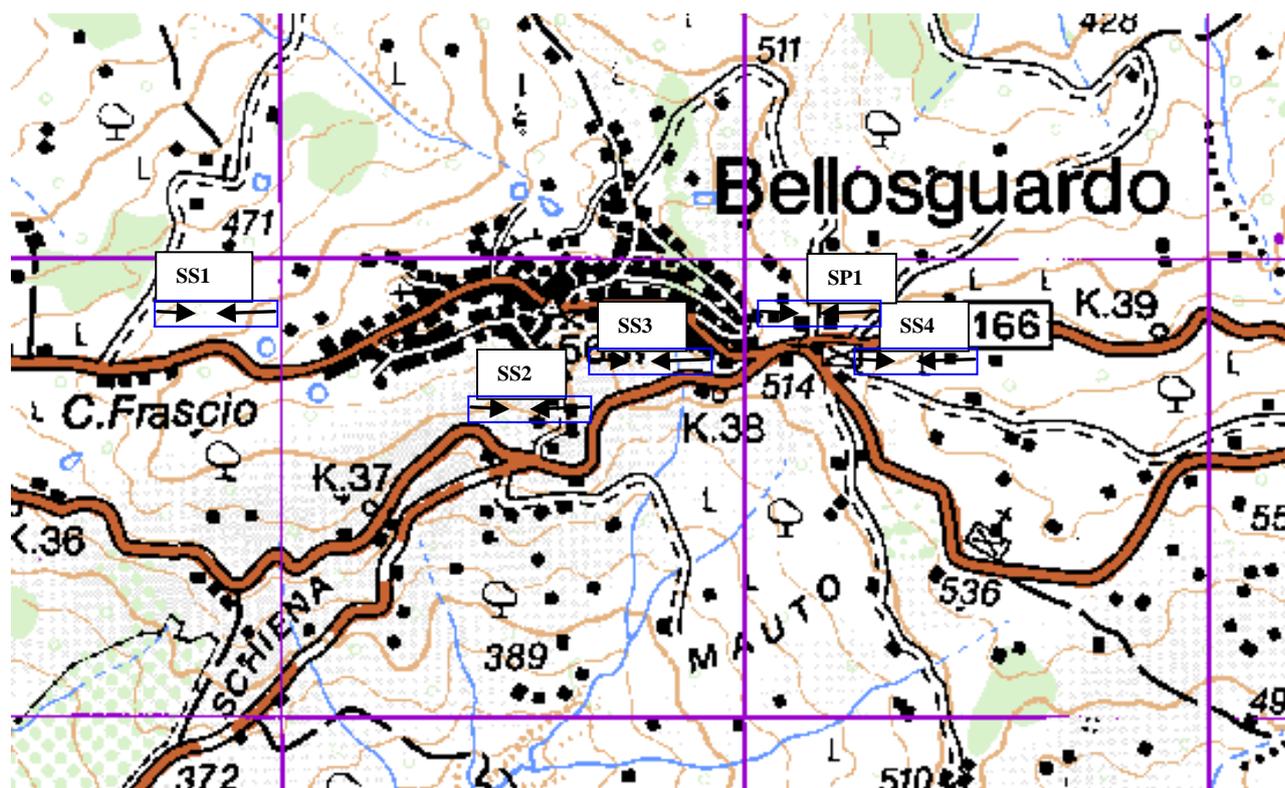
La stratigrafia può essere così riassunta:

LITOLOGIA	SPESSORE	
Coltre superficiale	1,20	[m]
Argille limose grigio - giallastre	1,90	[m]
Argilla limosa grigiastra	2,90	[m]
Calcareniti	0,20	[m]
Argilla limosa grigiastra	4,00	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	2,90	[m]
Calcareniti	0,50	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	2,90	[m]
Calcareniti	0,50	[m]
Argilla grigio - azzurrastra	3,00	[m]

(cfr. allegati – stratigrafia -) .

6.2 Sondaggi sismici a rifrazione

Per effettuare i n° 4 sondaggi sismici a rifrazione è stato impiegato un sismografo del tipo NIMBUS ES-125, utilizzato con il metodo a rifrazione ed avente per tutti i sondaggi uno stendimento variabile dai 32 ml sino a 52 ml (cfr- allegato - ubicazione sondaggi sismici a rifrazione).



Ubicazione sondaggi sismici a rifrazione

→ ← SONDAGGIO SISMICO A RIFRAZIONE SS n°...

Il principio su cui si basano tali indagini risiede nel registrare l'onda sismica longitudinale prodotta da un maglio, messo in movimento a distanza variabile dai punti di ricezione (geofoni) e, quindi, calcolare la velocità di propagazione dell'onda rifratta nei materiali.

La velocità è funzione della natura dei materiali attraversati.

La funzione essenziale del sismografo è quella di dare il valore del tempo di percorrenza dell'onda sismica digitalizzando, mediante un orologio a cristalli di quarzo, con approssimazioni fino al centomillesimo di secondo, oltre a quello di immagazzinare, registrare e visualizzare le onde sismiche su di un monitor.

I disturbi di frequenza sono stati quasi sempre eliminati con appositi cross over o, quando questi non erano sufficienti, fermando momentaneamente l'invio di energia negli strati.

Sulla base dei dati registrati in situ sono stati riconosciuti alcuni livelli stratigrafici attraverso i vari segmenti di dromocrone.

Con i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati sismici è stato possibile ottenere i valori di velocità reale, spessore dei sismostrati, pendenza degli orizzonti rifrangenti e profondità massima degli stessi sotto ogni geofono di base.

I risultati così ottenuti hanno consentito di ipotizzare per il:

profilo sismico n° 1 – località "Frascio"

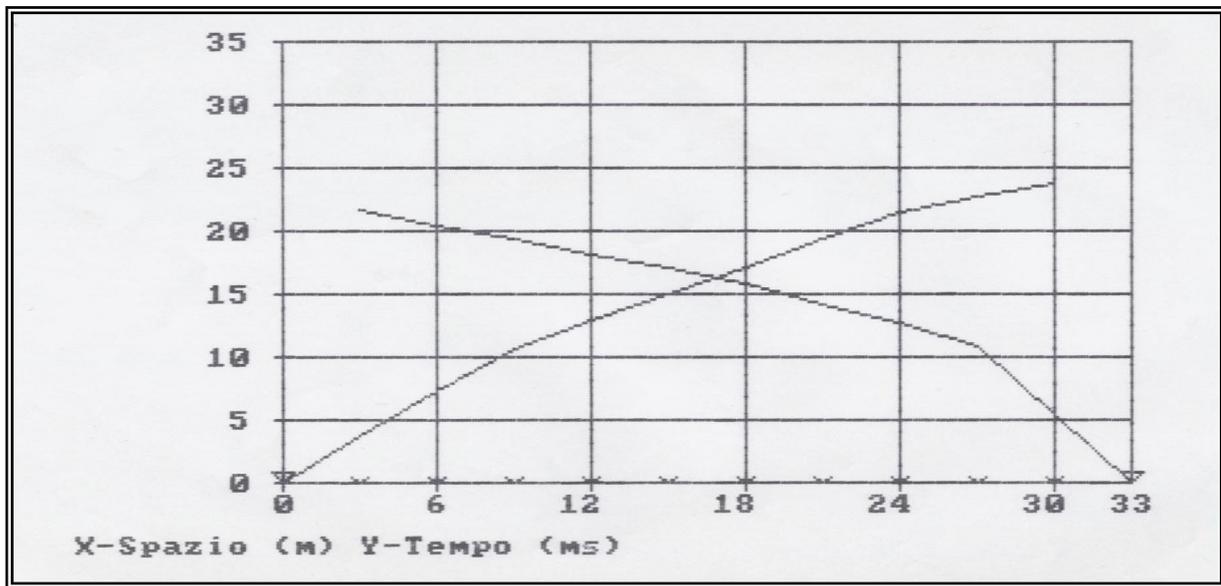
- numero geofoni: 10
- distanza dal punto (B) da (A) : 33 m
- distanza del primo geofono da (A): 3 m
- costante di inter. tra geofono: 3 m

geofono	Distanza A	Tempi (A)	Tempi (B)
n°	(m)	(ms)	(ms)
1	3.00	3,7	21,7
2	6.00	7,3	20,5
3	9.00	10,7	19,3
4	12.00	13,0	18,2
5	15.00	15,0	17,1
6	18.00	17,0	15,9
7	21.00	19,3	14,2
8	24.00	21,4	12,8
9	27.00	22,7	10,9
10	30.00	23,8	5,5

Punti di ginocchio - Pos. A		Punti di ginocchio - Pos. B	
Spazio (m)	Tempo (ms)	Spazio (m)	Tempo (ms)
9,46	11,25	26,79	10,83
23,75	21,67	19,29	15,00
29,82	23,75	3,04	21,67

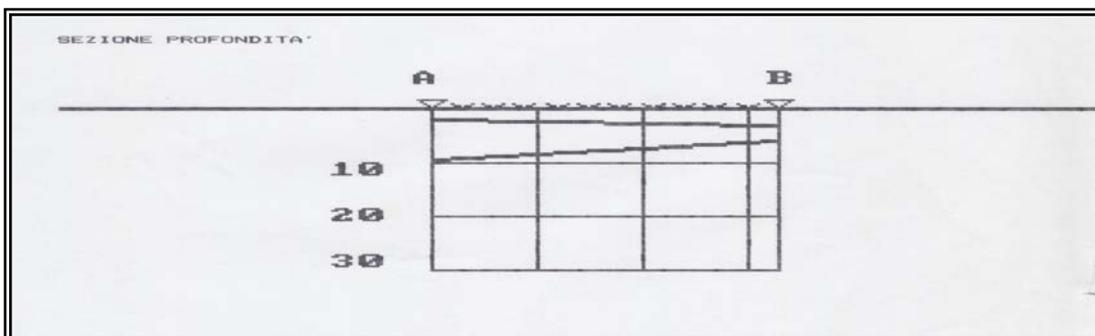
POSIZIONE A				POSIZIONE B		
Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s		Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s
1	868,13	0,00		1	625,56	0,00
2	1499,18	4,63		2	1961,80	7,08
3	2634,92	11,30		3	2525,85	9,85

GRAFICO DROMOCRONE



SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PROFILO

strato	velocità	Spessore (A)	Spessore (B)	pendenza	Profondità (A)	Profondità (B)
n°	m/s	m	m	%	m	m
1	746,84	1,93	2,95		1,93	2,95
2	1695,93	7,34	2,64	-3,75	9,27	5,59
3	2527,94			8,40		



Indagine effettuata con uno stendimento di 33 ml. L'elaborazione dei primi impulsi rifratti ha evidenziato la presenza di due orizzonti rifrangenti dove il primo separa il sismostrato con velocità di 746,84 m/s da quello sottostante con velocità di 1695,93; mentre il secondo separa il sismostrato intermedio da quello di base con velocità di 2527,94 m/s. Entrambi gli orizzonti risultano avere un andamento inclinato.

Si ritiene che il primo sismostrato sia composto da materiale areato ed alterato di scarsa compattazione, mentre il secondo risulta mediamente compatto e addensato rispetto al precedente. Infine, il terzo sismostrato rappresenta il substrato più compatto rispetto agli orizzonti sovrastanti.

profilo sismico n° 2 – località “Tufolo”

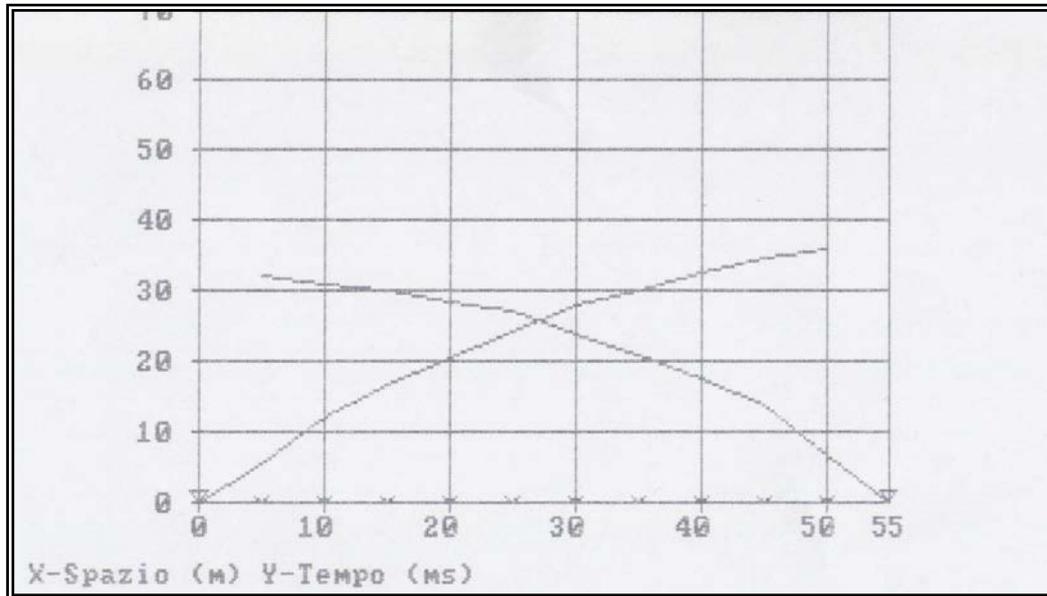
- numero geofoni: 10
- distanza dal punto (B) da (A) : 55 m
- distanza del primo geofono da (A): 5 m
- costante di inter. tra geofono: 5 m

geofono	Distanza A	Tempi (A)	Tempi (B)
n°	(m)	(ms)	(ms)
1	5.00	5,5	32,2
2	10.00	12,0	31,4
3	15.00	16,5	29,8
4	20.00	20,4	28,5
5	25.00	24,0	27,1
6	30.00	27,8	23,8
7	35.00	29,8	20,7
8	40.00	32,3	17,4
9	45.00	34,7	13,8
10	50.00	36,0	6,8

Punti di ginocchio - Pos. A		Punti di ginocchio - Pos. B	
Spazio (m)	Tempo (ms)	Spazio (m)	Tempo (ms)
8,93	10,83	45,0	13,33
30,0	27,92	24,29	27,08
50,0	35,83	5,18	32,08

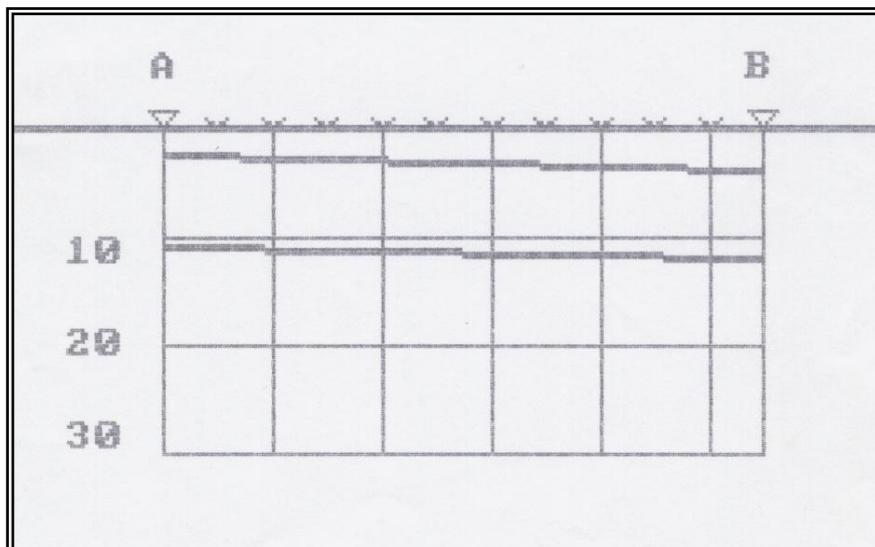
POSIZIONE A			POSIZIONE B		
Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s	Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s
1	847,55	0,00	1	724,78	0.00
2	1248,77	4.41	2	1579,17	7.81
3	2607,37	16.05	3	3949,28	19,65

GRAFICO DROMOCRONE



SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PROFILO

strato	velocità	Spessore (A)	Spessore (B)	pendenza	Profondità (A)	Profondità (B)
<i>n°</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>%</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
1	786,17	2,11	3,73		2,11	3,73
2	1390,22	8,43	8,12	-4,50	10,54	1,86
3	3133,57			-1,62		



Indagine effettuata con uno stendimento di 55 ml. L'elaborazione dei primi impulsi rifratti ha evidenziato la presenza di due orizzonti rifrangenti dove il primo separa il sismostrato con velocità di 786,17 m/s da quello sottostante con velocità di 1390,22; mentre il secondo separa il sismostrato intermedio da quello di base con velocità di 3133,57 m/s. Entrambi gli orizzonti risultano avere un andamento inclinato nello stesso verso.

Si ritiene che il primo sismostrato sia composto da materiale areato ed alterato di scarsa compattazione, mentre il secondo risulta mediamente compatto e addensato rispetto al precedente. Infine, il terzo sismostrato rappresenta il substrato più compatto rispetto agli orizzonti sovrastanti.

profilo sismico n° 3 – località “Pozzillo”

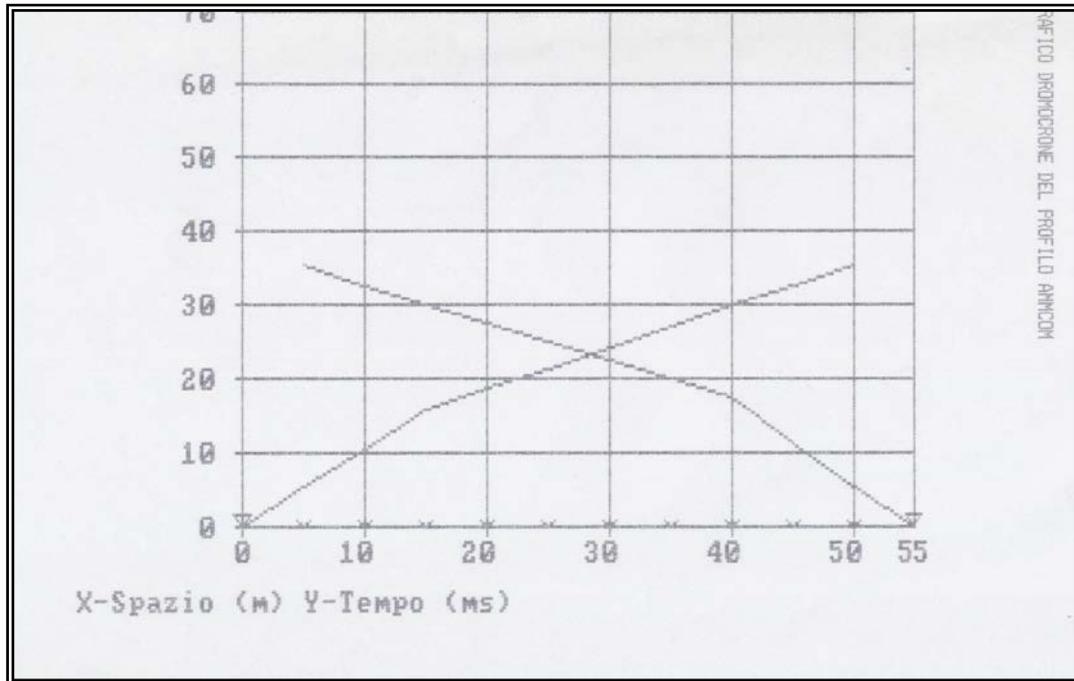
- numero geofoni: 10
- distanza dal punto (B) da (A) : 55 m
- distanza del primo geofono da (A): 5 m
- costante di inter. tra geofono: 53 m

geofono	Distanza A	Tempi (A)	Tempi (B)
n°	(m)	(ms)	(ms)
1	5.00	5,3	35,4
2	10.00	10,6	32,7
3	15.00	15,8	30,2
4	20.00	18,6	27,6
5	25.00	21,4	25,0
6	30.00	24,1	22,4
7	35.00	27,0	19,8
8	40.00	29,8	17,4
9	45.00	32,6	11,4
10	50.00	35,3	5,6

Punti di ginocchio - Pos. A		Punti di ginocchio - Pos. B	
Spazio (m)	Tempo (ms)	Spazio (m)	Tempo (ms)
14,82	15,83	39,11	17,92
49,82	35,00	5,18	35,00

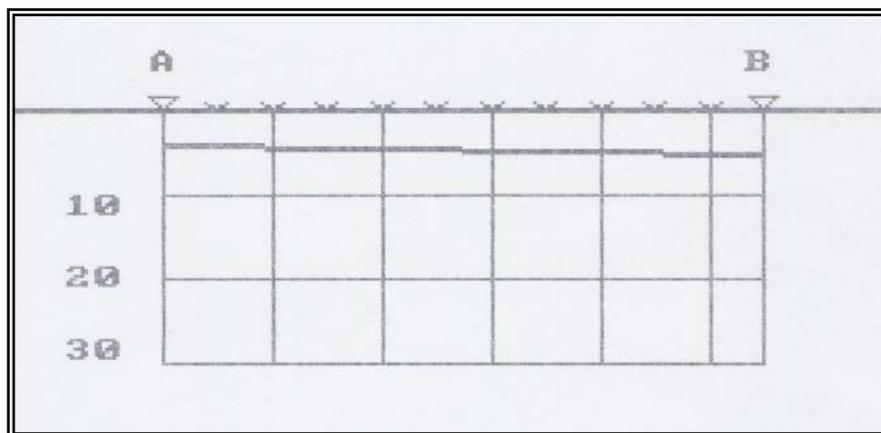
POSIZIONE A			POSIZIONE B		
Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s	Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s
1	949,29	0,00	1	931,32	0,00
2	1791,27	7,45	2	1943,69	9,47

GRAFICO DROMOCRONE



SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PROFILO

strato	velocità	Spessore (A)	Spessore (B)	pendenza	Profondità (A)	Profondità (B)
<i>n°</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>%</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
1	940,30	4,06	5,16		4,06	5,16
2	1863,84			-1,36		



Indagine effettuata con uno stendimento di 55 ml. L'elaborazione dei primi impulsi rifratti ha evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrangente che separa il sismostrato con velocità di 940,30 m/s da quello sottostante con velocità di 1863,84 m/s. L'orizzonte presenta un andamento poco inclinato.

Si ritiene che il primo sismostrato sia composto da materiale areato ed alterato di scarsa compattazione, mentre il secondo risulta mediamente compatto e addensato rispetto al precedente.

profilo sismico n° 4 – località “San Giuseppe- Cimitero”

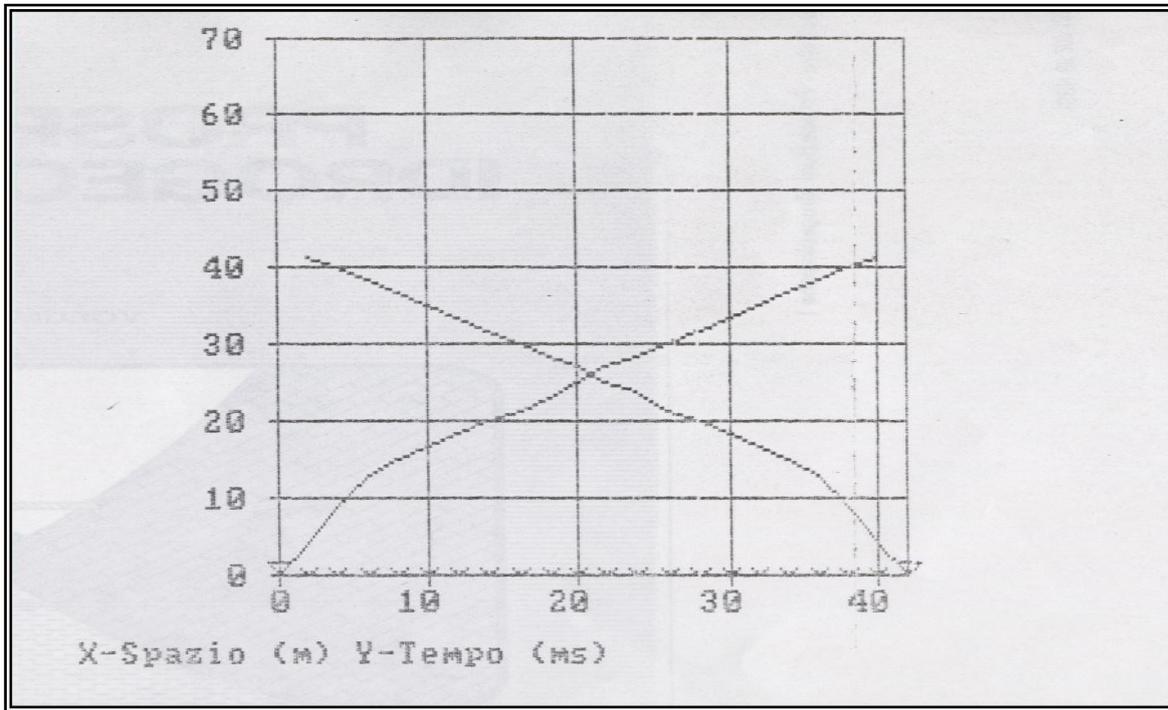
- numero geofoni: 10
- distanza dal punto (B) da (A) : 42 m
- distanza del primo geofono da (A): 4 m
- costante di inter. tra geofono: 4 m

geofono	Distanza A	Tempi (A)	Tempi (B)
n°	(m)	(ms)	(ms)
1	4.00	8,6	40,0
2	8.00	15,0	36,8
3	12.00	18,4	33,3
4	16.00	21,4	30,0
5	20.00	25,0	27,0
6	24.00	28,5	23,9
7	28.00	31,8	20,1
8	32.00	35,0	16,8
9	36.00	38,5	12,9
10	40.00	41,2	4,0

Punti di ginocchio - Pos. A		Punti di ginocchio - Pos. B	
Spazio (m)	Tempo (ms)	Spazio (m)	Tempo (ms)
6,07	12,92	35,75	13,33
40,0	40,83	2,14	40,83

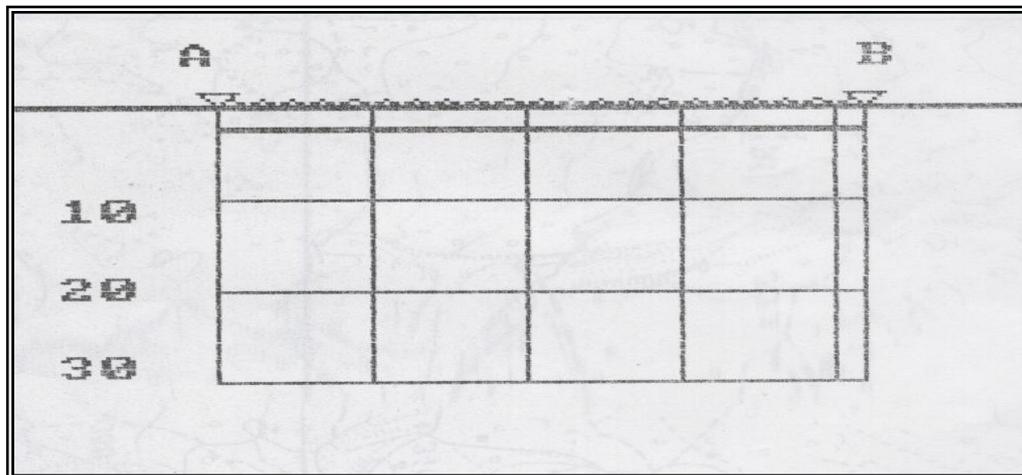
POSIZIONE A			POSIZIONE B		
Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s	Strato - n°	Vel. appar. - m/s	Tempo inter. - m/s
1	472,34	0,00	1	486,06	0,00
2	1226,02	8,83	2	1248,76	8,91

GRAFICO DROMOCRONE



SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PROFILO

strato	velocità	Spessore (A)	Spessore (B)	pendenza	Profondità (A)	Profondità (B)
n°	m/s	m	m	%	m	m
1	479,20	2,29	2,32		2,29	2,32
2	1237,28			-0,22		



Indagine effettuata con uno stendimento di 42 ml. L'elaborazione dei primi impulsi rifratti ha evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrangente che separa il sismostrato con velocità di 479,20 m/s da quello sottostante con velocità di 1237,28 m/s. L'orizzonte presenta un andamento sub orizzontale.

Si ritiene che il primo sismostrato sia composto da materiale molto areato ed alterato di scarsa compattazione, mentre il secondo risulta allentato e poco compatto.

In generale, i dati ottenuti dal rilevamento geologico di superficie, integrati con quelli ottenuti dalle prove sismiche, fanno ritenere che il primo sismostrato sia formato da terreno agrario ed il secondo è rappresentato dalle cosiddette "alteriti" ovvero il complesso di alterazione del substrato arenaceo-calcareo - marnoso - argilloso.

profilo sismico n° 5 – località “San Giuseppe” – detto SP1

- numero geofoni: 8
- distanza dal punto (B) da (A) : 50 m
- distanza del primo geofono da (A): 5 m
- costante di inter. tra geofono: 5 m

geofono	Punti di scoppio	Distanza A	Tempi (A)	Tempi (B)	Tempi (C)
n°		(m)	(ms)	(ms)	
	A	0,0	0,0		
1		5,00	12,6	30,6	42,0
2		10,00	24,6	26,0	38,7
3		15,00	28,7	20,6	35,6
4		20,00	32,6	5,8	32,5
	C	22,5		0,0	
5		25,00	36,4	6,0	29,3
6		30,00	39,4	20,6	25,7
7		35,00	42,7	25,8	22,0
8		40,00	45,8	30,2	11,0
	B	45,00	0,0		0,0

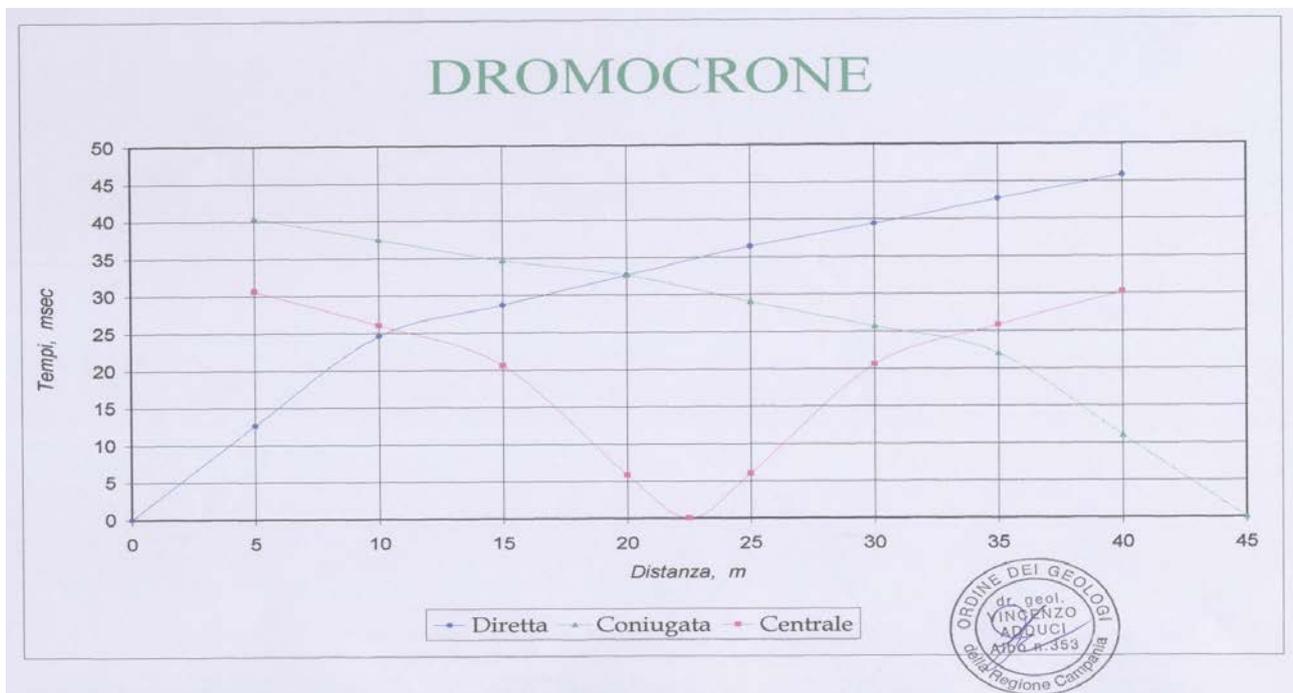
DATI ELABORATI

geofono	Profilo diretto		Profilo coniugato		Profilo centrale	
	Spessore (m)	Velocità m/sec	Spessore (m)	Velocità m/sec	Velocità A	Velocità B
1	4,60	396,83	3,72	454,55	431,03	416,67
2	4,50	416,67	3,75	454,55	337,84	342,47
3	4,40	1219,51	3,80	1351,35	925,93	961,54
4	15,74	1282,05	14,40	1377,41	1086,96	1136,36
5	15,60	1315,79	14,50	1577,29		
6	14,26	1666,67	15,40	1607,72		
7	14,40	1515,15	15,50	1618,12		
8	14,55	1612,90	15,60	1515,15		

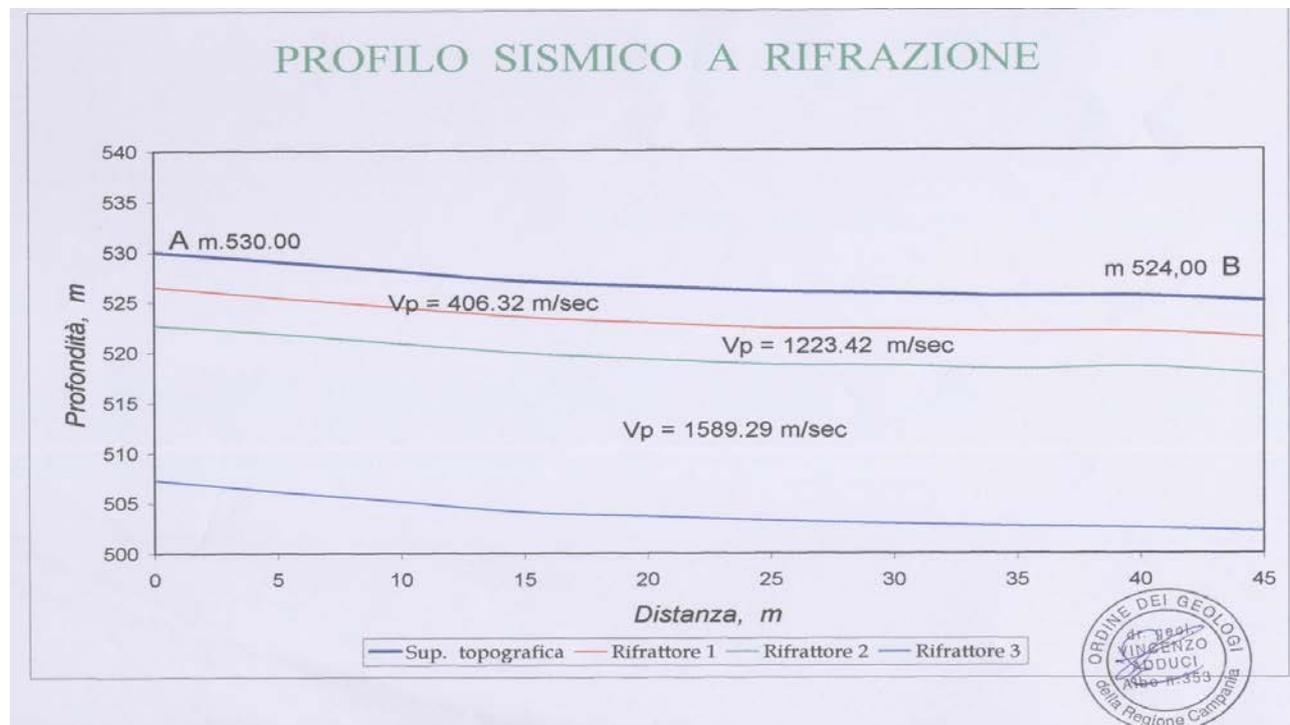
TABELLA DEI VALORI MEDI

strato	Profondità media	Velocità Vp	Velocità Vs	Y	Coeff. di Piosson	Young	Taglio	Incompressibilità
n°	(mI)	m/s	m/s	g/cm3		Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
1	4,00	406,32	176	1,82	0,38	1598	577	2294
2	8,00	1223,42	594	1,82	0,36	17631	6551	19043
3	30,00	1589,29	733	1,88	0,36	28104	10294	34695

GRAFICO DROMOCRONE



SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PROFILO



Indagine effettuata con uno stendimento di 50 ml. L'elaborazione dei primi impulsi rifratti ha evidenziato la presenza di due orizzonti rifrangenti dove il primo separa il sismostrato con velocità di 406,32 m/s da quello sottostante con velocità di 1223,42; mentre il secondo separa il sismostrato intermedio da quello di base con velocità di 1589,29 m/s. Entrambi gli orizzonti risultano avere un andamento inclinato nello stesso verso.

Si ritiene che il primo sismostrato sia composto da materiale areato ed alterato di scarsa compattazione, mentre il secondo risulta mediamente compatto e addensato rispetto al precedente. Infine, il terzo sismostrato rappresenta il substrato più compatto rispetto agli orizzonti sovrastanti.

6.3 Sondaggi sismici in foro – Down-Hole

Il rilievo geofisico, basato sull'impiego della sismica in foro tipo Down-Hole, fu eseguito allo scopo di caratterizzare, da un punto di vista sismico, le varie formazioni litologiche affioranti nel territorio di Bellosguardo. Considerato che le formazioni geologiche rinvenute nel suddetto territorio sono due, una calcareo – marnosa – argillosa (f1) – più litoide - e l'altra marnoso – argillosa (f2) – prevalentemente argillosa – furono espletate n° 3 prove in foro al fine di caratterizzare sismicamente le suddette successioni.

L'analisi delle velocità di propagazione delle onde sismiche ha permesso di definire la geometria e gli spessori dei terreni dei vari litotipi costituenti il sottosuolo e, nel contempo, ha fornito informazioni circa la natura litologica degli stessi ed il loro stato di rilassatezza e/o allentamento.

L'indagine sismica in foro, tipo down-hole, eseguita dott. geologo Vincenzo Adduci da Eboli (SA), ha interessato i fori di sondaggio S1- via Cesare Battisti - e S5 – località San Giuseppe – entrambi aventi una lunghezza pari a 30 metri.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 12 canali della M.A.E. mod. A 4000 S – E con display VGA a colori in LCD-TFT 10,4", trattamento del segnale a 32 bit, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, e con l'ausilio di un geofono tridimensionale da foro (o sonda geofonica); quest'ultimo è dotato di cinque geofoni da 10 Hz, di cui uno verticale per la registrazione delle onde P, e quattro geofoni orizzontali, disposti a 45° fra di loro, atti a registrare meglio le onde S. L'ancoraggio della sonda geofonica alla parete della tubazione (PVC ϕ 80 mm) è stato garantito da un pistone pneumatico azionato da un dispositivo ad aria compressa.

Il punto di scoppio, costituito da una piastra metallica posta sul terreno con una inclinazione di 45° rispetto ad esso, è situato in superficie ad una distanza di 3,00 m dal foro, e di ciò se ne è tenuto conto per la correzione dei tempi di arrivo.

L'energizzazione è stata generata colpendo la piastra con una massa battente da 4 Kg. Calando la sonda geofonica nel tubo e posizionandola a diverse profondità (con passo di 2 metri) sono stati registrati i sismogrammi da cui sono stati individuati i tempi di arrivo delle onde P e S.

Sul tabulato relativo alla prova effettuata si riportano i tempi registrati e le velocità calcolate per i singoli intervalli indagati. Inoltre, si riportano i valori dei

moduli dinamici (Coefficiente di Poisson, Modulo di Young, Modulo di Taglio e Modulo di Incompressibilità).

Infine, i valori suddetti sono stati schematizzati su 2 grafici in cui si evidenzia l'andamento dei tempi e delle velocità sismiche con la profondità.

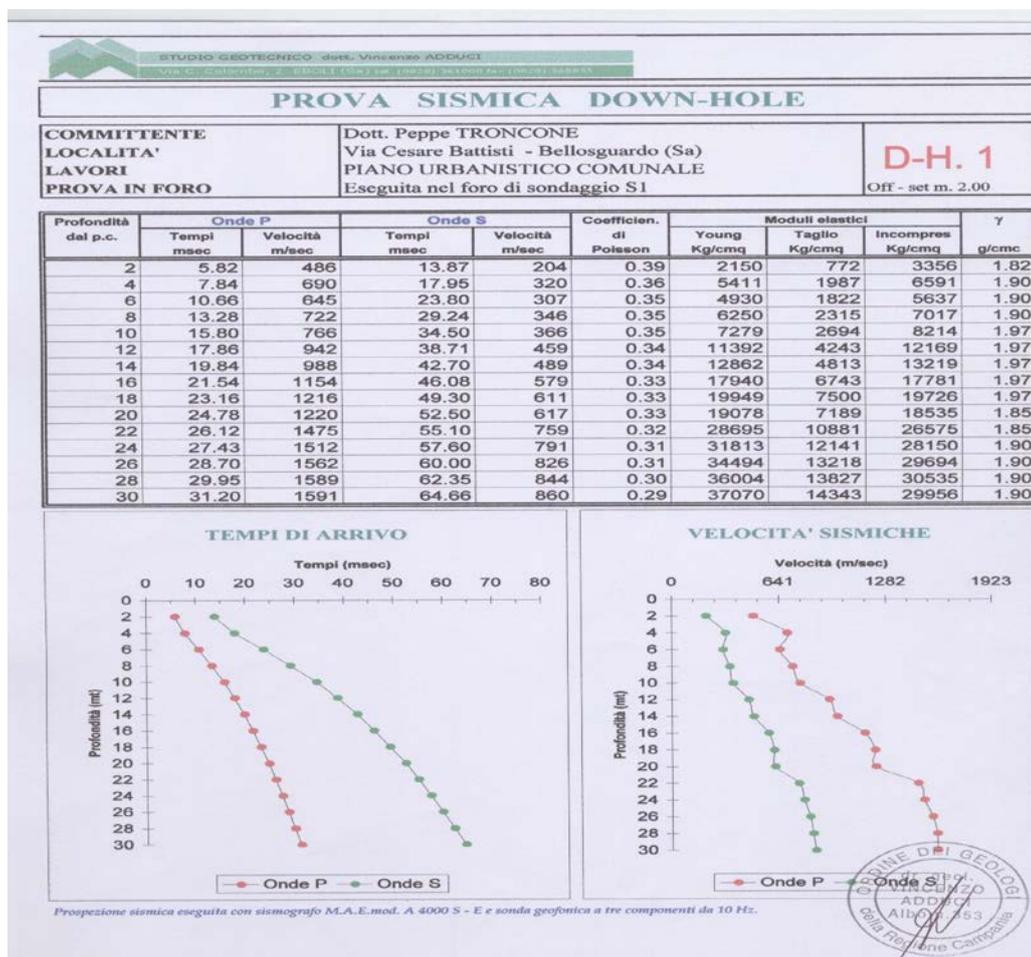
Esame dei risultati

I risultati di campagna, e la loro interpretazione in chiave sismica, sono riportati in allegato. Si riporta un tabulato con i tempi registrati in campagna, i valori di velocità Vp e Vs alle varie profondità e, infine, i moduli elastici. Inoltre, si riportano i grafici tempi/profondità e velocità/profondità.

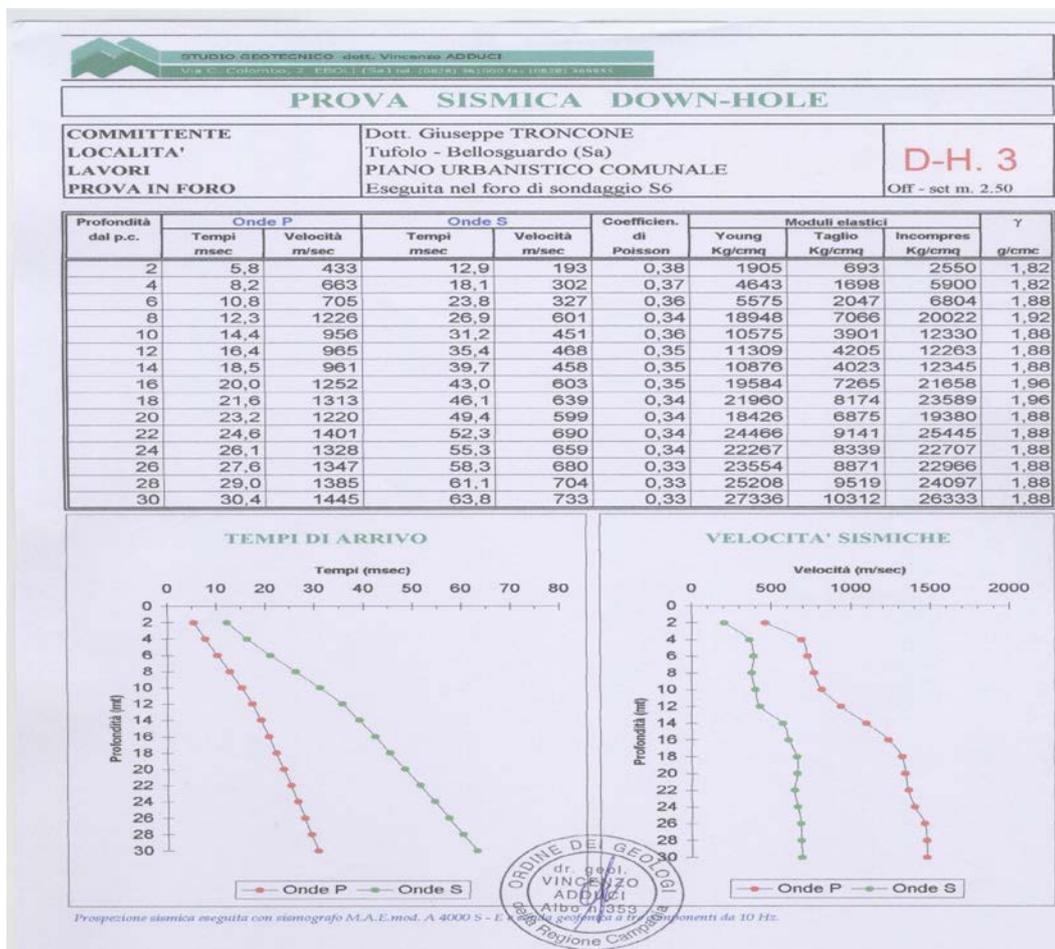
Il primo grafico può essere interpretato come delle dromocrone, che danno l'idea del numero di sismostrati in cui può essere suddiviso il sottosuolo investigato.

Di seguito, in allegato, si riportano i risultati dei sondaggi sismici Down-hole (cfr. allegati - prove sismiche Down-hole -)

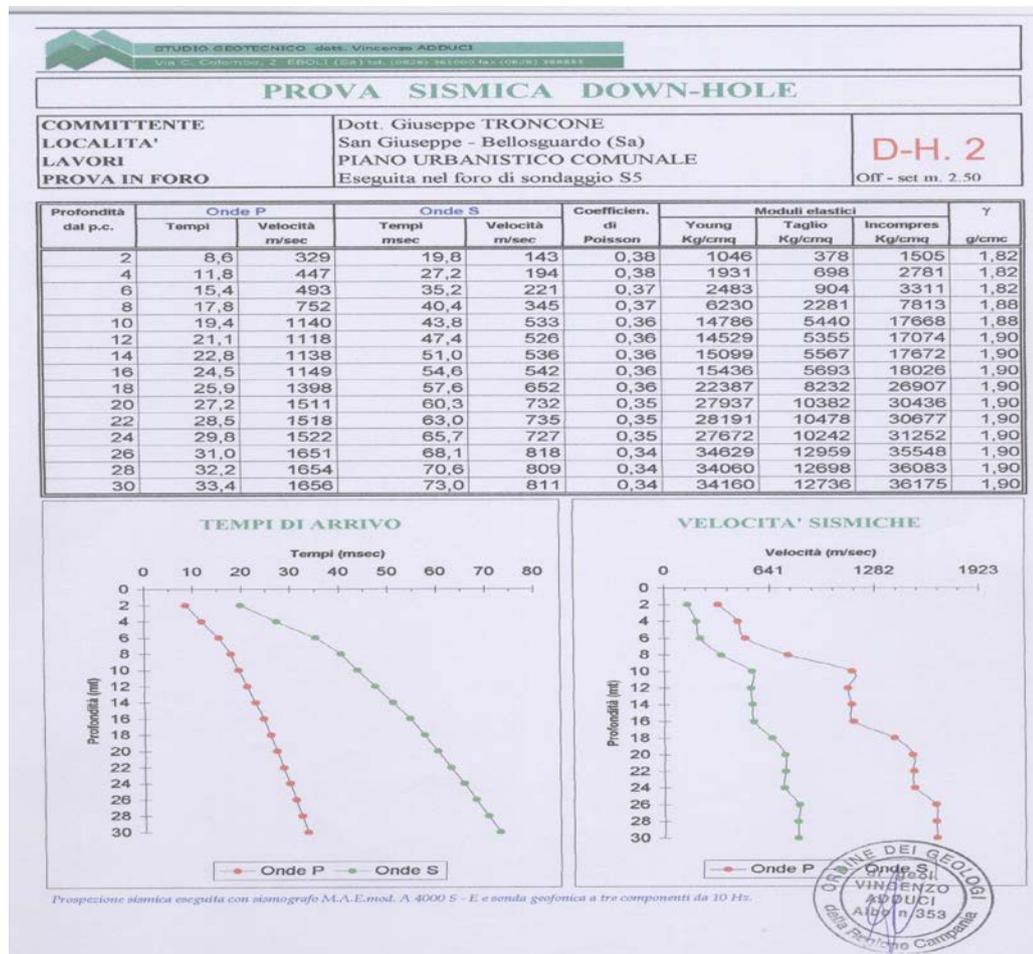
PROVA SISMICA DOWN HOLE _DH1



PROVA SISMICA DOWN HOLE _DH2



PROVA SISMICA DOWN HOLE _DH3

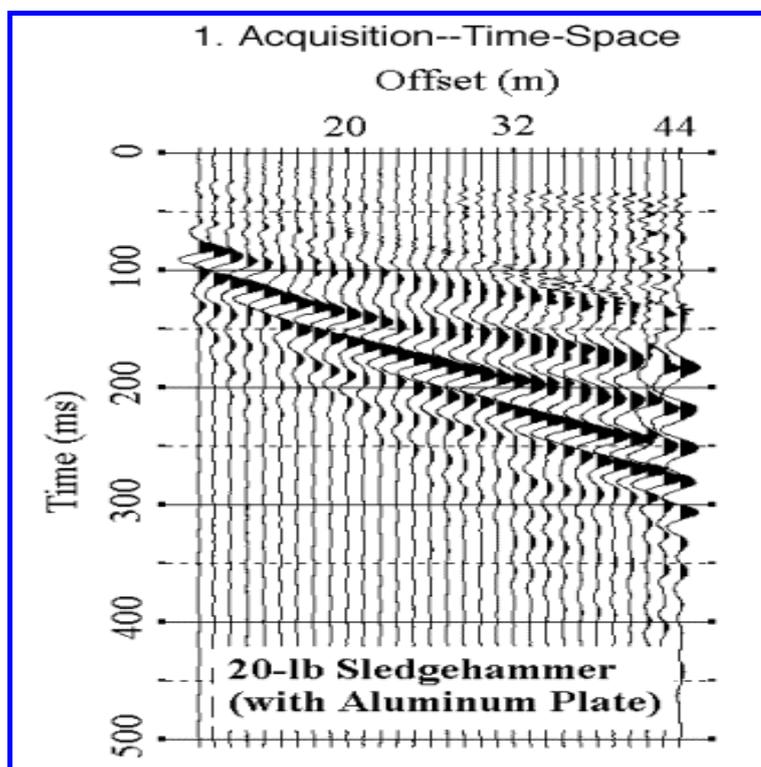


6.4 Prospezioni sismiche MASW

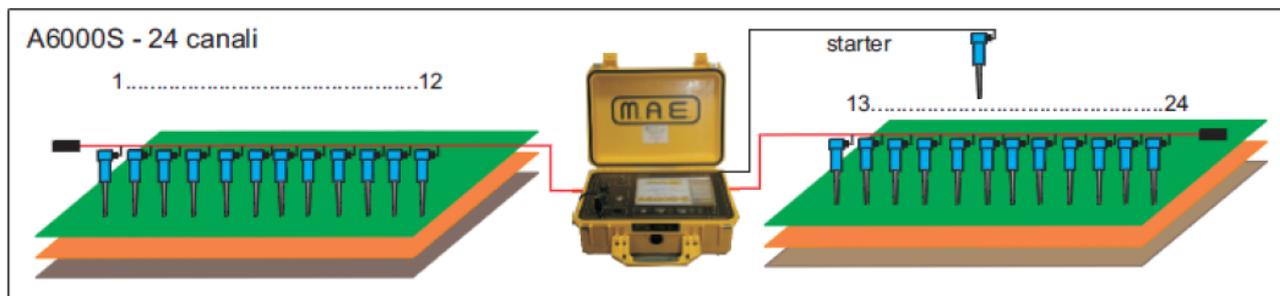
L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh - MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) - è un'efficiente metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;

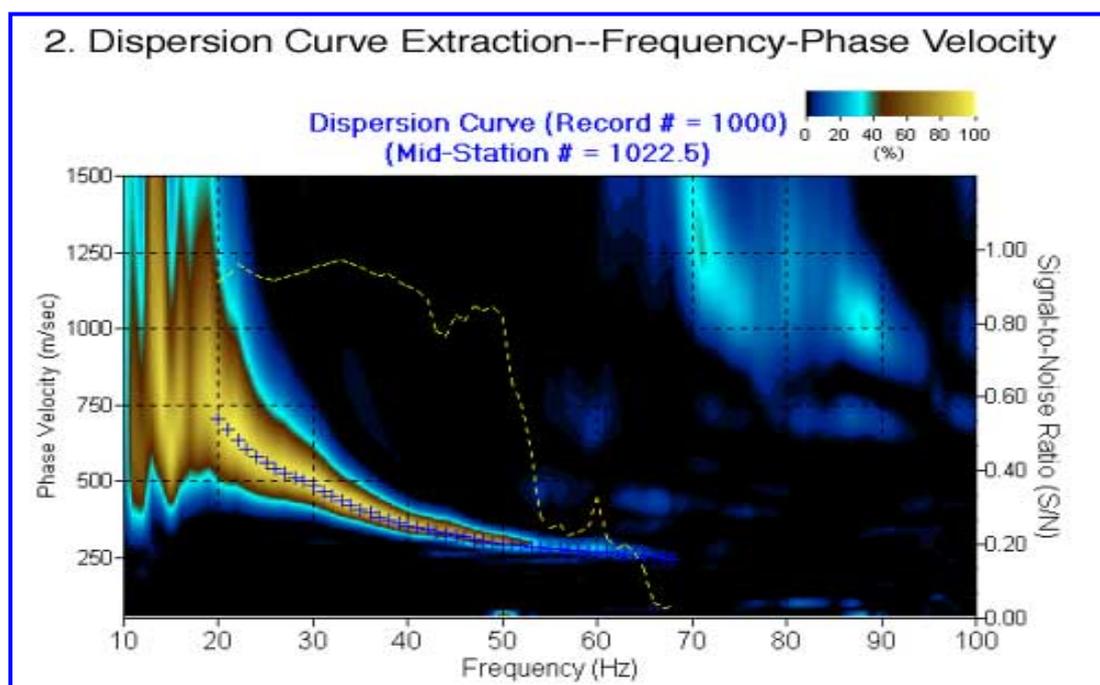


Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.



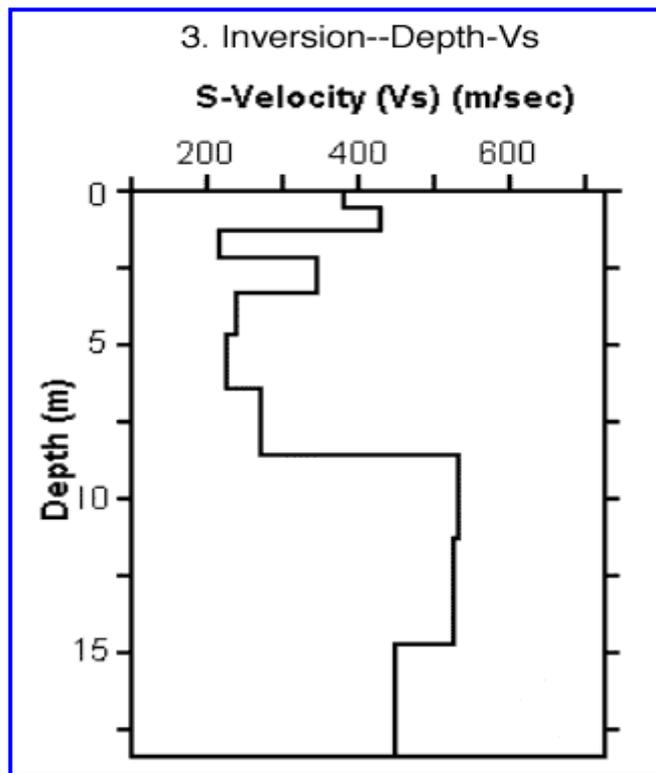
Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);



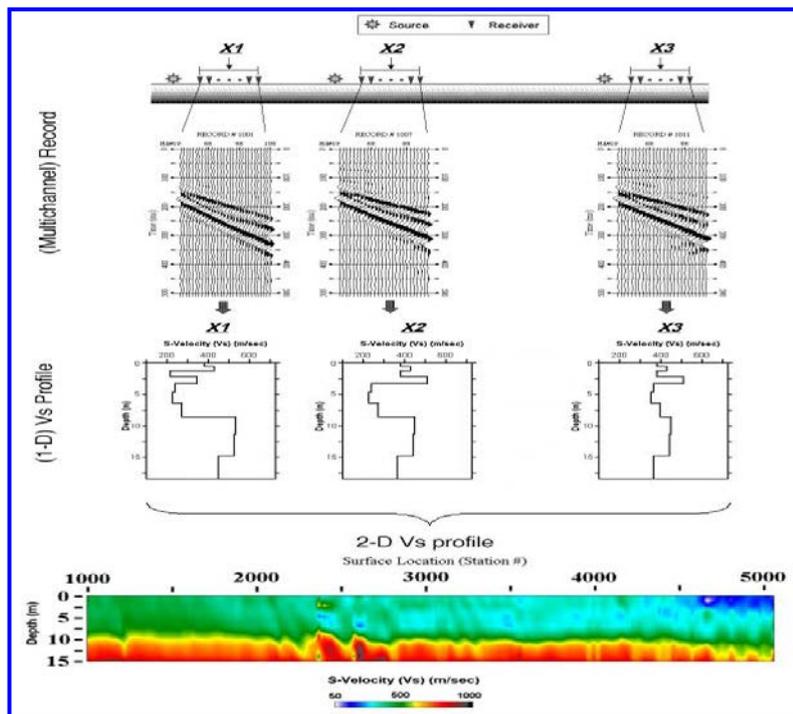
: Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1V_R$ (V_R =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ =lunghezza d'onda).

Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).

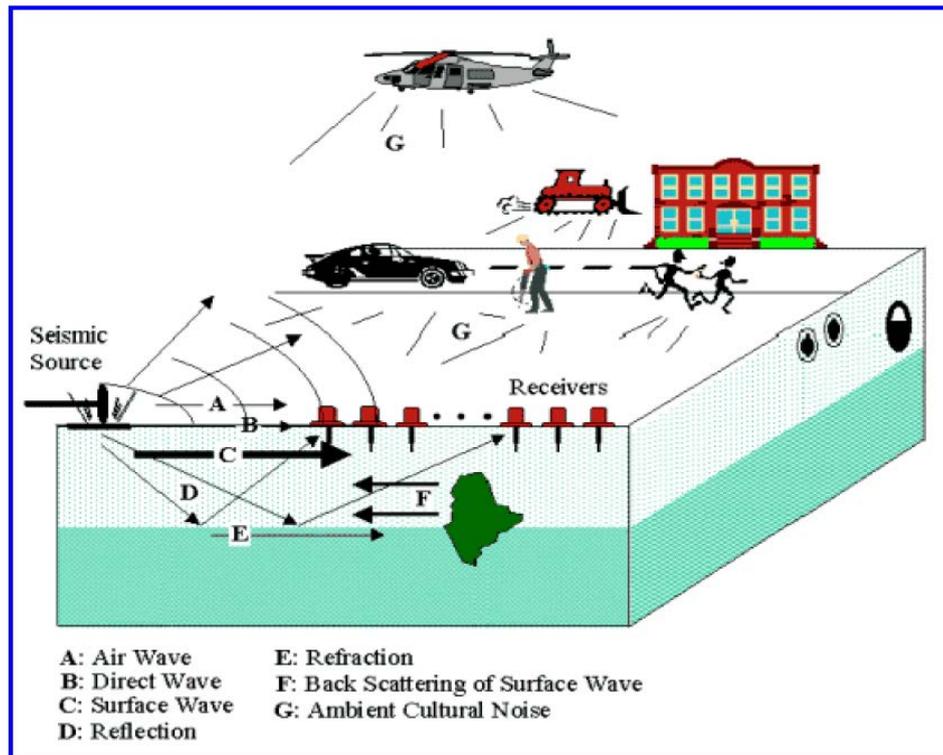


Modello 2D di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore.

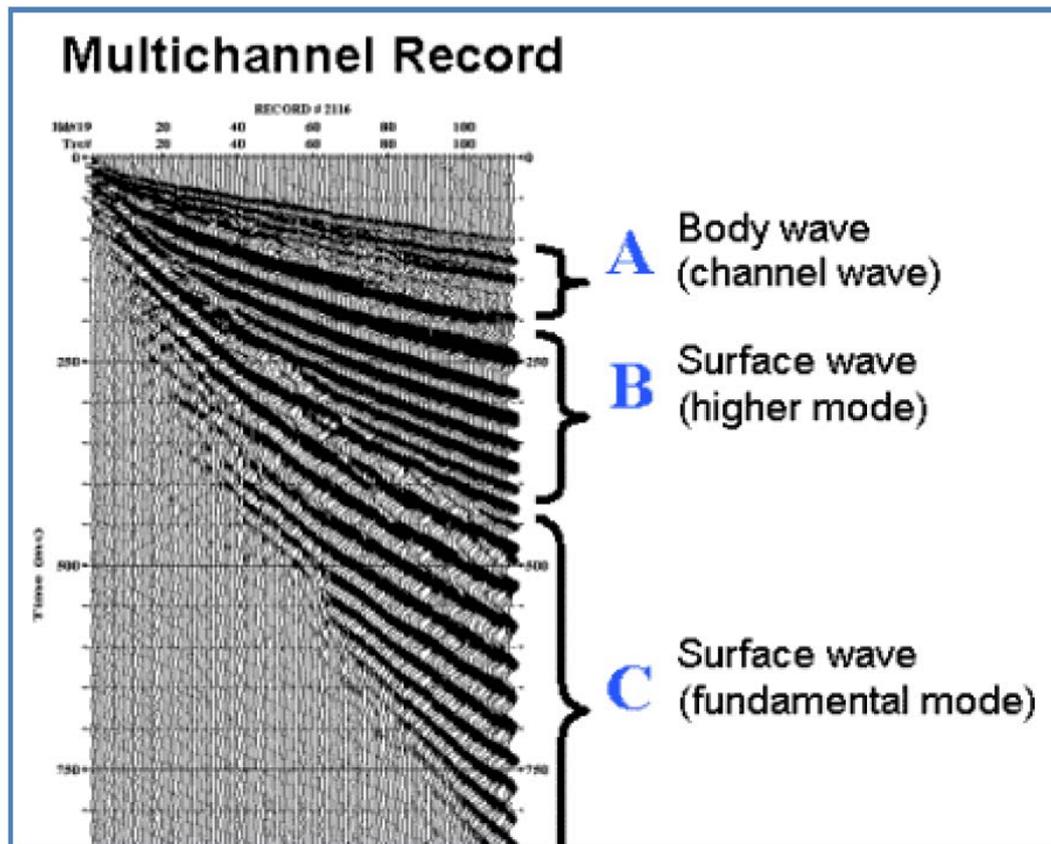
Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.



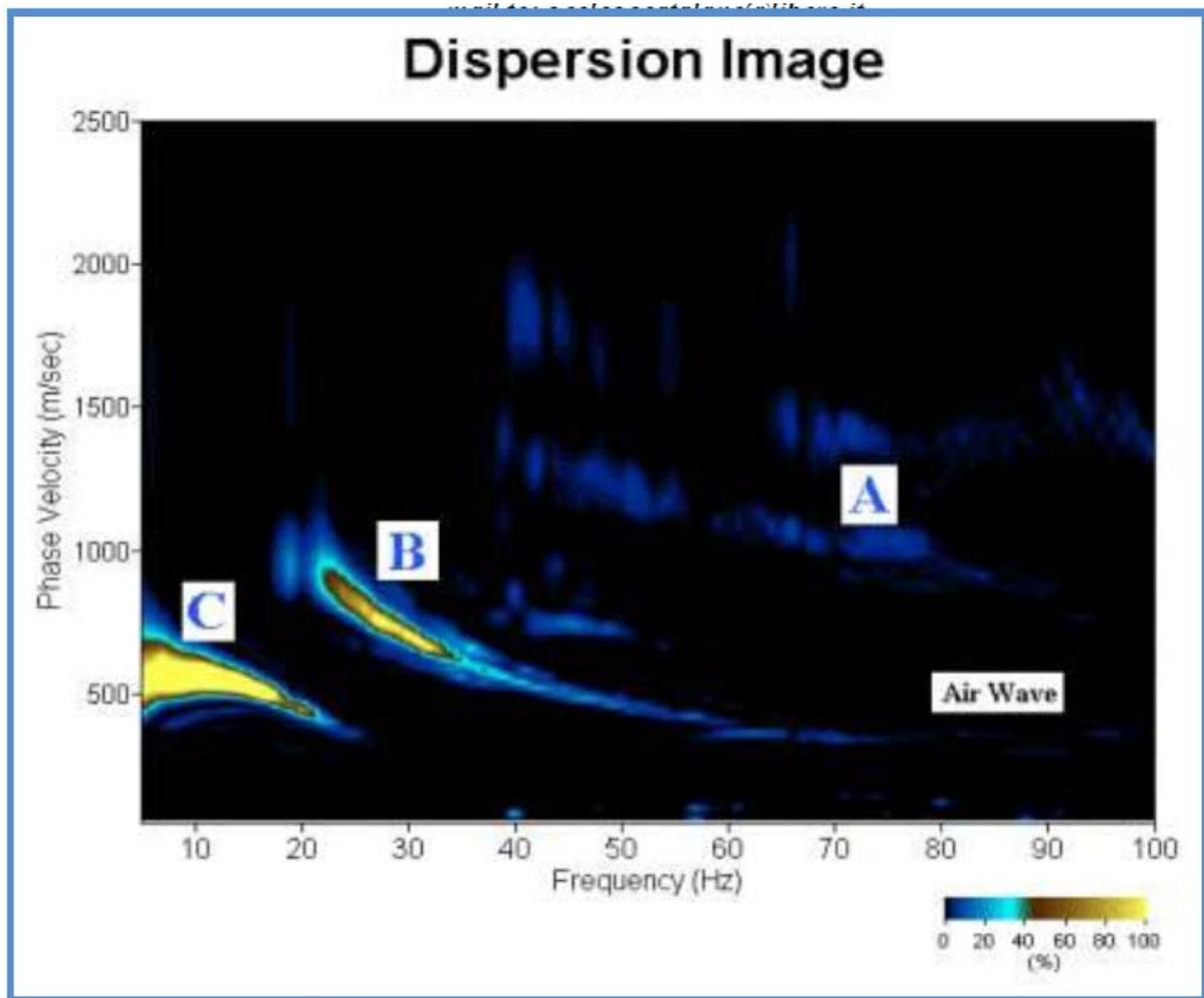
Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni.



Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.



Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 8. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

- *Acquisizione ed elaborazione dati MASW*

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area oggetto di indagine e di determinarne la categoria sismica di suolo, sono state eseguite n.6 prospezioni sismiche MASW, con le seguenti caratteristiche:

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)]. L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale.

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.048s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{campionamento}=1/dt=2000Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{Nyquist}=1/2dt=1000Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{min}=1/T=0.488Hz$.

Le indagini sismiche MASW effettuate, hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto di studio, principalmente in categoria B e solo in corrispondenza della zona valliva in categoria C, così come definite nel D.M. 14 gennaio 2008.

La classificazione sismica del tipo di suolo è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

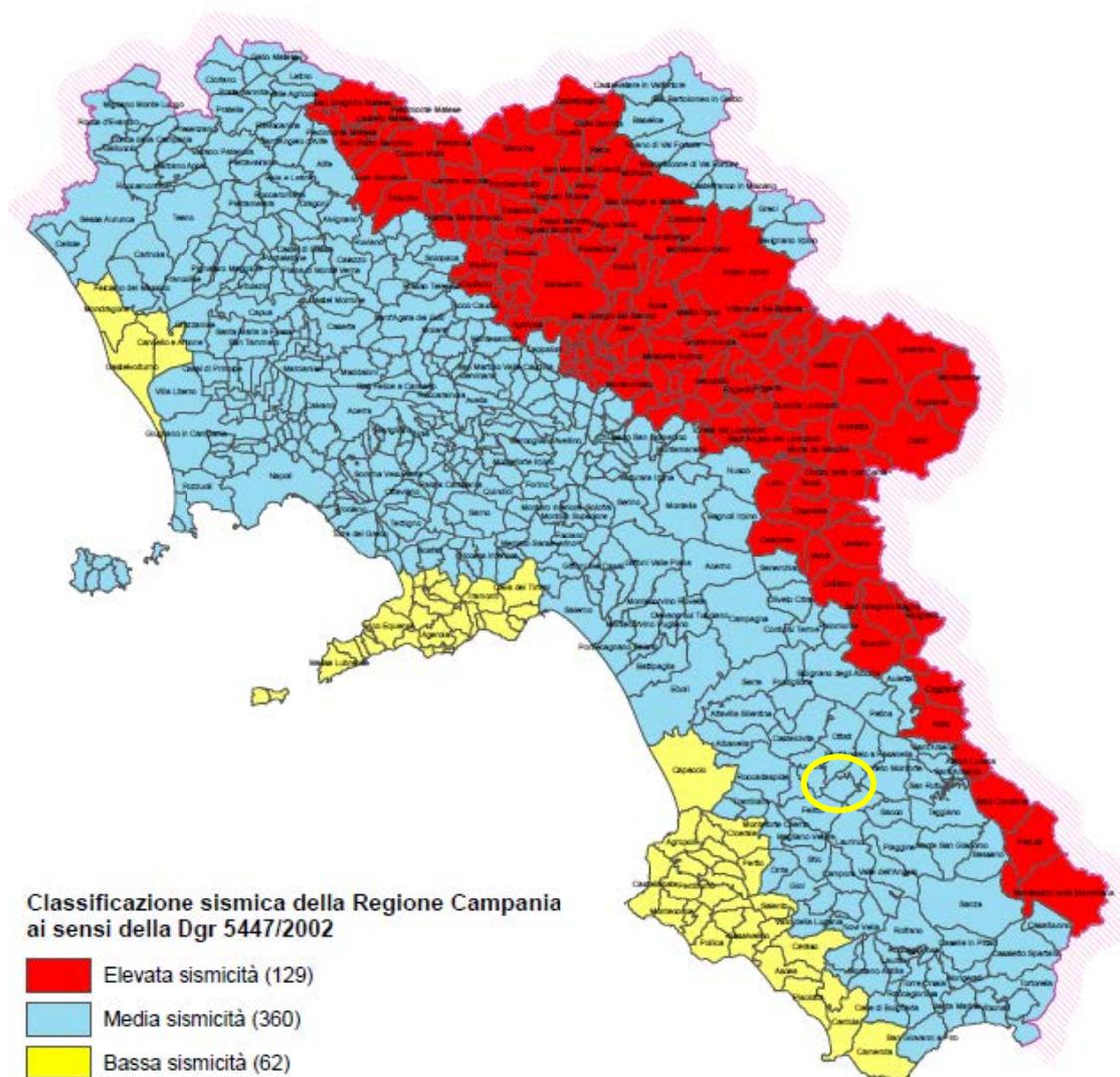
$$V_{s30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri 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 primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO SECONDO LA NUOVA NORMATIVA SISMICA ITALIANA O.P.C.M. N. 3274/2003 – NTC 14/01/2008		
Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30(m/s)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m	$V_{S30} > 800 \text{ m/s}$
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$360 \text{ m/s} < V_{S30} < 800 \text{ m/s}$
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	$180 \text{ m/s} < V_{S30} < 360 \text{ m/s}$
D	Depositi granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti	$V_{S30} < 180 \text{ m/s}$
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800 \text{ m/s}$	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto d'acqua	$V_{S30} < 100 \text{ m/s}$
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	

Classificazione dei suoli in base alla Vs30.

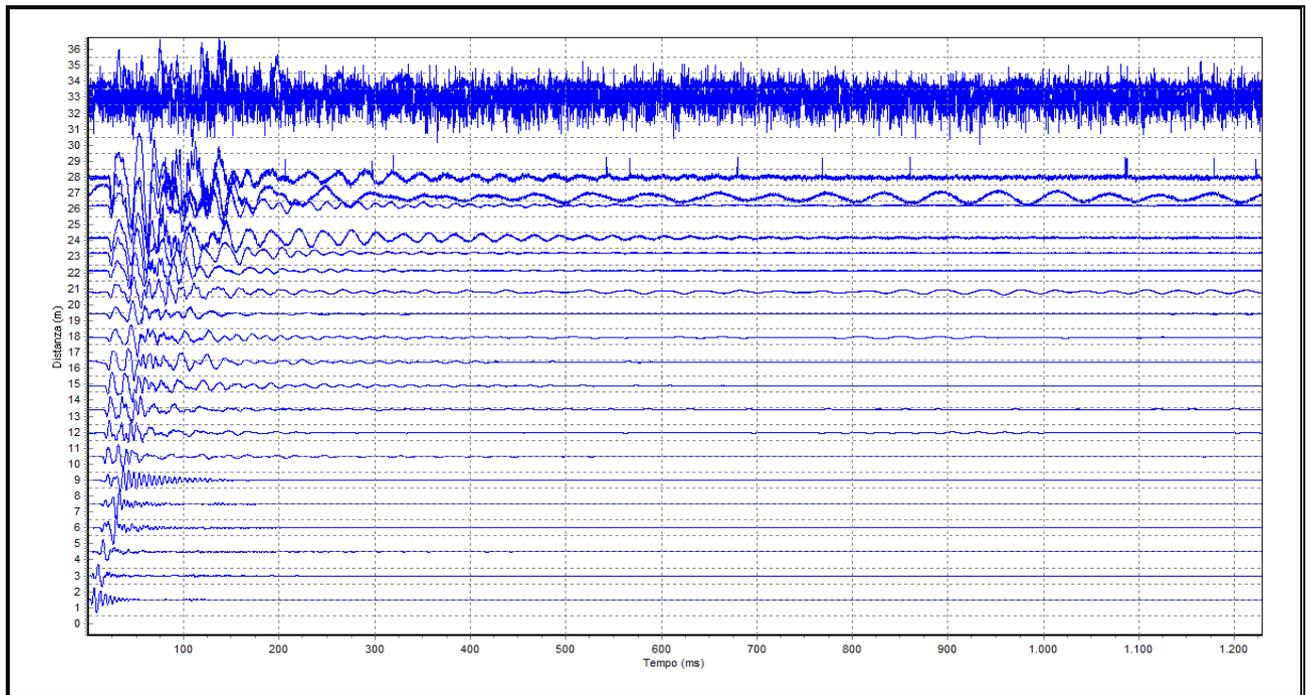
Il territorio comunale di Bellosguardo (SA), a seguito della riclassificazione sismica ai sensi del D.G.R. 5447/2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in Zona 2 - Media Sismicità



Classificazione sismica del 2002 dei comuni della regione Campania. Zona 1, valore di $ag=0.35g$; Zona 2, valore di $ag=0.25g$; Zona 3, valore di $ag=0.15g$.

profilo MASW n° 1

- numero geofoni: 24
- distanza dal punto (B) da (A) : 36 m
- distanza del primo geofono da (A): 2 m
- costante di inter. tra geofono: 1.5 m



Tracce sperimentali acquisite

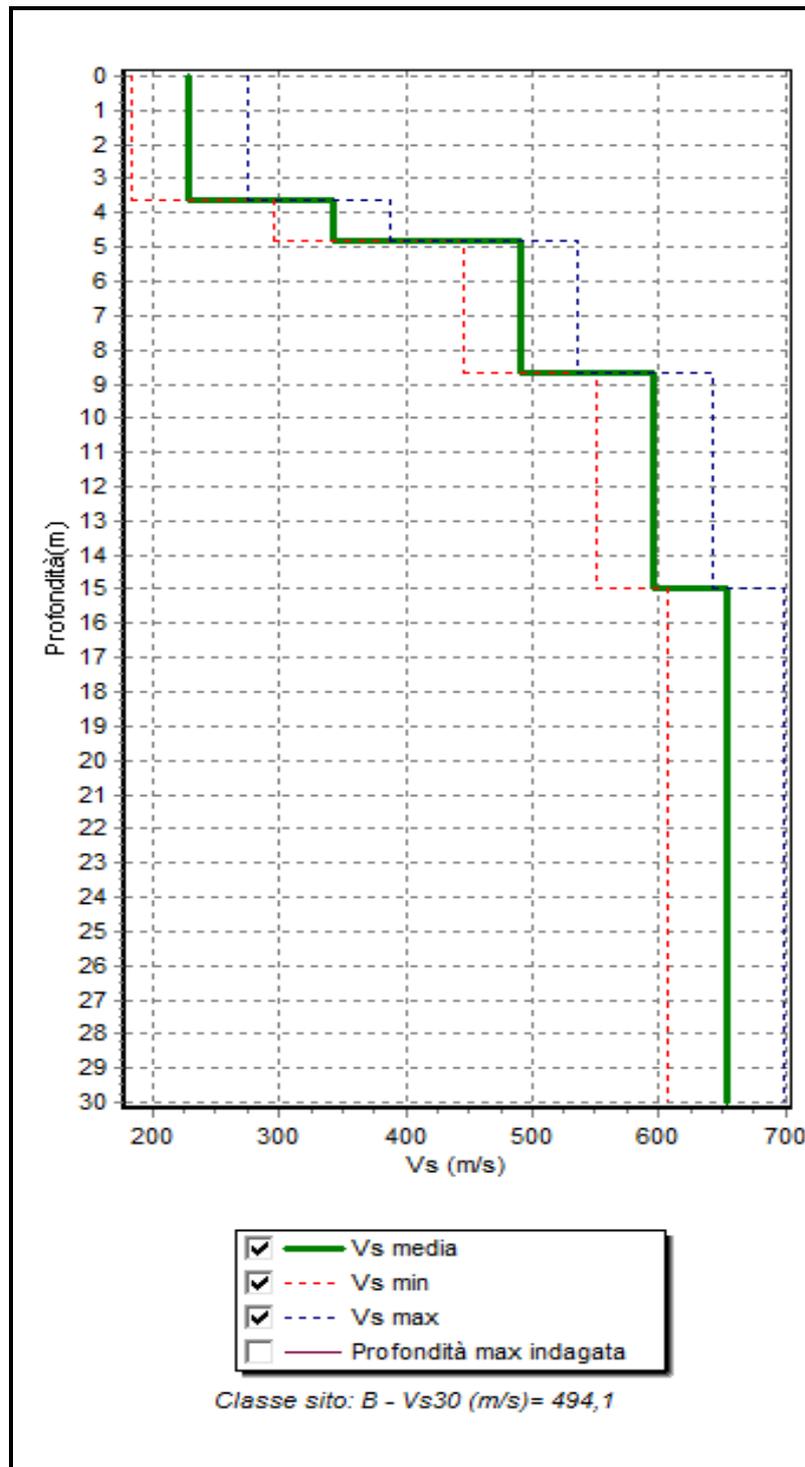
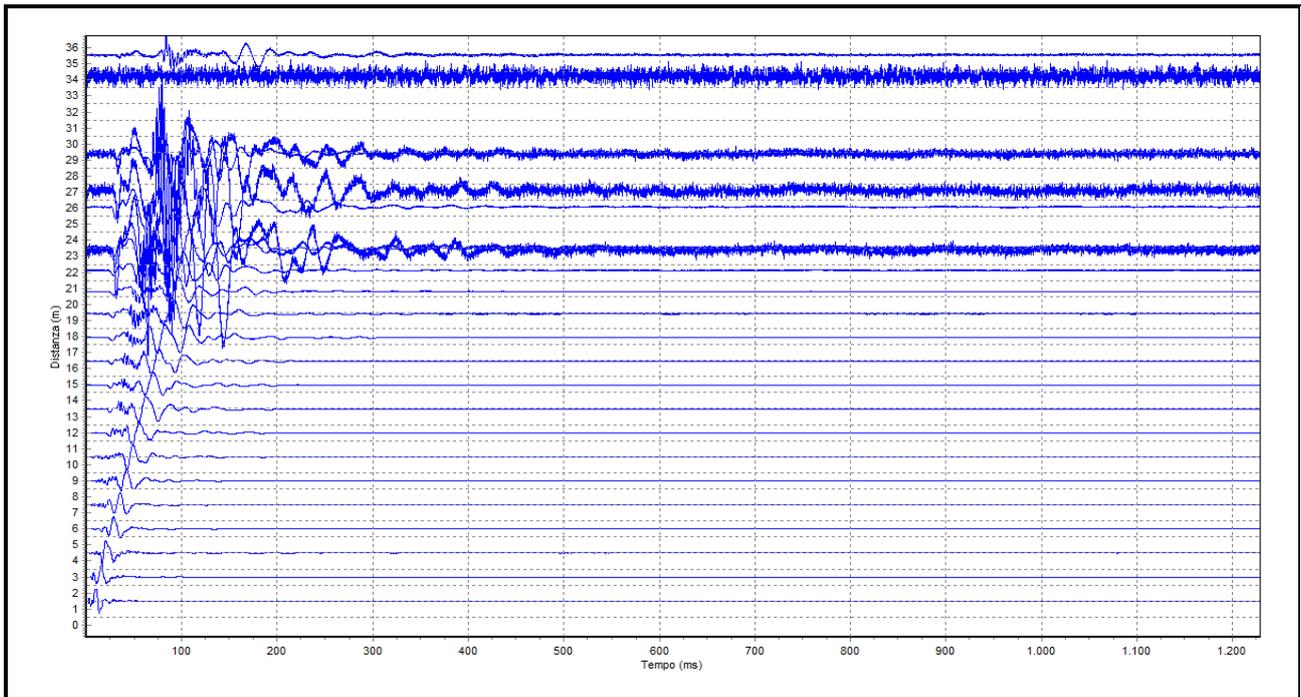


Diagramma profili-velocità e calcolo della Vs30 (m/s) riferito all'acquisizione geofisica eseguita

profilo MASW n° 2

- numero geofoni: 24
- distanza dal punto (B) da (A) : 36 m
- distanza del primo geofono da (A): 2 m
- costante di inter. tra geofono: 1.5 m



Tracce sperimentali acquisite

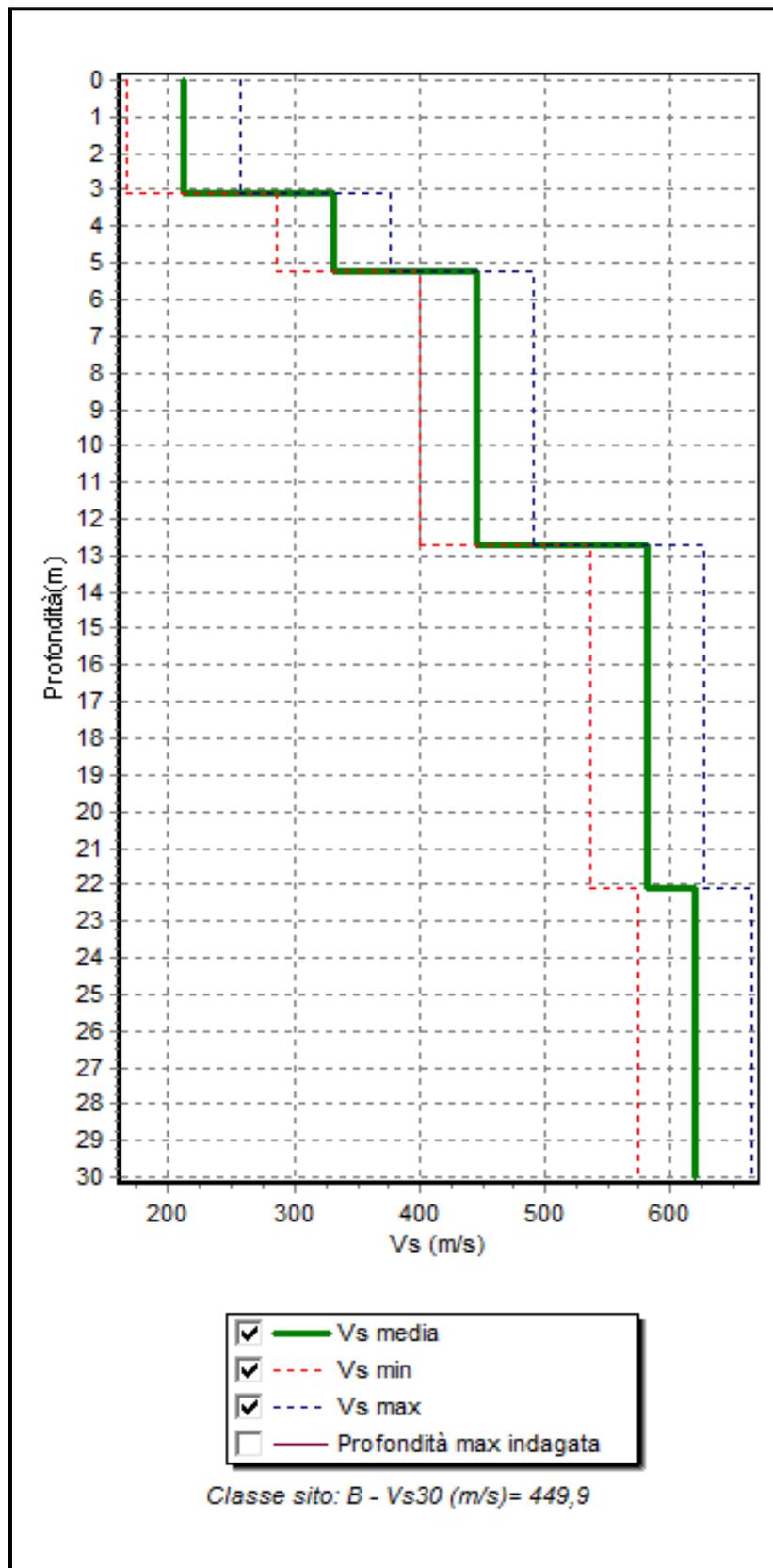
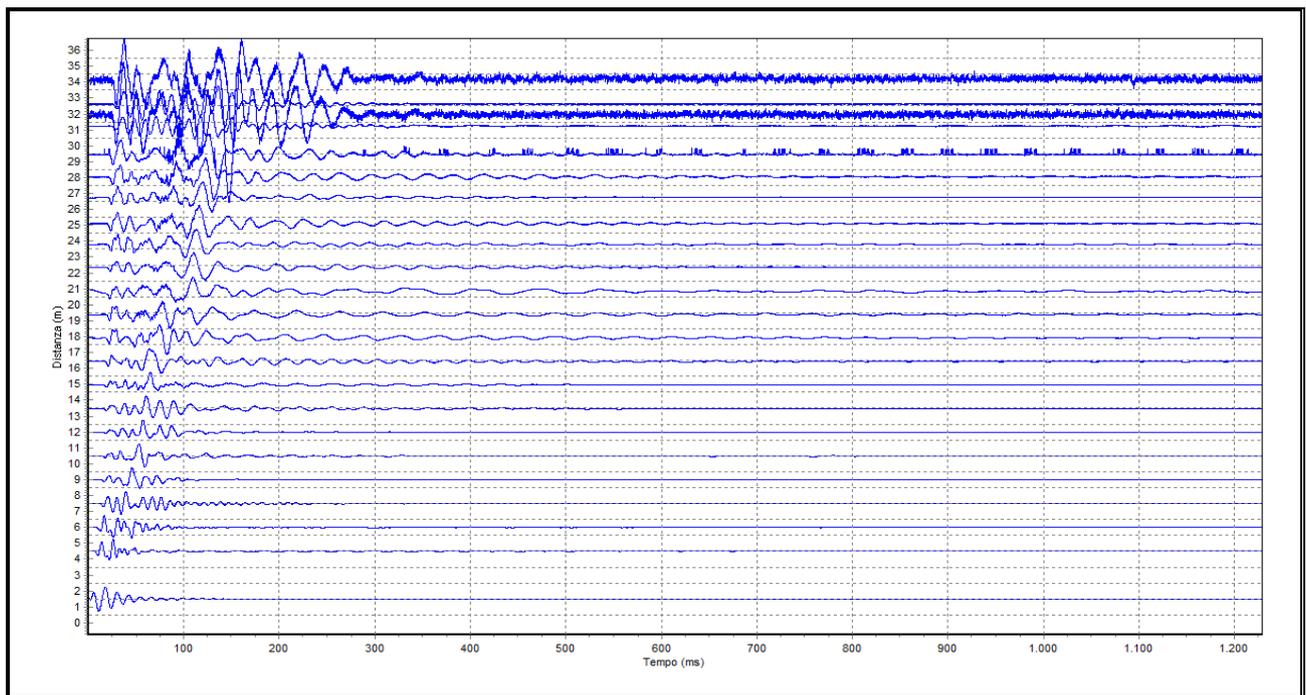


Diagramma profili-velocità e calcolo della Vs30 (m/s) riferito all'acquisizione geofisica eseguita

profilo MASW n° 3

- numero geofoni: 24
- distanza dal punto (B) da (A) : 36 m
- distanza del primo geofono da (A): 2 m
- costante di inter. tra geofono: 1.5 m



Tracce sperimentali acquisite

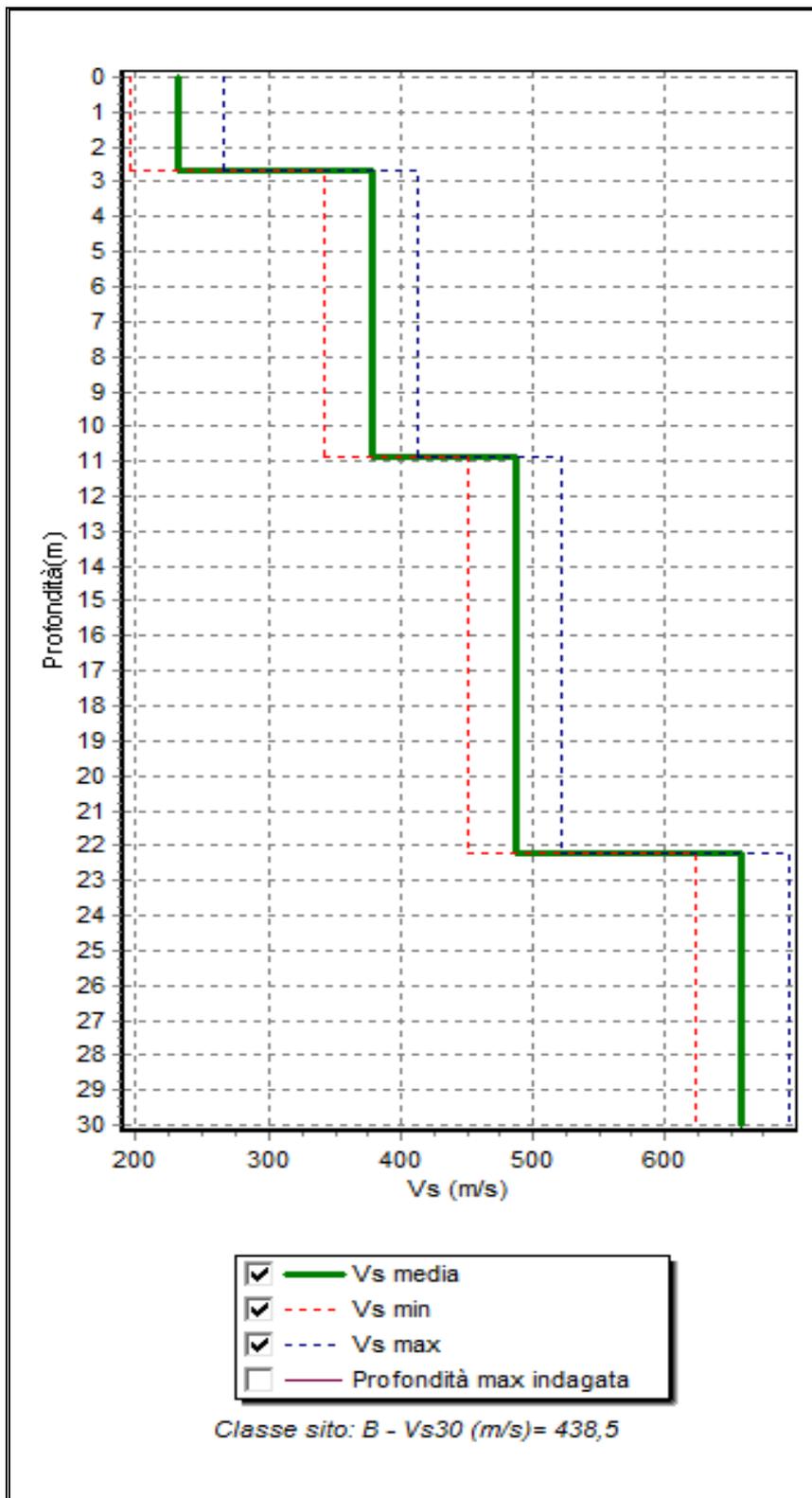
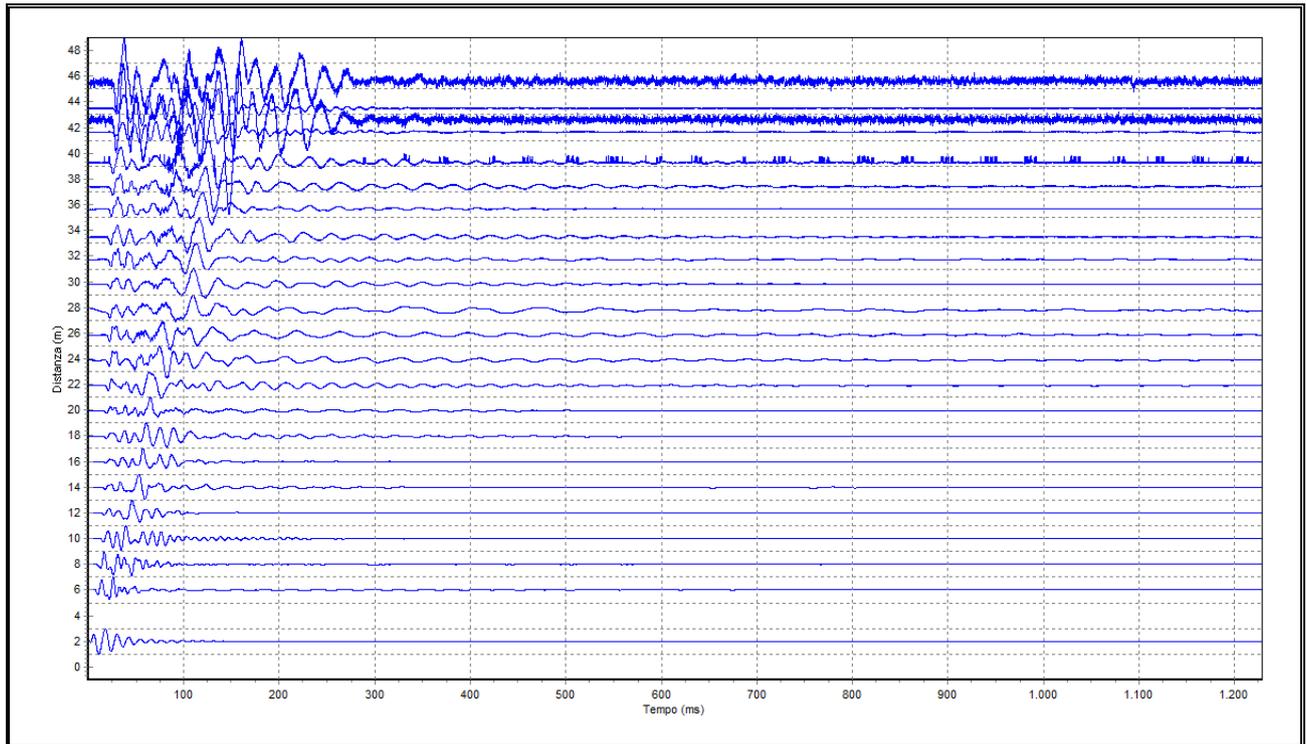


Diagramma profili-velocità e calcolo della Vs30 (m/s) riferito all'acquisizione geofisica eseguita

profilo MASW n° 4

- numero geofoni: 24
- distanza dal punto (B) da (A) : 48 m
- distanza del primo geofono da (A): 2 m
- costante di inter. tra geofono: 2 m



Tracce sperimentali acquisite

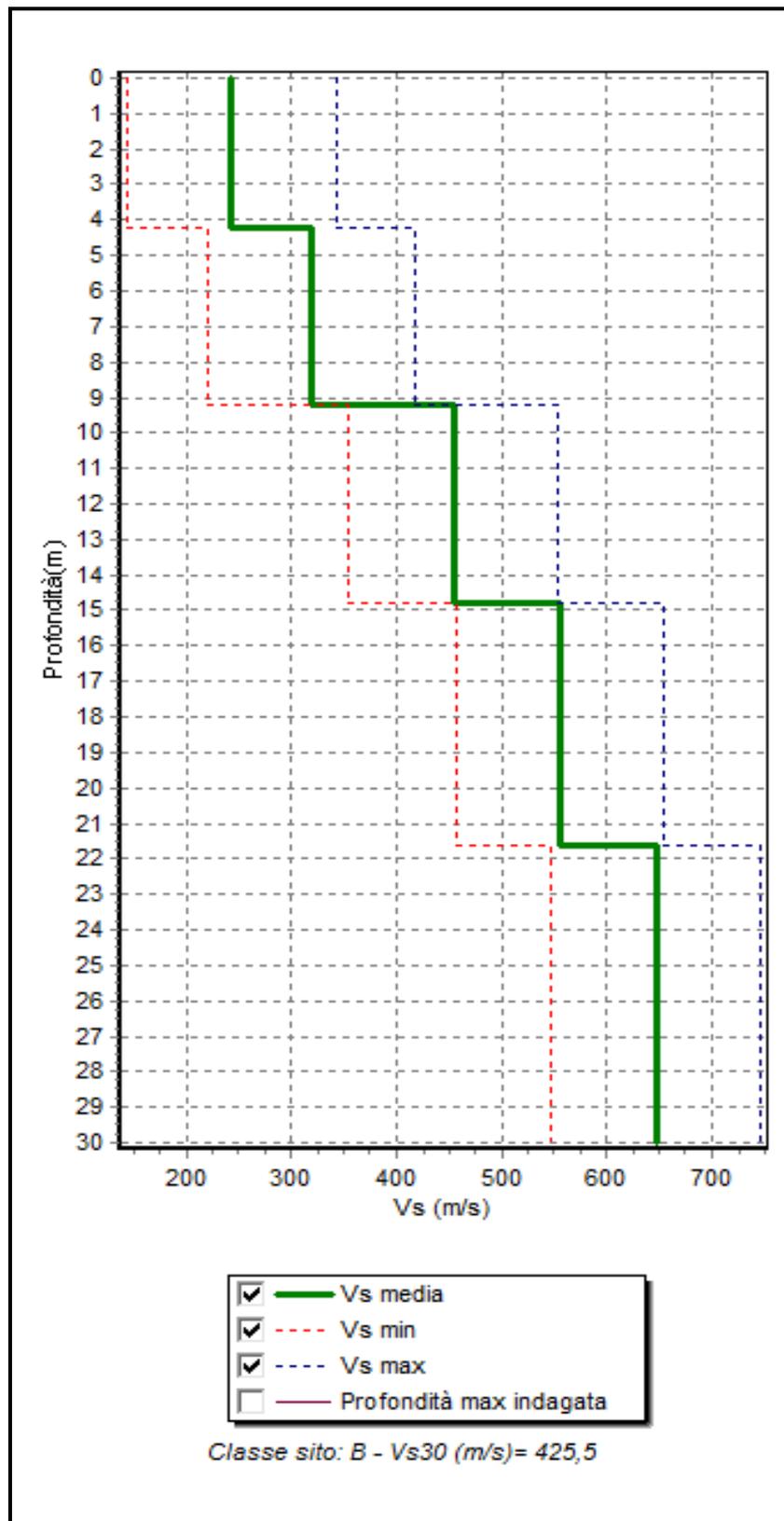
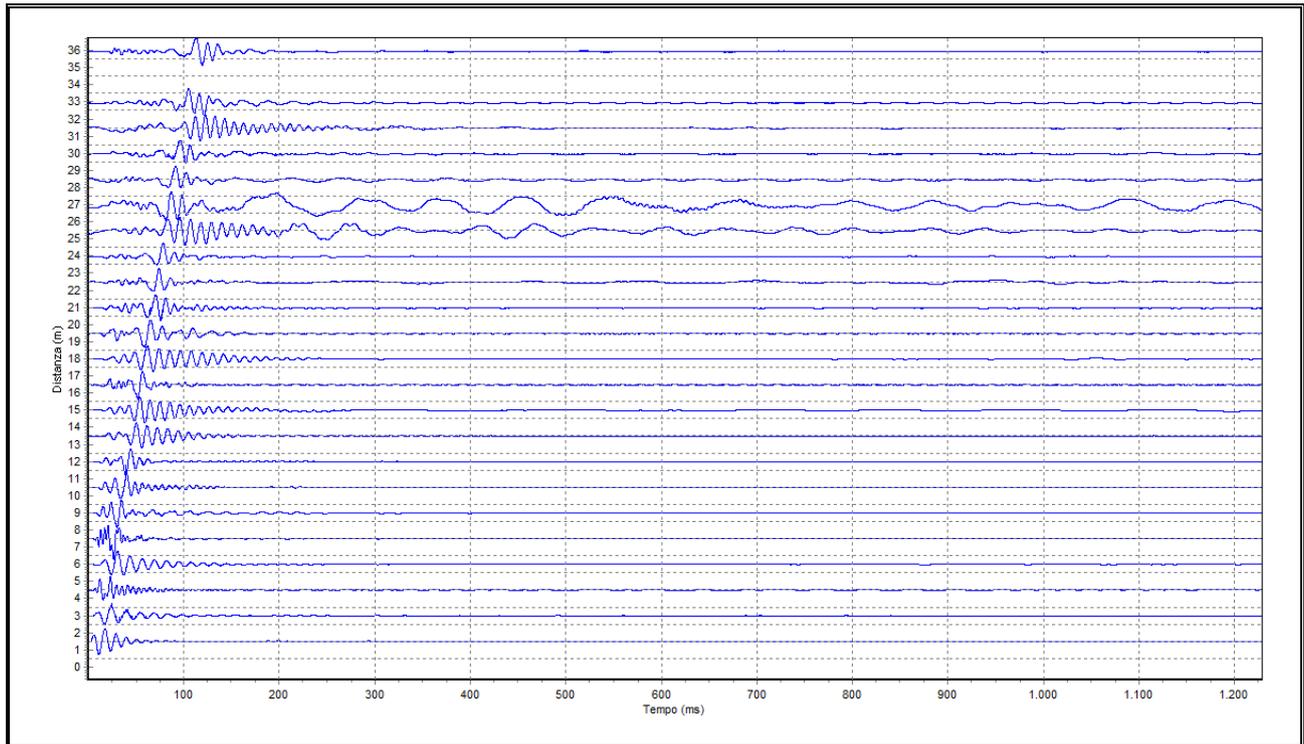


Diagramma profili-velocità e calcolo della Vs30 (m/s) riferito all'acquisizione geofisica eseguiti

profilo MASW n° 5

- numero geofoni: 24
- distanza dal punto (B) da (A) : 36 m
- distanza del primo geofono da (A): 2 m
- costante di inter. tra geofono: 1.5 m



Tracce sperimentali acquisite

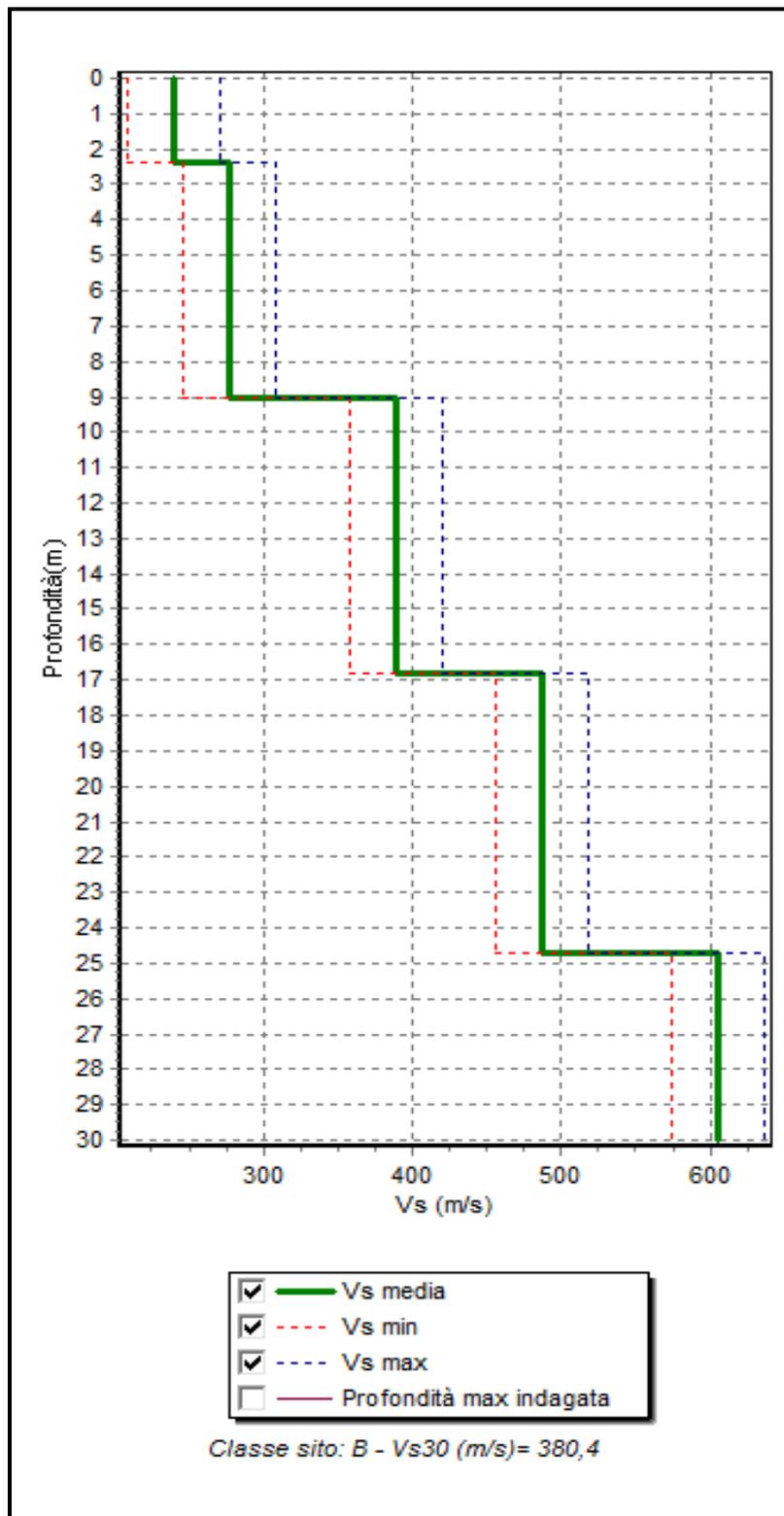
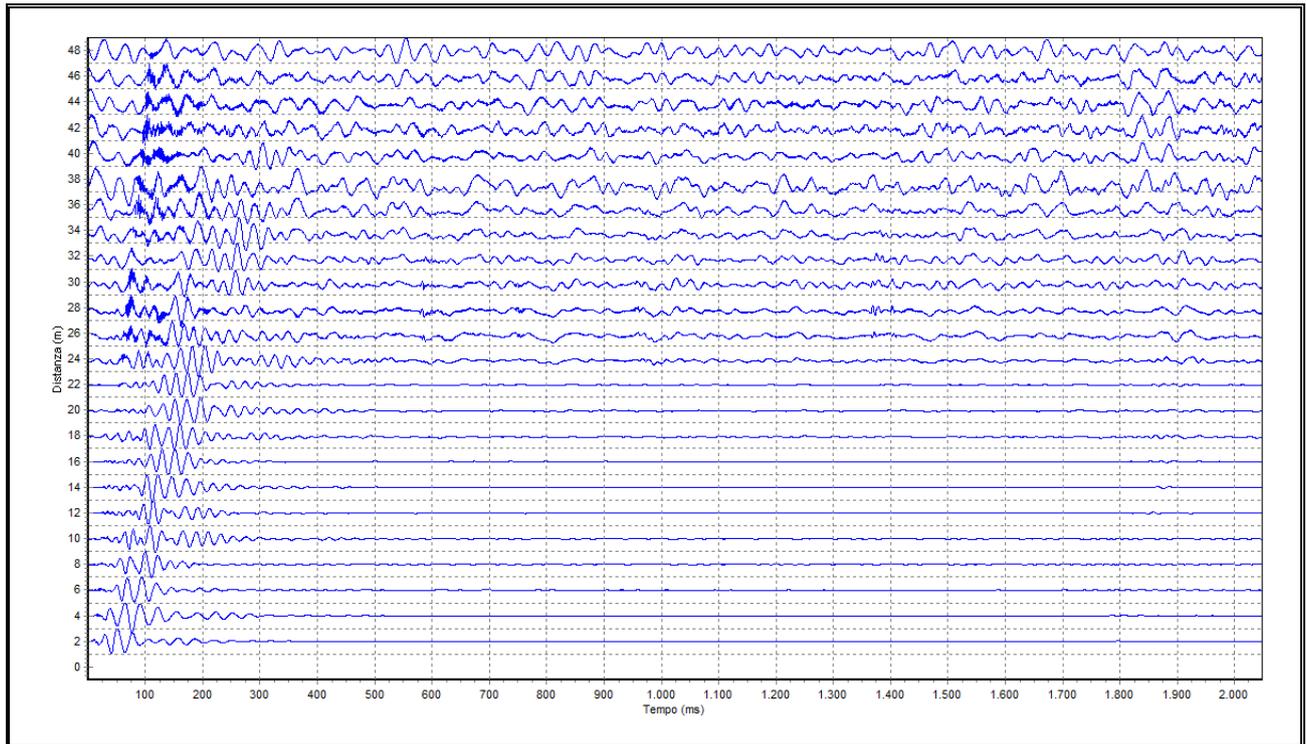


Diagramma profili-velocità e calcolo della Vs30 (m/s) riferito all'acquisizione geofisica eseguita

profilo MASW n° 6

- numero geofoni: 24
- distanza dal punto (B) da (A) : 48 m
- distanza del primo geofono da (A): 2 m
- costante di inter. tra geofono: 2 m



Tracce sperimentali acquisite

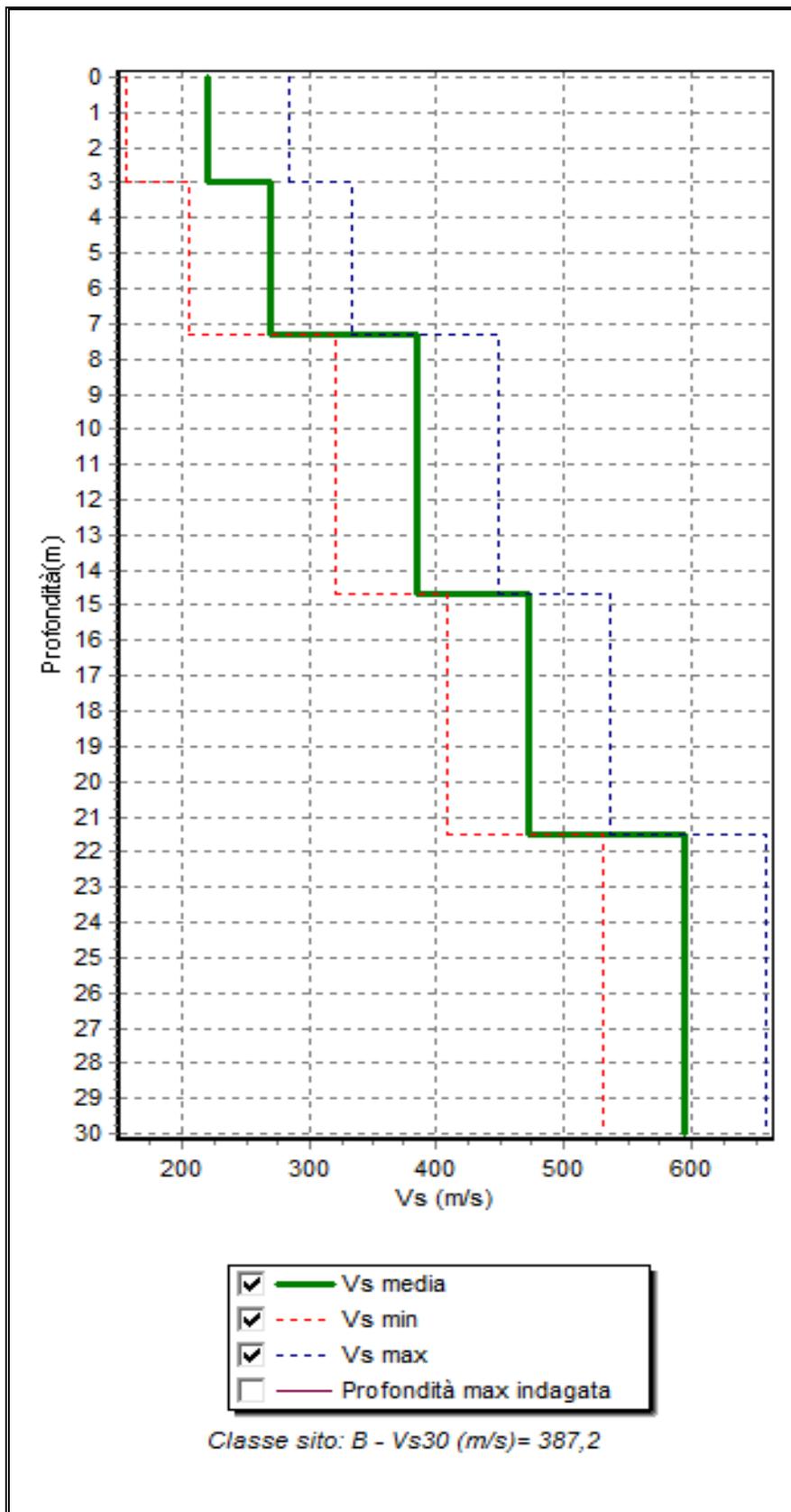


Diagramma profili-velocità e calcolo della Vs30 (m/s) riferito all'acquisizione geofisica eseguita

6.5 Analisi e prove di laboratorio

I terreni che appartengono alla successione calcareo-marnoso-argillosa sono caratterizzati da una notevole variabilità litologica e giaciturale sia in senso verticale che orizzontale, Tale variabilità determina un comportamento non ben definibile nell'insieme. Esso dipende da molteplici fattori legati soprattutto alle condizioni stratigrafico strutturale esistente nel sottosuolo ed al diverso comportamento della porzione litoide (rigida) rispetto a quella sottile (plastica) alle sollecitazioni meccaniche.

In tali condizioni è nota la difficoltà nel fornire dati sperimentali sufficientemente attendibili per la caratterizzazione geotecnica. Essa, pertanto, può solo essere eseguita considerando l'insieme dei terreni della successione presente nell'area ed attenendosi, per motivi di sicurezza, alle caratteristiche della porzione di litotipi più scadente.

La valutazione delle caratteristiche tecniche generali e la determinazione di alcuni parametri "indici" dei terreni può essere ritenuta sufficiente per ricavare i dati utili per la scelta ed il dimensionamento delle opere da realizzare.

A tale scopo si è proceduto nel corso delle indagini espletate nel 2006, ad analizzare in laboratorio i campioni prelevati dai sondaggi S1, S2, S3, S4, S5, S6 e S7 denominati:

SONDAGGIO	Sigla campione	Profondità
S1	S1C1	5,50 -6.00
S2	S2C1	5,20 -5,50
S3	S3C1	5,50 -6.00
S4	S4C1	5,00 – 5,50
S5	S5C1	5,50 – 6,00
S6	S6C1	6,00 – 6,50
S7	S7C1	4,00 – 4,50

Per i campioni di cui sopra sono stati determinati:

- analisi granulometrica;
- caratteristiche fisiche generali;
- contenuto d'acqua
- taglio diretto
- prove di compressione edometrica a fasi di carico

Analisi granulometrica

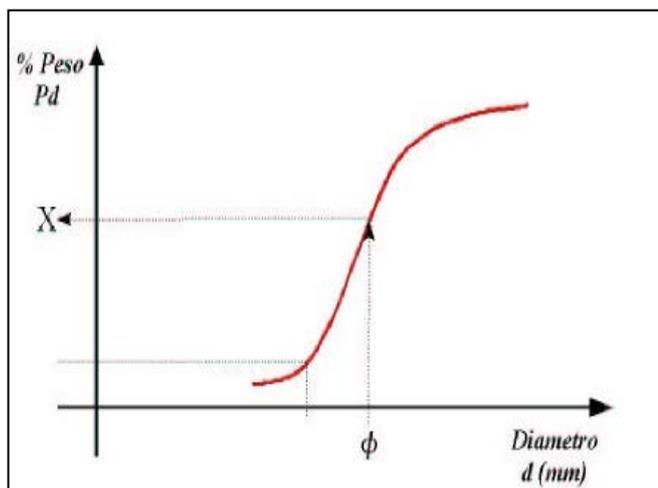
La suddetta prova è stata eseguita per definire la distribuzione dal punto di vista quantitativo delle particelle costituenti il campione di terreno in esame.

Il metodo utilizzato fa riferimento alla norma proposta dall'American Society for Testing and Materials - ASTM-. Essa consiste nel separare, mediante setacciatura meccanica il materiale in classi di dimensioni equivalenti. Il peso relativo a ciascuna classe, le cui particelle risultano passanti ad un determinato setaccio e trattenuto a quello successivo più fine, viene rapportato al peso secco complessivo dell'intera massa utilizzata per la prova.

I risultati vengono presentati con appositi diagramma in cui il diametro della maglia è riportato in ascissa ed il ordinata la percentuale in peso della quantità di materiale passante al medesimo setaccio.

La preparazione del materiale da sottoporre a prova è stata effettuata per via umida in modo da separare la particella di sabbia, limo e argilla; tale separazione viene realizzata mediante il setaccio n° 200 ASTM, il cui diametro della maglia risulta di 0.075 mm.

Definiamo la distribuzione delle dimensioni di una terra all'interno di un certo



volume. Queste dimensioni sono molto variabili.

Sulle ascisse riportiamo il diametro d , mentre sulle ordinate riportiamo Pd cioè la percentuale in peso che possiede un diametro indicato.

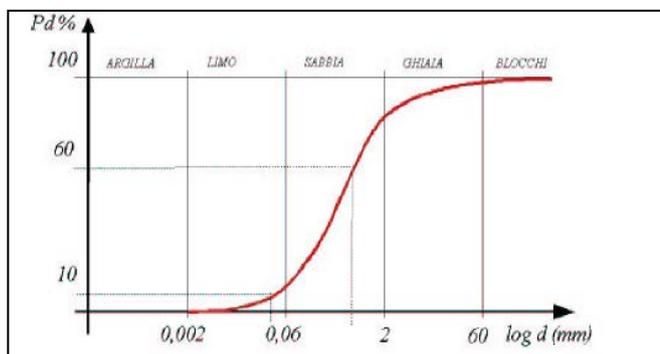
Per essere più precisi dobbiamo dire che si tratta di una CURVA CUMULATIVA cioè tutte le particelle

che hanno un diametro minore del valore ϕ sono presenti nella percentuale di peso X .

Se diamo una definizione dei grani in base alle dimensioni e non alla composizione mineralogica allora ci serviamo di quanto segue:

ARGILLA	<	0,002mm	
0,002mm	<	LIMO	< 0,06mm
0,06mm	<	SABBIA	< 2mm
2mm	<	GHIAIA	< 60mm
60mm	<	BLOCCHI	

Un materiale può contenere tutte le dimensioni che abbiamo indicato sopra, a seconda delle proporzioni i terreni sono dunque caratterizzati da una notevole variabilità.



La composizione granulometrica viene rappresentata in un grafico. Sulle ascisse riporta in scala logaritmica la dimensione d per rendere rappresentabili le dimensioni minori. Sulle ordinate troviamo P_d , la massa o il peso della frazione granulometrica con diametro minore a d .

Per identificare un materiale di cui eseguiamo l'analisi granulometrica utilizziamo la seguente procedura:

I nome: La frazione granulometrica di maggior diametro da il nome all'aggregato.

II nome: Quando il II materiale ha una percentuale in peso tra 50%-25% diciamo CON per unire i due nomi.

III nome: Utilizziamo il suffisso OSO se la percentuale in peso della frazione successiva è tra 25%-10%.

IV nome: Utilizziamo la particella DEBOLMENTE se la percentuale della frazione successiva è tra 10%-5%.

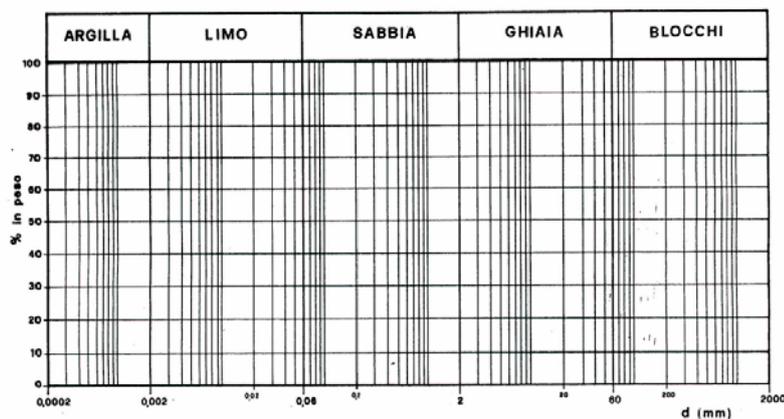


TABELLA RIASSUNTIVA DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE

CAMPIONE	DENOMINAZIONE (AGI)
S1C1	Ghiaia sabbiosa debolmente limo-argillosa
S2C1	Ghiaia sabbiosa debolmente limo-argillosa
S3C1	Argilla limo-sabbiosa debolmente ghiaiosa
S4C1	Argilla limo-sabbiosa debolmente ghiaiosa
S5C1	Argilla con limo debolmente sabbiosa
S6C1	Argilla con limo e ghiaia debolmente sabbiosa
S7C1	Argilla sabbiosa limosa debolmente ghiaiosa

Determinazione delle caratteristiche fisiche generali

Facendo riferimento al metodo di prova stabilito dalla norma ASTM, sono state effettuate le seguenti prove su tutti i campioni in esame:

- peso specifico dei grani g/cmc
- peso dell'unità di volume g/cmc
- contenuto d'acqua %
- peso di volume secco g/cmc
- indice dei vuoti (e)
- porosità (n)
- grado di saturazione (Sr)

Determinazione del contenuto d'acqua

Dal punto di vista operativo la determinazione del contenuto d'acqua w in un campione di terreno umido viene fatta attraverso delle misure successive di peso. Indichiamo con W_c il peso del contenitore del terreno usato per l'esperimento. Il campione di terreno umido viene sistemato nel contenitore ed il tutto viene pesato W_1 (peso umido). Successivamente il campione viene sottoposto ad essiccazione ed alla fine del processo viene nuovamente pesato W_2 (peso secco). A questo punto si può procedere con la definizione di contenuto d'acqua w :

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

da cui si ricava che:

$$w = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_c}$$

Determinazione dell'indice dei vuoti e :

L'indice dei vuoti caratterizza il grado di addensamento di un terreno; è un parametro di grande importanza. L'indice dei vuoti può essere calcolato adottando la definizione:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

che con opportuni passaggi può essere espressa in funzione del peso specifico delle particelle del volume totale e del peso secco.

porosità n :

è definita come il rapporto tra il volume dei vuoti, dato dalla somma

$$V_v = V_g + V_w$$

e il volume totale V .

$$n = \frac{V_v}{V}$$

GRADO DI SATURAZIONE S: è dato dal rapporto tra il volume occupato dall'acqua V_w e il volume dei vuoti V_v .

$$S = \frac{V_w}{V_v}$$

Il valore di S è compreso tra 0 e 1; per $S=0$ abbiamo un terreno secco, mentre per $S=1$ abbiamo un terreno saturo.

CONTENUTO D'ACQUA w: viene definito come il rapporto tra il peso dell'acqua W_w e quello della fase solida W_s

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

Allo stesso modo possono essere date altre definizioni di altre caratteristiche del terreno.

PESO SPECIFICO TOTALE γ : $\gamma = \frac{W}{V}$

PESO SPECIFICO DELLA PARTE SOLIDA γ_s : $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$

PESO SPECIFICO DELL'ACQUA γ_w :

PESO SPECIFICO DEL TERRENO SECCO γ_d : $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

PESO SPECIFICO TOTALE RIFERITO ALL'ACQUA G: $G = \frac{\gamma}{\gamma_w}$

PESO SPECIFICO TOTALE DEI GRANI RIFERITO ALL'ACQUA G_s : $G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$

In merito alle caratteristiche fisiche generali si rimanda alla tabella sottostante

S1C1:

peso specifico dei grani	(G)	2,70	g/cmc
peso dell'unità di volume	n	2,07	g/cmc
contenuto d'acqua naturale	w)	16,65	%
peso di volume secco	Y d	1,77	g/cmc
peso di volume saturo	Ysat	2,12	g/cmc
peso di volume sommerso	Y'	1,12	g/cmc
indice dei vuoti	(e)	0.52	
porosità	(n)	34,30	%
grado di saturazione	(Sr)	86,30	%

S2C1:

peso specifico dei grani	(G)	2,70	g/cmc
peso dell'unità di volume	n	1,98	g/cmc
contenuto d'acqua naturale	(w)	16,60	%
peso di volume secco	Yd	1,70	g/cmc
peso di volume saturo	Ysat	2,07	g/cmc
peso di volume sommerso	Y'	1,07	g/cmc
indice dei vuoti	(e)	0.58	
porosità	(n)	37,05	%
grado di saturazione	(Sr)	76,29	%

S3C1:

peso specifico dei grani	(G)	2,71	g/cmc
peso dell'unità di volume	n	2,05	g/cmc
contenuto d'acqua naturale	(w)	15,31	%
peso di volume secco	Yd	1,77	g/cmc
peso di volume saturo	Ysat	2,12	g/cmc
peso di volume sommerso	Y'	1,12	g/cmc
indice dei vuoti	(e)	0,52	
porosità	(n)	34,43	%
grado di saturazione	(Sr)	79,15	%

S4C1:

peso specifico dei grani	(G)	2,70	g/cmc
peso dell'unità di volume	n	1,97	g/cmc
contenuto d'acqua naturale	(w)	16,28	%
peso di volume secco	Yd	1,70	g/cmc
peso di volume saturo	Ysat	2,07	g/cmc
peso di volume sommerso	Y'	1,07	g/cmc
indice dei vuoti	(e)	0,59	
porosità	(n)	37,24	%
grado di saturazione	(Sr)	74,33	%

S5C1:

peso specifico dei grani	(G)	2,71	g/cmc
peso dell'unità di volume	n	1,81	g/cmc
contenuto d'acqua naturale	(w)	34,48	%
peso di volume secco	Yd	1,35	g/cmc
peso di volume saturo	Ysat	1,85	g/cmc
peso di volume sommerso	Y'	0,85	g/cmc
indice dei vuoti	(e)	1,00	
porosità	(n)	50,16	%
grado di saturazione	(Sr)	92,97	%

S6C1:

peso specifico dei grani	(G)	2,70	g/cmc
peso dell'unità di volume	n	1,94	g/cmc
contenuto d'acqua naturale	(w)	25,54	%
peso di volume secco	Yd	1,54	g/cmc
peso di volume saturo	Ysat	1,97	g/cmc
peso di volume sommerso	Y'	0,97	g/cmc
indice dei vuoti	(e)	0,74	
porosità	(n)	42,71	%
grado di saturazione	(Sr)	92,69	%

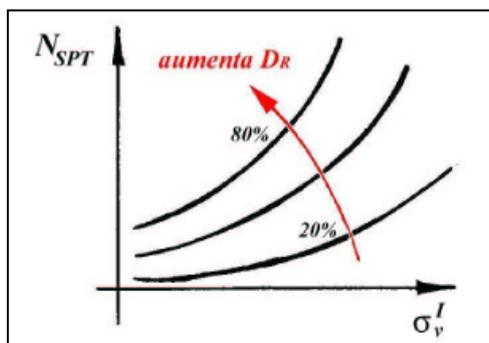
S7C1:

peso specifico dei grani	(G)	2,71	g/cmc
peso dell'unità di volume	n	1,91	g/cmc
contenuto d'acqua naturale	(w)	9,57	%
peso di volume secco	Yd	1,74	g/cmc

peso di volume saturo	Ysat	2,10	g/cmc
peso di volume sommerso	Y'	1,10	g/cmc
indice dei vuoti	(e)	0,55	
porosità	(n)	35,62	%
grado di saturazione	(Sr)	47,00	%

Prova S.P.T.

Questa prova, eseguita con un penetrometro standard secondo le modalità dell'A.S.T.M., ha consentito di ottenere una valutazione sullo stato di addensamento dei terreni. A tal fine, dopo aver pulito il foro del sondaggio è stato posto alla base di questo un'asta con punta conica chiusa. Tramite un maglio di 63 Kg che cade da 72 cm (volata costante) tale punta viene infissa nel terreno per tre tratti consecutivi avendo cura di contare il numero dei colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto. L'indice misurato viene indicato con il simbolo NSPT e rappresenta il numero di colpi per la penetrazione dei secondi e terzi 15cm. Il valore, dati dal numero dei colpi relativi all'avanzamento della punta, è preso in esame per la correlazione prevista in bibliografia ufficiale e riportati nella relativa



colonna stratigrafica.

Questa prova si definisce dinamica riferendosi alla modalità di applicazione dei carichi, si ha che l'utensile di prova avanza nel terreno sotto i colpi di un maglio. Il penetrometro è a parete grossa e presenta il bordo sagomato a tagliente ed un

diametro interno di 38mm.

Dopo avere valutato, σ_{lv} e rilevato NSPT posso calcolare DR e quindi l'angolo di attrito.

Questo grafico mette in relazione l'indice di penetrazione NSPT e la tensione efficace, σ_{lv} in funzione della densità relativa DR per diverse tipologie di terreni.

Esistono però anche dei grafici che permettono di ricavare direttamente l'angolo di attrito dalla resistenza alla penetrazione.

I risultati sono riportati nell'allegata tabella ed i dati ottenuti hanno permesso la determinazione del grado di addensamento dei terreni investigati.

Utilizzando lo schema proposto da Terzaghi – Peck sulla valutazione del grado di addensamento dei terreni mediante prova S.T.P., i dati su riportati vanno a cadere tra i materiali con una densità relativa (D_r) variabile da mediamente addensati a molto densi.

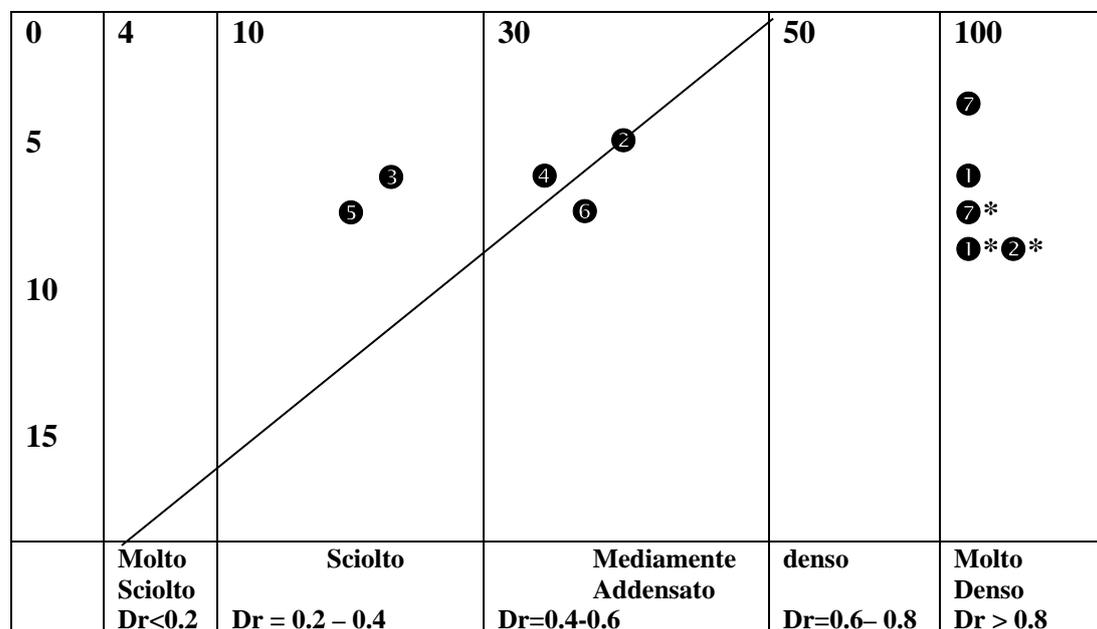
Durante l'esecuzione dei carotaggi continui a diverse profondità e per entrambi i sondaggi sono state eseguite delle prove S.P.T. i cui dati sono di seguito riportati:

TABELLA DATI S.P.T.

Sondaggio	Profondità (in metri)	Numero dei colpi
S1 ①	6,50	50, rifiuto
①*	8,50	47, rifiuto
S2 ②	5,50	51, 48, 37
②*	8,00	53, rifiuto
S3 ③	6,00	17, 18, 23
S4 ④	5,50	16, 27, 32
S5 ⑤	6,00	6, 14, 18
S6 ⑥	6,50	17, 22, 35
S7 ⑦	4,50	42, 55, rifiuto
⑦*	7,50	54, rifiuto

come già detto sulla base di questi valori è possibile definire il grado di addensamento dei terreni utilizzando il grafico Terzaghi – Peck .

Valutazione del grado di addensamento tramite S.P.T. -(Terzaghi -Peck)



LEGENDA
 -----N.S.P.T - ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

Come si vede dal grafico su esposto si tratta di terreni che nella parte alta risultano poco addensati o sciolti, solo nei livelli più profondi a partire dagli 8.00 – 10.00 metri i terreni diventano mediamente più addensati.

Prova di resistenza al taglio

La caratteristica fondamentale della prova di taglio diretto consiste nel fatto che la rottura viene raggiunta nel provino provocando un taglio secondo un piano prestabilito. La più eseguita è quella con "l'apparecchio di Casagrande" costituito da due telai quadrati sovrapposti di cui uno scorrevole rispetto all'altro. Il campione è contenuto in questi due telai e, attraverso il telaio superiore si applica uno sforzo di compressione (V) ed uno sforzo orizzontale (T). La terra si rompe per un valore di V secondo uno sforzo orizzontale T. Ripetendo la prova per vari campioni con diversi valori di V e T si ricavano valori di rottura attraverso i quali si ricavano successivamente i valori della coesione e dell'angolo di attrito interno del terreno. La prova viene condotta generalmente a velocità di deformazione controllata.

I dati ottenuti per la prova vengono riportati in seguito su appositi diagrammi dai quali sono stati ricavati il valore dell'angolo di attrito interno e la coesione.

		CAMPIONI						
		S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S5C1	S6C1	S7C1
Angolo di attrito interno	Φ DEG	26°,32	25°,23	27°57	26°14	26°14	27°44	25°,35
coesione	c' Kg/cmq	0,21	0,25	0,21	0,28	0,26	0,22	0,31

Prova edometrica

La prova edometrica consiste nell'introdurre il campione di terreno in un anello e sulla faccia superiore si applica un carico mediante una piastra rigida, il suo abbassamento è misurato da un estensimetro. Quando nel campione è presente dell'acqua si utilizzano due dischi porosi atti a consentirne la sua fuoriuscita. I risultati della prova vengono indicati in un diagramma che riporta sulle ordinate l'indice dei vuoti (e) in scala naturale e sulle ascisse la pressione (p). La velocità di applicazione del carico e la variazione di volume portano alla determinazione di alcuni parametri utili nel calcolo dell'assestamento della struttura situata al di sopra.

Di seguito, in allegato n° 4, si riportano i risultati delle prove edometrica effettuate su ciascun campione.

6.6 Strumenti di misurazione

PIEZOMETRI - I piezometri sono sistemi che consentono la misura dei valori della pressione dell'acqua contenuta nei vuoti del terreno (pressione neutra). I piezometri comunemente utilizzati sono costituiti da tubi fenestrati e da celle porose collocati entro fori di sondaggio che consentono all'acqua di formazione di risalire entro tubazioni cieche sino a mettersi in equilibrio con la pressione esterna. La misura viene eseguita calando un sondino dotato di punta sensibile (freatimetro) e rilevando il livello piezometrico mediante avvisatori ottici e acustici. Altri tipi di piezometri, studiati appositamente per terreni a bassissima permeabilità, utilizzano membrane deformabili protette da filtri, collegate a trasduttori elettrici o pneumatici. Il PIEZOMETRO A TUBO APERTO è il tipo più semplice di piezometro ed è costituito da un tubo, generalmente in materiale plastico e di diametro tale da permettere il passaggio del puntale del freatimetro, posto in un foro di sondaggio.

Il tubo è caratterizzato da un tratto filtrante, protetto da una calza in geotessile, che deve essere posto in corrispondenza alla zona di misura, e da tratti ciechi posti nelle zone ove non si prevedono o non si desiderano ingressi di acqua. I tratti filtranti devono essere circondati da un filtro in sabbia o ghiaino e protetti, soprattutto superiormente, da "tamponi" impermeabili contro l'ingresso di acqua in discesa o risalita lungo la superficie esterna del tubo. Il piezometro a tubo aperto, in funzione del diametro impiegato, necessita, per mettersi in equilibrio con la pressione neutra, di consistenti afflussi e deflussi d'acqua; per questo motivo si tratta di un strumento che trova il suo campo di applicazione ideale negli studi che riguardano i terreni permeabili e molto permeabili ($K > 10^{-3}$ cm/s).

TABELLA DEL LIVELLO DELLA FALDA

Rilevato a luglio 2006		FALDA						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Profondità dal piano campagna	metri	12,83	12,25	13,21	8,05	1,95	4,70	12,50

7. CARTOGRAFIA TEMATICA DEL TERRITORIO COMUNALE ai sensi della L.R. 9/83 – L.R. 35/87 - L.R. 16/04

Gli elaborati geologici a supporto del Piano Urbanistico Comunale, hanno previsto la redazione di una serie di cartografie tematiche specifiche, la cui base cartografica presa di riferimento è stata quella del CTR (Carta Tecnica Regionale).

Gli elaborati prodotti ed allegati alla presente relazione geologica, sono stati redatti alla scala 1:5000 ai sensi della normativa in materia (L.R. 9/83, L.R. 35/87, L.R. 16/04).

La visualizzazione grafica delle componenti fisiche del territorio, rappresentano una importante chiave di lettura delle condizioni geologiche, morfologiche, idrogeologiche, sismiche e tecnico-applicative in generale, tale da consentire ad esperti di altre discipline di sviluppare scelte razionali del governo del territorio.

Pertanto, al fine di facilitare la lettura delle tavole tematiche, si è provveduto ad una opportuna numerazione:

- ❖ **Tavola I - Carta Geologico Tecnica C.G.T.;**
- ❖ **Tavole II - Carta della Stabilità;**
- ❖ **Tavole III - Carta Idrogeologica;**
- ❖ **Tavole IV - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica M.O.P.S.**
- ❖ **Tavola V – Carta Ubicazione Indagini;**

Va precisato che per i futuri interventi, da realizzare nelle porzioni di territorio cartografate a rischio e pericolosità frana e/o idraulica da parte dell'AdB Campania Sud, sono da applicare le Norme di Attuazione e le relative prescrizioni.

7.1 Tavola I- Carta Geologico Tecnica – C.G.T.

In questo elaborato sono stati rappresentati i terreni in base alle loro caratteristiche geologiche, litologiche e giaciture. A queste, si sono aggiunte le caratteristiche strutturali dedotte dall'analisi geologica di superficie e dall'aerofotointerpretazione.

A partire dai terreni più recenti sino ai più antichi, si sono distinte le seguenti

Unità litologiche:

GMpi alluvioni recenti ed attuali costituite da ghiaie grossolane e sottili intercalate con depositi lentiformi di sabbie e limi. Affiorano lungo il corso d'acqua del torrente "Ripiti" e "Fasanella" e nei terrazzi alluvionali adiacenti, all'estremo bordo occidentale ed orientale dell'area comunale.

ALS La porzione litoide (f.1) è caratterizzata dalla presenza di calcari marnosi più o meno tettonizzati, di colore da grigio scuro a giallo brunastro, marne rosso mattone e marne giallo grigiastre con impregnazione di manganese che rappresentano i litotipi predominanti che si alternano ad argille grigiastre e/o grigio rossastre scagliose. Le litologie più sottili sono rappresentate da argille, argille limose ed, in subordine, marne sottilmente scagliettate, dette "fogliarine" con evidenti superfici traslucide da tettonizzazione. Le marne sono mediamente cementate per azione chimico - fisica post-diagenetica ad opera degli agenti esogeni. Si caratterizza per una notevole eterogeneità litologica e per le condizioni di giacitura molto disturbate, in questa porzione prevale la parte litoide. Affiorano su tutto il territorio comunale e caratterizza la parte alta del rilievo di Bellosguardo ove è ubicato il centro urbano.

CO La porzione argillosa (f.2) è caratterizzata dalla presenza abbondante di argille, argille limose grigio azzurrastre la cui caratteristica peculiare è rappresentata dal fatto che si rinvengono con diverse sfumature cromatiche varianti complessivamente tra il rossastro ed il giallastro. Si possono rinvenire litotipi prevalentemente argilloso - limosi a fiamme rosso e verde, estremamente tettonizzati ed in parte scompaginati. Sempre nell'f.1, invece, scarsa è la presenza calcari marnosi più o meno

tettonizzati, di colore da grigio scuro a giallo brunastro, marne rosso mattone e marne giallo grigiastre con impregnazione di manganese che si alternano ad argille grigiastre e/o grigio rossastre scagliose.

Si caratterizzano per una notevole eterogeneità litologica e per le condizioni di giacitura molto disturbate. Affiora nelle località San Giuseppe- Campi e Mortellito-Difesa.

I rapporti geometrici dei vari terreni affioranti nella zona sono stati evidenziati nelle sezioni geologiche, attraverso le quali sono mostrati i rapporti stratigrafici esistenti tra le varie formazioni emergenti.

Le sezioni sono state condotte attraverso il territorio, lungo le tracce denominate A – A' e B – B', rispettivamente orientate nelle direzioni N-S e W-E.

7.2. Tavole II - Carta della Stabilità

Nella maggior parte dei casi risulta complesso individuare l'importanza assunta da ciascun elemento nell'alterazione dell'equilibrio di un pendio. Si può affermare che la predisposizione al dissesto di un versante è collegata direttamente al sovrapporsi casuale di alcuni fattori che interagiscono sulla stessa area.

Si esaminano ora gli elementi che sono i fattori della franosità, ovvero quegli elementi che più direttamente intervengono nella determinazione del grado di stabilità di un'area. Un primo gruppo è costituito da elementi che sono i fattori intrinseci del pendio (fattori passivi) che non subiscono variazioni improvvise nel tempo, tra essi si distinguono:

- fattori litotecnici del terreno: scadenti caratteristiche tecniche, intensa fratturazione e tettonizzazione;
- fattori morfologici: elevata acclività del versante o comunque pendenze non compatibili con le caratteristiche tecniche dei litotipi affioranti, assenza di una rete drenante che provoca un dilavamento diffuso da parte delle acque meteoriche;
- fattori idrogeologici: alta permeabilità per terreni affioranti (permeabilità secondaria per fessurazione);

Un secondo gruppo di fattori invece, è rappresentato da elementi esterni al versante (fattori attivi) che possono subire variazioni sensibili anche in tempi brevi, tra essi s'individuano:

- fattori climatici: eventi pluviometrici eccezionali che si susseguono con cadenza di quattro o cinque anni in cui viene superata la "soglia pluviometrica giornaliera";
- fenomeni di gelo e disgelo o delle variazioni di volume del materiale dovuto all'acqua che imbibisce i materiali facendoli aumentare di volume, mentre successivamente l'essiccazione dell'acqua porta ad una contrazione dei terreni con la creazione progressiva di fessure nel materiale.

Ciascuno dei fattori considerati influisce sulla stabilità dei versanti e la loro estrema variabilità di combinazione ci consente di valutare le aree potenzialmente franose. Difatti, l'associazione dei fattori suddetti rende più o meno probabile l'evoluzione del versante per movimenti di massa senza, peraltro, determinare lo sviluppo di un movimento franoso.

Il verificarsi della frana in un determinato momento è un evento casuale che è effetto dell'alterazione degli equilibri preesistenti, ne deriva di distinguere oltre ai fattori anche le cause, quali:

- deterioramento delle caratteristiche tecniche del terreno, legate al contenuto d'acqua dei materiali e/o al variare delle pressioni interstiziali;
- aumento del carico sul versante, che può essere provocato dalla sovrapposizione di nuovi volumi sul versante;
- aumento dell'acclività a causa di scavi artificiali che si andrebbero a realizzare o anche per l'approfondimento del corso d'acqua che provoca uno scalzamento al piede di un versante;
- scosse e vibrazioni per eventi sismici;
- azioni antropiche quali il mancato o lo scarso controllo delle acque meteoriche o di deflusso superficiale.

7.2.1. Analisi delle condizioni dell'area in studio

Nel territorio comunale di Bellosguardo si individuano dissesti antichi, recenti ed attuali che conferiscono al paesaggio, in generale i caratteri di un'area con stabilità precaria che va opportunamente monitorata. Nel senso che i meccanismi della morfoevoluzione dei versanti, seppur presenti, potrebbero non inficiare del tutto la stabilità dell'area e che con adeguati studi ed interventi si potrebbe fare una mitigazione del rischio idrogeologico ed, in definitiva, avere accettabili condizioni di sicurezza per poter convivere con tali fenomenologie.

Le fenomenologie franose più ampie e complesse, per lo più antiche sono, probabilmente, da mettere in connessione con condizioni morfoclimatiche e tettoniche diverse dall'attuale; per tale motivo, anche se le aree di nicchia e le forme deposizionali di tali frane sono, a luoghi, riconoscibili sul territorio, in diversi casi presentano uno stato di attività variabile da quiescente ad inattivo.

La franosità attuale, invece, è spesso legata a fenomenologie di tipo ereditato; in tal caso i movimenti investono corpi localizzati di sovente sui cumuli di frana recente o antichi o lateralmente agli stessi.

È evidente che, una frana di "neoformazione" che, in genere, interessa le coltri superficiali, con dimensioni e volumetrie contenute, è significativa rispetto alla messa in sicurezza di persone e manufatti. In verità tale tipologia franosa è presente in qualche area come il località "Zagarelle" e "Curva del Ritorno" e lungo il Vallone della Fontana, ove l'incisione verticale, l'erosione di sponda delle acque crea continue condizioni di franosità, per lo più di crolli di piccoli corpi, che nei casi più accentuati potrebbe portare ad un ringiovanimento del corso d'acqua.

In generale, si osserva che la franosità "in atto" e di neoformazione è più accentuata lungo i tratti di versante costituiti da depressioni e concavità morfologiche, probabilmente connessa con la presenza di spessori maggiori di terreni di copertura in equilibrio limite e con il disordinato deflusso delle acque superficiali durante gli eventi meteorici e nevosi.

Nella maggior parte dei casi risulta complesso individuare l'importanza assunta da ciascun elemento nell'alterazione dell'equilibrio di un pendio. Si può affermare che la predisposizione al dissesto di un versante è collegata

direttamente al sovrapporsi casuale di alcuni fattori e cause che interagiscono sulla stessa area.

Gli studi effettuati, comunque, hanno consentito di riconoscere e cartografare i principali dissesti e ricostruire le tappe successive che hanno portato all'amplificazione dell'instabilità dell'area in studio, secondo una sequenza data da:

- fenomeni di erosione lineare per approfondimento normale di fossi di incisione secondaria e di erosione areale per il disordinato deflusso delle acque meteoriche;
- deformazione delle coperture detritico - pluvio - colluviali ed a luoghi anche delle porzioni sommitali alterate del bedrock secondo meccanismi tipo "creep";
- scorrimenti roto-traslativi e complessi (scorrimento + colamento), quale stadio finale dell'evoluzione di fenomeni viscosi tipo "creep".

Sulla base cartografica disponibile vengono riportate e delimitate le fenomenologie in oggetto di studio.

Negli ultimi decenni la mancata "manutenzione" agricola dei campi, il disordinato deflusso delle acque superficiali e la spiccata tendenza all'erosione delle stesse hanno portato all'incremento degli spessori dei terreni eluvio-colluviali ed all'insorgere di fenomeni di "mass-creep", con movimenti riconoscibili sul suolo.

L'esame della stabilità del territorio comunale di Bellosguardo ha consentito di delimitare alcune aree, in un complesso intreccio di fattori litologici, morfologici ed idrologici, ascrivendole in tal modo a diversi comportamenti riferiti alla stabilità.

Nell'ampio territorio comunale, infatti, prevalgono le condizioni di stabilità media, come accade in questa parte dell'Appennino Campano-lucano, ancora soggetto al sollevamento e non ancora stabilizzatosi dal punto di vista morfologico. Prova ne è la diffusione di fenomeni rilevati dalla competente *Ex AdB Interregionale del Fiume Sele*, oggi *AdB Campania Sud* localizzati soprattutto nelle coltri di natura argillosa.

Le situazioni intermedie sono quelle più delicate perché gli equilibri naturali possono facilmente evolvere ad instabilità e, pertanto, si richiedono particolari indagini qualora fosse previsto l'insediamento di strutture abitative ed industriali in queste zone. Riassumendo, le categorie morfologiche individuate sono distinte come segue:

ZONA 1 AREA STABILE: vi fanno parte le aree subpianeggianti, l'area di crea del rilievo collinare a aree localizzate prevalentemente lungo il fondo valle del "Torrente Pietra", nonché quelle a lieve pendenza a mezza costa. Le aree definite "stabili" sono quelle in cui non si rilevano evidenze di dissesto in atto o potenziale, che non sono soggette agli effetti di fenomeni di dissesto presenti in aree adiacenti e nelle quali non si rilevano fattori predisponenti al dissesto (acclività, spessori consistenti di depositi sciolti di copertura, caratteristiche strutturali del substrato roccioso, caratteristiche idrogeologiche e contrasti di permeabilità, condizioni attuali di uso del suolo, prossimità ad aree interessate da dissesto).

ZONA 2 AREA POTENZIALMENTE INSTABILE sono le aree di affioramento delle argille, calcari marnosi, calcareniti appartenenti alle argille varicolori anche con valori bassi di acclività. In queste zone, spoglie per altro di vegetazione, è frequente il ruscellamento artificiale diffuso e facilmente si innescano fenomeni di *creep* e soliflusso e piccoli smottamenti, sono inoltre ad incerta stabilità le aree con elevata acclività. Le aree definite "al limite della stabilità" sono caratterizzate da scarse evidenze di fenomeni di dissesto potenziale o dalla presenza di alcuni fattori predisponenti al dissesto (acclività, spessori consistenti di depositi sciolti di copertura, caratteristiche strutturali del substrato roccioso, caratteristiche idrogeologiche e contrasti di permeabilità, condizioni attuali di uso del suolo, prossimità ad aree interessate da dissesto).

ZONA 3 AREA INSTABILE sono quelle in cui le caratteristiche geologiche morfologiche risultano particolarmente sfavorevoli ma non sono ancora interessate da frane e rappresentano aree con una franosità ereditata. Tali aree, sempre su

terreni argillosi, sono caratterizzati da forti pendenze dove possono verificarsi scorrimenti rotazionali che poi evolvono a colate-colamenti. Le aree definite "potenzialmente franose" sono caratterizzate dalla presenza di fenomeni di dissesto quiescenti e/o inattivi, da limitate evidenze di fenomeni di dissesto potenziale o dalla concomitanza di più fattori predisponenti al dissesto (acclività, spessori consistenti di depositi sciolti di copertura, caratteristiche strutturali del substrato roccioso, caratteristiche idrogeologiche e contrasti di permeabilità, condizioni attuali di uso del suolo), da prossimità ad aree in dissesto attivo o potenzialmente instabili.

**ZONA 4 AREA MOLTO
INSTABILE**

sono quelle interessate da dissesti di varia natura, sia superficiali che profondi e tutte le aree in rapida evoluzione geomorfologia. Le aree definite "instabili" sono caratterizzate dalla presenza di fenomeni di dissesto attivi, da fenomeni di dissesto attualmente quiescenti, ma con elevata probabilità di riattivazione per la presenza di evidenti manifestazioni di fenomeni di dissesto potenziale o per la concomitanza di più fattori con caratteristiche fortemente predisponenti al dissesto (acclività, spessori consistenti di depositi sciolti di copertura, caratteristiche strutturali del substrato roccioso, caratteristiche idrogeologiche e contrasti di permeabilità, condizioni attuali di uso del suolo), da immediata prossimità ad aree in dissesto attivo o con elevata probabilità di riattivazione.

7.3. Tavole III - Carta Idrogeologica

Lo studio delle caratteristiche stratigrafico-strutturali e litologiche hanno consentito di definire il grado di permeabilità relativo dei terreni.

In questa Tavola sono rappresentate le permeabilità relative dei litotipi affioranti.

I terreni, affioranti essendo costituiti da una successione di strati litoidi e sottili, è caratterizzata da un grado di permeabilità medio - basso, per fratturazione nei termini litoidi (arenarie, marne e calcari marnosi) e per porosità nei termini terrosi (argille, limi, ecc.). Tali terreni, appartenenti alla formazione del Complesso delle Argille Varicolori, nell'ambito della geologia regionale, rappresentano un termine poco permeabile rispetto alle unità carbonatiche, pertanto, in essi, è difficile rinvenire falde importanti, a massimo si rinvengono falde sospese e/o vincolate, dovute a situazioni strutturali.

Nei terreni a permeabilità relativa più elevata è possibile rinvenire falde idriche discontinue e superficiali; mentre è possibile rilevare nella coltre superficiale alterata o nelle discontinuità litologiche dei materiali locali e modesti accumuli idrici, specie in concomitanza di eventi pluviometrici eccezionali.

Nel relativo elaborato grafico sono stati raggruppati i terreni nei seguenti gradi e tipi di permeabilità relativa:

Ma - terreni a permeabilità **Medio-Alta**; vi appartengono i depositi alluvionali di fondo valle, costituiti da lembi lenticolari di ciottoli sciolti in una matrice sabbioso-ghiaiosa e/o limoso-argillosa affioranti lungo il Torrente Fasanella ed il Torrente Pietra. Si rinvengono modeste falde acquifere sospese sostenute da intercalazioni limoso-argillose.

MB - terreni a permeabilità **Medio-Bassa** per fratturazione; sono costituiti dalla porzione più litoide del Complesso delle Argille Varicolori (f.1) in cui prevalgono litotipi litoidi, quali marne, calcari marnosi, calcareniti; su tali rocce il reticolo idrografico è mediamente sviluppato, viceversa la circolazione idrica sotterranea è piuttosto ridotta. È possibile rinvenire falde idriche non molto profonde.

- B** - terreni a **Bassa** permeabilità per fatturazione e porosità; rientrano in questa classe la porzione argillosa del Complesso delle Argille Varicolori (f.2) in cui prevalgono litologie riferibili ad argille grigio azzurrastre a fiamme rosso e verdi inglobanti olistoliti marnosi e calcareo-marnosi. In questo complesso idrogeologico, l'idrologia sotterranea è, in generale, praticamente inesistente e non esiste la possibilità di falde estese; sono presenti, invece, falde acquifere molto modeste e limitate ad alcuni orizzonti. L'acquifero in questo caso è costituito da materiale permeabile inglobati nella massa argillosa principale. Il coefficiente di permeabilità complessivo di questi materiali può essere così descritto: $10^{-4} \leq K \leq 10^{-7}$ cm/sec. Il ruscellamento superficiale è molto sostenuto in occasione di piogge intense e persistenti.

7.4 Tavole IV - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – M.O.P.S.

Sostituisce la carta della microzonazione in prospettiva sismica prevista dalla L.R. n.9/83 e individua sulla base delle osservazioni geologiche, geomorfologiche, e della valutazione dei dati acquisiti in ambito geofisico e geotecnico, le microzone all'interno delle quali possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica. Ogni zona è stata quindi caratterizzata in base alle caratteristiche litostratigrafiche, in funzione degli effetti prodotti da un eventuale evento sismico: amplificazione, instabilità ecc. Laddove il dato puntuale era insufficiente, si è provveduto a estendere l'informazione in possesso, a terreni analoghi dal punto di vista litologico e sismico.

Nell'ambito della redazione del PUC di Bellosguardo, il presente studio di zonazione sismica condotto al I livello di approfondimento, in ottemperanza a quanto previsto dalla Delibera di Giunta Regionale n.118/2013, costituisce lavoro propedeutico e obbligatorio per affrontare i successivi livelli di approfondimento (II e III livello). Ciò anche in virtù del fatto che nelle finalità della normativa, la zonizzazione di che trattasi è intesa a carattere generale e pertanto, non può rappresentare la puntuale identificazione delle caratteristiche sismiche di un sito specifico.

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) redatta in Scala 1:5000, è stata redatta in ottemperanza a quanto previsto dalla Delibera della Giunta Regionale n. 118 del 27/05/2013 che dispone che lo studio deve essere condotto almeno al livello 1, preliminare e propedeutico ai successivi livelli 2 o 3, secondo quanto definito negli *"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"* (Standard ICMS 2008).

Pertanto, alla luce di quanto premesso e in virtù dei dati acquisiti, la Carta delle MOPS costruita sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche, prevede la seguente suddivisione in zone omogenee di territorio.

Zone stabili: non si prevedono effetti locali di nessuna natura e pertanto, gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base (amplificazioni uguali all'unità e litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento, con morfologia pianeggiante o poco inclinata).

Nell'ambito del territorio comunale, non sono state rinvenute zone stabili.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali: si attendono fenomeni di amplificazione del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e morfologia locale. In legenda si riporta oltre al simbolo e al codice, una descrizione della litologia prevalente e dell'ambiente genetico deposizionale.

Gran parte del territorio comunale può essere ricondotta a questa zona, in quanto caratterizzata da una sostanziale omogeneità dal punto di vista geomorfologico e sismico.

Nell'ambito di tale zona, sono state individuate quattro sottozone di seguito specificate e riportate nella carta:

ZONA 1 (campitura verde acqua - 209.255.219): si colloca nella porzione inquadrata territorialmente nel centro abitato, il parametro VS30 risulta compreso tra le velocità di 400 m/s e 600 m/s e permette di ricondurre i terreni in esame alla categoria di suolo B, Categoria Topografica T1. S'ipotizzano effetti di amplificazione di tipo stratigrafico e/o topografico

ZONA 2 (campitura verde chiaro - 145.255.102) si colloca nella porzione di territorio inquadrata territorialmente come zona collinare, il parametro VS30 risulta compreso tra le velocità di 400 m/s e 600 m/s e permette di ricondurre i terreni in esame alla categoria di suolo B, Categoria Topografica T2 e T3. S'ipotizzano effetti di amplificazione di tipo stratigrafico e/o topografico

ZONA 3 (campitura verde - 82.186.0) si colloca nella porzione di territorio inquadrata territorialmente come zona pedemontana e di incisione valliva, il parametro VS30 risulta compreso tra le velocità di 400 m/s e 600 m/s e permette di ricondurre i terreni in esame alla categoria di suolo B. Categoria Topografica T2 e T3. S'ipotizzano effetti di amplificazione di tipo stratigrafico e/o topografico

ZONA 4 (campitura verde scuro - 0.102.53) si colloca nella porzione di territorio dei terreni terrazzati di I ordine del Torrente Fasanella. Il parametro VS30 risulta compreso tra le velocità di 300 m/s e 400 m/s e permette di ricondurre i terreni in esame principalmente alla categoria di suolo C. Categoria Topografica T1. L'acclività è assente pertanto, il contributo dell'assetto morfologico in prospettiva sismica è trascurabile.

Zone suscettibili di instabilità: gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali possono essere instabilità di versante, liquefazione, cedimenti differenziali e faglie attive e capaci, oltre naturalmente i fenomeni di amplificazione.

Non sono state cartografate aree instabili in prospettiva sismica, tuttavia sono state riconosciute e cartografate estese aree di Attenzione (ZA), con specifico riferimento alle Zone di Attenzione per Instabilità di Versante (ZAFR).

Tali valutazioni derivano da un'attenta analisi del territorio eseguita dallo scrivente. Ciò nonostante si consiglia di attenersi alle norme di attuazione e alla cartografica dello P.S.A.I. redatta ed aggiornata, dell'Autorità di Bacino Campania Sud per tutti gli interventi a farsi, e ricadenti nella zone a rischio e pericolosità sia da frana che idraulico.

Nei riguardi della liquefazione, il paragrafo 7.11.3.4.2. delle Norme Tecniche sulle Costruzioni NTC/08, e successiva circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7 11.3.4.) descrive quali sono le circostanze in cui la verifica può essere omessa.

Per quello che concerne l'area di studio, a vantaggio della stabilità si può rilevare che non sono noti fenomeni di liquefazione storicamente collegati agli eventi sismici che si sono susseguiti nel tempo, e che l'assetto geolitologico dell'area ha evidenziato, una elevata percentuale di componente fine (limi e argille), all'interno del fuso granulometrico.

Tuttavia, con particolare riferimento al settore di territorio individuato come zona pianeggiante valliva cartografate come stabili suscettibili di amplificazioni locali (Zona 4), in prospettiva sismica di I° livello, al verificarsi delle seguenti condizioni predisponenti al fenomeno:

- Superficie piezometrica posizionata nei primi 15 mt di profondità dal piano campagna;
- Evento sismico atteso di Magnitudo > 5;
- Accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti, superiori a 0,1 g;
- Livelli sabbiosi con resistenza penetrometrica dinamica SPT normalizzata $(N1)_{60} < 30$;
- Terreni incoerenti in condizioni non drenate, e la cui distribuzione granulometrica è interna ai fusi granulometrici di cui ai diagrammi di flusso riportati al punto 7.11.3.4.2 delle NTC/08.

dovrà essere valutato puntualmente il potenziale di liquefazione in occasione di interventi edili e trasformazioni urbanistiche, definendone l'indice e individuandone gli spessori eventualmente liquefacibili, in virtù di quanto già previsto dalle vigenti NTC/08.

Pertanto, essendo il presente studio di tipo qualitativo al I° livello di approfondimento, in occasione di studi di zonazione sismica del II° e III° livello, o in sede di progettazione esecutiva, si dovrà verificare in dettaglio il potenziale di liquefazione. In ogni caso, si chiarisce che qualora si verifichi suscettibilità alla liquefazione, ciò non ne limita l'utilizzo del territorio qualora in seguito ad indagini specifiche e nella successiva fase di intervento, si adottino adeguati accorgimenti volti all'aumento della densità relativa e/o alla facilitazione del drenaggio.

8. Caratterizzazione Geotecnica e Sismica Delle Litofacies

Le indagini disponibili all'Amministrazione Comunale e fornite allo scrivente per la caratterizzazione geo-meccanica delle litofacies dell'intero territorio comunale di Bellosguardo sono numerose e ben distribuite.

Ciò ha consentito di ottenere una visione d'insieme delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche, sismiche ed idrologiche che caratterizzano i materiali presenti nei vari siti.

Pertanto si farà riferimento a:

1. dati geognostici derivanti dal **Piano Regolatore Generale** redatto da dott. geol. E. Guglielmotti (1984);
2. indagine relativa alle urbanizzazioni dell'**area PEEP**, dott. geol. A. Stabile (1986);
3. indagine per il **Rifunionalizzazione Piazza XX settembre**, dott. geol. G. Troncone (2005);
4. indagine per il **Parco Giochi in località "San Giovanni"**, dott. geol. G. Troncone (2006);
5. indagine per il **Viabilità e riqualificazione centro urbano- strada di collegamento tra Via Carlo Marmo e Via Cesare Battisti**", dott. geol. G. Troncone (2006);
6. indagini geognostiche, geotecniche e sismiche per la **redazione del P.U.C. di Bellosguardo**, dott. geol. G. Troncone (2006);

Nell'intera totalità dei percorsi d'indagine appena elencati sono stati prelevati numerosissimi campioni di tipo indisturbato; di essi si conoscono le caratteristiche di natura fisico-generale (umidità relativa, peso specifico assoluto, peso dell'unità di volume, porosità, curve granulometriche, etc.) e di tipo meccanico (determinazione della coesione e dell'angolo di attrito interno, prova edometrica).

Nelle tabelle che seguono, al fine di facilitare la lettura ed il confronto tra tutte le emergenze documentarie disponibili, si troveranno elencati i parametri geomeccanici ed il valore delle velocità sismiche individuate nelle prospezioni in down-hole e negli stendimenti, riassunti in ciascuno dei litotipi che ha individuato il rilevamento geologico di campagna nell'intero territorio comunale di Bellosguardo:

❖ Litotipo degli **argilloscisti e marnoscisti** (in cartografia, **ALS**):

Principali parametri geomeccanici e sismici	Piazza XX settembre 2005	PUC, 2006
γ_n (peso dell'unità di volume, in g/cm ³)	1.84	1.98
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	15.05	16.60
n (porosità, in % peso)	39.67	37.05
e (indice dei vuoti)	0.66	0.58
S_r (grado di saturazione, in % peso)	60.89	76.29
ϕ_d (angolo di attrito interno drenato, in °)		25.23
C_d (coesione drenata, in kg/cm ²)		0.25
E_d (modulo edometrico, in kg/cm ²)		85.98
LP (in % peso)	23	---
LL (in % peso)	37	---
IP (in % peso)	14	---
IC (in % peso)	0.87	---
V_p (in m/sec)		645
V_s (in m/sec)		307
V_{s30} (in m/sec)		439.210
ν (indice di Poisson)		0.36
categoria di suolo di fondazione (OPCM 3274/03)		B

❖ Litotipo delle **argille grigio-azzurre** (in cartografia, **CO**):

Principali parametri geomeccanici e sismici	PUC, 2006
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	1.81
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	34.48
n (porosità, in % peso)	50.16
e (indice dei vuoti)	1.00
S_r (grado di saturazione, in % peso)	92.97
ϕ_d (angolo di attrito interno drenato, in °)	26.14
C_d (coesione drenata, in kg/cm ²)	0.26
E_d (modulo edometrico, in kg/cm ²)	35.09
LP (in % peso)	---
LL (in % peso)	---
IP (in % peso)	---
IC (in % peso)	---
V_p (in m/sec)	1223.42
V_s (in m/sec)	594
V_{s30} (in m/sec)	355,10
ν (indice di Poisson)	0.38
categoria di suolo di fondazione (OPCM 3274/03)	C

❖ Litotipo delle **alluvioni** recenti ed attuali (in cartografia, **GMpi**):

Principali parametri geomeccanici e sismici	bibliografia
γ_n (peso dell'unità di volume, in kg/cm ³)	1.89
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	17.56
n (porosità, in % peso)	39.25
e (indice dei vuoti)	0.646
S_r (grado di saturazione, in % peso)	72.16
ϕ_d (angolo di attrito interno drenato, in °)	19.4
C_d (coesione drenata, in kg/cm ²)	0.39
E_d (modulo edometrico, in kg/cm ²)	54.89
LP (limite plastico, in % peso)	27.2
LL (limite liquido, in % peso)	42.5
IP (indice plastico, in % peso)	15.3
IC (indice di consistenza, in % peso)	1.6
V_{pmin} (in m/sec)	660.7
V_{pmax} (in m/sec)	2040.8
V_{smin} (in m/sec)	380
V_{smax} (in m/sec)	634
V_{s30} (in m/sec)	730
ν (indice di Poisson)	0.37
categoria di suolo di fondazione (OPCM 3274/03)	E

9. LE PRESCRIZIONI DELL'AUTORITÀ DI BACINO

Il territorio comunale di Bellosguardo (SA) rientra totalmente nel Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico curato dall'Autorità di Bacino, ex Interregionale Sele e pubblicato sul supplemento ordinario n° 262 alla G.U. n° 287 del 11 dicembre 2001 contenente l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico redatto ai sensi dell'art. 17 Legge 18 maggio 1989 n° 183 e dell'art. 1/bis legge 11 dicembre 2000 n° 365.

Il Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, relativo al settore funzionale della tutela dal rischio idrogeologico, ai sensi del comma 6-Ter dell'art. 17 della L. 183/1989, e possiede valore di piano territoriale di settore.

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele, con Deliberazione n. 1 del 4 aprile 2011, ha adottato la rivisitazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) con le norme di attuazione ed il programma degli interventi. La deliberazione integrale e le norme di attuazione sono state pubblicate nel Bollettino Ufficiale Regionale della Basilicata n. 11 del 16 aprile 2011 e nel Bollettino Ufficiale Regionale della Campania n. 26 del 26 aprile 2011. La rivisitazione del P.A.I. entra in vigore dal giorno successivo alla pubblicazione della Delibera di adozione del P.A.I. avvenuta nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 12 maggio 2011. Infine, Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele, con Deliberazione n°20 del 18 Settembre 2012, ha adottato una nuova rivisitazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) con le norme di attuazione ed il programma degli interventi.

Con la legge regionale della Campania n.4/2011, commi 255 e 256, e successivi decreti attuativi, (D.P.G.R.C. n. 142/2012 ecc.), è stata soppressa l'Autorità di Bacino Interregionale Sele ed istituita l'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud.

La deliberazione integrale e le norme di attuazione sono state pubblicate sulla G.U. della Repubblica Italiana il 22/10/2012. La rivisitazione del P.A.I. è entrata in vigore dal giorno successivo alla pubblicazione della Delibera di adozione del P.A.I. avvenuta nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. In seguito, con Delibera di Comitato Istituzionale n. 31 del 21.06.2013 è stato approvato il testo revisionato della "Normativa di Attuazione relativa al bacino idrografico del Fiume

Sele", che modifica e sostituisce la vigente normativa di Piano di cui alla delibera di Comitato Istituzionale n. 20/2012.

Questo costituisce lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di competenza di questa Autorità di Bacino.

Il Piano, in particolare, individua le aree:

Pericolosità reale da frana: un'unità fisiografica o territoriale omogenea dove siano state accertate evidenze di franosità pregressa. La pericolosità reale è classificata in funzione della tipologia, dell'intensità e dell'attività in:

Pericolosità reale da frana (Pf1): suscettibilità moderata, per frane da bassa a media intensità e stato compreso tra attivo e inattivo;

Pericolosità reale da frana (Pf2): suscettibilità media, per frane da media ad alta intensità e stato compreso tra attivo e inattivo;

Pericolosità reale da frana (Pf3): suscettibilità elevata, per frane di alta intensità e stato compreso tra attivo e quiescente;

Unità Territoriali di Riferimento (UTR): ambiti spaziali globalmente omogenei per proprie intrinseche caratteristiche geologiche e geomorfologiche, derivati dall'intersezione dei "distretti litologici" e degli "ambiti morfologici"; sono da intendersi come entità territoriali omogenee, i primi per caratteri geostrutturali e stratigrafici; i secondi per caratteri morfogenetici e morfometrica. Le Unità Territoriali di Riferimento (UTR) consentono di individuare le classi di pericolosità potenziate da frana.

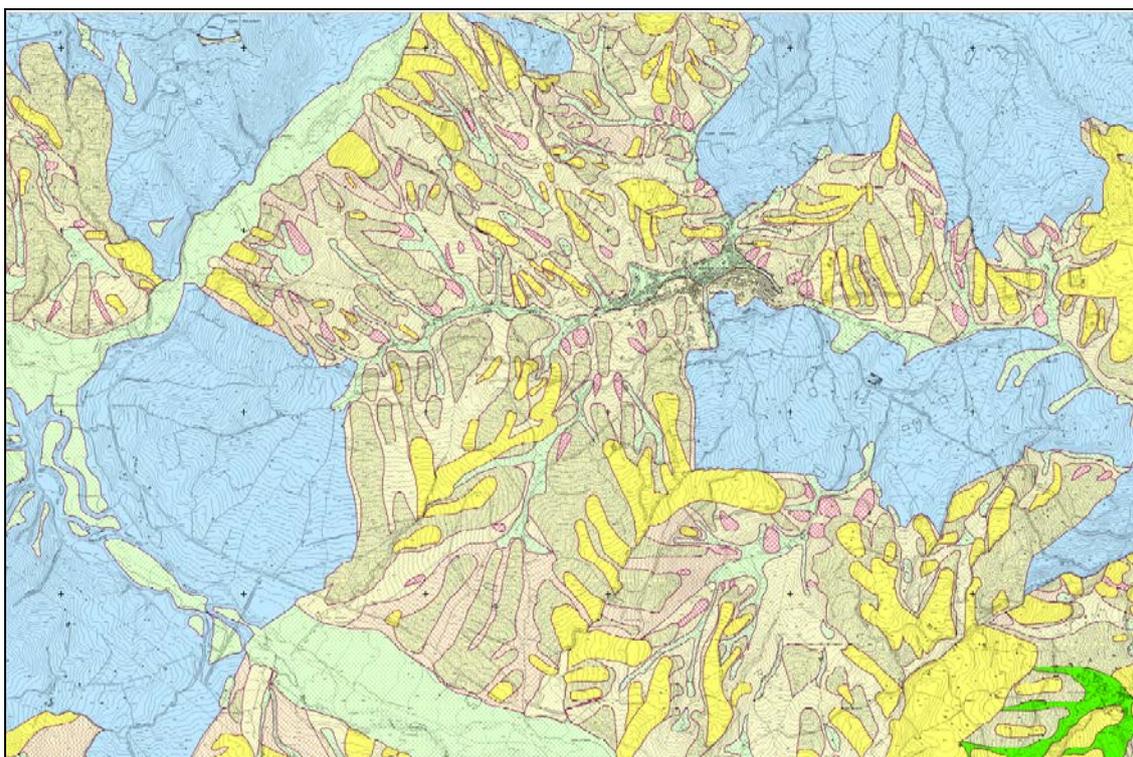
Pericolosità potenziale da frana: un'UTR il cui grado di propensione complessiva a franare è espressa in termini di innesco c/o transito e/o accumulo, sulla base di indicatori quali litologia, acclività, uso del suolo, ecc.. Poiché la propensione a franare non contempla la previsione dei tempi di ritorno di un evento franoso, la pericolosità è da intendersi come relativa, ovvero "suscettibilità".

La pericolosità potenziale da frana si classifica in:

Pericolosità potenziale da frana (P_utr1): moderata propensione all'innesco transito « invasione per frane paragonabili a quelli che caratterizzano attualmente la stessa Unità Territoriale di Riferimento;

Pericolosità potenziale da frana (P_utr2): media propensione all'innesco - transito -invasione per frane paragonabili a quelli che caratterizzano attualmente la stessa Unità Territoriale di Riferimento;

Nella cartografia tematica prodotta dall'ABI, il comune di Bellosguardo presenta alcune aree soggette a pericolosità da frana come in località "San Giuseppe" "Zagarelle" e Malandrano"



LEGENDA

Pericolosità reale

- P1** Suscettibilità moderata, per frane da bassa a media intensità e stato compreso tra attivo e inattivo
- P2** Suscettibilità media, per frane da media ad alta intensità e stato compreso tra attivo e inattivo
- P3** Suscettibilità elevata, per frane di alta intensità e stato compreso tra attivo e quiescente

Pericolosità potenziale

- P_utr1** Moderata propensione all'innesco-transito-invasione per frane paragonabili a quelle che caratterizzano attualmente la stessa Unità Territoriale di Riferimento
- P_utr2** Media propensione all'innesco-transito-invasione per frane paragonabili a quelle che caratterizzano attualmente la stessa Unità Territoriale di Riferimento
- P_utr3** Elevata propensione all'innesco-transito-invasione per frane paragonabili a quelle che caratterizzano attualmente la stessa Unità Territoriale di Riferimento
- P_utr4** Molto elevata propensione all'innesco-transito-invasione per frane paragonabili a quelle che caratterizzano attualmente la stessa Unità Territoriale di Riferimento
- P_utr5** Propensione all'innesco-transito-invasione per frane da approfondire attraverso uno studio geologico di dettaglio
- Cava** AREA DI CAVA - Aree nelle quali la pericolosità da frana è legata alle attività di scavo in corso o progressive

Stralcia Carta Della Pericolosità Frana - Autorità di Bacino Campania Sud

La Carta del rischio da frana ove sono evidenziate le classi di rischio:

Rischio reale da frana moderato (Rf1): rischio gravante su aree a pericolosità reale da frana Pf1, con esposizione a un danno moderato o medio;

Rischio reale da frana medio (Rf2a): rischio gravante su aree a pericolosità reale da frana Pf2a, con esposizione a un danno moderato o medio, per aree soggette a deformazioni lente e diffuse.

Rischio reale da frana medio (Rf2): rischio gravante su aree a pericolosità reale da frana Pf2, con esposizione a un danno moderato o medio, nonché su aree a pericolosità reale da frana Pf1, con esposizione a un danno elevato o altissimo.

Rischio reale da frana elevato (Rf3a): rischio gravante su aree a pericolosità reale da frana Pf2a, con esposizione a un danno elevato o altissimo per aree soggette a deformazioni lente e diffuse.

Rischio reale da frana elevato (Rf3): rischio gravante su aree a pericolosità reale da frana Pf3, con esposizione a un danno moderato o medio, nonché su aree a pericolosità reale da frana Pf2, con esposizione a un danno elevato o altissimo.

Rischio reale da frana mollo elevato (Rf4): rischio gravante su aree a pericolosità reale da frana Pf3, con esposizione a un danno elevato o altissimo.

La cartografia riflette l'attuale situazione di rischio e va, pertanto, utilizzata dall'Amministrazione locale di Bellosguardo, in modo tale da non aumentarne il grado: va utilizzata e rispettata per il completamento degli strumenti urbanistici vigenti.

10. CONCLUSIONI

Dal punto di vista geolitologico il territorio del Comune di Bellosguardo è costituito essenzialmente da terreni della successione calcareo - marnoso - argillosa, appartenenti all'Unità delle Argille Varicolori.

Dal punto di vista idrogeologico, il suddetto territorio è costituito, prevalentemente da terreni poco permeabili, fatta eccezione per la parte di fondovalle costituita da alluvioni attuali e, quindi, terreni permeabili.

Dal punto di vista geotecnico, il centro urbano del Comune di Bellosguardo e le aree immediatamente limitrofe, sono costituite da terreni con buone caratteristiche geomeccaniche che costituiscono, quindi, idonei terreni di fondazione.

Dal punto di vista della stabilità, si sono definite aree a diverso grado di stabilità. Il centro urbano, e le aree immediatamente limitrofe, sono state identificate come aree stabili e, quindi, potenzialmente edificabili.

Dal punto di vista sismico, nel rispetto della normativa vigente, e non trascurando le nuove norme, si è provveduto a zonare il territorio Comunale in prospettiva sismica.

Il presente lavoro ha permesso, inoltre, una migliore caratterizzazione dei litotipi presenti nel territorio di Bellosguardo; ha permesso, inoltre, di individuare aree di possibile nuova identificazione.

Sono state accolte tutte le prescrizioni della nuova normativa sismica, con la conseguente individuazione delle categorie di suolo di fondazione e le possibili risposte dell'azione sismica sui litotipi affioranti.

Nella disposizione sul territorio delle prove effettuate (sondaggi geognostici, stendimenti sismici, prove in foro, analisi di laboratorio dei campioni prelevati) si è tenuto conto di quanto la letteratura geologica poteva offrire, attingendo ad un patrimonio di risultati assai utile nell'ottica di una più ampia definizione delle caratteristiche del territorio rurale ed urbano di Bellosguardo. È sembrata, inoltre, particolarmente utile l'opera di comparazione tra tutte queste emergenze pregresse e quanto è emerso dalle nuove indagini commissionate allo scrivente.

In definitiva, la qualità geomeccanica dei materiali litologici del territorio rurale e del centro urbano è risultata ampia e variegata: ad alcuni depositi corrispondono valori di qualità medio-alta, la stabilità appare significativa, le

prescrizioni per l'eventuale utilizzo a fini edificatori sono relativamente contenute, nell'ambito della normativa edilizia vigente.

Per altri terreni, invece, si dovrà valutare punto per punto la situazione reale dei siti, attraverso indagini puntuali che possano definire con certezza l'andamento stratigrafico locale: questo perché la caoticità di alcuni litotipi impone una definizione maggiore di quella derivante da un piano generale.

Tanto innanzi significato, si precisa che resta comunque l'obbligo di effettuare ulteriori indagini geologiche, specifiche per ciascun intervento o costruzione a realizzarsi, tenendo coerentemente conto delle normative vigenti in materia e delle conclusioni della presente studio geologico parte integrante del Piano Urbanistico Comunale

Tanto si doveva per incarico ricevuto.

Bellosguardo, maggio 2017

dott. geologo
Giuseppe Porzio

