QUESTO DISEGNO È TUTELATO DALLE VIGENTI LEGGI SUI DIRITTI D'AUTORE, PERTANTO, È VIETATA LA RIPRODUZIONE E LA CESSIONE A TERZI SENZA IL PREVENTIVO CONSENSO

COMUNE DI BISCEGLIE

PROVINCIA DI BARLETTA-ANDRIA-TRANI

dott. geol. Francesco NAPOLETANO
iscritto all'Albo dei Geologi di Puglia n. 81ES
Codice Fiscale: NPLFNC48D07A883L; Partita IVA: 06730530729

Via Sacerdote Di Leo, 53
76011 Bisceglie (BT)

PIANO di LOTTIZZAZIONE MAGLIA n°165 di P.R.G.

compreso tra Via Cala dell'Arciprete-Via Prussiano-Via S. Francesco - BISCEGLIE (BT)
adeguato al parere paesaggistico ex delibera di G.R. n°1663 del 25/09/2015

TAVOLA: 22

OGGETTO:

STUDIO DI FATTIBILITA' IDRO-GEO-MORFOLOGICO E SISMICO
(ex art. 89 del D.P.R. n. 380/01)

DATA: luglio 2016

SCALA: 1/500 - 1/5000

IL GEOLOGO REDATTORE:

dott. geol. FRANCESCO NAPOLETANO

I LOTTIZZANTI:

DE CANDIA MARIA	DI LIDDO SPIRIDIONE	LA NOTTE MAURO
IMPREGEST s.r.l.: Il Rappresentante Legale (DI NISO MAURO)	DENTE FRANCESCO	ONIRAM TRUST: trustee (dott. RICCHIUTI ALESSANDRO)

NOTE DI PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla edificabilità:

a) dei suoli di cui alla Maglia n° 165 di P.R.G. del Comune di Bisceglie, destinata a Zona Omogenea C3 di Espansione;

b) di parte dei suoli della Maglia n° 95 di P.R.G. del Comune di Bisceglie, destinata a Standard Urbanistici ed, in particolare, ad Impianti Sportivi;

che nell'insieme costituiscono il Comparto Urbanistico della Maglia n° 165 di P.R.G., le cui proprietà, con le relative identificazioni catastali saranno in seguito specificate.

Sulla intera Maglia è stato, pertanto, eseguito uno studio **geologico**, **geomorfologico**, **idrogeologico** e **sismico** al fine di esporre considerazioni e valutazioni riguardanti la compatibilità secondo l'ex-art. 89 del D.P.R. 380/2001.

Verranno, quindi, riportate ed esposte osservazioni e considerazioni di tipo morfologico, litologico, idraulico ed idrogeologico, richieste sia dal **D.M. del Marzo 1988** che dalle attuali norme di costruzione **NTC – DM 14.9.2005** ed **O.P.C.M. 3274/03**, tenendo conto che il territorio del Comune di Bisceglie ricade in zona sismica **3**.

Sono state perciò effettuate indagini geologiche a piccola e grande scala nell'intera area in studio, nonché, una indagine geognostica utilizzando la tecnologia NASW per la caratterizzazione del terreno eseguita, rispettivamente, mediante n. 3 stendimenti sismici a rifrazione con relativa misura della Vs30 nell'area di lottizzazione e n. 1 stendimento sismico e misura della Vs30 nelle aree destinate a standard.

Informazioni di carattere generale sono, ovviamente, tratte da osservazioni superficiali e da documentazione bibliografica reperibile in letteratura specialistica e da cartografie tematiche di tipo litologico ed idrologico.

Valutazioni di fattibilità idraulica, morfologica e geotecnica completeranno infine il quadro di riferimento geologico che configura realisticamente, lo stato dei luoghi e la condizione di equilibrio e stabilità degli stessi.

Costituiscono, inoltre, parte integrante del presente studio la relazione specialistica sulle risultanze delle indagini sismiche ed i parametri caratteristici del terreno, gli elaborati grafici dell'inquadramento territoriale e la caratterizzazione litologica e morfo-idrologica del territorio comunale.

Negli stralci cartografici allegati è possibile rilevare sia la posizione geografica nell'ambito territoriale urbano, che quella, più specifica, riportata nella C.T.R. 424154 alla scala 1:5.000, nonché gli stralci del Foglio di mappa 12 con le particelle catastali interessate.

STRALCIO DELL'ELEMENTO 424154 "BISCEGLIE"

DELLA CARTA TECNICA DELL'ITALIA MERIDIONALE

(Scala 1 : 5000)

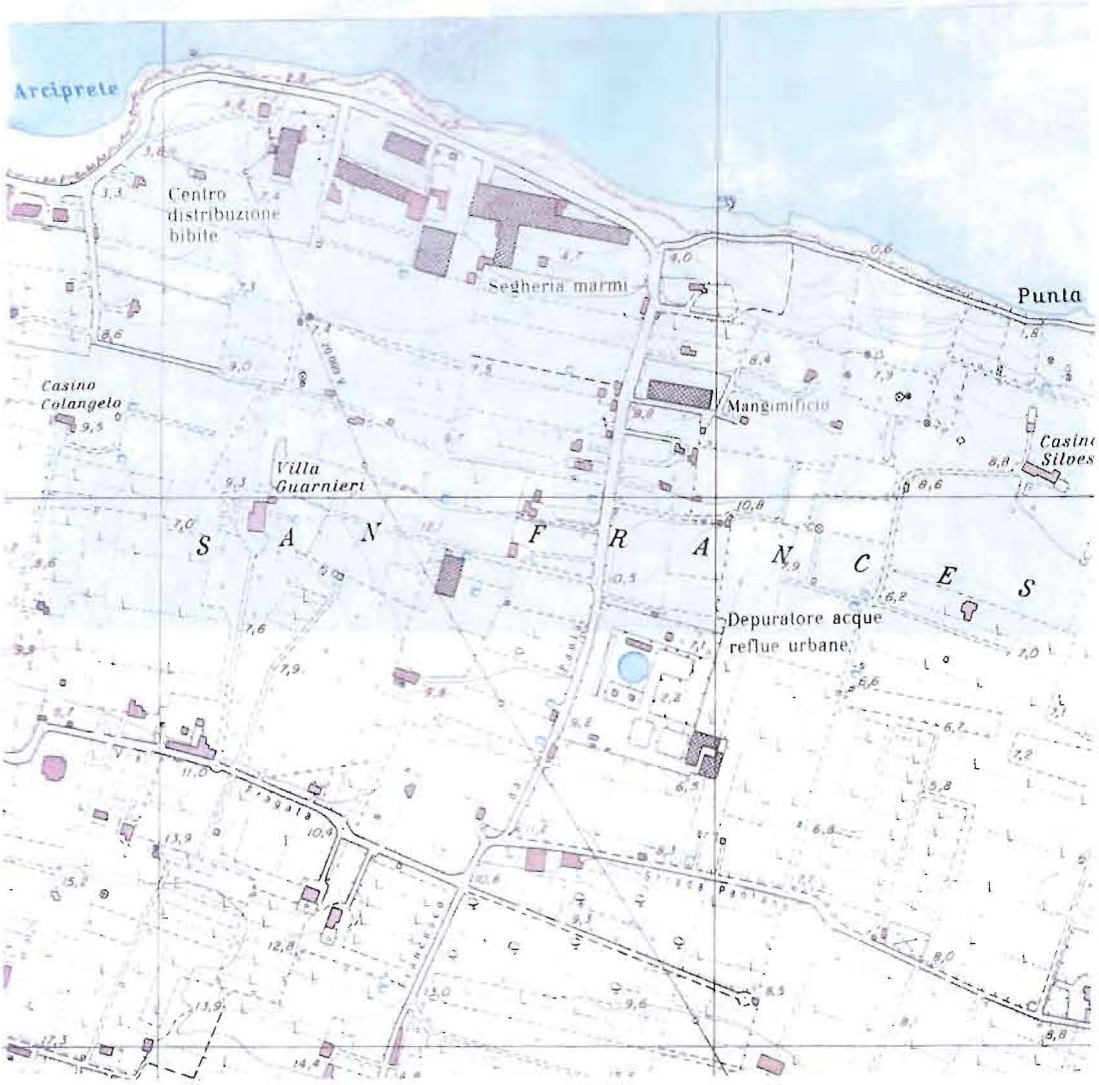


Image © 2011 GeoEye
Google
Data di acquisizione delle immagini: 7 Lug 2010 Lat 41.241314° Lon 16.518054° elev 6 m Alt 605 m

sub-comparto A
sub-comparto B
sub-comparto C
sub-comparto D
sub-comparto E
Via Prussiano
Via San Francesco da Paola

PLANIMETRIA CATASTALE DEI SUOLI DESTINATI A STANDARD URBANISTICI: MAGLIA n°95 di P.R.G. rapp: adatta dimensioni

superficie a standard: 15.070,50 mq

Suoli di proprietà comunale

Suoli da cedere al Comune da parte di altri lottizzanti (Del. C.C. n°94 del 27/09/2010)

limite di maglia

Semi-Strada

GEOLOGIA DELL' AREA

Dalla cartografia relativa al territorio comunale si ricava la posizione geografica dell'area di intervento e si possono precisare anche gli elementi di riconoscimento morfologico-ambientali che confermano i caratteri distintivi di una superficie regolare entro cui si situa l'area di sedime.

Il sito oggetto di studio, ricade nel foglio n° 177 Bari della Carta d'Italia scala 1:100.000 edita dall'IGM, impegna una superficie sub-pianeggiante, riportata ad una quota di circa 5,0 m s.l.m, come da accluso stralcio cartografico tecnico.

La configurazione morfologica di questa parte del territorio "murgiano" non si discosta dallo schema regionale, così come convalida anche lo schema di riferimento litologico e stratigrafico, ivi compresi i rapporti intercorrenti tra le diverse litofacies univocamente rappresentate da litotipi calcarenitici e calcareo-dolomitici.

La formazione rocciosa risente, per quanto attiene la sua integrità ed il grado di incarsimento, dell'azione dissolutrice delle acque meteoriche che nel passato defluivano copiose in superficie e/o incanalate in solchi erosivi, localmente dette "lame".

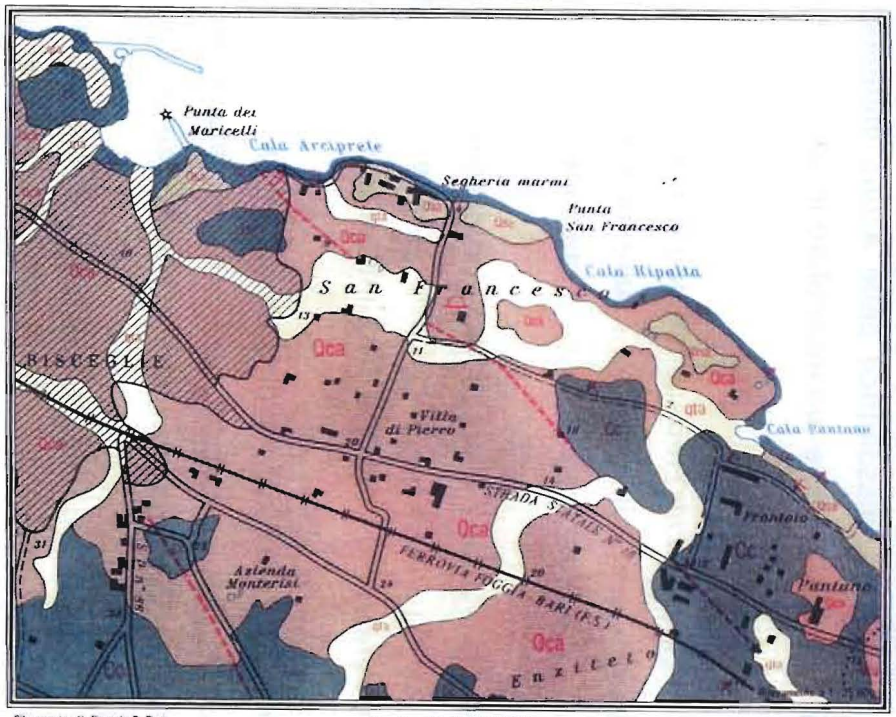
Il basamento calcareo e calcareo–dolomitico di età cretacica, che in alcune aree compare direttamente in affioramento, risulta interessato dalle coperture recenti, marine e continentali trasgressive sulla formazione lapidea cretacica.

La formazione carbonatica mesozoica è rappresentata da calcari bioclastici e dolomitici in assetto monoclinalico con blande pieghe a largo raggio con direzione prevalentemente WNW-ESE e inclinazione verso SW-NE.

Trattasi di una potente serie sedimentaria denominata "Calcari delle Murge" della quale fa parte l'unità litostratigrafica del " Calcare di Bari " che costituisce l'ossatura di supporto ed il substrato dell'intera area in esame.

Da un punto di vista litologico tale unità è caratterizzata prevalentemente da calcari bianchi bioclastici in strati e banchi regolari, dolomie grigiastre, calcari

CARTA LITOLOGICA



qta — Terre argillose bruno-rossastre a luoghi con pezzame e ciottoli calcarei, prevalenti nei solchi erosivi (localmente "Lame"). Idem: con matrice prevalentemente argillosa nella fascia pedemontana (scarpata delle Murge alte)

Qsa — Complesso sabbioso siltoso-argilloso con presenza di calcare incrostante in superficie ("Crosta Pugliese")

Qca — Calcareniti organogene più o meno cementate, massicce o in banchi (localmente dette "Tufi calcarei")

Cc — Calcari detritici a grana fine o micritici in strati e banchi, a luoghi stratiformi (localmente detti "Chiancarelle")

Limite litologico

Faglie e fratture probabili

Cave

IMMERSIONE ED INCLINAZIONE DEGLI STRATI

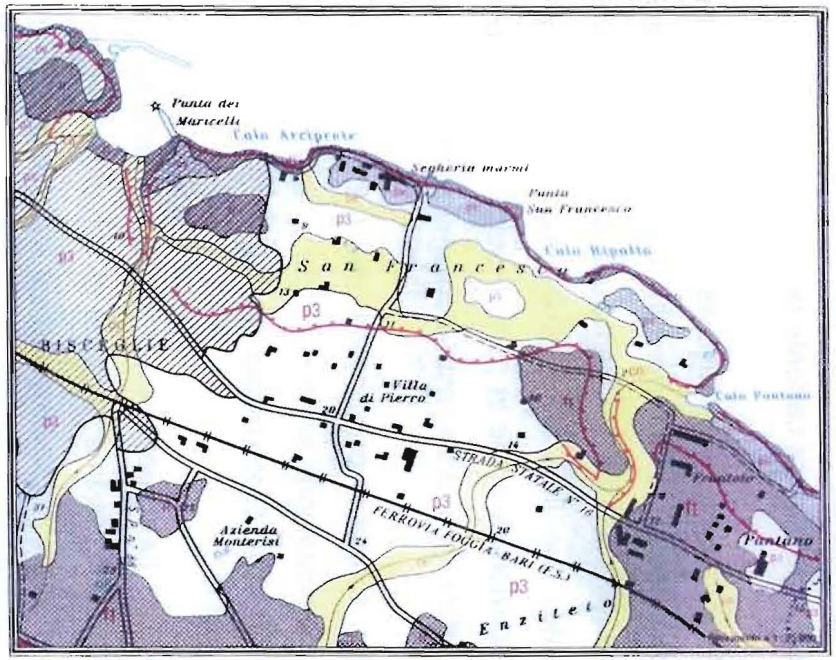
Fino a 10°

Rilevamento: N. Ciaranfi, P. Pieri, G. Ricchetti (1980)

Scala di 1:25.000

Coordinamento e collaudo: SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

CARTA DELLA PERMEABILITÀ E DEGLI ELEMENTI MORFO-IDROLOGICI



Scala di 1:25.000

Rocce caratterizzate da potenziale circolazione idrica per porosità continua

Alta permeabilità.

Media permeabilità.

Bassa permeabilità.

Permeabilità variabile.

Rocce caratterizzate da potenziale circolazione idrica per fessurazione e carsismo

Alta permeabilità.

Media permeabilità.

Roccia caratterizzata da potenziale circolazione idrica praticamente nulla

Con valori trascurabili ai fini idraulici.

ELEMENTI MORFO-IDROLOGICI

Limite delle aree di eguale permeabilità.

Orlo di terrazzo e caduta.

Corso d'acqua non perenne e solco erosivo ("Lama").

Pozzo perenne, le altre caratteristiche non sono state acquisite

dolomitici con diffuse forme di dissoluzione carsica specie lungo gli interstrati o lungo le fratture.

Il fenomeno carsico è accompagnato da intensa fatturazione e si sviluppa in forme e dimensioni diverse, condizionato come è noto dalla litologia, dalla permeabilità primaria o indotta, dal chimismo e dalla pressione delle acque percolanti e dà luogo a cavità parzialmente o totalmente riempite da depositi granulometricamente fini noti come " Terre rosse ".

Per quanto attiene gli aspetti idrologici si può affermare che per la zona in esame non sussistono le condizioni necessarie per il formarsi di livelli idrici immediatamente superficiali con ristagno d'acqua al suolo, nè sono possibili condizioni di flusso nell'immediato sottosuolo con formazione di falde pensili.

Viceversa alle profondità corrispondenti al livello mare tutte le acque di origine meteorica in genere, si organizzano in un' unica falda che galleggiando sull'acqua di mare di invasione continentale, si sposta verso il livello dì base costituito dall' attuale linea di costa con velocità variabili e diversa cadente piezometrica.

La circolazione superficiale è, invero, quasi del tutto assente, vista la natura dei terreni che si mostrano alquanto permeabili sia per porosità che per fratturazione (calcari detritici), anche se non distante (600-700 m) è presente una depressione, corrispondente al fondo di una vecchia lama, che incanala piccolissime portate di precipitazioni meteoriche solo in maniera eccezionale e che in parte è stata ormai del tutto obliterata dalle modificazioni antropiche effettuate e dalle costruzioni realizzate.

Dal punto di vista idrogeologico è nota la presenza di una *falda freatica* all'interno dei calcari (falda "profonda") che in questa zona si attesta a circa -3,0/-4,0 m s.l.m. ed il suo livello statico si attesta a circa + 1 m sul livello medio del mare.

La cartografia tematica ascrive le formazioni affioranti prevalentemente alle facies di carbonatica di età cretacica con piccolissime spessori di coperture terrigene ovvero di genesi marina di età disposte in posizione discordante sul sottostante substrato roccioso caratterizzato da banchi di potenza di alcune migliaia di metri.

Dal punto di vista geolitologico l'intera la zona è caratterizzata dalla presenza di quattro formazioni principali, rinvenibili anche nell'intera area.

Alla prima, stratigraficamente più recente, corrisponde un complesso sabbioso-siltoso-argilloso con presenza di calcare incrostante in superficie **("crosta" pugliese)**, appartenente alla trasgressione olocenica.

La seconda formazione è costituita da **depositi alluvionali terrosi e ciottolosi,** costituiti da terre argillose bruno-rossastre a luoghi con pezzame e ciottoli calcarei; essi costituiscono il riempimento superficiale di solchi erosivi, localmente detti "lame", e spesso si rinvengono sui fianchi di questi solchi a formare terrazzi. Tale depositi sono ascrivibili all'Olocene-Pleistocene.

La terza formazione è rappresentata da **calcareniti organogene** più o meno cementate, massicce o in banchi di colore bianco o giallastro, con frequenti livelli fossiliferi; comunemente detti "tufi delle Murge" e sono di età pleistocenica.

La quarta formazione è rappresentata da **calcari detritici**, generalmente in strati e talora in banchi da **calcari dolomitizzati e dolomie** con livelli di breccia calcareo - dolomitica. Spesso si rilevano cavità più o meno riempite da materiale rossastro argilloso di alterazione (terre rosse), che rappresentano il residuo insolubile della dissoluzione calcarea (carsismo).

Tale formazione rappresenta il "bed-rock" locale, prende il nome di "CALCARE di BARI" ed appartiene al CRETACEO *TURONIANO-BARREMIANO.*

ASPETTI TOPOGRAFICI, MORFOLOGICI, GEOLOGICI E GEOLITOGICI.

Il comparto di lottizzazione della Maglia n° 165 è ubicato catastalmente nel Foglio 12 del catasto terreni del Comune di Bisceglie ed è di seguito specificatamente individuato nei singoli sub-comparti e dalle particelle con i relativi proprietari:

- sub-Comparto A: p.lla 1360 (Dell'Olio Lucia) – p.lle 85-100-56-747-746-2985-2636 (De Candia Maria, Di Liddo Spiridione);
- sub-Comparto B: p.lle 22-58-71-23-13-1015-1016- 116 (La Notte Mauro);
- sub-Comparto C: p.lle 1726-25-1725 (Impregest S.r.l.);
- sub-Comparto D: p.lle 3321-1550-3319-59 (Napoletano Maria) – p.lla 2763 (Colangelo Andrea) – p.lla 1650 (Figliola Anna e Mastrodonato Girolamo)
- sub-Comparto E: p.lle 1806-2993 (BiMarmi S.p.A.) – p.lla 2992 (Demanio dello Stato) – p.lla 1650 (Figliola Anna – Mastrodonato Girolamo) – p.lla 2220 (Mastrodonato Paolo – Preziosa Gipovanna) – p.lla 1488 (Cassanelli Nicola – Cortese Maria) – p.lle 545-1727 (Cassanelli Elisabetta – Cassanelli Rosa – Cortese Maria) – p.lle 1467-3450 (Pedone Working S.r.l.) – p.lla 1468 (Valente Angela Maria - Valente Donato - Valente Salvatore) – p.lla 2994 (Comune di Bisceglie).

I suoli della Maglia n° 95 destinati a Standard invece sono così individuati sempre nel Foglio 12 del catasto terreni del Comune di Bisceglie: p.lle 3268 – 3330 (Altamura Angelantonio – Alatamura anna – Altamura Battista – Altamura Carmela – Altamura Domenico – Altamura Damiano – Altamura Giovanni) – p.lle 178 – 550 (*Propr.* Cortese Valente Angela – *Usufr.* Valente Francesco) – p.lle 3267 – 3238 - 3269 – 3256 (Impresa Costruz. Eredi Di Liddo S.a.S. – Lisena Nicola e Lisena Enrico S.n.C.) – p.lla 2548 (Lisena Nicola e Lisena Enrico S.n.C.).

Il territorio esaminato, posto nel settore orientale dell'abitato Bisceglie, è ubicato in prossimità della costa Adriatica, tra l'insenatura di Cala Arciprete e Punta San Francesco, ad una quota di circa 5,0 m s.l.m. e si presenta morfologicamente pianeggiante con leggerissima inclinazione verso NO.

La configurazione morfologica di questa parte del territorio murgiano non si discosta dallo schema regionale, così come convalida anche lo schema di riferimento litologico e stratigrafico, ivi compresi i rapporti intercorrenti tra le diverse litofacies univocamente rappresentate da litotipi calcarei e dolomitici.

La cartografia tematica ascrive le formazioni affioranti prevalentemente alle facies di genesi marina di età quaternaria denominata "Calcarenite di Gravina" di spessore dell'ordine di circa 1,00 m, ma ormai completamente sostituita da terreno vegetale e/o copertura di materiale calcareo di riporto, quale copertura recente del sottostante substrato roccioso di età cretacica, caratterizzato da banchi di potenza di alcune migliaia di metri.

La formazione carbonatica mesozoica è rappresentata da calcari bioclastici e dolomitici in assetto monoclinalico con blande pieghe a largo raggio con direzione prevalentemente WNW-ESE e inclinazione verso SW-NE.

Trattasi di una potente serie sedimentaria denominata "Calcari delle Murge" della quale fa parte l'unità litostratigrafica del "Calcare di Bari" che costituisce l'ossatura di supporto ed il substrato dell' intera area in esame.

Da un punto di vista litologico tale unità è caratterizzata prevalentemente da calcari bianchi bioclastici in strati e banchi regolari, dolomie grigiastre, calcari dolomitici con diffuse forme di dissoluzione carsica specie lungo gli interstrati o lungo le fratture. Il fenomeno carsico è accompagnato da intensa fratturazione, si sviluppa in forme e dimensioni diverse, condizionato come è noto dalla litologia, dalla permeabilità primaria o indotta, dal chimismo e dalla pressione delle acque percolanti e dà luogo a cavità parzialmente o totalmente riempite da depositi granulometricamente fini noti come " Terre rosse ".

Il quadro litostratigrafico delineato, appare caratterizzato da formazioni litologicamente omogenee ma aventi condizioni di anisotropia non ben definite sia nei caratteri fisico-meccanici che di permeabilità.

Si possono in tal modo produrre spazialmente comportamenti geotecnici notevolmente differenziati, nonchè condizioni del tutto particolari per il formarsi nell'ammasso di movimenti di filtrazione superficiale, che giustificano una diffusa ed a luoghi assai pronunciata attività carsica.

Le numerose fratture, sia in senso trasversale che orizzontale, consentono di definire una permeabilità primaria e secondaria della roccia a seconda che le discontinuità, siano prevalentemente sviluppate in orizzontale, secondo i piani di stratificazione, od in verticale lungo direttrici tensionali dislocative e comunque sempre in relazione a condizioni intrinseche connesse alla litologia ed alla morfologia.

ASPETTI IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Per quanto attiene gli aspetti idrologici si può affermare che per la zona in esame non sussistono le condizioni necessarie per il formarsi di livelli idrici immediatamente superficiali con ristagno d'acqua al suolo nè sono possibili condizioni di flusso con formazione di falde pensili.

La circolazione superficiale è quasi assente in quanto la natura dei terreni consente una notevole permeabilità sia per porosità che per fatturazione e carsificazione e si manifesta lungo solchi erosivi (lame) solo in occasione di abbondanti precipitazioni meteoriche.

Dal punto di vista idrogeologico alle profondità corrispondenti al livello mare (circa 4,00 m. dal p.c.) tutte le acque di origine meteorica in genere, si organizzano in una unica falda che galleggiando sull'acqua di mare di invasione continentale, si sposta verso il livello dì base costituito dall'attuale linea di costa con velocità variabili e diversa cadente piezometrica.

Non risultano evidenze di fenomeni di dissesto in atto, né la presenza nelle immediate vicinanze di forme carsiche.

Inoltre, come si evince dallo stralcio della cartografia ufficiale allegata al P.A.I. ed approvato dall'Autorità di Bacino della Puglia, l'area in studio non ricade all'interno di alcuna area perimetrata a rischio alluvione e/o frana.

Per tutti gli altri aspetti inerenti alla idrogeologia dell'area in esame si rimanda alle indicazioni generali del piano acque (L.R. n °24 del 19 -12 - 1983).

INDAGINI GEOFISICHE

INDICE

1 PREMESSA ____ 2

2 INQUADRAMENTO AREA ____ 3

2.1 Inquadramento geografico ____ 3

2.2 Inquadramento geologico locale ____ 4

3 INDAGINE SISMICA ____ 6

3.1 Sismica a rifrazione di superficie-Basi sismiche ____ 6

3.2 Descrizione dell'indagine eseguita- Basi sismiche ____ 9

3.3 Interpretazione dei risultati delle Basi sismiche ____ 10

3.4 Indagine Re.Mi. ____ 14

4 CALCOLO DEI MODULI DINAMICI ____ 16

ALLEGATI:

ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

ALLEGATO 2: INDAGINI SISMICHE: BASI SISMICHE E RE.MI.

ALLEGATO 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Apogeo s.c. a r.l. -Via C. Monteverdi, 1 70022 Altamura (BA) – Cod. Fisc. e P. IVA 01037210778 - Tel. e Fax: 080/3143324 - apogeo.altamura@libero.it

1 PREMESSA

E' stata eseguita una campagna di indagini geognostiche a carattere geofisico in un'area destinata da Lottizzare "Maglia 165" del P.R.G. del Comune di Bisceglie su commissione del Dott. Geol. F. Napoletano.

Scopo dell'indagine è stata quella di:

- rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo;
- ricavare lo spessore e le caratteristiche geotecniche e/o geomeccaniche (velocità delle onde elastiche, coefficiente di Poisson e moduli elastici dinamici) degli strati riconosciuti;
- ricavare il valore del V_{S30} e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione secondo quanto è richiesto dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche ed integrazioni dell' O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone*" G.U. n.108 del 11/05/2006, poi recepite nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (DM 14/1/2008).

A tal fine sono stati eseguiti:

- n. 3 profili sismici a rifrazione superficiale in onde P (**BS1÷BS3**) di il profilo **BS1** di lunghezza pari a 50m mentre i profili **BS2** e **BS3** di lunghezza pari a 125m;
- n. 3 profili RE.MI. (**RE.MI.1÷RE.MI.3**) ubicati in corrispondenza delle stesse basi sismiche.

Per il sito in esame non è stato necessario utilizzare accorgimenti sia durante la fase di esecuzione del lavoro sia durante la fase di elaborazione dei dati.

2 INQUADRAMENTO AREA

2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto dell'intervento è ubicata in un'area ad est del centro urbano del Comune di Bisceglie (BA), ad una quota di circa 8 m sul livello del mare (*fig.1*).

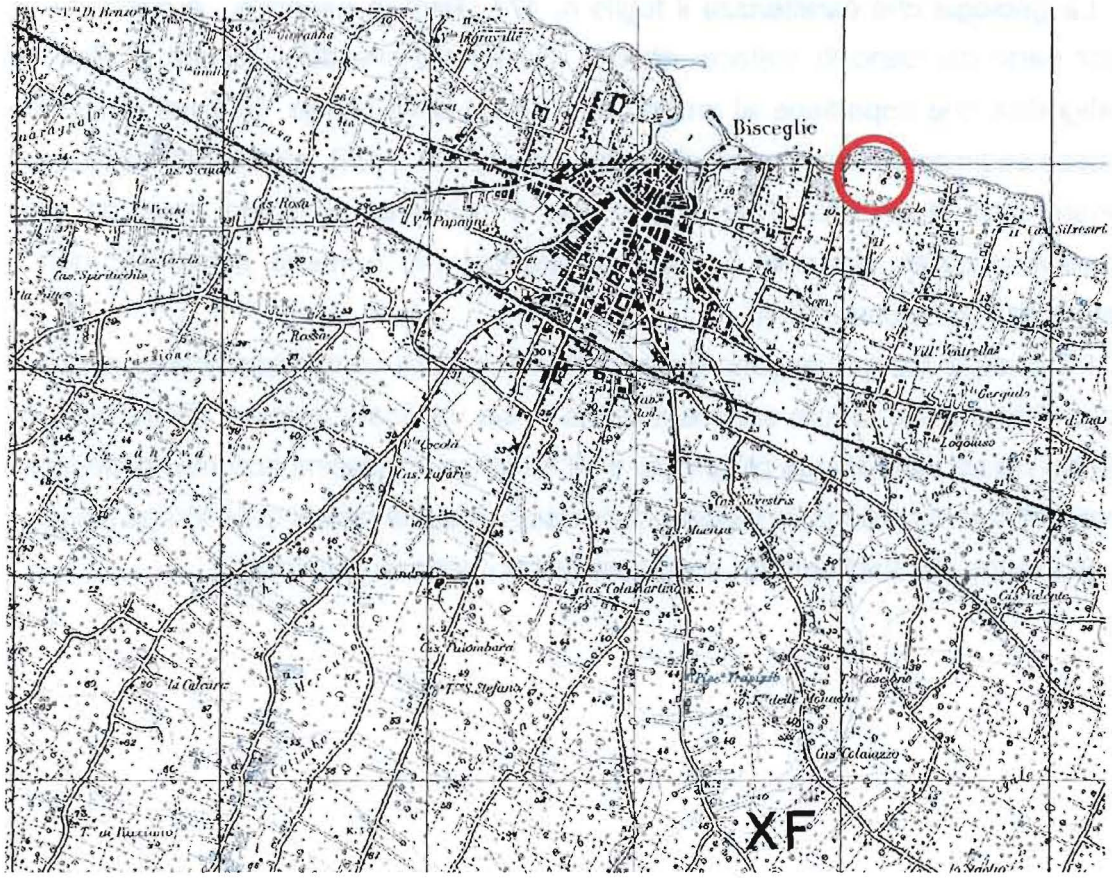


Figura 1. Ubicazione dell'area su stralcio del foglio 1:25000 n° 177 VI SO "Bisceglie", dell'IGM (Immagine modificata, non in scala).

2.2 Inquadramento geologico locale

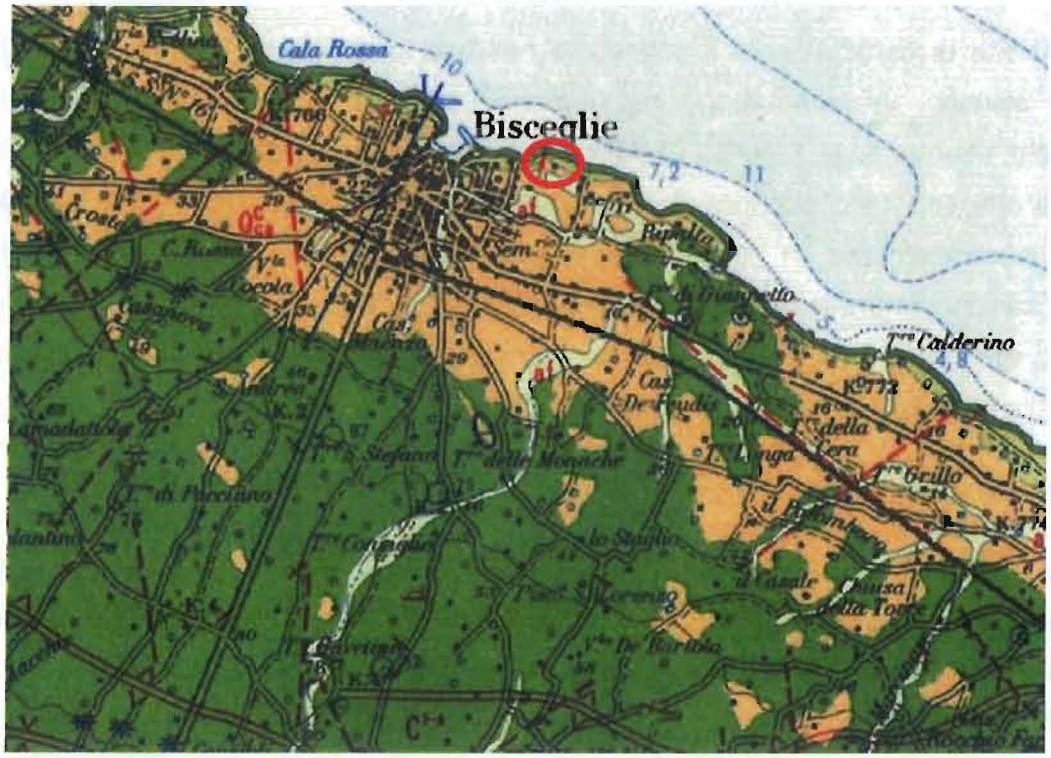
La superficie interessata dallo studio ricade nel F° 177 della Carta Geologica d'Italia (Bari) sulla Formazione del "*Calcare di Bari*".

La geologia che caratterizza il foglio n. 177 "Bari" in generale, è costituita per la maggior parte dai depositi cretacei riferibili alla formazione del "*Calcare di Bari*", unità litostratigrafica che appartiene al gruppo dei Calcari delle Murge. Si tratta di un potente complesso sedimentario (spessore affiorante circa 2000 metri), prevalentemente detritico, in genere ben stratificato. Tale formazione è ricoperta su vaste aree da depositi trasgressivi calcareo arenacei o arenaceo-argillosi più o meno cementati, noti nella letteratura geologica come "Tufi".

I Tufi delle Murge vengono genericamente indicati come pleistocenici anche se si potrebbe ritenere che la loro sedimentazione si sia verificata in tempi diversi, via via più recenti nei ripiani delle Murge più prossimi all'Adriatico. I massimi accumuli di sedimenti si sono verosibilmente prodotti in leggere depressioni a quote minori delle Murge stesse.

Sul fondo dei solchi erosivi sono osservabili i depositi alluvionali.

STRALCIO DEL F. 177 "BARI" DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA CON UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME



LEGENDA

Q^{c}_{Ca}

Depositi calcareo-arenacei e calcareo-arenaceo-argillosi più o meno cementati, bianchi o giallastri, con frequenti livelli fossiliferi (ad ***Ostrea*** sp., ***Pecten*** sp., ecc.) e orizzonti di marne argillose (dintorni di Binetto, Ruvo, Terlizzi); in lembi residui su piattaforme di abrasione via via più recenti verso la costa. ***PLEISTOCENE.***
TUFI DELLE MURGE.

C^{1-4}

Calcari detritici, generalmente in strati e talora in banchi, o lastriformi (" chiancarelle "); calcari dolomitizzati e dolomie con un livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico; calcari massicci o in banchi a: ***Chondrodonta*** c[r. ***joannae*** (CHOFF.), ***Apricardia laevigata*** (D'ORB.), ***Caprina*** sp., ***Caprinula*** sp., ***Sauvagesia*** sp., ***S. sharpei*** (BAYLE), ***Durania arnaudi*** (CHOFF.), ***Nerinea*** c[r. ***pseudo-nobilis*** CHOFF., ***Cuneolina pavonia parva*** HENSON, ***Nezzazata simplex*** OMARA, ***Nummoloculina heimi*** BONET, Turoniano-Cenomaniano (livelli "Toritto" e "Sannicandro"); ***Eoradiolites davidsoni*** (HILL), ***E. murgensis*** TORRE, ***Orbitolinidae*** (***Coskinolina sunnilandensis*** MAYNC, ***C. adkinsi*** BARKER, ecc.), Albiano (livello "Palese"); ***Toucasia*** c[r. ***carinata*** (MATH.), ***T. trasversa*** PAQUIER, ***Agria*** sp., ***Orbitolina*** sp., ***Cuneolina camposauri*** SART. e CRESC., ***C. laurenti*** SART. e CRESC., ***Bacinella irregularis*** RAD., ***Salpingoporella dinarica*** RAD., Aptiano-Barremiano (livello "Corato"). ***TURONIANO-BARREMIANO.***
CALCARE DI BARI.

3 INDAGINE SISMICA

Al fine di caratterizzare il sottosuolo nell'area di studio si è scelto di utilizzare il metodo sismico, in primo luogo per rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica – rifrattori – ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso terroso o roccioso con differente grado di densità e compattezza; in secondo luogo per ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (V_{S30}).

3.1 Sismica a rifrazione di superficie-Basi sismiche

L'indagine geosismica, del tipo a rifrazione di superficie come tutti i metodi di indagine indiretta del sottosuolo ci permette di investigare un certo volume, variabile a seconda della lunghezza dei profili eseguiti e della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente ad impatto o esplosiva, e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, viene generata da interfacce rifrangenti, che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

La strumentazione utilizzata è composta da un sismografo a 24 canali, della "MAE" modello A6000/S, con acquisizione computerizzata dei dati. È stata utilizzata una sorgente del tipo ad impatto verticale ed orizzontale (massa battente di 8Kg) per la generazione di onde, rilevate da 24 geofoni.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;

b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore **h** ubicato a profondità **z** dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui **h<0.25*z.**

c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Riguardo il punto d) secondo Zezza[1] (1976), possono essere distinti 5 differenti gradi di carsificazione ai quali corrispondono le seguenti caratteristiche dell'ammasso roccioso carsificato:

- grado V: V_p = 0,7-1,0 km/sec. Sono cancellati i caratteri tessiturali della roccia in posto i cui relitti si trovano inglobati in abbondanti terre rosse;
- grado IV: V_p = 1,1-1,9 km/sec. Sono conservati i caratteri tessiturali della roccia in posto attraversata in ogni senso da cavità carsiche attive e fossili;
- grado III: V_p = 2,0-3,0 km/sec. Diffusa presenza di cavità collegate ai processi di dissoluzione carsica;
- grado II: V_p = 3,1- 4,5 km/sec. Giunti di fessurazione interessati solo parzialmente da manifestazioni carsiche;
- grado I: V_p > 4,5 km/sec. Assenza completa di manifestazioni carsiche; giunti di fessurazione radi e bancate compatte.

Nella pagina seguente sono riportati in una tabella i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici per ciascun litotipo.

[1] Valutazione geologica-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati con particolare riferimento alle aree carsiche pugliesi. Mem. Soc. Geol. It., 14,1976.

Tabella 1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara – Rapolla – Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio – Elmi.

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcare fratturato	700-4200
Calcare compatto	2800-6400
Calcare cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incorenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

3.2 Descrizione dell'indagine eseguita- Basi sismiche

Sono state eseguite n. 3 basi sismiche (**BS1**, **BS2**, e **BS3**) in onde P di cui il profilo **BS1** di lunghezza pari a 50m e distanza intergeofonica pari a 2m mentre i profili **BS2** e **BS3** di lunghezza pari a 125m e distanza intergeofonica pari a 5m.

Per le basi sismiche eseguite si è scelto di effettuare numeri di scoppi differenti, poiché la prima base risulta di minore lunghezza: in particolare per la base sismica **BS1** sono stati effettuati tre scoppi: oltre quelli classici alle due estremità anche uno centrale tra il dodicesimo e il tredicesimo geofono, per le basi **BS2** e **BS3**, invece, sono stati effettuati cinque scoppi: oltre quelli classici alle due estremità anche tre interni allo stendimento tra il sesto e il settimo geofono, tra il dodicesimo e il tredicesimo e tra il diciottesimo e il diciannovesimo geofono.

I profili sismici sono stati diversamente orientati rispetto al Nord, il profilo **BS1** in direzione SE-NW, il profilo **BS2** in direzione SSE-NNW, mentre il profilo **BS3** in direzione S-N così come mostrato nell'**allegato1**.

Date le lunghezze degli stendimenti eseguiti è stato possibile investigare il sottosuolo fino ad una massima profondità compresa tra circa 11m e circa 27m.

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica e dalla metodologia RE.MI., sono stati inoltre calcolati alcuni parametri geotecnici: assegnando la densità in sito è stato calcolato il *coefficiente di Poisson* ed il modulo elastico dinamico. Le determinazioni dei moduli elastici effettuate mediante tali metodologie sismiche sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia. I moduli elastici sismici possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (Rzhevsky et alii, 1971) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

$$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$$

Infine, con i dati ottenuti dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno Ks (Kg/cm^3) attraverso la relazione di Vesic (1961):

$$Ks = Es/B(1 - \nu^2)$$

dove

B = larghezza della fondazione (ipotizzandola pari a 200cm);

E = modulo di elasticità del terreno;

ν = coefficiente di Poisson.

3.3 Interpretazione dei risultati delle Basi sismiche

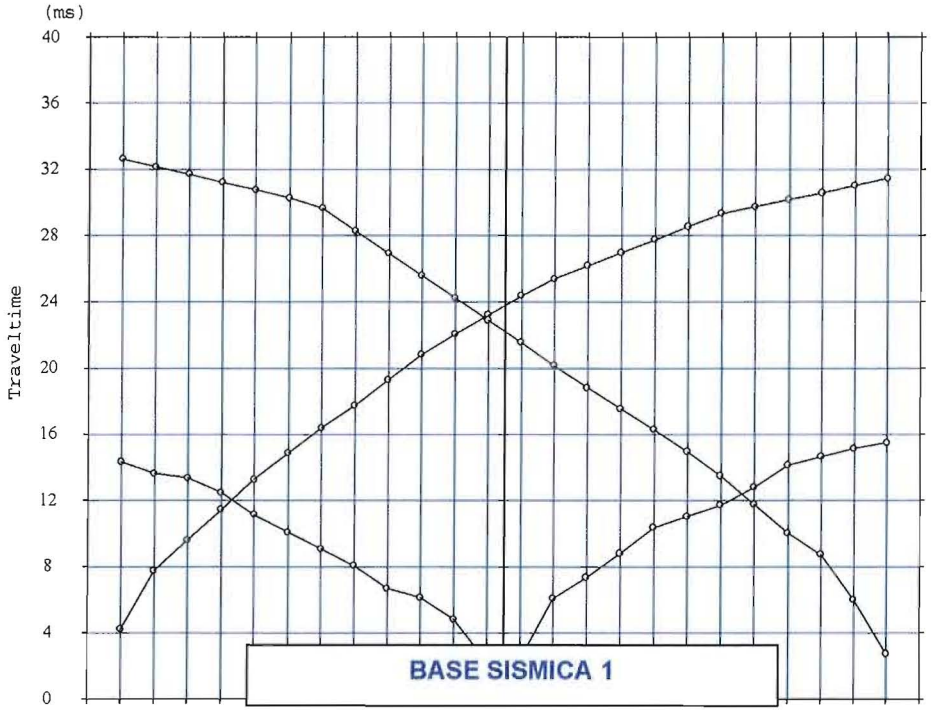
Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, in generale, è stato possibile ricavare la struttura del sottosuolo distinguendolo in tre sismostrati ciascuno dei quali caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione.

Per il profilo sismico **BS1** sulla base dell'interpretazione quantitativa delle dromocrone è stato possibile individuare un primo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **940m/s** attribuibile alla presenza di una copertura in asfalto frammisto a materiale di riporto ben addensato il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 0.5 e 1.0m; in successione un secondo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **1430m/s**, attribuibile alla presenza di un ammasso calcareo molto fratturato e alterato, il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 2.2m e 3.0m; infine un terzo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **1977m/s** attribuibile alla presenza di un ammasso calcareo da molto a mediamente fratturato e alterato il quale quasi certamente si rileva fino alla massima profondità investigata.

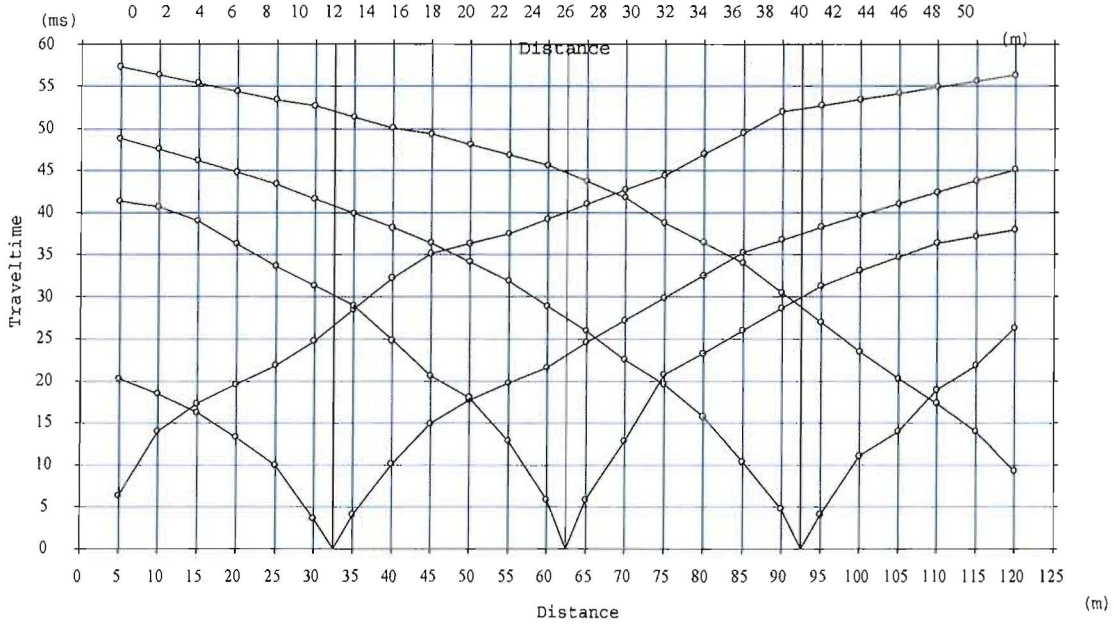
Per i profili sismici **BS2** e **BS3** sulla base dell'interpretazione quantitativa delle dromocrone è stato possibile individuare un primo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **825m/s** attribuibile alla presenza di una copertura in asfalto frammisto a materiale di riporto e/o copertura di terreno vegetale e calcare molto fratturato e alterato il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 2.0m e 3.0m; in successione un secondo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **1600m/s**, attribuibile alla presenza di un ammasso calcareo da molto a mediamente fratturato e alterato, il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 7.0m e 11.0m; infine un terzo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **2345m/s** attribuibile alla presenza di un ammasso calcareo mediamente fratturato e alterato il quale quasi certamente si rileva fino alla massima profondità investigata.

Le rappresentazioni grafiche dei dati sperimentali così ottenuti sono riportati nell'**allegato 2**.

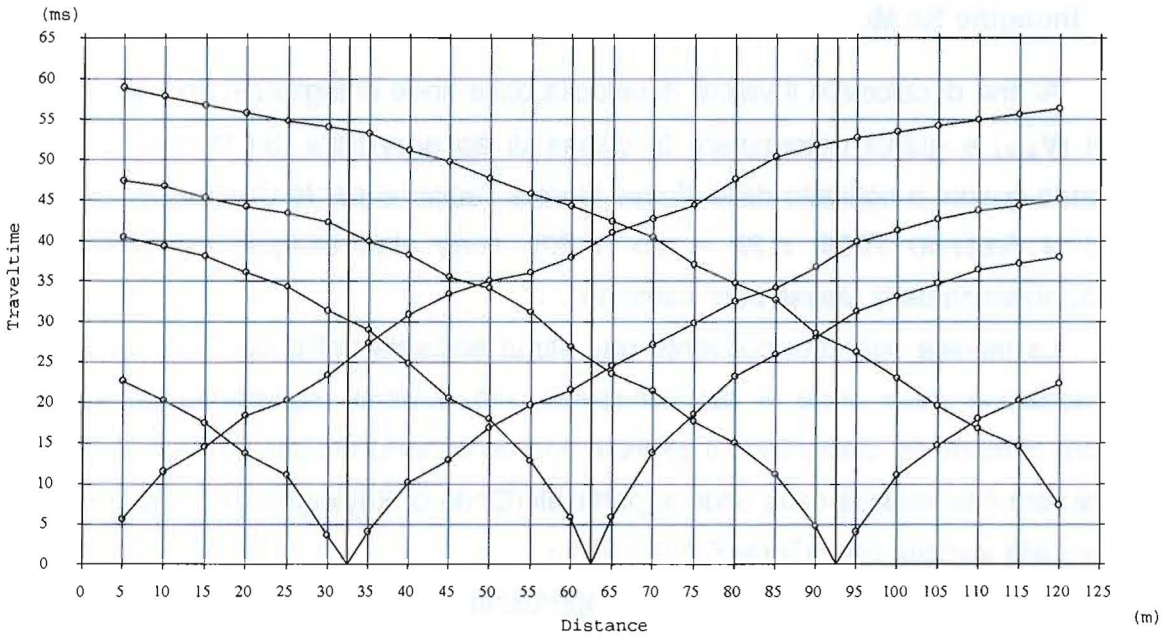
BASI SISMICHE 1, 2 E 3 - DROMOCRONE – ONDE P



BASE SISMICA 1



BASE SISMICA 2



BASE SISMICA 3

3.4 Indagine Re.Mi.

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità di 30mt (V_{S30}) e quindi determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/1/2008 (G.U. 4 febbraio 2008, n.29 – s.o. n.30),* sono stati eseguiti tre profili RE.MI. in corrispondenza delle stesse basi sismiche.

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando semplicemente il rumore di fondo ed elaborando il segnale con un opportuno software. A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%).

È così possibile definire con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo ***"V_{S30}"***.

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spaziati e in linea retta, di cui lo stendimento **RE.MI.1** di lunghezza pari a 46m e gli stendimenti **RE.MI.2** e **RE.MI.3** di lunghezza pari a 115m;
- esecuzione di 20 registrazioni della durata di 30 sec del rumore ambientale;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'A6000/S.

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo. E' importante rilevare che il profilo è ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down hole, risulta più rappresentativo a larga scala rispetto a quello ottenibile da un rilievo puntuale.

Nell'**allegato 2** sono riportati i risultati dell'elaborazione (n. 3 grafici oltre al sismogramma medio di tutte le interazioni relativi a ciascun profilo).

Il primo grafico, a partire dallo *spettro P-F,* mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo.

Nel grafico successivo invece è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per "aggiustamenti" successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati.

La figura successiva riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

Pertanto sulla base delle indagini sismiche eseguite, considerando il profilo stratigrafico dell'attuale piano campagna, è possibile calcolare il parametro V_{s30}, applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

$$Vs,30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vs,i}}$$

il quale risulta compreso tra **959m/s** e **1213m/s**; di conseguenza si può caratterizzare il sito in esame in una delle categorie di suolo di fondazione che in tal caso, nella Nuova Normativa Sismica, corrisponde ad un suolo di classe **"A"**, definito come (*punto 3.2.2. cap. 3 tabella 3.2 II del DM 14-01-2008*): ***"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m".***

E' opportuno precisare che da profilo RE.MI. si ricavano i valori di velocità delle onde S lungo la verticale a circa metà della lunghezza dello stendimento fino ad una profondità mutevole in funzione della variazione delle frequenze; generalmente, se non ci sono particolari "accidenti" la profondità di investigazione è pari alla lunghezza dello stendimento; in questo caso il modello sismostratigrafico riporta una profondità dei sismostrati compresa tra circa 38m e circa 90m a partire dal piano d'indagine, pertanto non è stato necessario eseguire alcuna estrapolazione del dato relativo alle Vs30.

4 CALCOLO DEI MODULI DINAMICI

Nella tabella seguente vengono riportati i principali moduli elastici dei terreni relativi alle basi sismiche eseguite; tali valori si riferiscono all'ammasso pertanto devono essere intesi come valori medi.

BASE SISMICA 1

Dati da inserire:	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	940	1430	1920
Velocità onde S (m/s):	466	713	997
Modulo di Poisson:	0,34	0,33	0,32
Densità naturale (gr/cmc):	1,71	1,90	2,05
SPESSORE MEDIO STRATO (mt)	**0,70**	**1,90**	**8,40**
CALCOLA:			
MODULO di YOUNG (E) MPa: (mod. di elasticità dinamico)	**976**	**2583**	**5359**
MODULO di TAGLIO (G) MPa: (mod. di rigidità)	**365**	**968**	**2037**
MODULO di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	**998**	**2603**	**4839**
MODULO di YOUNG STATICO MPa (Rzhevsky et alii, 1971)	**117**	**311**	**646**
Rigidità Sismica (Mg/m2*sec)	**799**	**1357**	**2043**
Frequenza dello Strato	**166**	**94**	**30**
Periodo dello Strato	**0,01**	**0,01**	**0,03**
B (Larghezza Fondazione in cm)	200	200	200
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	**6,76**	**17,86**	**36,55**
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	**66,27**	**175,18**	**358,45**

BASE SISMICA 2

Dati da inserire:	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	800	1650	2400
Velocità onde S (m/s):	394	824	1247
Modulo di Poisson:	0,34	0,33	0,32
Densità naturale (gr/cmc):	1,65	1,97	2,17
SPESSORE MEDIO STRATO (mt)	2,50	7,00	17,50
CALCOLA:			
MODULO di YOUNG (E) MPa: (mod. di elasticità dinamico)	672	3574	8863
MODULO di TAGLIO (G) MPa: (mod. di rigidità)	251	1340	3370
MODULO di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	699	3586	7989
MODULO di YOUNG STATICO MPa (Rzhevsky et alii, 1971)	81	431	1068
Rigidità Sismica (Mg/m2*sec)	649	1626	2702
Frequenza dello Strato	39	29	18
Periodo dello Strato	0,03	0,03	0,06
B (Larghezza Fondazione in cm)	200	200	200
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	4,66	24,70	60,44
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	45,67	242,26	592,71

BASE SISMICA 3

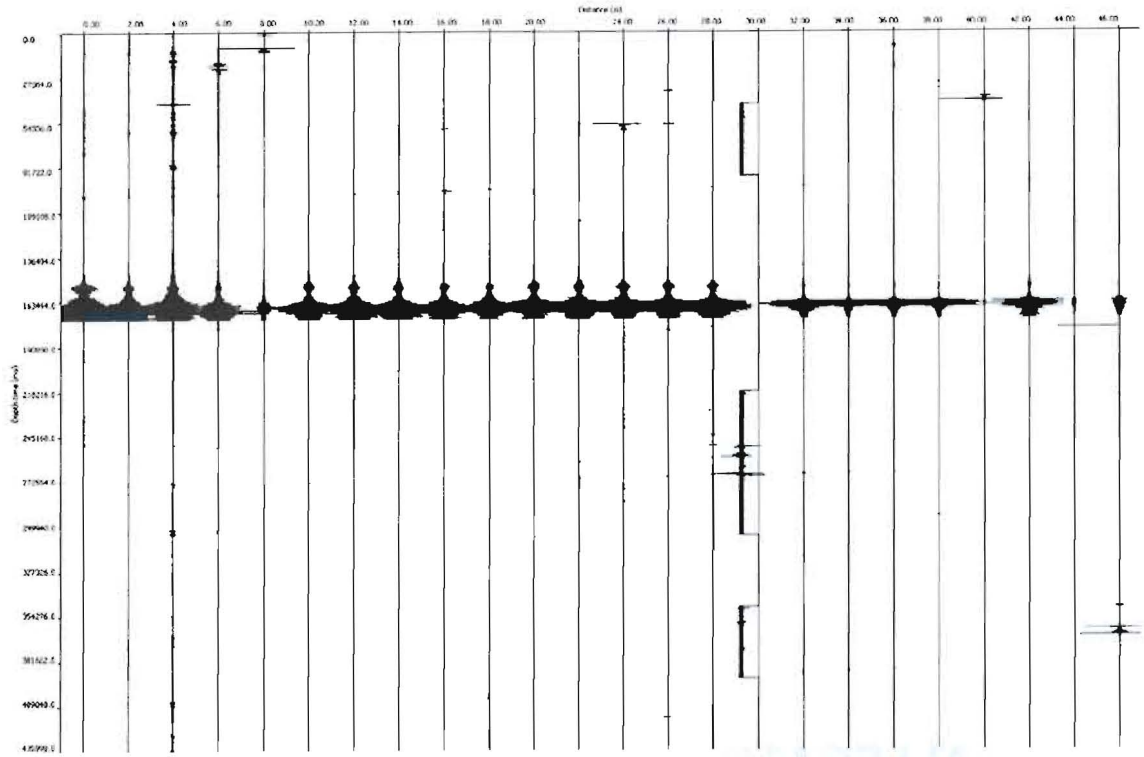
Dati da inserire:	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	850	1550	2290
Velocità onde S (m/s):	415	798	1210
Modulo di Poisson:	0,34	0,32	0,31
Densità naturale (gr/cmc):	1,67	1,94	2,14
SPESSORE MEDIO STRATO (mt)	2,30	7,50	17,20
CALCOLA:			
MODULO di YOUNG (E) MPa: (mod. di elasticità dinamico)	758	3265	8193
MODULO di TAGLIO (G) MPa: (mod. di rigidità)	282	1237	3136
MODULO di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	808	3018	7051
MODULO di YOUNG STATICO MPa (Rzhevsky et alii, 1971)	91	393	987
Rigidità Sismica (Mg/m2*sec)	694	1550	2591
Frequenza dello Strato	45	27	18
Periodo dello Strato	0,02	0,04	0,06
B (Larghezza Fondazione in cm)	200	200	200
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	5,28	22,33	55,53
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	51,74	219,01	544,58

ALLEGATO 1 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

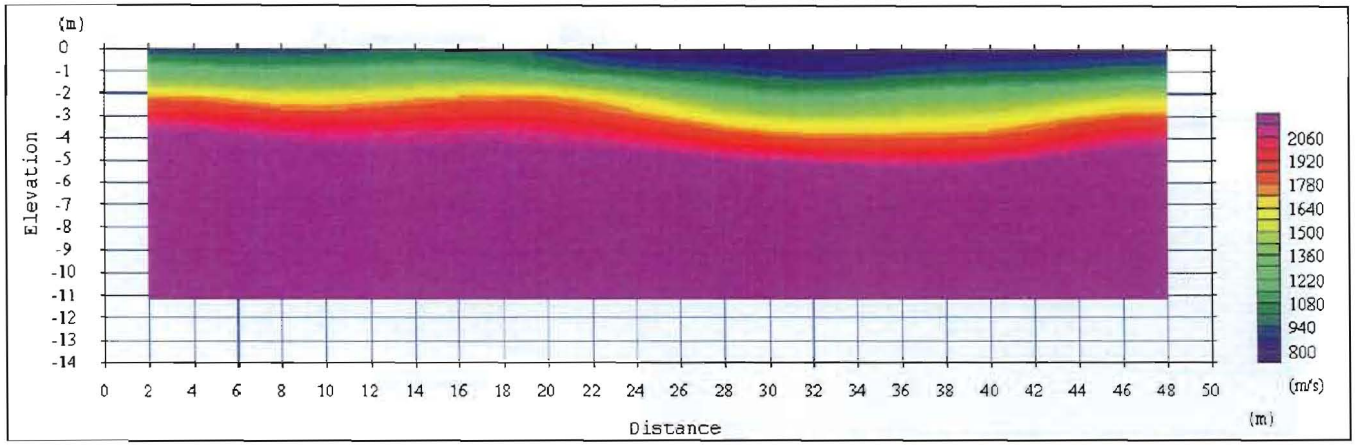
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE - Scala 1:2000

ALLEGATO 2 – INDAGINI SISMICHE

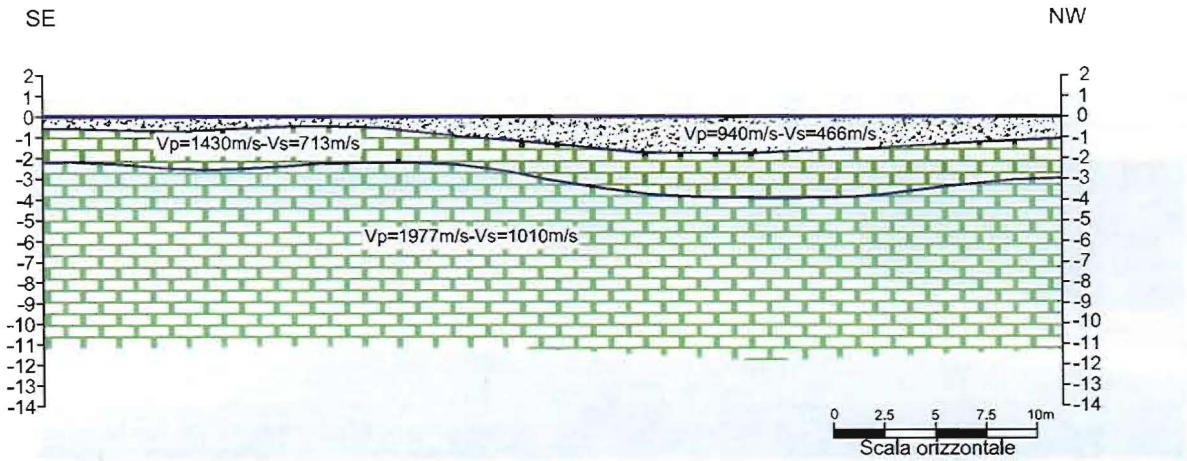
SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 1



BASE SISMICA N. 01
ELEBORAZIONE TOMOGRAFICA - Scala 1: 250



BASE SISMICA N. 01
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - Scala 1: 250



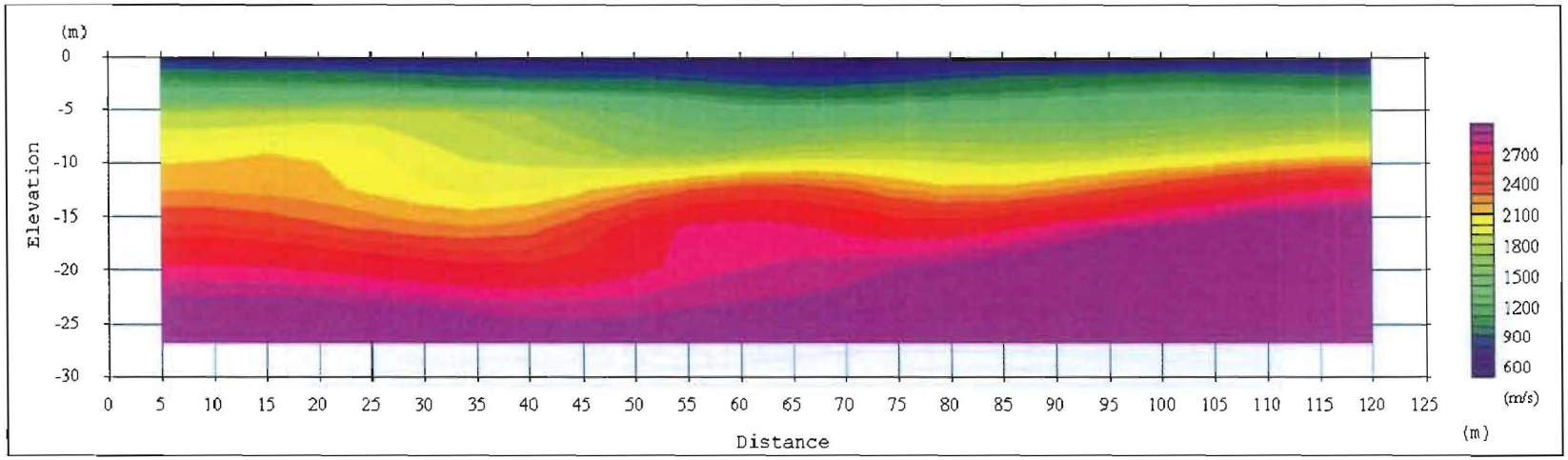
LEGENDA

SISMOSTRATO 1: copertura in asfalto frammisto a materiale di riporto ben addensato

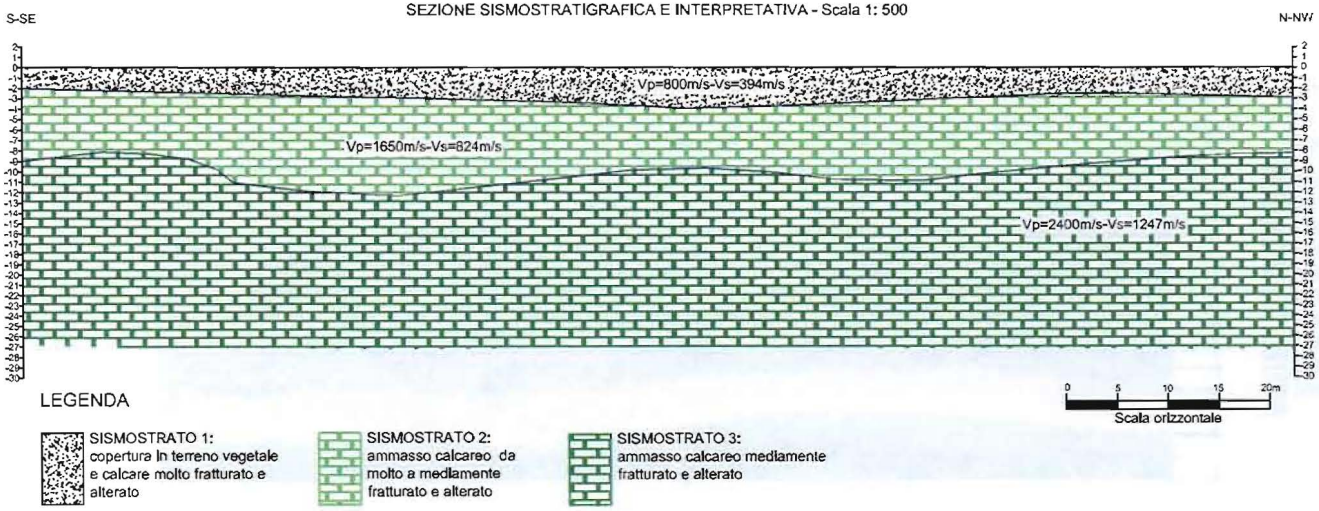
SISMOSTRATO 2: ammasso calcareo molto fratturato e alterato

SISMOSTRATO 3: ammasso calcareo da molto a mediamente fratturato e alterato

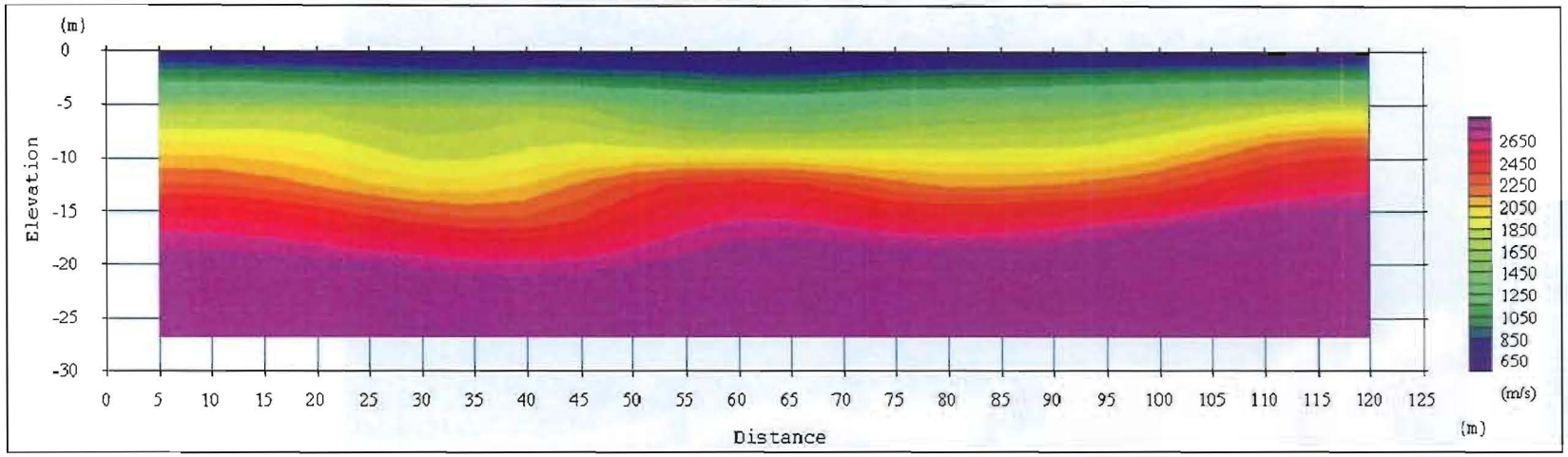
BASE SISMICA N. 02
ELEBORAZIONE TOMOGRAFICA - Scala 1: 500



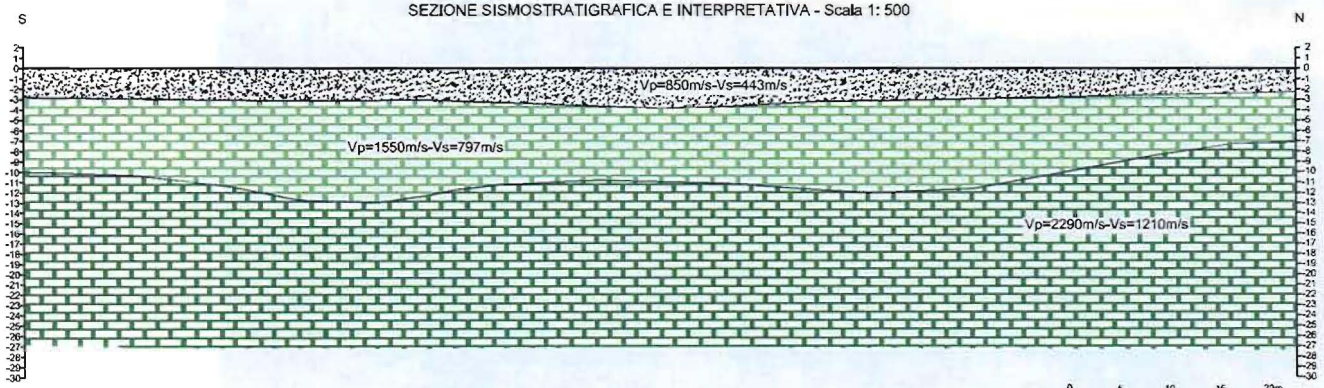
BASE SISMICA N. 02
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - Scala 1: 500



BASE SISMICA N. 03
ELEBORAZIONE TOMOGRAFICA - Scala 1: 500



BASE SISMICA N. 03
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - Scala 1: 500



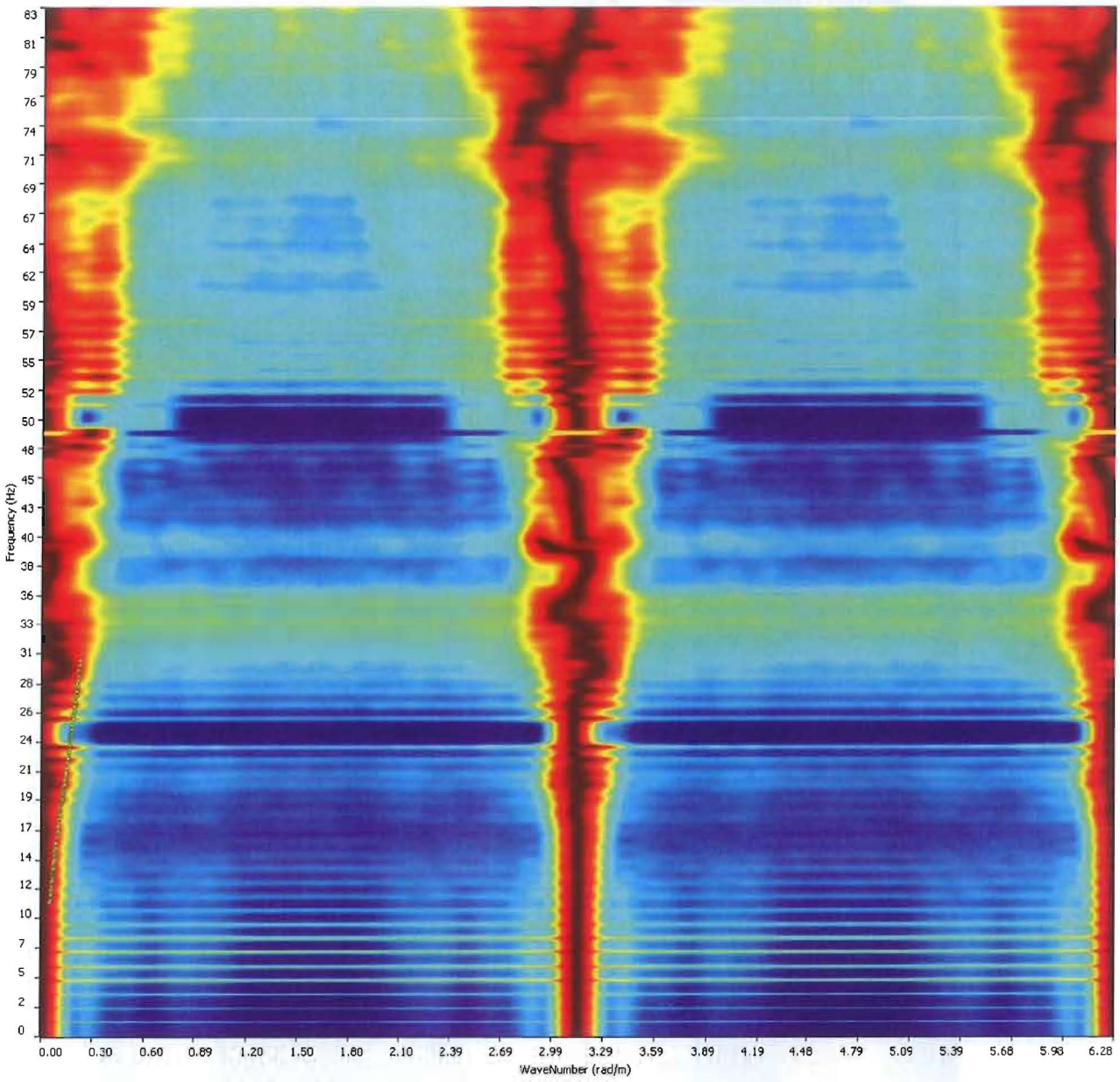
LEGENDA

SISMOSTRATO 1: copertura in asfalto frammisto a materiale riportato e calcare molto fratturato e alterato

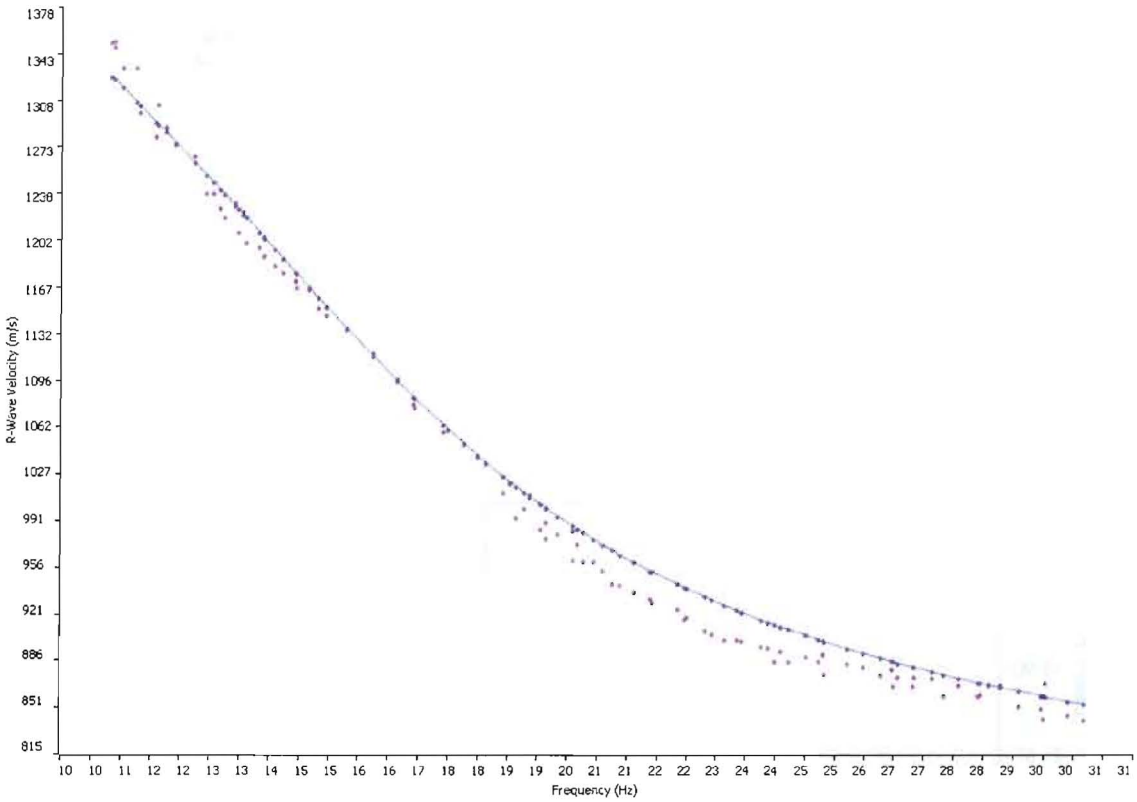
SISMOSTRATO 2: ammasso calcareo da molto a mediamente fratturato e alterato

SISMOSTRATO 3: ammasso calcareo mediamente fratturato e alterato

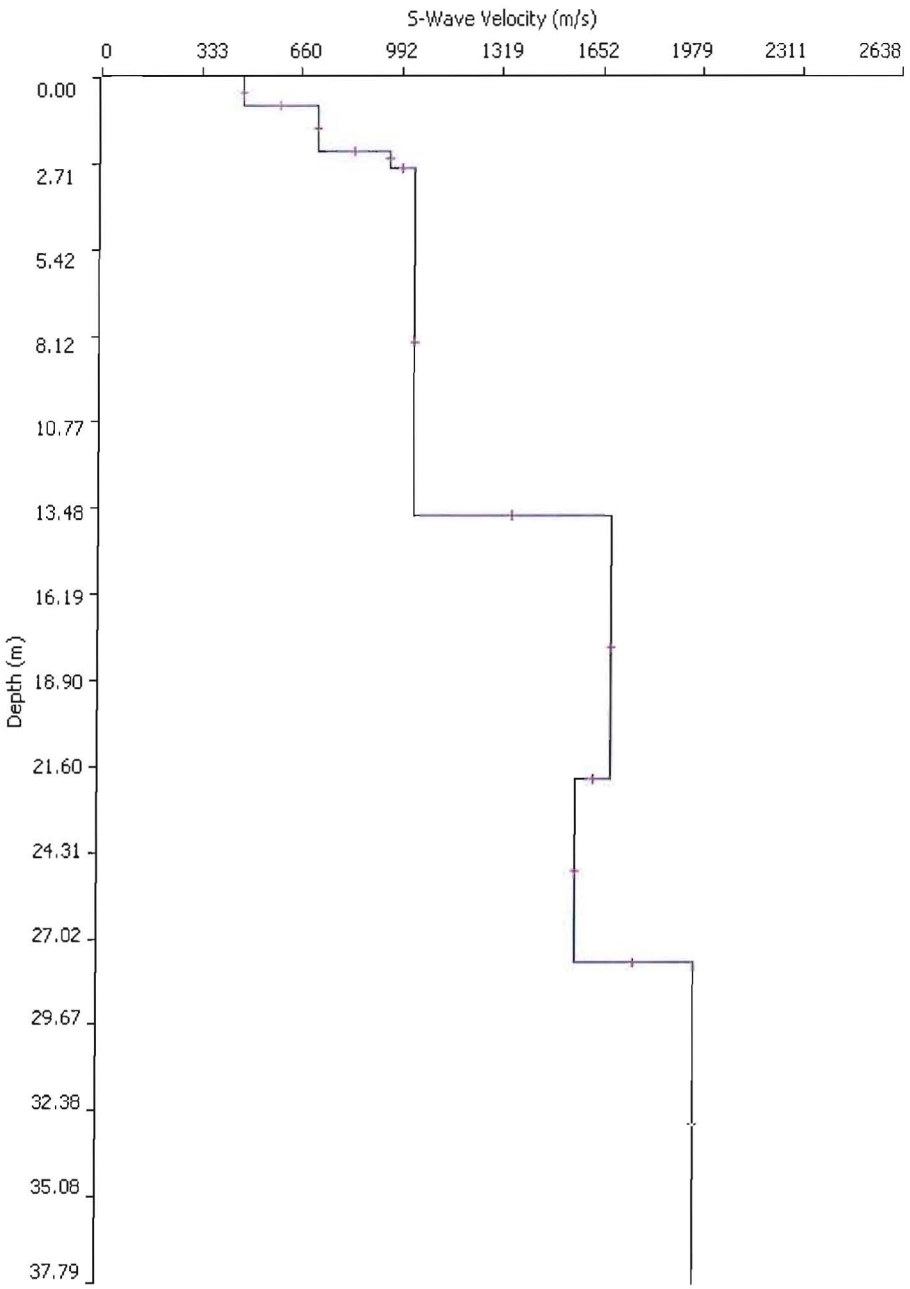
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1



CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1



PROFILO Vs – RE. MI. 1



Vs30 = 1213 m/s a partire dal piano d'indagine

SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 2

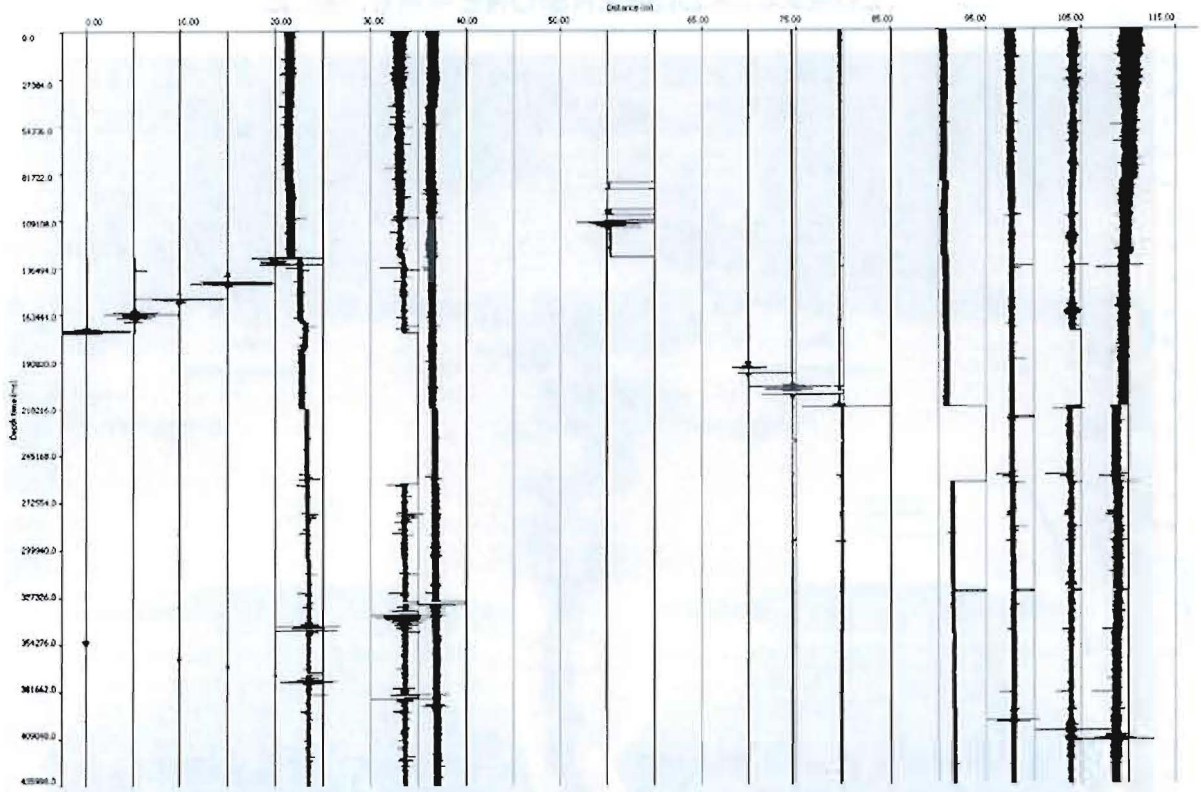
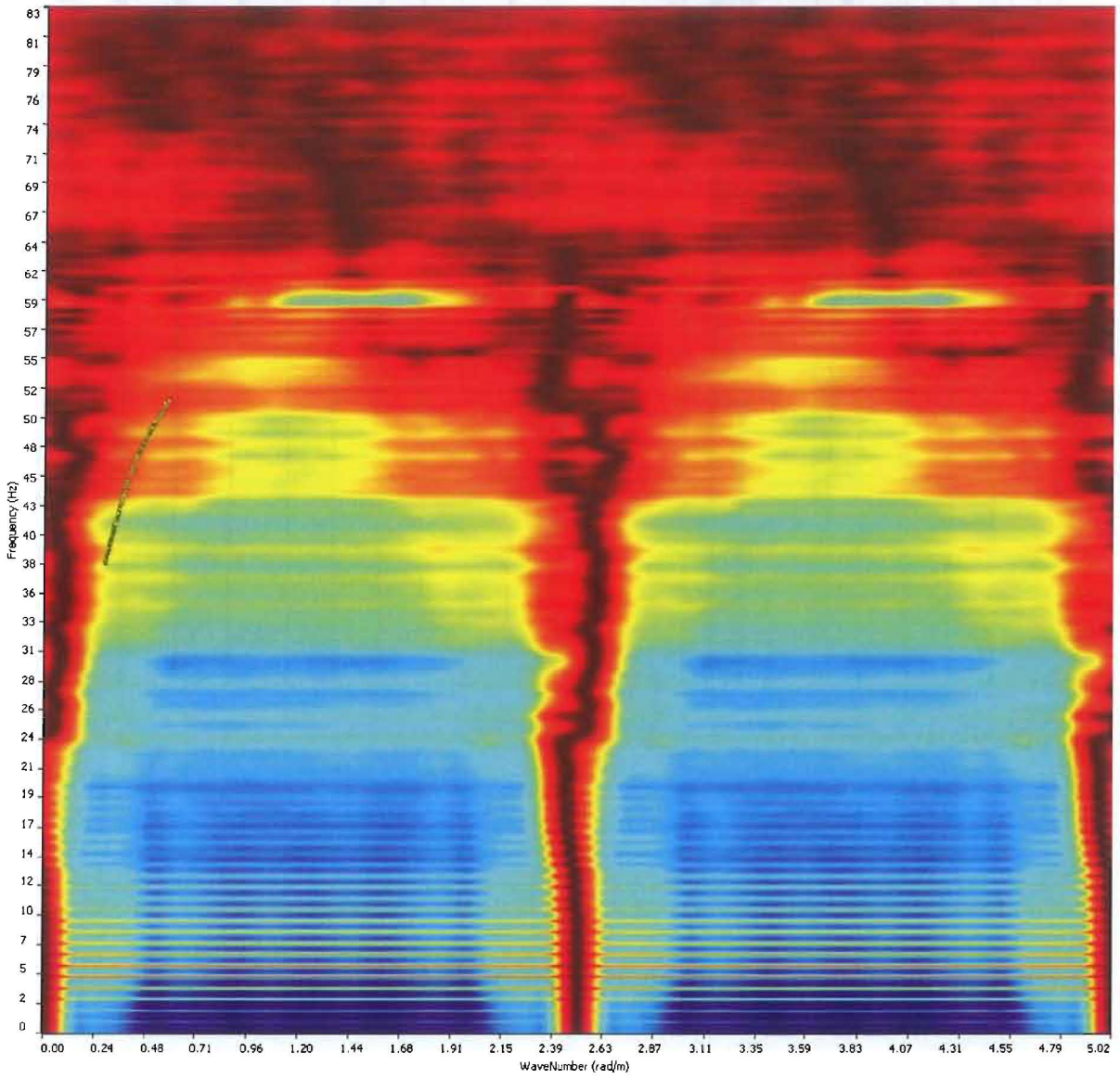
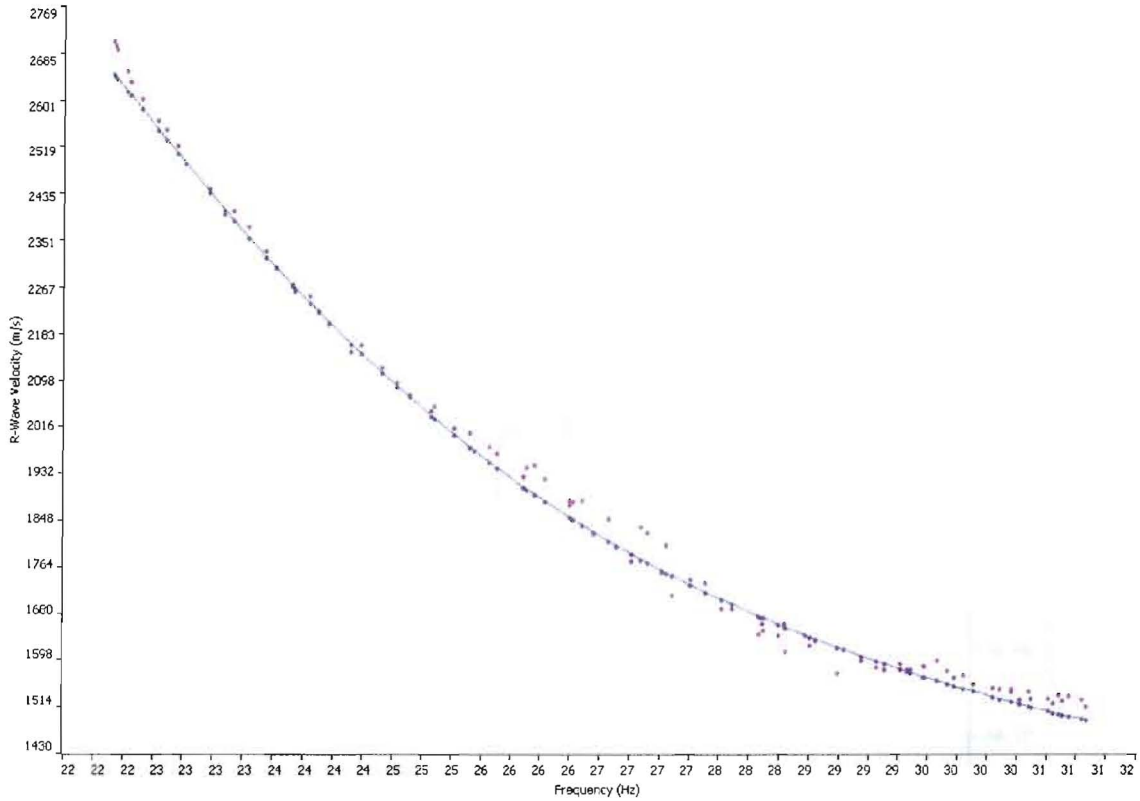


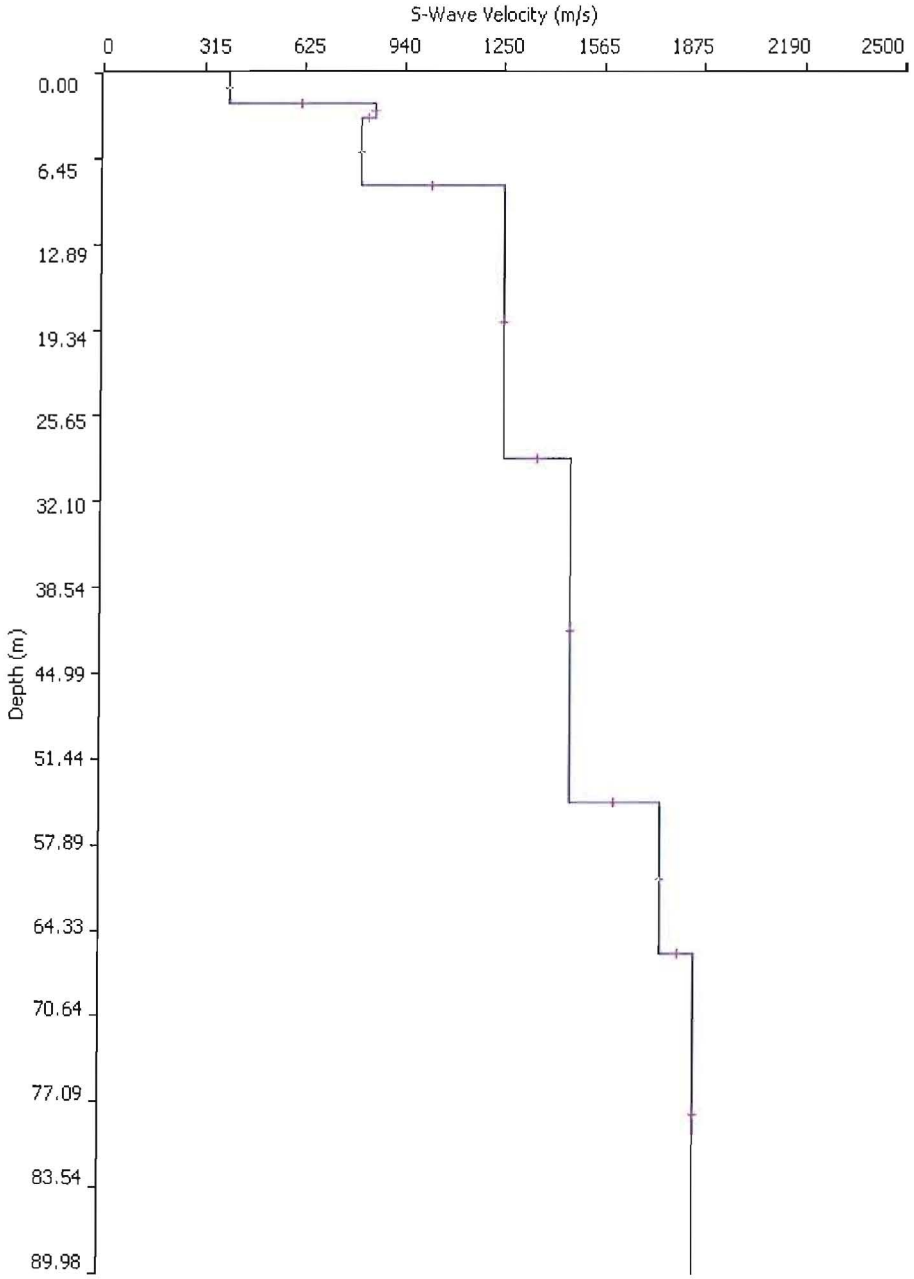
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 2



CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 2



PROFILO Vs – RE. MI. 2



Vs30 = 982 m/s a partire dal piano d'indagine

SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 3

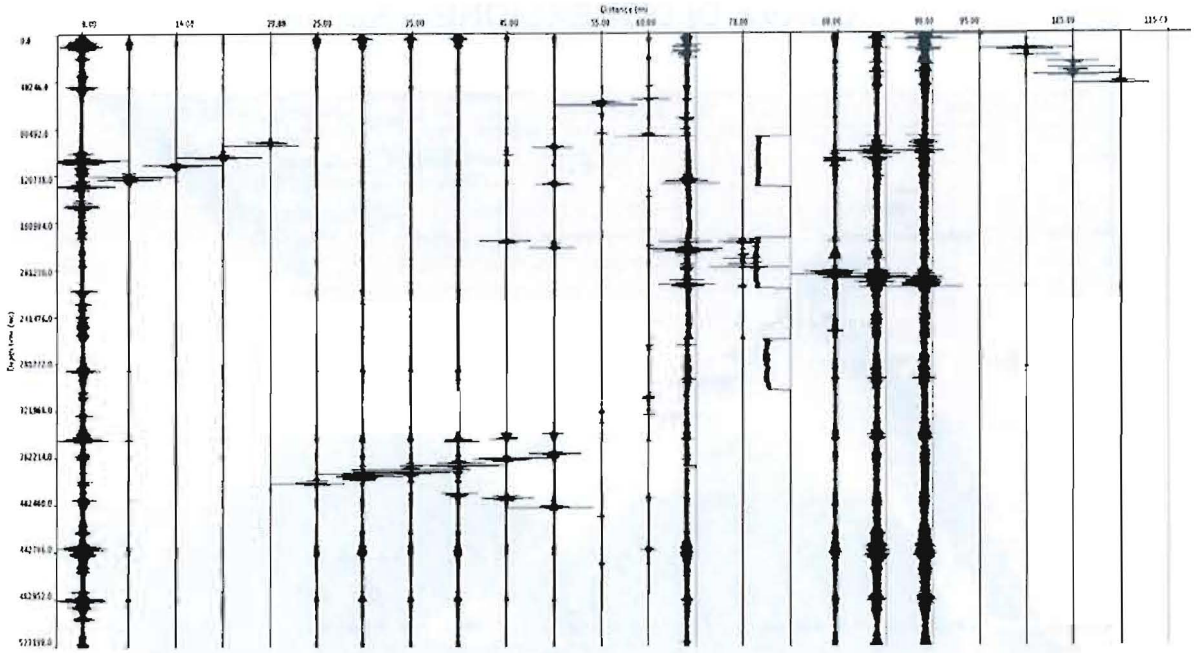
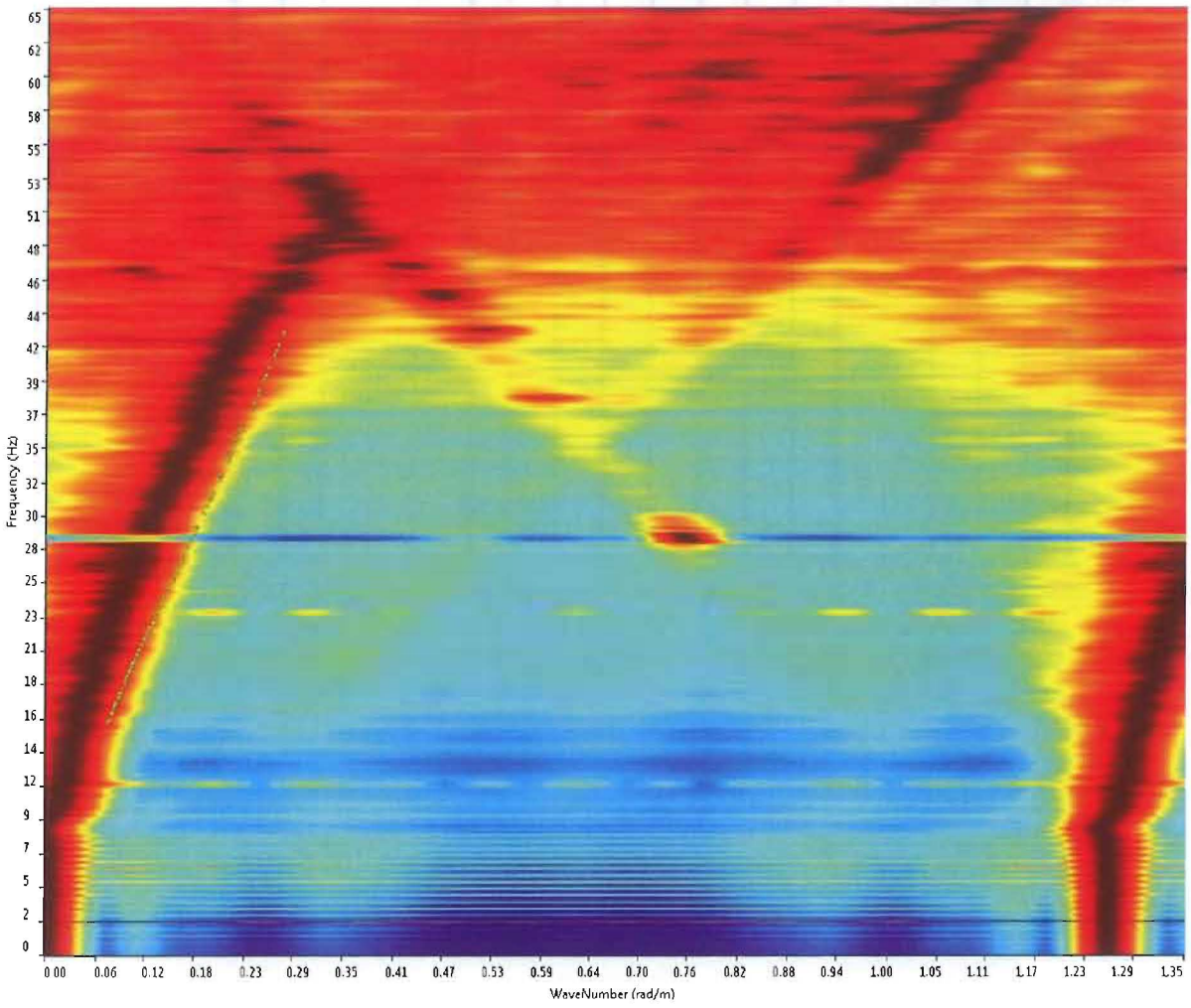
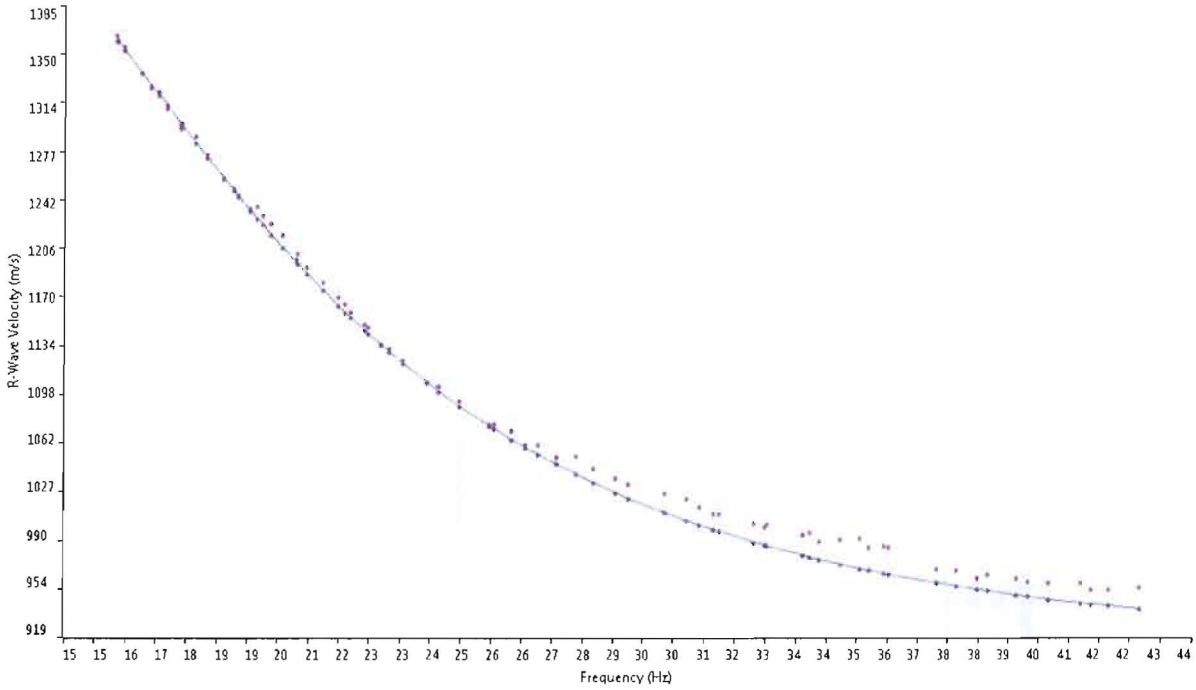


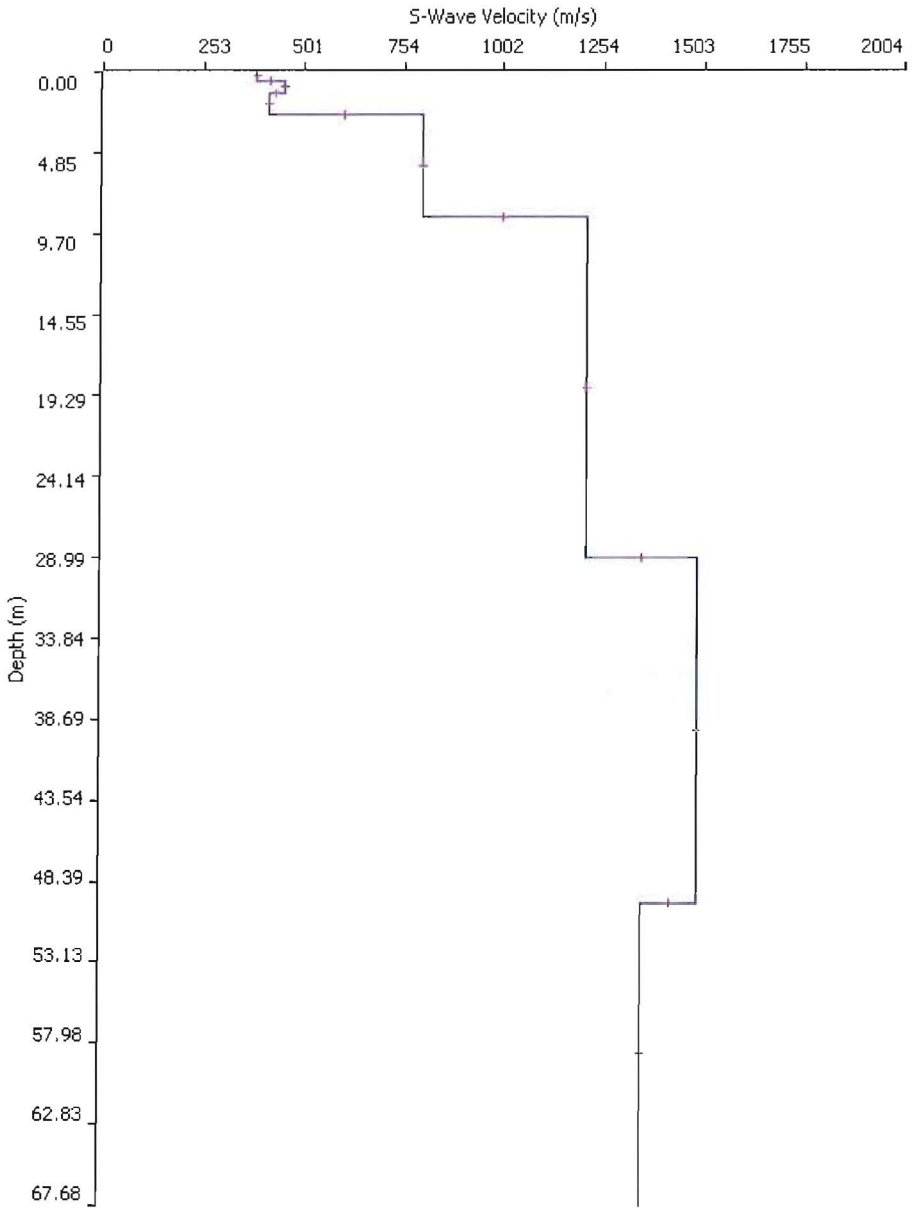
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 3



CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 3



PROFILO Vs – RE. MI. 3



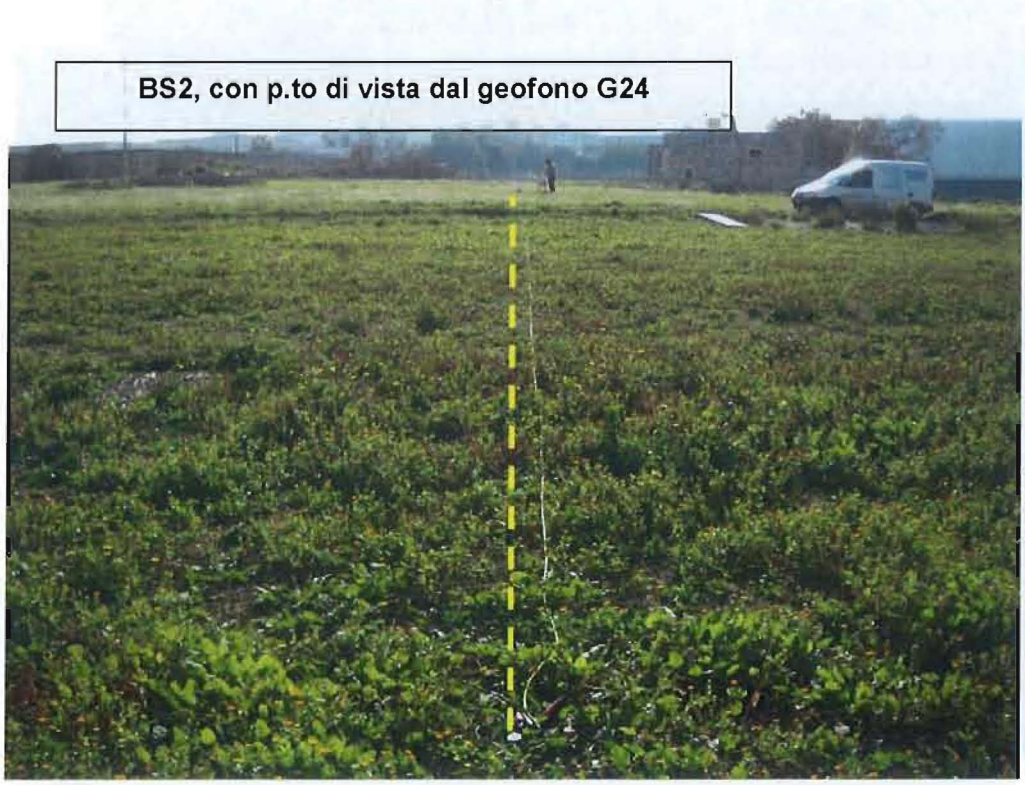
Vs30 = 959 m/s a partire dal piano d'indagine

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SULLE INDAGINI SISMICHE

FOTO INDAGINI SISMICHE: BS1, BS2 E BS3 IN ONDE P E Re.Mi.

BS1, particolare della strumentazione
MAE

BS2, con p.to di vista dal geofono G1



BS2, con p.to di vista dal geofono G24

BS2, particolare della strumentazione

BS3, con p.to di vista dal geofono G2

BS3, con p.to di vista dal geofono G24

BS3, particolare della strumentazione
M.A.E

INDAGINI GEOFISICHE

Aree a Standard Maglia 95

INDICE

1 PREMESSA ____ **2**

2 INDAGINE SISMICA ____ **3**

2.1 Descrizione dell'indagine eseguita- Base sismica ____ **3**

2.2 Interpretazione dei risultati della Base sismica ____ **4**

2.3 Indagine Re.Mi. ____ **6**

3 CALCOLO DEI MODULI DINAMICI ____ **8**

ALLEGATI:

ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA

ALLEGATO 2: INDAGINE SISMICA: BASE SISMICA E RE.MI.

ALLEGATO 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1 PREMESSA

E' stata eseguita una campagna di indagini geognostiche a carattere geofisico su una parte di suoli della Maglia 95 del P.R.G. del Comune di Bisceglie destinata a standard urbanistici ed in particolare ad impianti sportivi su commissione del Dott. Geol. F. Napoletano.

Scopo dell'indagine è stata quella di:

- rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo;
- ricavare lo spessore e le caratteristiche geotecniche e/o geomeccaniche (velocità delle onde elastiche, coefficiente di Poisson e moduli elastici dinamici) degli strati riconosciuti;
- ricavare il valore del V_{S30} e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione secondo quanto è richiesto dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche ed integrazioni dell' O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone*" G.U. n.108 del 11/05/2006, poi recepite nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (DM 14/1/2008).

A tal fine sono stati eseguiti:

- n. 1 profilo sismico a rifrazione superficiale in onde P (**BS1**) di lunghezza pari a 87.5m;
- n. 1 profilo RE.MI. (**RE.MI.1**) ubicato in corrispondenza della stessa base sismica.

Per il sito in esame non è stato necessario utilizzare accorgimenti sia durante la fase di esecuzione del lavoro sia durante la fase di elaborazione dei dati.

2 INDAGINE SISMICA

Al fine di caratterizzare il sottosuolo nell'area di studio si è scelto di utilizzare il metodo sismico, in primo luogo per rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica – rifrattori – ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso terroso o roccioso con differente grado di densità e compattezza; in secondo luogo per ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (V_{S30}).

2.1 Descrizione dell'indagine eseguita- Base sismica

E' stata eseguita n. 1 base sismica (**BS1**) in onde P di lunghezza pari a 87.5m e distanza intergeofonica pari a 3.5m.

Per la base sismica eseguita si è scelto di effettuare tre scoppi: oltre quelli classici alle due estremità anche uno centrale tra il dodicesimo e il tredicesimo geofono.

Il profilo sismico (**BS1**) è stato orientato in direzione WNW-ESE così come mostrato nell'**allegato1**.

Data la lunghezza dello stendimento eseguito è stato possibile investigare il sottosuolo fino ad una massima profondità pari a circa 20m.

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica e dalla metodologia RE.MI., sono stati inoltre calcolati alcuni parametri geotecnici: assegnando la densità in sito è stato calcolato il *coefficiente di Poisson* ed il modulo elastico dinamico. Le determinazioni dei moduli elastici effettuate mediante tali metodologie sismiche sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia. I moduli elastici sismici possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (Rzhevsky et alii, 1971) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

$$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$$

Infine, con i dati ottenuti dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno Ks (Kg/cm^3) attraverso la relazione di Vesic (1961):

$$Ks = Es/B(1 - \nu^2)$$

dove

B = larghezza della fondazione (ipotizzandola pari a 200cm);

E = modulo di elasticità del terreno;

ν = coefficiente di Poisson.

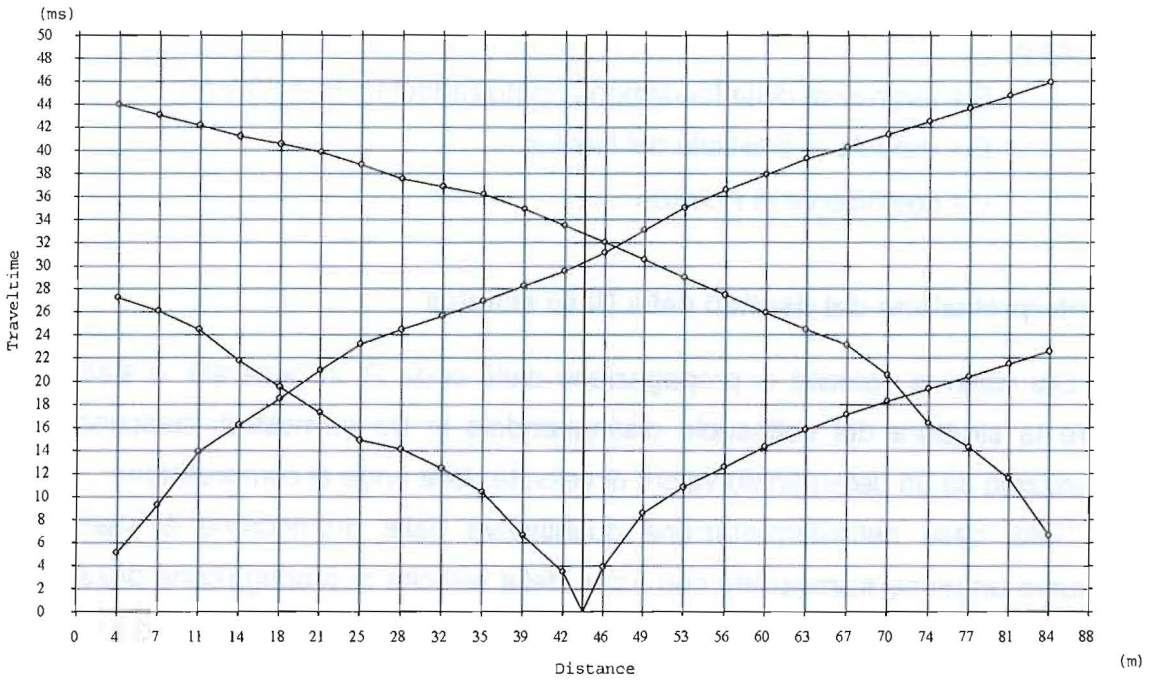
2.2 Interpretazione dei risultati della Base sismica

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, in generale, è stato possibile ricavare la struttura del sottosuolo distinguendolo in tre sismostrati ciascuno dei quali caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione.

Sulla base dell'interpretazione quantitativa delle dromocrone è stato possibile individuare un primo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **950m/s** attribuibile alla presenza di un ammasso calcareo molto fratturato e alterato (cappellaccio di alterazione) il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 1.0m e 3.0m; in successione un secondo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **1630m/s**, attribuibile alla presenza di un ammasso calcareo da molto a mediamente fratturato e alterato, il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 4.5m e circa 9.0m; infine un terzo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di **2450m/s** attribuibile alla presenza di un ammasso calcareo mediamente fratturato e alterato il quale quasi certamente si rileva fino alla massima profondità investigata.

Le rappresentazioni grafiche dei dati sperimentali così ottenuti sono riportati nell'**allegato 2**.

BASE SISMICA 1 - DROMOCRONE – ONDE P



2.3 Indagine Re.Mi.

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità di 30mt (V_{S30}) e quindi determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/1/2008 (G.U. 4 febbraio 2008, n.29 – s.o. n.30),* è stato eseguito un profilo RE.MI. in corrispondenza della stessa base sismica.

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando semplicemente il rumore di fondo ed elaborando il segnale con un opportuno software. A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%).

È così possibile definire con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo ***"V_{S30}"***.

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spaziati e in linea retta, di lunghezza pari a 80.5m (**RE.MI.1**);
- esecuzione di 20 registrazioni della durata di 30 sec del rumore ambientale;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'A6000/S.

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo. E' importante rilevare che il profilo è ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down hole, risulta più rappresentativo a larga scala rispetto a quello ottenibile da un rilievo puntuale.

Nell'**allegato 2** sono riportati i risultati dell'elaborazione (n. 3 grafici oltre al sismogramma medio di tutte le interazioni).

Il primo grafico, a partire dallo *spettro P-F,* mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo.

Nel grafico successivo invece è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per "aggiustamenti" successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati.

La figura successiva riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

Pertanto sulla base delle indagini sismiche eseguite, considerando il profilo stratigrafico dell'attuale piano campagna, è possibile calcolare il parametro V_{s30}, applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

$$Vs,30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vs,i}}$$

il quale risulta pari a **1271m/s**; di conseguenza si può caratterizzare il sito in esame in una delle categorie di suolo di fondazione che in tal caso, nella Nuova Normativa Sismica, corrisponde ad un suolo di classe **"A"**, definito come (*punto 3.2.2. cap. 3 tabella 3.2 II del DM 14-01-2008*): ***"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m".***

E' opportuno precisare che da profilo RE.MI. si ricavano i valori di velocità delle onde S lungo la verticale a circa metà della lunghezza dello stendimento fino ad una profondità mutevole in funzione della variazione delle frequenze; generalmente, se non ci sono particolari "accidenti" la profondità di investigazione è pari alla lunghezza dello stendimento; in questo caso il modello sismostratigrafico riporta una profondità dei sismostrati pari a circa 59m a partire dal piano d'indagine, pertanto non è stato necessario eseguire alcuna estrapolazione del dato relativo alle Vs30.

3 CALCOLO DEI MODULI DINAMICI

Nella tabella seguente vengono riportati i principali moduli elastici dei terreni relativi alla base sismica eseguita; tali valori si riferiscono all'ammasso pertanto devono essere intesi come valori medi.

BASE SISMICA 1

Dati da inserire:	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	950	1630	2450
Velocità onde S (m/s):	478	822	1259
Modulo di Poisson:	0,33	0,33	0,32
Densità naturale (gr/cmc):	1,72	1,97	2,18
SPESSORE MEDIO STRATO (mt)	2,00	4,30	13,70
CALCOLA:			
MODULO di YOUNG (E) MPa: (mod. di elasticità dinamico)	1025	3534	9119
MODULO di TAGLIO (G) MPa: (mod. di rigidità)	385	1329	3453
MODULO di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	1007	3454	8471
MODULO di YOUNG STATICO MPa (Rzhevsky et alii, 1971)	123	426	1099
Rigidità Sismica (Mg/m2*sec)	821	1617	2742
Frequenza dello Strato	60	48	23
Periodo dello Strato	0,02	0,02	0,04
B (Larghezza Fondazione in cm)	200	200	200
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	7,06	24,35	62,43
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	69,22	238,77	612,20

ALLEGATO 1 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA - Scala 1:1000

SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 1

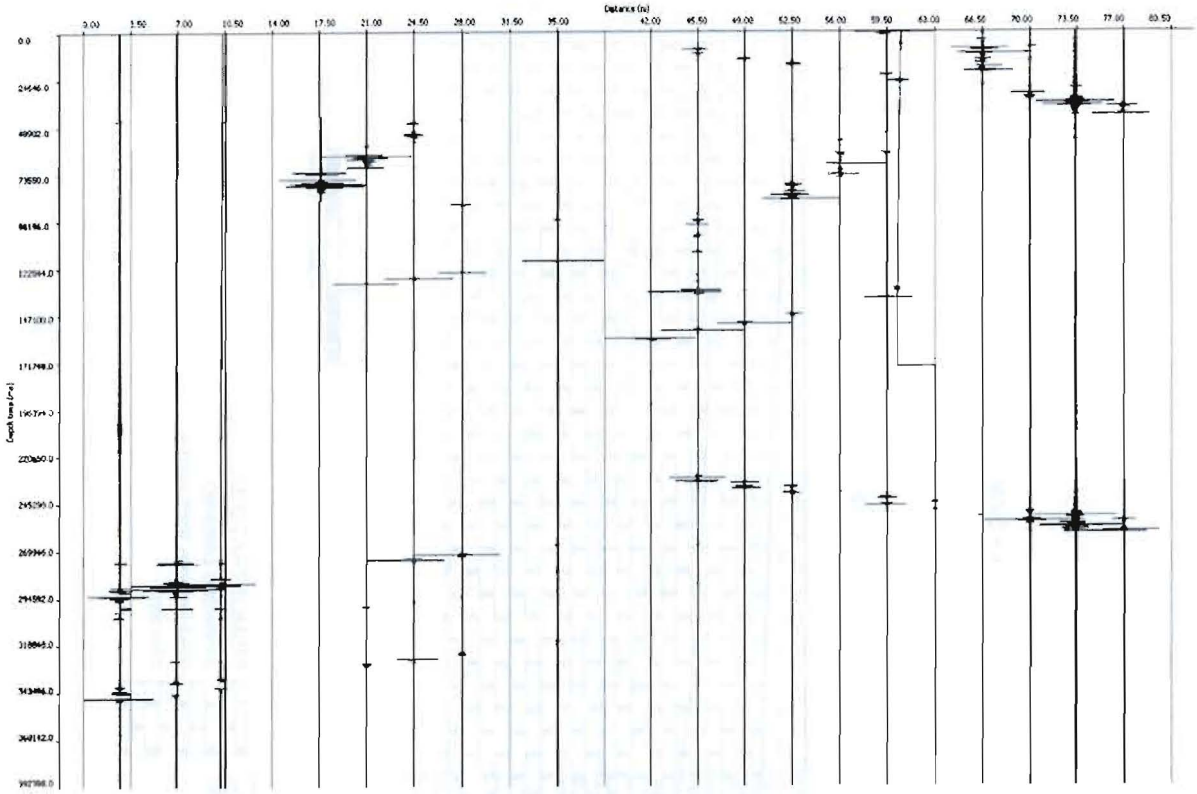
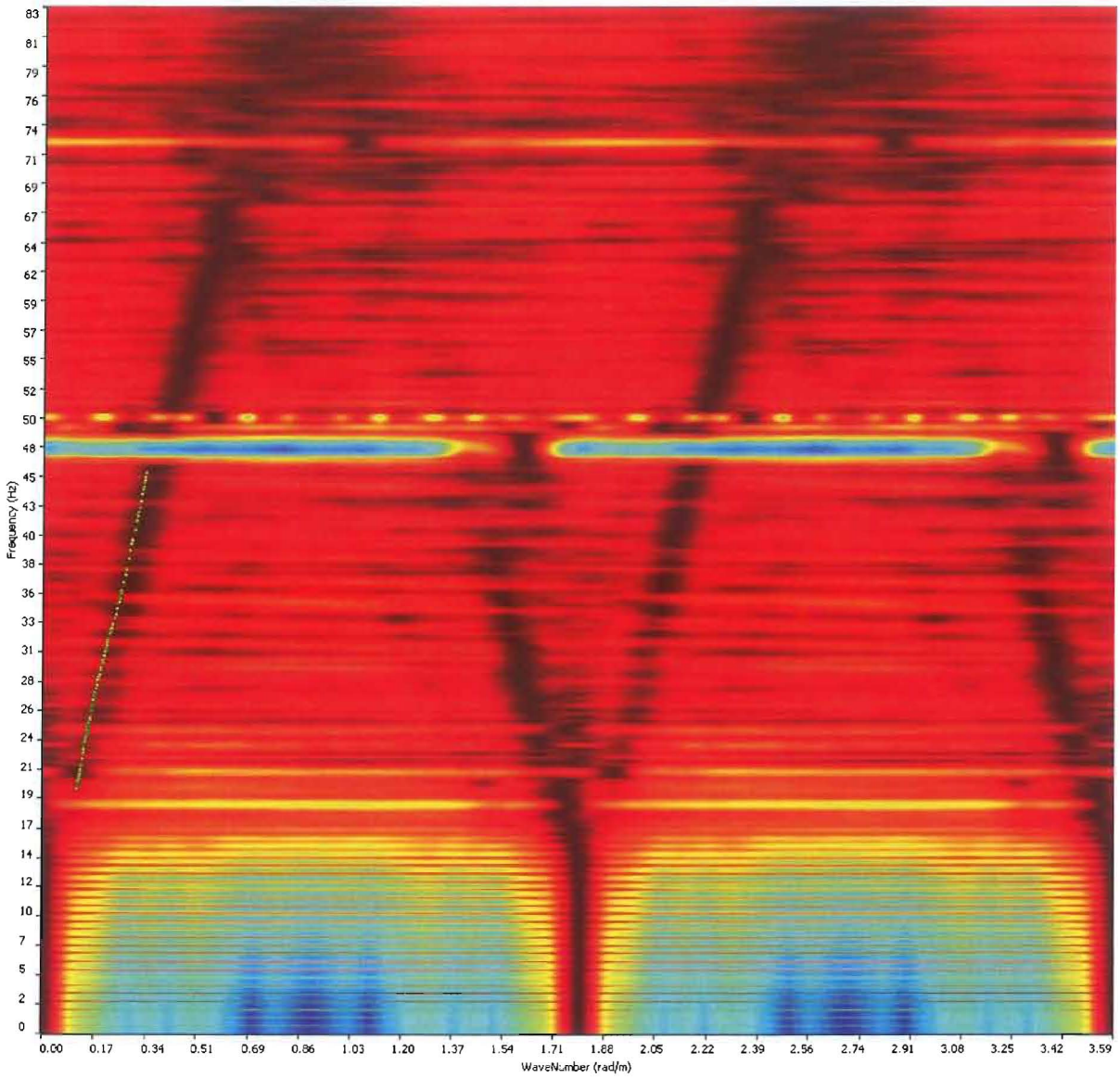
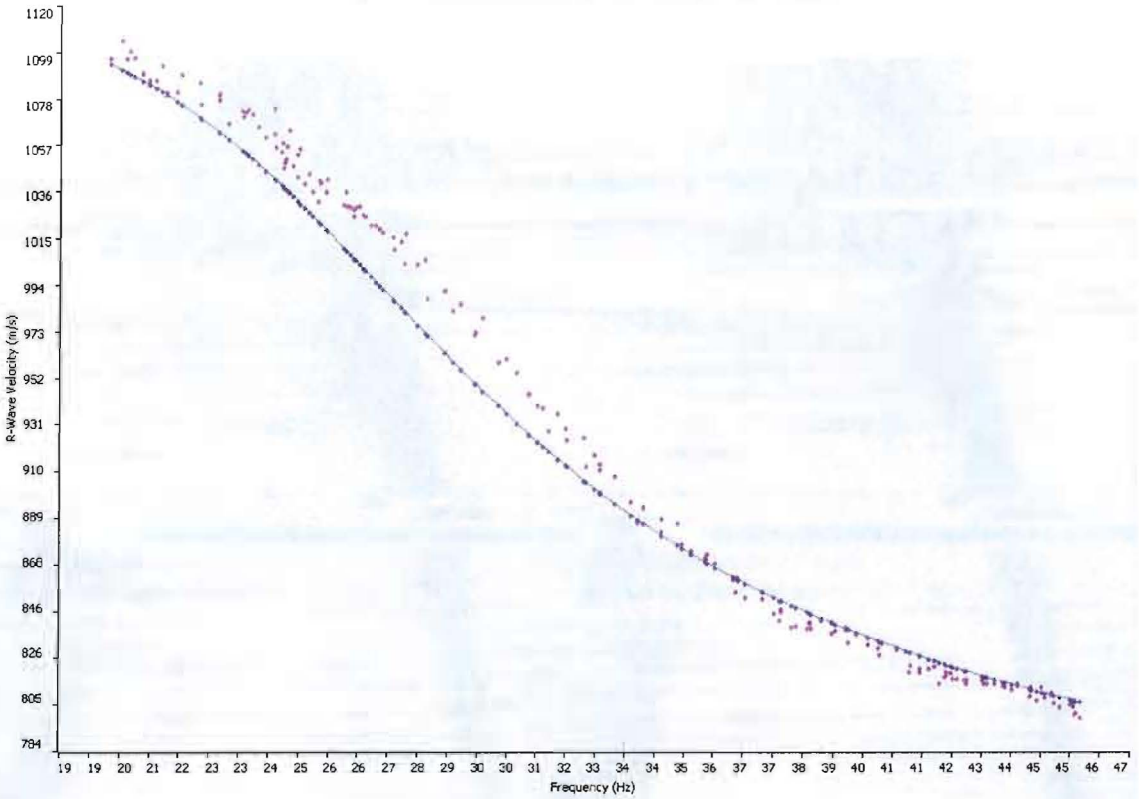


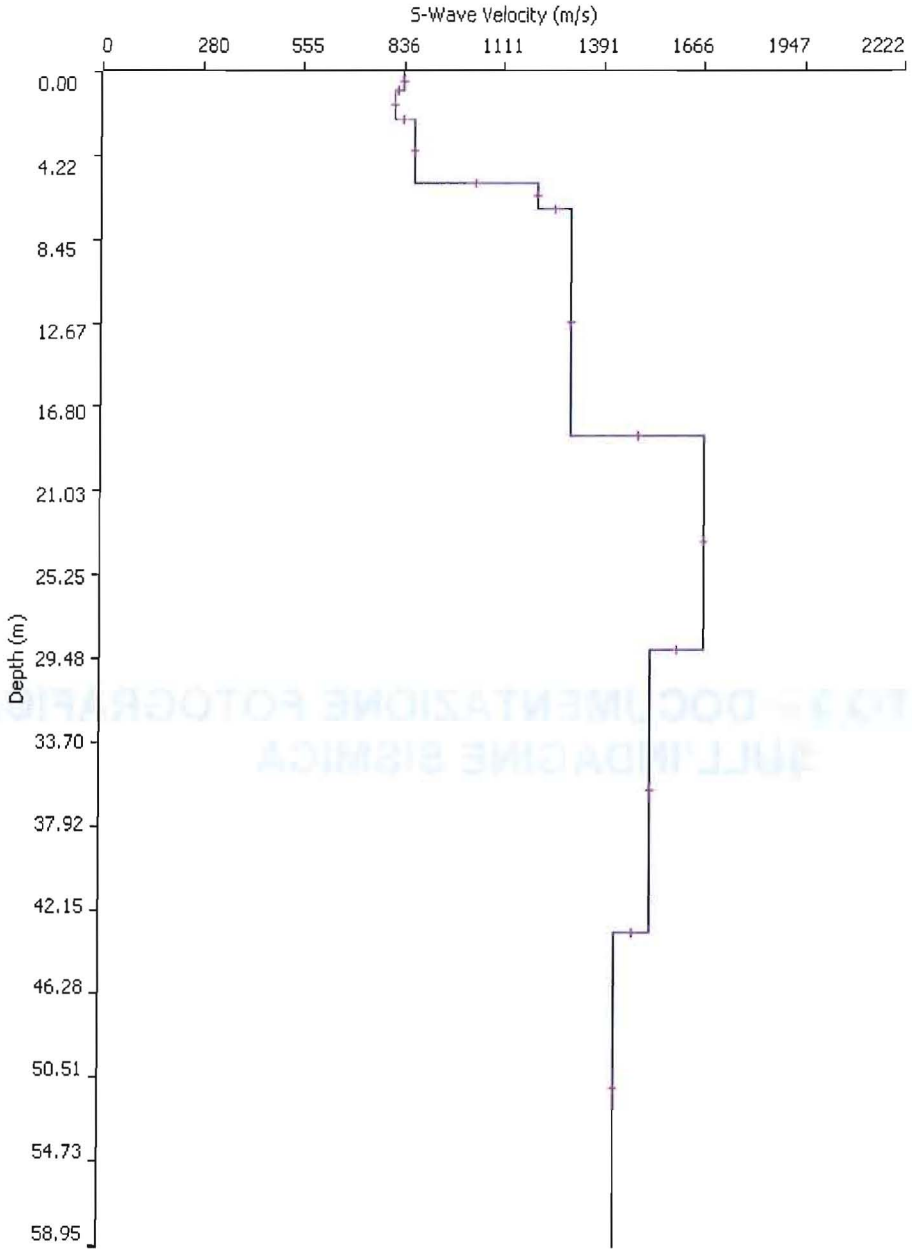
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1



CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1



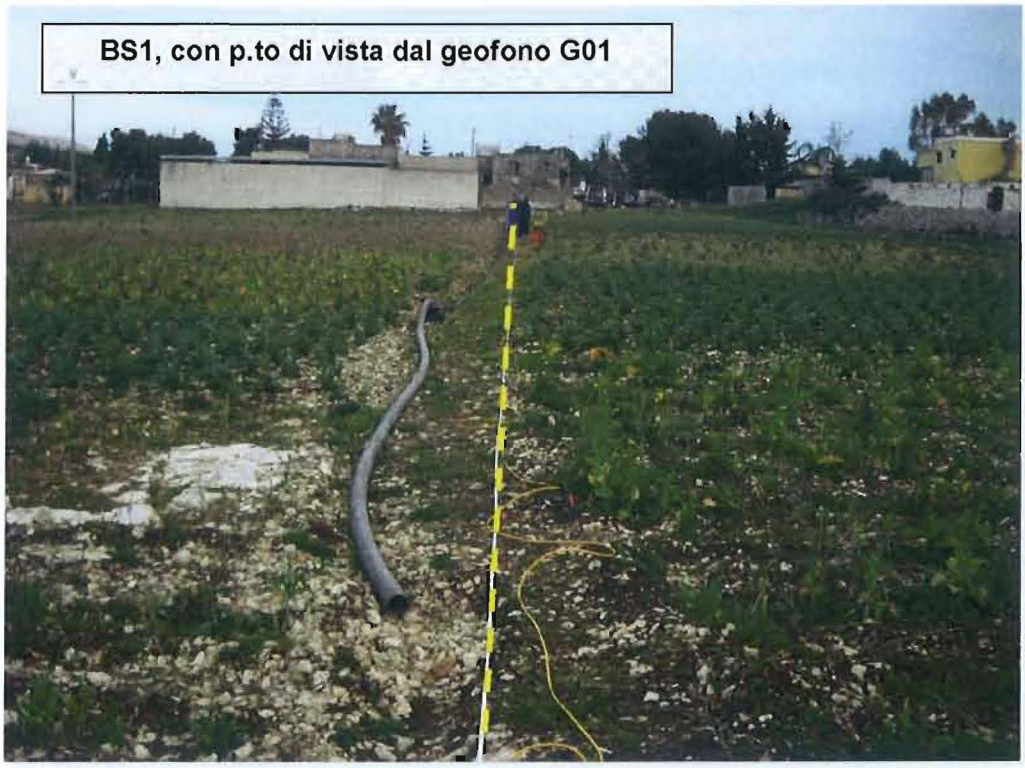
PROFILO Vs – RE. MI. 1



Vs30 = 1271 m/s a partire dal piano d'indagine

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SULL'INDAGINE SISMICA

FOTO INDAGINE SISMICA: BS1 IN ONDE P E Re.Mi.



BS1, particolare della strumentazione
M.A.E.

SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Dal rilevamento geologico della zona, dalle indagini sismiche effettuate e da lavori e studi eseguiti in passato dallo scrivente in zone adiacenti a quella oggetto di studio, si può ipotizzare, verosimilmente, la seguente Stratigrafia Tipo:

da 0,00 a 2,00 m	copertura in terreno vegetale e/o di riporto;
da 2,00 a 9,00 m	ammasso calcareo da poco a mediamente fratturato;
oltre 14,00 m	ammasso calcareo mediamente fratturato e alterato.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Sulla base di quanto emerso, si può verosimilmente ipotizzare che le future opere da realizzare avranno come piano di fondazione il "Calcare di Bari", il cui litotipo dalle correlazioni esistenti in letteratura tra le velocità delle onde sismiche (Vp e Vs) si associano i seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume medio :	1,90 t/m^3
- angolo di attrito (φ):	36°
- coesione :	0 Kg/cm^2
- coefficiente di Poisson:	0,32
- Modulo di deformazione statico	390 Kg/cm^2

CONSIDERAZIONI E VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Per quanto riguarda lo studio di cui all'incarico ricevuto può ritenersi soddisfatta l'attuale richiesta condizione cognitiva avendo esposto esaustivamente problematiche geologiche, idrogeologiche, stratigrafiche, geomecccaniche e/o geotecniche e sismiche, ed avendo assunto un modello di riferimento strutturale.

Si ritiene di escludere nel contempo il rinvenimento di falde idriche al disotto del sedime nell'ambito di uno spessore di almeno 4,0 metri dal piano campagna attuale. Non sussistono, infatti, le condizioni perché le stesse possano formarsi prima del livello mare, risultando assenti livelli impermeabili intermedi.

Si ritiene opportuno richiamare l'attenzione sulla possibilità non remota di intercettare, durante i lavori di sbancamento per il raggiungimento del piano di sedime su cui realizzare le basi fondali o più subdolamente, in profondità, intrusioni o intervalli di sacche argillose plastiche o plaghe di carsificazione.

Nessun condizionamento di carattere morfologico si rileva infine relativamente alle questioni idrauliche di superficie anche se ovviamente si richiama l'attenzione del Progettista per il rispetto delle normative in ordine alla corretta regimazione idraulica di tutte le acque esterne defluenti sui piazzali ed al collettamento e successivo smaltimento delle pluviali dell'intero edificato.

Appurata la natura litologica ed i rapporti stratigrafici delle formazioni presenti, nonché il loro grado di discontinuità e di omogeneità, è possibile, pertanto, esprimere un parere circa la fattibilità geologica e geomorfologica del sito:

-dal punto di vista **geologico** la fattibilità è **positiva** in quanto il substrato, su cui poggeranno le fondazioni delle opere da realizzare, si mostra mediamente compatto e senza grossi problemi strutturali;

-dal punto di vista **geomorfologico** la fattibilità è **positiva** in quanto il territorio su cui dovranno insistere le opere da realizzare si mostra senza particolari fenomeni di dissesto e con lievissima inclinazione;

-dal punto di vista **idrogeologico** la fattibilità è **positiva** in quanto non vi sono corsi d'acqua e la falda acquifera sotterranea, è presente a profondità tale da non influenzare le fondazioni dei manufatti a costruirsi;

-dal punto di vista **geotecnico** la fattibilità è **positiva** in quanto le formazioni presenti sono caratterizzate da parametri fisico-meccanici buoni o discreti e da una Vs30 mai inferiore a 950 m/sec e, quindi, con attribuzione alla categoria **"A"** del suolo di fondazione.

Bisceglie 10/02/2011

Il geologo

dott. Francesco NAPOLETANO