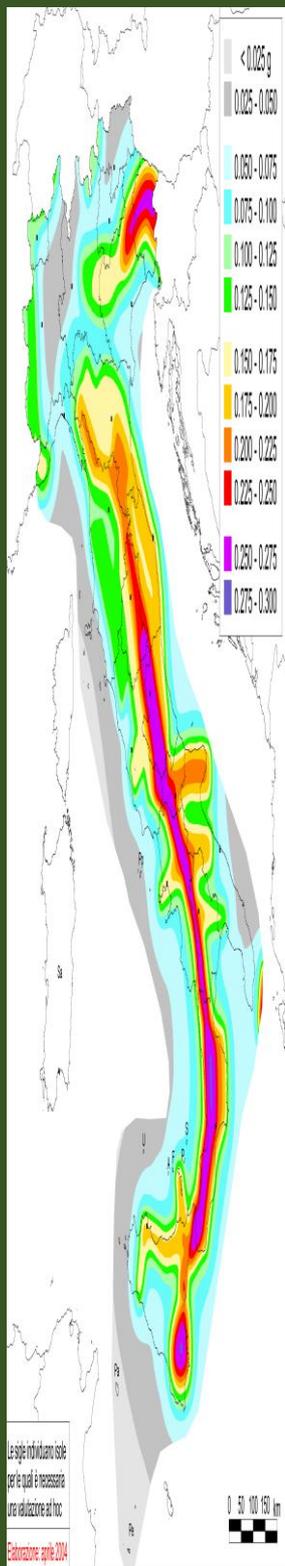


**Francesco
Quarta**
Geologo



COMUNE DI **LEVERANO**

Provincia di Lecce

Committente:
AMMINISTRAZIONE COMUNALE

PROGRAMMI PIRP PROGRAMMI INTEGRATI PER LA RIQUALIFICAZIONE DELLE PERIFERIE

Relazione geologica

Via C. Albano, n° 8
73010 Porto Cesareo (LE)
☎ +39 3398538610
E-mail: geoquarta@alice.it

Leverano, Marzo 2015



il geologo:
dott. Francesco Quarta

1.0 PREMESSA

In seguito all'incarico ricevuto dal *Responsabile del Settore Assetto del Territorio, Urbanistica, Edilizia del Comune di Leverano*, è stato effettuato lo *studio geologico* di un'area, ubicata nel *Comune di Leverano* in località "*Masseria Don Cola*", interessata dai **"PROGRAMMI PIRP - PROGRAMMI INTEGRATI PER LA RIQUALIFICAZIONE DELLE PERIFERIE"**.

Allo scopo di definire le caratteristiche delle aree interessate, con particolare riguardo all'assetto geologico, ai problemi geotecnici, sismici ed idrogeomorfologici, si è proceduto a effettuare:

- *raccolta dei dati di bibliografia;*
- *rilevamento geologico di dettaglio dei siti interessati e delle zone limitrofe;*
- *indagine Sismica a Rifrazione e Masw*

Nella presente si relaziona in merito a tali rilievi e indagini, giungendo a formulare alcune considerazioni finali utili alla comprensione del contesto geologico in cui si inserirà il progetto, alla definizione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso e alle tipologie fondazionali più idonee per trasmettere al substrato roccioso i carichi delle strutture.

Inoltre si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito in base a quanto prescritto dalle *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* di cui al **DECRETO MINISTERO INFRASTRUTTURE 14 Gennaio 2008**.

2.0 QUADRO GEOLOGICO GENERALE

2.1 Caratteri geomorfologici e tettonici

Il territorio comunale di Leverano si sviluppa su un'area con blande ondulazioni e con dislivelli contenuti entro alcuni metri (Fig.1).

L'abitato di Leverano è collocato, in parte, in corrispondenza di una fascia allungata in direzione NW-SE, altimetricamente depressa e idealmente delimitata dalle isoipse dei 40,00 metri ad Est ed a Ovest, mentre per la rimanente parte, verso W, su un rilievo calcareo cretaceo con quote leggermente più elevate.

Nelle zone più basse, riferibili ad aree tettonicamente depresse, ricadono la periferia orientale dell'abitato e quella che si estende in direzione di Copertino, mentre in quelle più elevate ricade quasi per intero il Rione "Pozzolungo", in direzione di Porto Cesareo, e le nuove zone di espansione in direzione SW.

La morfologia è legata strettamente all'assetto tettonico dell'area e in particolare alla presenza di una dislocazione (*faglia*) con uguale direzione NW-SE. La faglia non è direttamente riscontrabile in superficie ma si può individuare interpretando dati stratigrafici o ancora più facilmente osservando il quasi perfetto allineamento delle voragini naturali secondo l'anzidetta direttrice.

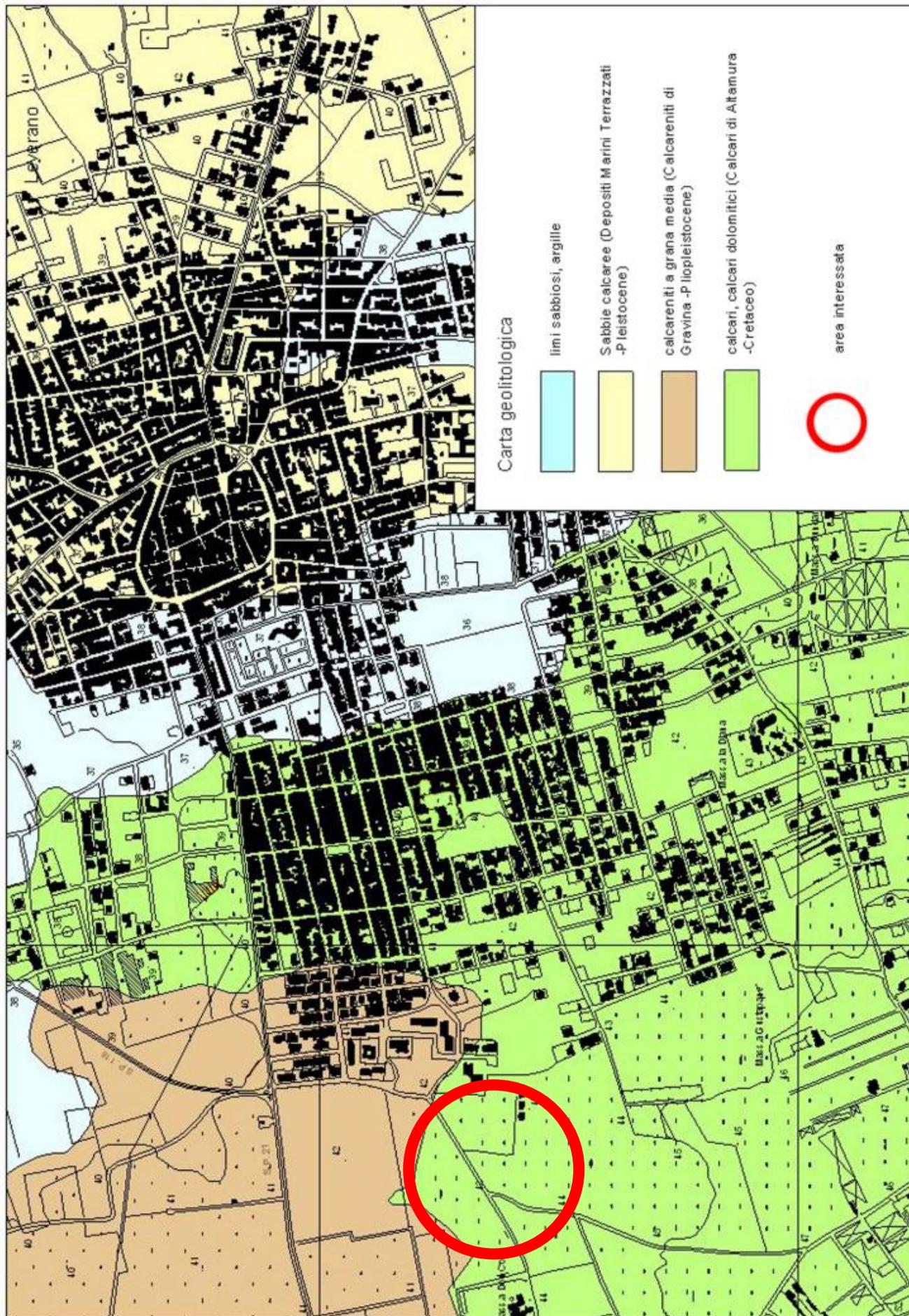
2.2 Aspetti stratigrafici e litologici

La ricostruzione della stratigrafia è stata fatta in base al rilievo geolitologico di dettaglio, alle indagini geognostiche, allo studio idrogeologico e all'interpretazione delle stratigrafie dei pozzi per acqua esistenti nella zona.

Si sono così delineati i limiti fra le singole formazioni affioranti ed i rapporti stratigrafici esistenti tra queste e quelle che si rinvergono in profondità.

La successione stratigrafica comprende, dall'alto verso il basso e nel senso più generale, i seguenti termini geolitologici (Fig. 1a):

- *Limi sabbiosi, argille (-Recente-)*
- *Sabbie calcaree (Depositi Marini Terrazzati - Pleistocene-)*
- *Argille e limi argillosi grigio azzurri ("Argille Subappennine" - Pleistocene-)*
- *Calcareniti a grana media ("Calcareniti di Gravina" - Pliopleistocene-)*
- *Calcari, calcari dolomitici ("Calcari di Altamura" - Cretaceo-)*



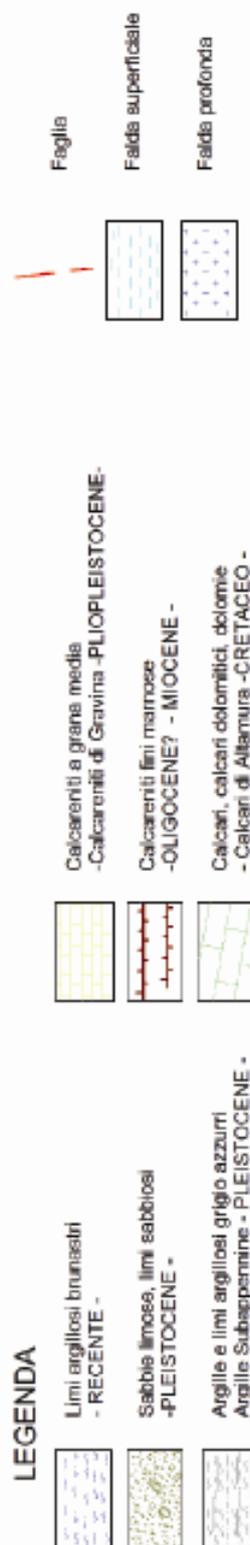
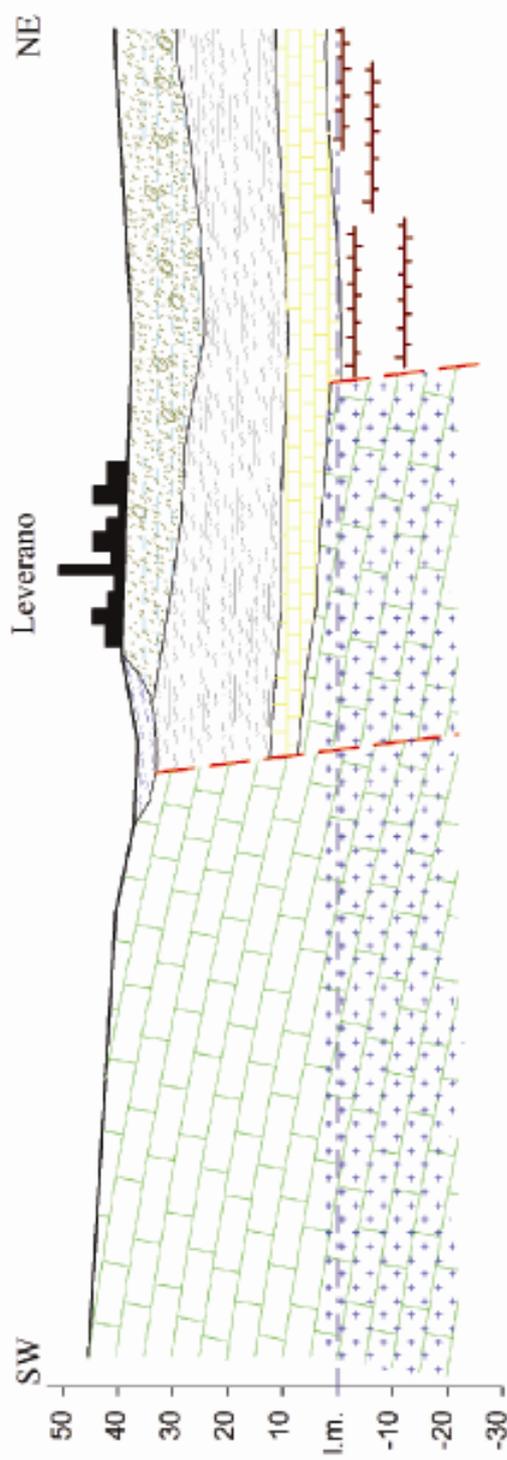


Fig. 1a : Sezione geologica schematica

2.2.1 Limi sabbiosi, argille

Limitatamente ad una stretta fascia continua di territorio allungata da N-NO a S-SE nei dintorni dell'abitato di Leverano ed in lembi isolati fin quasi a Veglie, si rinvencono dei depositi alluvionali costituiti da limi sabbioso-argillosi brunastri e da depositi residuali (terra rossa).

I terreni alluvionali sono presenti con modesti spessori nelle zone più depresse, sedi di compluvio delle acque piovane; in alcuni sondaggi eseguiti presso le scuole elementari di Via V. Turati, lo spessore di detti terreni è risultato essere pari a 2,50 metri.

2.2.2 Sabbie calcaree (Depositi Marini Terrazzati)

Si tratta di depositi che affiorano nell'abitato di Leverano e si estendono a Nord ed a Est dello stesso.

Trattasi litologicamente di sabbie calcaree fini spesso concrezionate localmente passanti a calcareniti.

A luoghi è caratterizzata nella parte alta dalla presenza di Brachiopodi, interi o in frammenti, appartenenti alla specie *Terebratula scillae* (Seg.). Caratteristica è anche la presenza di sparsi noduli tenaci di colore biancastro e di sottili livelli calcarenitici a grana fine.

Verso Nord dette sabbie presentano delle variazioni granulometriche verticali passando in profondità a limi sabbiosi e limi argillosi. Al letto di tali litotipi si rinvencono le argille grigio-azzurre.

Dalle stratigrafie dei pozzi che si attestano nella falda superficiale, poichè dette sabbie sono il serbatoio di detto acquifero, si può dedurre che la potenza delle sabbie si aggira intorno ai 5,00 ÷ 6,00 metri.

2.2.3 Argille e limi argillosi grigio azzurri

Questa unità non affiora nell'area oggetto di studio, ma si rinviene a poca profondità dal piano campagna al di sotto dei depositi sabbiosi calcarei pleistocenici.

Litologicamente è costituita da due litotipi: argille, spesso marnose nella parte inferiore al contatto con le "Calcareniti di Gravina", e limi sabbiosi più o meno argillosi in sommità al contatto con le sovrastanti sabbie calcaree.

Le argille sono in prevalenza grigio-azzurre (grigio-giallastre per ossidazione, nella parte sommitale), plastiche e con sottili lamine di sabbie finissime. Verso l'alto i sedimenti diventano via via più limoso-sabbiosi, di colore giallastro, con frequenti noduli calcarei

biancastri.

Alla variazione verticale di facies fa riscontro una variazione nel contenuto in minerali argillosi e in carbonati. Di norma la parte argillosa, costituita da illite e subordinatamente da caolinite, nella parte bassa oscilla intorno al 65% e va riducendosi a valori intorno al 50% nella parte sommitale. Alla diminuzione di contenuto in minerali argillosi corrisponde un aumento dei minerali carbonatici.

La macrofauna è localmente rappresentata da nicche di Policheti sedentari nonché da molluschi di piccole dimensioni e da forme giovanili di Chlamis scabrella. L'insieme delle forme indica comunità del circalitorale profondo.

Dalle stratigrafie dei pozzi per ricerche d'acqua e dei pozzi assorbenti perforati in L. S.ta Croce e in Via T. Livio è risultata una potenza massima, in quelle zone, di circa 30,00 metri.

2.2.4 Calcareniti a grana media (“Calcareniti di Gravina”)

In questa formazione sono compresi sedimenti denominati con termine generico ed improprio “tufi calcarei”. Essi affiorano su un'estesa area a W ed a NW del territorio comunale.

Fa parte della formazione nota nella Carta Geologica d'Italia come “Calcareniti del Salento” che raggruppa rocce calcarenitiche appartenenti ad età diverse. Poiché le calcareniti affioranti nella zona in esame presentano caratteristiche litostratigrafiche e tecniche analoghe alle “Calcareniti di Gravina”, qui si farà riferimento a tale termine formazionale.

Da un punto di vista litologico si tratta principalmente di biocalcareniti e biocalciruditi in grossi banchi con intercalazioni calcilutitiche, inoltre di biospariti costituite essenzialmente da frammenti fossili con piccole percentuali di granuli di quarzo e feldspati; il cemento è di tipo sparitico.

Le calcareniti di Gravina sono costituite mineralogicamente da prevalente calcite (raggiunge in media il 95 %) e da subordinata dolomite (raggiunge in media il 2 %). Anche in questo caso il residuo insolubile (molto basso, con valori più frequenti nell'intervallo tra 1,3%÷1,9%) è costituito da SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃. Il contenuto in minerali argillosi, quarzo e feldspati varia considerevolmente da zona a zona.

Abbondanti sono i gusci di macrofossili che si ritrovano spesso accentrati in nidi o livelli.

Si tratta perlopiù di lamellibranchi; tra questi i più importanti dal punto di vista cronologico e paleoclimatico sono: Pecten jacobus (Linnè), Arctica islandica e Chlamys septemradiata (Linnè).

Esistono anche orizzonti con numerosi resti di ostriche e di echinoidi.

La microfauna è in genere poco abbondante, ma è caratterizzata dalla presenza di Hyalinea balthica SCROETER.

I depositi in esame si sono accumulati in un ambiente costiero, connesso con il mare aperto, in un periodo climatico evidentemente abbastanza freddo data la presenza fra i macro e i microfossili di ospiti nordici: Arctica islandica, Clhamys septemradiata, Hyalinea balthica.

L'età è riferibile al Pliopleistocene. Lo spessore massimo misurato nel territorio studiato è di poco superiore ai 10,00 metri.

Al tetto di detta formazione si rinvengono in continuità di sedimentazione le argille pleistoceniche ("Argille grigio-azzurre").

2.2.5 Calcari, calcari dolomitici ("Calcari di Altamura")

Questa formazione, affiorante estesamente ad W e a S del territorio comunale, è costituita da calcari biancastri e avana e da calcari dolomitici; subordinatamente sono presenti dolomie grigio scure.

Nella seconda edizione del Foglio 213 "MARUGGIO" e 214 "GALLIPOLI", i calcari cretacei affioranti nella zona in esame, sono stati distinti, soprattutto su basi litologiche, in due unità indicate coi nomi di "Dolomie di Galatina", di età cenomaniano-turoniana, e di "Calcari di Melissano", di età turoniano-senoniano (Martinis, 1967). Successivi studi (Ricchetti 1971 e 1972) hanno dimostrato non solo la non esistenza di una vera separazione verticale tra gli elementi calcarei e gli elementi dolomitici, ma anche l'esistenza di una perfetta correlazione con la formazione del "Calcare di Altamura", istituita in precedenza nel territorio delle Murge; di conseguenza qui si farà riferimento a tale termine formazionale.

I Calcari di Altamura rappresentano la parte affiorante del basamento rigido mesozoico della regione. Formano un complesso roccioso costituito da un'alternanza di banchi e strati di calcari detritici chiari a grana più o meno fine, di calcari dolomitizzati e di dolomie.

I passaggi verticali dagli orizzonti calcarei a quelli dolomitici sono difficilmente localizzabili nelle sequenze soprattutto per il fatto che in molte zone tali passaggi avvengono anche in senso laterale.

Gli affioramenti sono discontinui e ciò a causa di una più o meno estesa copertura di terra rossa, localmente nota con il nome di "bolo".

I tipi litologici più rappresentativi sono i seguenti:

- a) dolomie grigie e grigio scure a grana fine, massicce o in grossi banchi;
- b) dolomie grigio chiare, con abbondanti modelli interni di macrofossili, massicce

o in banchi;

c) calcari detritici a grana più o meno fine, di colore bianco, a luoghi con abbondanti macrofossili, di norma ben stratificati in banchi;

d) calcari, calcari dolomitici e dolomie cristalline cariate, senza stratificazione evidente, di colore grigio-rossastro. Di norma questi ultimi litotipi si incontrano in successione stratigrafica nella zona di passaggio tra gli orizzonti calcarei e quelli dolomitici e viceversa.

L'origine è biochimica per i calcari mentre probabilmente secondaria per i termini dolomitici.

Dal punto di vista paleontologico, alcuni livelli sono caratterizzati da abbondanti resti di macrofossili, appartenenti in complesso alla famiglia delle Rudiste.

Indicativamente l'età dei calcari e dolomie può essere compresa tra il Cenomaniano e il Senoniano inf.

L'ambiente di sedimentazione appare di mare basso con episodi di tipo salmastro.

Petrograficamente i calcari sono costituiti in prevalenza da micriti più o meno fossilifere e intraclastiche, raramente a pellets, talora dolomitizzate, cui si associano intramicriti, biomicriti, biomicruditi e biomicriti intraclastiche, talora a intraclasti e, raramente, sparsi bioclasti.

Dal punto di vista geochimico tali rocce sono costituite quasi esclusivamente dai carbonati calcite e dolomite, che da soli superano il 99 % del totale, in un rapporto che ne determina la classificazione (da calcare a dolomia con tutti i termini intermedi).

I termini calcarei, attaccati blandamente con HCl, mandano in soluzione oltre ai carbonati anche piccole quantità di Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , SO_3 , P_2O_5 ed SiO_2 , con Al_2O_3 che prevale su tutti gli altri e con Fe_2O_3 in quantità relativamente non trascurabili.

La stratificazione è sempre ben evidente con strati di potenza di ordine decimetrico o metrico, assai raramente la roccia si presenta massiccia. Gli strati si presentano ondulati con inclinazione inferiore ai 10° gradi.

La stratificazione ben netta e la fratturazione, localmente anche intensa, danno origine a una rete di fessure che conferisce alla formazione in parola una permeabilità generalmente elevata alla scala dell'ammasso.

Su questa influisce anche la diffusione dei fenomeni carsici, più o meno sviluppati lungo particolari orizzonti, interessati di volta in volta dalla circolazione idrica a seconda delle variazioni del livello della falda in essi contenuta, dipendente a sua volta dalle oscillazioni del livello del mare.

Le cavità carsiche possono presentarsi in parte o in toto riempite da un materiale fine residuale di colore rossastro (Terre rosse).

Le terre rosse hanno granulometria di tipo siltoso argilloso e composizione mineralogica costituita da abbondanti idrossidi di Fe e Al , parzialmente cristallini e minerali argillosi (illite e caolinite), e da subordinati quarzo, feldspati, miche, pirosseni, apatite rutilo e zirconi, a cui corrisponde una composizione chimica rappresentata da SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O , ed anche TiO_2 , P_2O_5 , CaO , MgO ed Na_2O . Questi caratteri chimici e mineralogici sono confrontabili con quelli dei residui insolubili dei calcari.

3.0 IDROGEOLOGIA

3.1 Caratteri di permeabilità

Sulla base dei caratteri litologici osservati ed in precedenza descritti, è possibile schematizzare i caratteri di permeabilità delle formazioni affioranti nell'area.

Riguardo al tipo di permeabilità, fra i complessi rocciosi permeabili, si è fatta una distinzione tra le rocce permeabili per porosità, rocce permeabili per fratturazione e carsismo e rocce praticamente impermeabili.

3.1.1 Formazioni permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria i sedimenti a grana grossa, media e medio fine, più precisamente:

- le sabbie e le calcareniti pliopleistoceniche (tufi calcarei).

Il litotipo a maggiore permeabilità è dato dalle calcareniti pliopleistoceniche ($K = 10^{-3}$ cm/s) seguito dalle sabbie ($K = 10^{-6} \div 10^{-7}$ m/s).

3.1.2 Formazioni permeabili per fratturazione e carsismo

Permeabilità per fessurazione e carsismo presentano i calcari mesozoici. Difatti questa formazione è caratterizzata da discontinuità (fratture, cavità carsiche).

La permeabilità risulta elevata per fratturazione e carsismo ($K \approx 10^{-3} \div 10^{-4}$ m/sec).

3.1.3 Formazioni praticamente impermeabili

Rientrano in questa categoria le argille e limi argillosi grigio azzurri e i depositi alluviali e di "terra rossa". Il coefficiente di permeabilità è dell'ordine dei $10^{-7 \div -8}$ m/s.

3.2 Idrografia superficiale

Come riportato in precedenza, il sito di Leverano presenta una particolare conformazione per quanto riguarda le caratteristiche idrografiche e geomorfologiche essendo ubicato in corrispondenza di una stretta fascia depressa, allungata in direzione NO - SE, idealmente delimitata dalle isoipse dei 40,00 metri ad Est ed a Ovest. Esso costituisce una naturale zona di afflusso delle acque pluviali provenienti dalle campagne circostanti e che in passato trovavano nelle voragini e nell'area depressa di Palude Cupa (oramai quasi completamente urbanizzata) una via preferenziale per il deflusso nel sottosuolo. In tali aree, le acque pluviali erano recapitate da una rete idrografica poco gerarchizzata e normalmente costituita da solchi brevi e poco incisi.

3.3 Idrografia sotterranea

Sono presenti due falde idriche sotterranee distinte: una superficiale, contenuta nelle sabbie e sostenuta dalle argille, l'altra, più cospicua, denominata "profonda" è contenuta nelle masse calcaree-dolomitiche cretacee.

3.3.1 Falda superficiale

Questa falda idrica è contenuta nelle sabbie pleistoceniche, è presente nell'abitato di Leverano e a Nord e a Est del territorio comunale di Leverano, e si rinviene a pochi metri dal piano campagna (1,00 ÷ 5,00 metri).

3.3.2 Falda profonda

La fitta rete di fessure e cavità che interessa l'ammasso carbonatico cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica.

Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità.

I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$h = 40 * t$$

dove **h** è lo spessore e **t** il carico piezometrico.

La separazione tra le acque dolci e quelle marine, non è netta, ma avviene attraverso una zona di transizione in cui la salinità dell'acqua dolce aumenta gradualmente sino a raggiungere valori tipici dell'acqua marina. Normalmente si ritiene che la parte dolce di un acquifero abbia uno spessore espresso dalla seguente relazione:

$$h = 30 * t$$

Il livello statico di tale falda a si trova a quote in media di 2,00 metri s.l.m.m, cui corrispondono profondità comprese in media intorno ai 40,00 metri dal piano campagna a secondo della quota topografica.

4.0 INDAGINI IN SITU

Nell'area interessata sono stati eseguiti due profili sismici della lunghezza di 39,00 ml (Zona "A" e Zona "B"), ubicati come riportato nell'Allegato 1, impiegando diverse tecniche di indagine:

- Sismica a rifrazione e Masw

Il metodo sismico consiste nel provocare una perturbazione elastica nel terreno e nel misurarne i tempi di percorrenza dalla sorgente ad una serie di rilevatori (geofoni), posti lungo una linea retta a distanze crescenti dalla sorgente.

Attraverso l'interpretazione di tali dati, basata essenzialmente sulla legge di Snell (sismica a rifrazione con onde P), è possibile differenziare lungo la linea dei geofoni e in verticale, i vari strati costituenti il terreno, definendone lo spessore e la velocità di propagazione delle onde elastiche.

È altresì possibile rilevare l'esistenza di zone anomale nel terreno, legate a variazioni litologiche o alterazioni.

Come generatore d'onde sismiche è stata usata una mazza del peso di 6,0 kg. Il segnale di trigger è dato da un interruttore collocato sul manico della mazza.

Con la metodologia illustrata in precedenza, si misura la velocità di propagazione delle onde di tipo "P".

Con la tecnica nota in letteratura come "Masw" è possibile ricavare monodimensionalmente, la velocità di propagazione delle onde di tipo "S", necessarie per una definizione più precisa delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso indagato e per la classificazione del suolo di fondazione ai sensi della normativa sismica.

Dalle registrazioni effettuate si ricava, tramite le trasformazioni " τp ", la curva di dispersione e dall'inversione di quest'ultima, il profilo Vs monodimensionale.

Attraverso l'interpretazione dei sismogrammi ottenuti, è possibile definire l'andamento della velocità delle onde S sino a notevole profondità, e calcolare così il parametro "Vs30", cioè la velocità delle onde S mediata dal piano di esecuzione della prova sino alla profondità di 30,00 metri.

Geometria dello stendimento

Per il profilo sismico a rifrazione e masw è stata utilizzata un'interdistanza geofonica pari a 3,00 metri, con un numero di punti di battuta pari a 9. Risulta quindi una lunghezza totale dello stendimento pari a 39,00 metri, compresi i due punti di scoppio esterni posti a 4,5 metri dal primo e a 1,5 dall'ultimo geofono.

Hardware

Le onde rilevate dai geofoni sono state registrate per mezzo di un sismografo a 12 canali Geode della Geometrics. Le principali specifiche tecniche sono di seguito riportate:

Sismografo Geode Geometrics

- n. canali:	12/24
- Conversione A/D:	24 bit
- Range dinamico:	144 dB
- Distorsione:	0.0005 a 2 ms
- Banda passante:	1.75 Hz – 20 KHz
- Accuratezza dello stacking:	1/32 dell'intervallo di campionamento
- Formato dati output:	SEG2

Geofoni

4,5 Hz

Cavo sismico

110,00 metri + 2 code da 10,00 metri

12 attacchi interdistanza 10,00 metri

Software

Il sismografo è gestito tramite il software Seismodule Controller installato su PC portatile sul cui HD sono memorizzati i dati.

L'interpretazione dei dati è stata eseguita con i moduli Pickwin e WaveEq del software Seisimager della OYO.

5.0 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

5.1 ZONA “A”

In base ai dati a disposizione, si definisce la seguente stratigrafia:

STRATO 1

da 0,00 a circa 1,00 metro dal p.c.:

Riferibile a Terra rossa e ad Ammasso calcareo completamente carsificato

- Velocità media: 670 m/s

STRATO 2

da circa 1,00 a circa 2,50 metri dal p.c.:

Riferibile ad Ammasso calcareo molto carsificato e/o fratturato

- Vp media: 2035 m/s

- Vs media: 700 m/s

STRATO 3

da circa 2,50 metri dal p.c. e sino alla profondità investigata:

Riferibile ad Ammasso calcareo molto carsificato

- Vp media: 2290 m/s

- Vs media: 800 m/s

La Categoria di suolo secondo le NTC 2008 risulta la “A”.

Valutazione dei parametri meccanici degli ammassi rocciosi

Per lo strato d'interesse (**Strato 2**) le caratteristiche meccaniche sono state ricavate in base alle correlazioni proposte da N. Barton in *-Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy, 2006-*. Conoscendo il valore della velocità Vp, è possibile una stima dell'indice Qc (Qc = Q normalizzato rispetto ad una resistenza a compressione monoassiale di 100 Mpa. Il valore della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, viene assunto cautelativamente pari a 30 MPa

La relazione utilizzata è:

$$Q_c = 10^{(V_p - 3.5)}$$

La Q_c è normalizzata rispetto ad una resistenza di 100 Mpa e si utilizza un valore di 30 Mpa.

Passando dall'indice Q di Barton alla classificazione GSI di Hoek & Brown, è possibile stimare i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso, che risultano quelli elencati nella tabella seguente.

MODELLO GEOTECNICO:

Strato	Prof.	V _{pm}	V _{pk}	V _{sm}	V _{sk}	γ	σ _{ci}	Q _m	Q _k	GSI _m	GSI _k			
2	1,00	2035	1554			22	30	0.114	0.038	28	19			
<i>Ammasso calcareo molto carsificato e/o fratturato</i>														
											mi	7	mi	7
											mb	0.535	mb	0.388
											s	0.0003	s	0.0001
											a	0.526	a	0.547
											E	1075	E	652
											φ	58	φ	55
											c	0.06	c	0.034

Strato:	identificativo strato	-
Prof.:	profondità del top dal piano campagna	m
V _{pm} :	velocità media onde P	m/s
V _{pk} :	velocità caratteristica onde P (5%ile)	m/s
V _{sm} :	velocità media onde S	m/s
V _{sk} :	velocità caratteristica onde S (5%ile)	m/s
γ:	peso di volume	KN/m ³
σ _{ci} :	resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta	MPa
Q _m :	indice di Barton valutato con V _{pm}	-
Q _k :	indice di Barton valutato con V _{pk}	-
GSI _m :	Geological Strenght Index (Hoek & Brown) da Q _m	-
GSI _k :	Geological Strenght Index (Hoek & Brown) da Q _k	-
NSPT:	numero colpi/30cm correlazione con VS di Jafari et Al.	-
mi, mb, s, a:	parametri di Hoek & Brown	-
E:	modulo di deformazione	MPa
Parametri equivalenti Mohr-Coulomb valutati per σ _{3max} : 0.0438 MPa (Strato 2)		
c:	coesione istantanea dell'ammasso (Mohr-Coulomb)	MPa
φ:	angolo d'attrito dell'ammasso (Mohr-Coulomb)	°

5.2 ZONA “B”

In base ai dati a disposizione, si definisce la seguente stratigrafia:

STRATO 1

da 0,00 a circa 1,00 metro dal p.c.:

Riferibile a Terra rossa e ad ammasso calcareo completamente carsificato

- Velocità media: 807 m/s

STRATO 2

da circa 1,00 a circa 2,50 ÷ 8,00 metri dal p.c.:

Riferibile ad ammasso calcareo molto carsificato e/o fratturato

- Vp media: 1700 m/s

- Vs media: 900 m/s

STRATO 3

da circa 2,50 ÷ 8,00 metri dal p.c. e sino alla profondità investigata:

Riferibile ad ammasso calcareo molto carsificato

- Vp media: 2474 m/s

- Vs media: 900 ÷ 1200 m/s

La Categoria di suolo secondo le NTC 2008 risulta la “A”.

Valutazione dei parametri meccanici degli ammassi rocciosi

Per lo strato d'interesse (**Strato 2**) le caratteristiche meccaniche sono state ricavate in base alle correlazioni proposte da N. Barton in *-Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy, 2006-*. Conoscendo il valore della velocità Vp, è possibile una stima dell'indice Qc (Qc = Q normalizzato rispetto ad una resistenza a compressione monoassiale di 100 Mpa. Il valore della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, viene assunto cautelativamente pari a 30 MPa

La relazione utilizzata è:

$$Q_c = 10^{(V_p - 3.5)}$$

La Q_c è normalizzata rispetto ad una resistenza di 100 Mpa e si utilizza un valore di 30 Mpa.

Passando dall'indice Q di Barton alla classificazione GSI di Hoek & Brown, è possibile stimare i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso, che risultano quelli elencati nella tabella seguente.

MODELLO GEOTECNICO:

Strato	Prof.	V _{pm}	V _{pk}	V _{sm}	V _{sk}	γ	σ _{ci}	Q _m	Q _k	GSI _m	GSI _k		
2	1,00	1700	1324			22	30	0.053	0.022	22	15		
<i>Ammasso calcareo molto carsificato e/o fratturato</i>													
										mi	7	mi	7
										mb	0.432	mb	0.336
										s	0.0002	s	0.0001
										a	0.538	a	0.561
										E	760	E	547
										φ	56	φ	52
										c	0.041	c	0.026

Strato:	identificativo strato	-
Prof.:	profondità del top dal piano campagna	m
V _{pm} :	velocità media onde P	m/s
V _{pk} :	velocità caratteristica onde P (5%ile)	m/s
V _{sm} :	velocità media onde S	m/s
V _{sk} :	velocità caratteristica onde S (5%ile)	m/s
γ:	peso di volume	KN/m ³
σ _{ci} :	resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta	MPa
Q _m :	indice di Barton valutato con V _{pm}	-
Q _k :	indice di Barton valutato con V _{pk}	-
GSI _m :	Geological Strength Index (Hoek & Brown) da Q _m	-
GSI _k :	Geological Strength Index (Hoek & Brown) da Q _k	-
NSPT:	numero colpi/30cm correlazione con VS di Jafari et Al.	-
mi, mb, s, a:	parametri di Hoek & Brown	-
E:	modulo di deformazione	MPa
Parametri equivalenti Mohr-Coulomb valutati per σ _{3max} : 0.0421MPa (Strato 2)		
c:	coesione istantanea dell'ammasso (Mohr-Coulomb)	MPa
φ:	angolo d'attrito dell'ammasso (Mohr-Coulomb)	°

6.0 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA ULTIMA E DI PROGETTO

6.1 ZONA “A”

Si ipotizza come strato di fondazione lo **Strato 2**, costituito da **Ammasso calcareo molto carsificato e/o fratturato**.

Valutazione preliminare della resistenza ultima

In letteratura esistono diverse relazioni per valutare la capacità portante ultima dell'ammasso roccioso a partire dai parametri di Hoek & Brown, la più cautelativa è quella proposta da Kulhawy & Carter¹:

$$q_u = \sigma_{ci} (S^a + (m_b S^a + S)^a)$$

Dalla quale risulta:

$$q_u \text{ media} = 3,47 \text{ MPa}$$

$$q_u \text{ 5 \%ile} = 1,96 \text{ MPa}$$

A tale valore deve essere applicato un coefficiente di sicurezza pari a **F = 5** come consigliato dagli Autori.

Risulta quindi, per lo strato di sedime:

$$q_{sic} \text{ media} = 0,69 \text{ MPa}$$

$$q_{sic} \text{ 5 \%ile} = 0,39 \text{ MPa}$$

In alternativa a questi metodi si può calcolare utilizzando le classiche relazioni che si applicano con il criterio di rottura Mohr-Coulomb. Occorre tenere presente però, che come numerosi studi hanno dimostrato, per gli ammassi rocciosi la capacità portante valutata con i parametri equivalenti di Mohr-Coulomb porta a sovrastimare la resistenza.

Modulo di deformazione e costanti di sottofondazione

Il modulo di deformazione può essere stimato con la relazione proposta da Hoek & Brown e risulta, sempre per lo **Strato 2**:

$$E = 1075 \text{ MPa}$$

¹ Kulhawy FH, Carter JP (1992) Settlement and bearing capacity of foundations on rock masses and socketed foundations in rock masses. In: Bell FG (ed) Engineering in rock masses. Butterworth – Heinemann, Oxford, pp 231–245

Per valutare le costanti di sottofondo alla Winkler si fa ricorso alla relazione semplificata proposta da Bowles:

$$k_z = E/B(1-\mu^2) \approx E/B$$

dove E è il modulo elastico, B è il lato della fondazione e μ il coefficiente di Poisson risulta:

$$K_{z_m} = 10750/B \text{ Kg/cm}^3$$

$$K_x = K_y = K_z * 0.12 = 1290/B \text{ Kg/cm}^3$$

È bene tenere presente che i parametri geotecnici forniti sono stati ottenuti per mezzo di indagini geofisiche, cioè di tipo “indiretto”. Le metodologie utilizzate sono sufficientemente affidabili, e le correlazioni utilizzate per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni e delle rocce alquanto cautelative, tuttavia è indispensabile che durante le fasi di scavo per l'esecuzione delle fondazioni, la D.L. verifichi la rispondenza della situazione litostratigrafica fornita, in quanto non può escludersi che possano rinvenirsi delle locali anomalie, quali sacche di terra rossa o cavità.

6.2 ZONA “B”

Si ipotizza come strato di fondazione lo **Strato 2**, costituito da **Ammasso calcareo molto carsificato e/o fratturato**.

Valutazione preliminare della resistenza ultima

In letteratura esistono diverse relazioni per valutare la capacità portante ultima dell'ammasso roccioso a partire dai parametri di Hoek & Brown, la più cautelativa è quella proposta da Kulhawy & Carter²:

$$q_u = \sigma_{ci} (S^a + (m_b S^a + S)^a)$$

Dalla quale risulta:

$$q_u \text{ media} = 2,37 \text{ MPa}$$

$$q_u \text{ 5 \%ile} = 1,38 \text{ MPa}$$

A tale valore deve essere applicato un coefficiente di sicurezza pari a **F = 5** come consigliato dagli Autori.

Risulta quindi, per lo strato di sedime:

$$q_{sic} \text{ media} = 0,47 \text{ MPa}$$

$$q_{sic} \text{ 5 \%ile} = 0,27 \text{ MPa}$$

In alternativa a questi metodi si può calcolare utilizzando le classiche relazioni che si applicano con il criterio di rottura Mohr-Coulomb. Occorre tenere presente però, che come numerosi studi hanno dimostrato, per gli ammassi rocciosi la capacità portante valutata con i parametri equivalenti di Mohr-Coulomb porta a sovrastimare la resistenza.

Modulo di deformazione e costanti di sottofondazione

Il modulo di deformazione può essere stimato con la relazione proposta da Hoek & Brown e risulta, sempre per lo **Strato 2**:

$$E = 760 \text{ MPa}$$

² Kulhawy FH, Carter JP (1992) Settlement and bearing capacity of foundations on rock masses and socketed foundations in rock masses. In: Bell FG (ed) Engineering in rock masses. Butterworth – Heinemann, Oxford, pp 231–245

Per valutare le costanti di sottofondo alla Winkler si fa ricorso alla relazione semplificata proposta da Bowles:

$$k_z = E/B(1-\mu^2) \approx E/B$$

dove E è il modulo elastico, B è il lato della fondazione e μ il coefficiente di Poisson risulta:

$$Kz_m = 7600/B \text{ Kg/cm}^3$$

$$Kx = Ky = Kz * 0.12 = 912/B \text{ Kg/cm}^3$$

È bene tenere presente che i parametri geotecnici forniti sono stati ottenuti per mezzo di indagini geofisiche, cioè di tipo “indiretto”. Le metodologie utilizzate sono sufficientemente affidabili, e le correlazioni utilizzate per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni e delle rocce alquanto cautelative, tuttavia è indispensabile che durante le fasi di scavo per l'esecuzione delle fondazioni, la D.L. verifichi la rispondenza della situazione litostratigrafica fornita, in quanto non può escludersi che possano rinvenirsi delle locali anomalie, quali sacche di terra rossa o cavità.

7.0 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.)

L'autorità di Bacino della Regione Puglia, individua nel territorio regionale le seguenti aree:

Aree a pericolosità da frana:

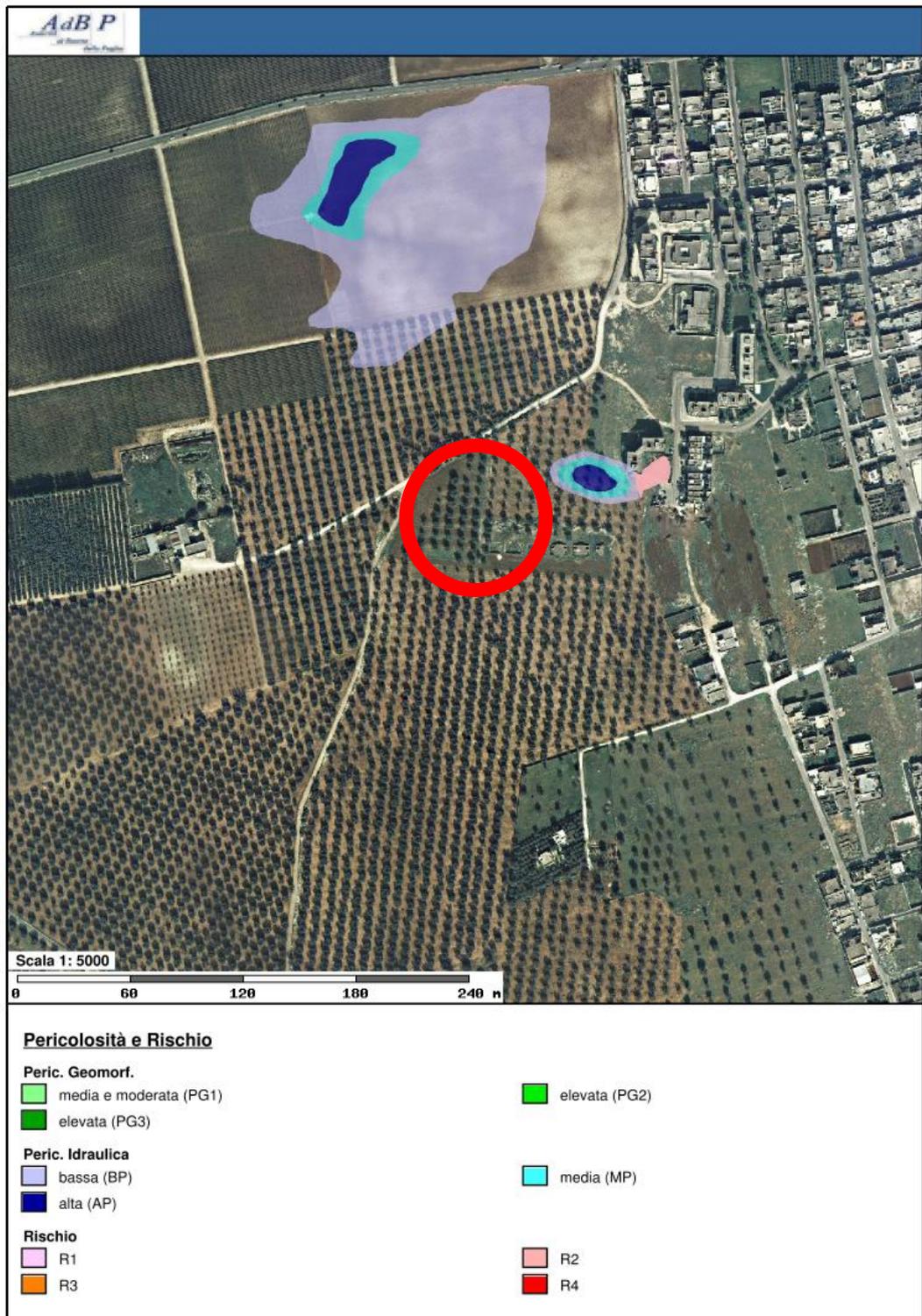
- *PG3 aree a pericolosità da frana molto elevata*
- *PG2 aree a pericolosità da frana elevata*
- *PG1 aree a pericolosità da frana media e moderata*

Aree a pericolosità idraulica:

- *AP aree ad alta probabilità di inondazione*
- *MP aree a moderata probabilità di inondazione*
- *BP aree a bassa probabilità di inondazione*

Aree a rischio:

- *R4 aree a rischio molto elevato*
- *R3 aree a rischio elevato*
- *R2 aree a rischio medio*
- *R1 aree a rischio moderato*



L'area d'intervento non ricade in alcuna delle perimetrazione sopra distinte (Fig. 2 dal sito dell'AdB Puglia).

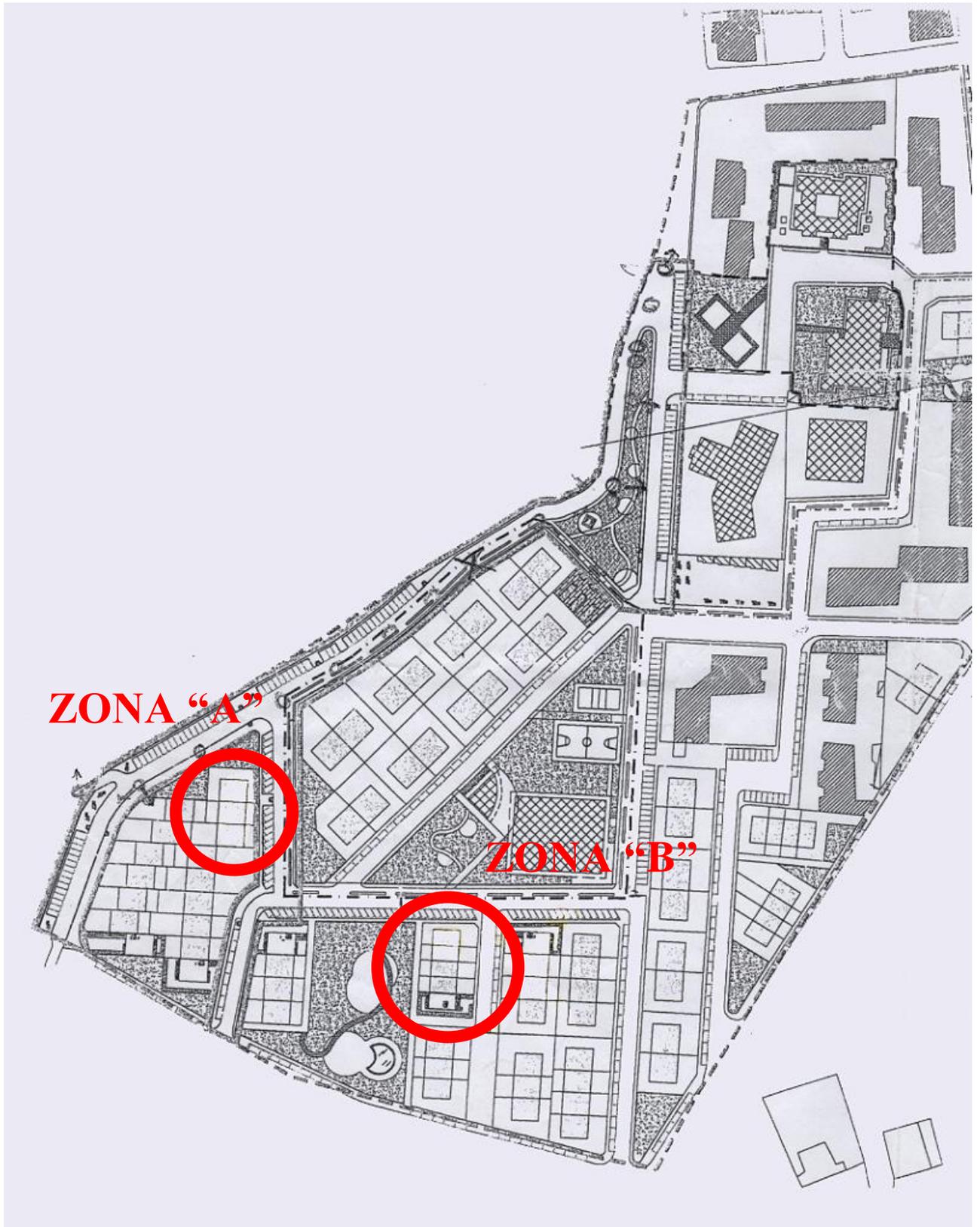
Leverano, Marzo 2015



il geologo:
dott. Francesco Quarta

ALLEGATO 1

INDAGINE SISMICA A RIRAZIONE E MASW



Ubicazione

ZONA “A”



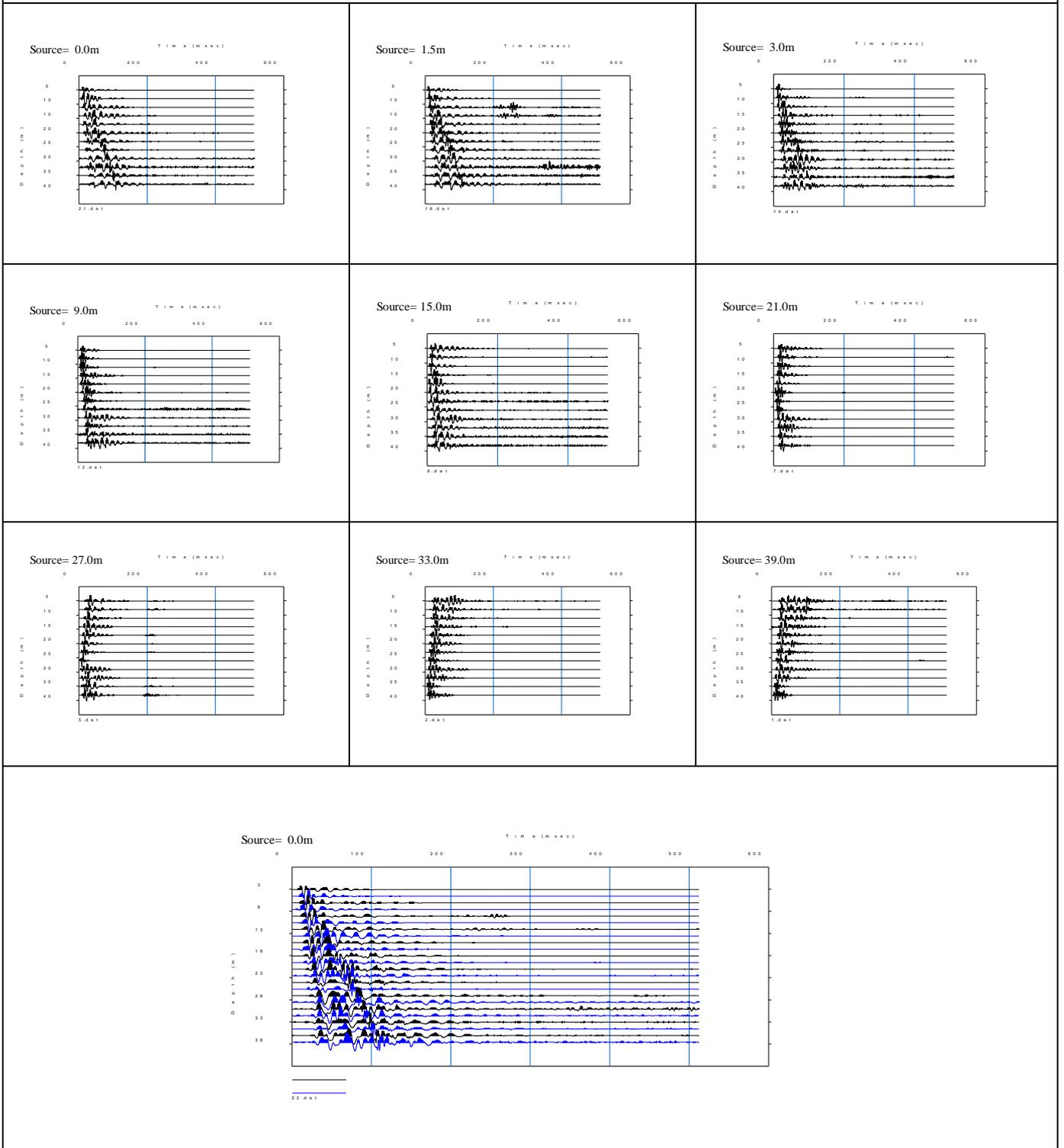
Foto

PROFILO SISMICO A

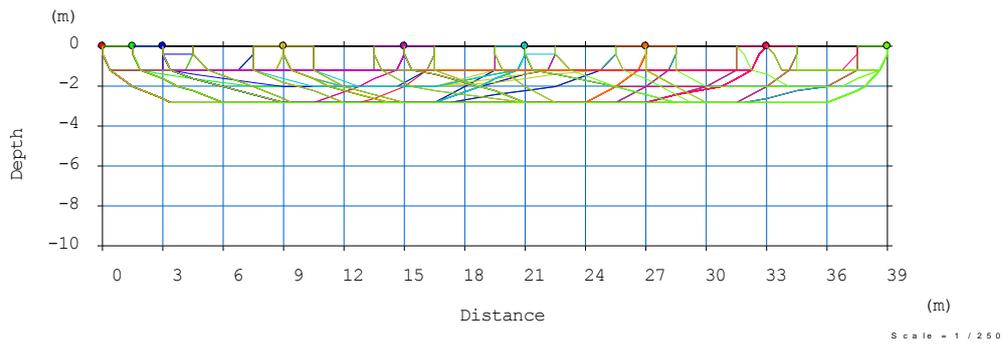
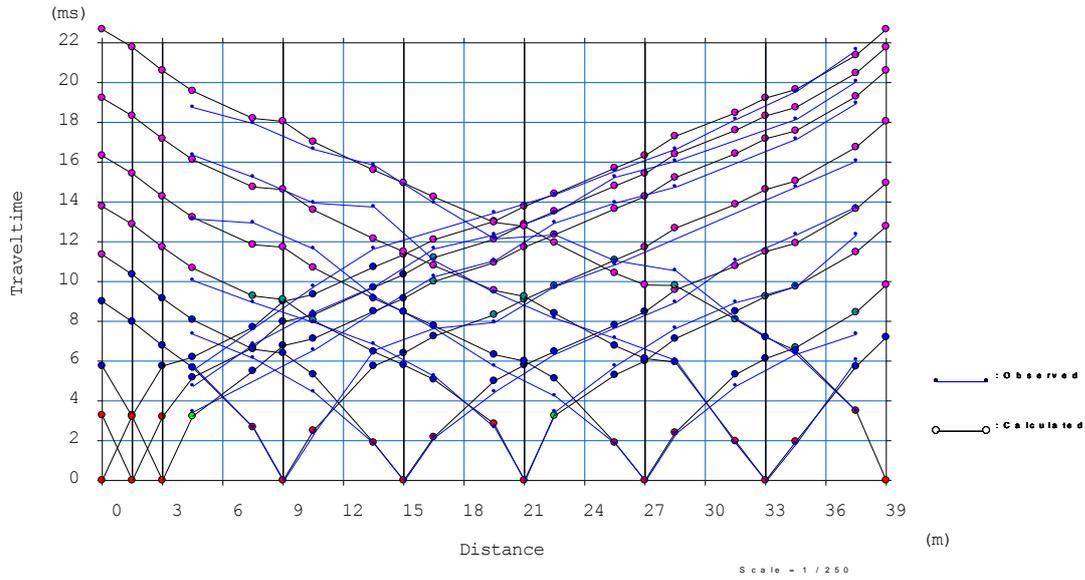
LUNGHEZZA: 39 m INTERDISTANZA GEOFONICA: 3 m

N. PUNTI DI BATTUTA: 6+2

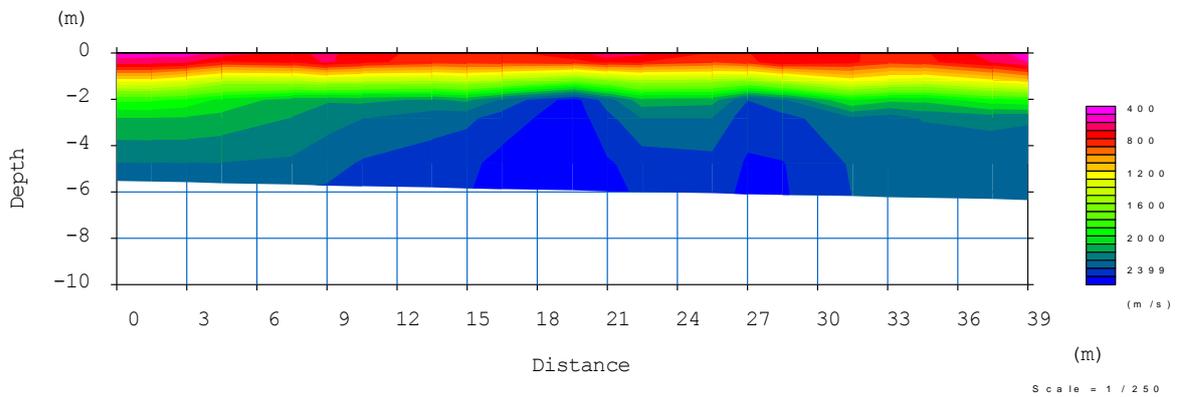
P.S. 1: Registros - masw



Profilo A: Dromocrone, raggi



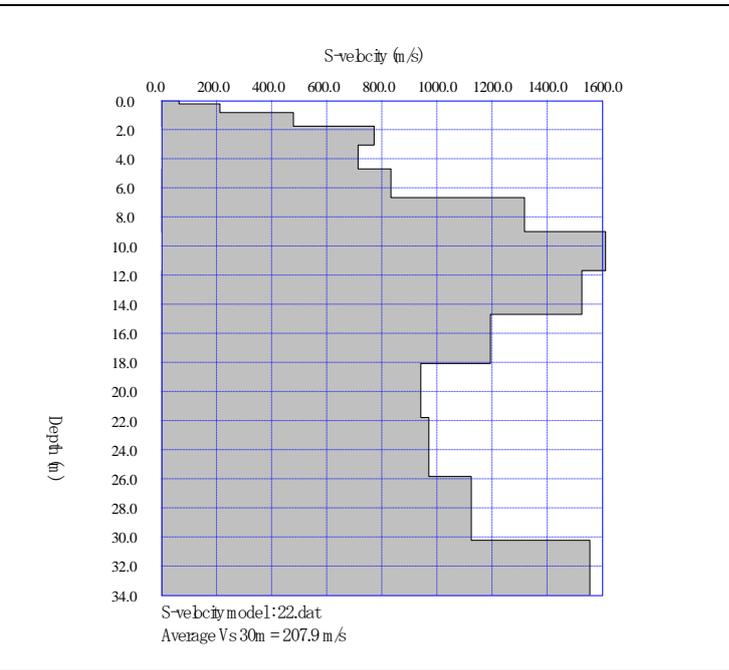
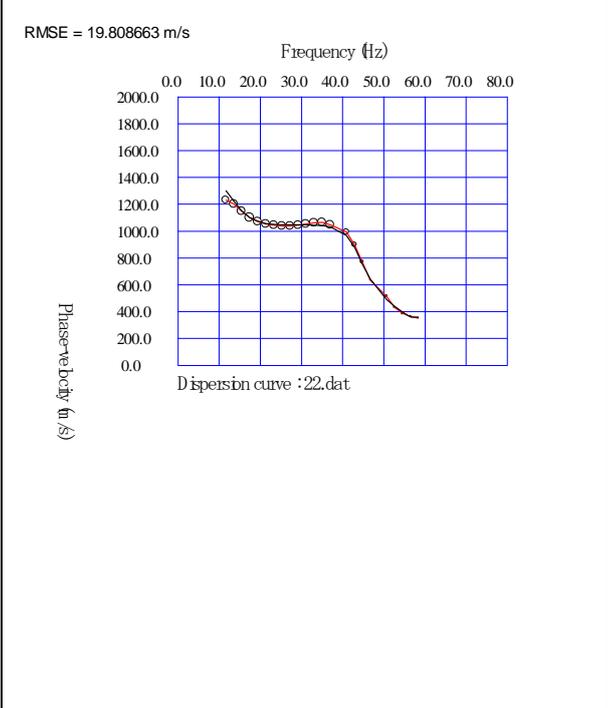
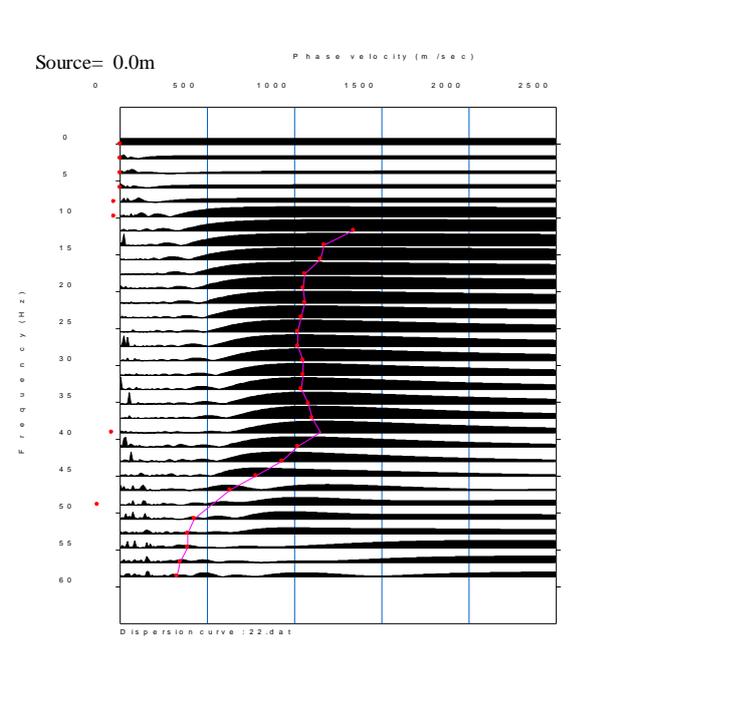
Profilo A: Sezione tomografica Vp



MASW A

LUNGHEZZA: 39 m INTERDISTANZA GEOFONICA: 3 m OFFSET PUNTO DI BATTUTA: 3.0/4.5 m

Indagine masw: grafico p-f, curva di dispersione, modello Vs



Depth	S-velocity(m/s)		
0.0	65		
0.3	213		
0.8	480	0.001963	
1.8	773	0.001668	
3.1	715	0.002286	
4.7	834	0.002376	
6.7	1319	0.001764	
9.0	1614	0.001656	
11.7	1526	0.001978	
14.7	1195	0.002817	
18.1	943	0.003936	
21.8	972	0.004174	
25.8	1126	0.003912	
30.3	1556	0.000383	
30.8	1556	1038	m/s cat A
55.0	1614		

Profilo A – Statistiche velocità VP strati (Km/s)

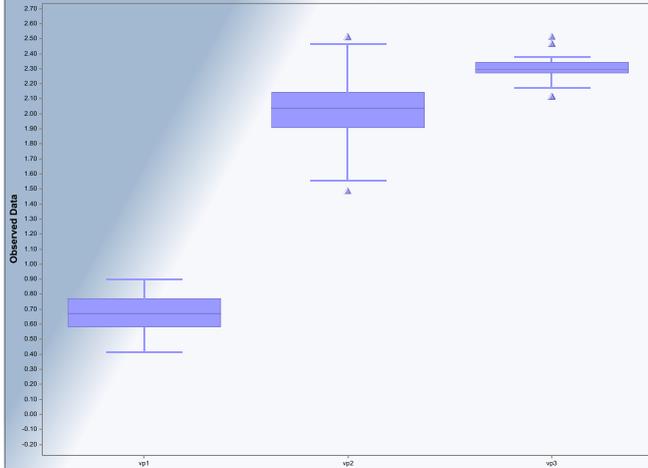
Summary Statistics for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	Minimum	Maximum	Mean	Median	Variance	SD	MAD/0.675	Skewness	Kurtosis	CV
vp1	42	0.409	0.906	0.671	0.673	0.0176	0.133	0.136	-0.219	-0.665	0.198
vp2	42	1.489	2.515	2.035	2.04	0.0646	0.254	0.175	-0.0249	-0.0012	0.125
vp3	21	2.118	2.516	2.29	2.294	0.0133	0.115	0.0732	0.0873	-0.288	0.0504

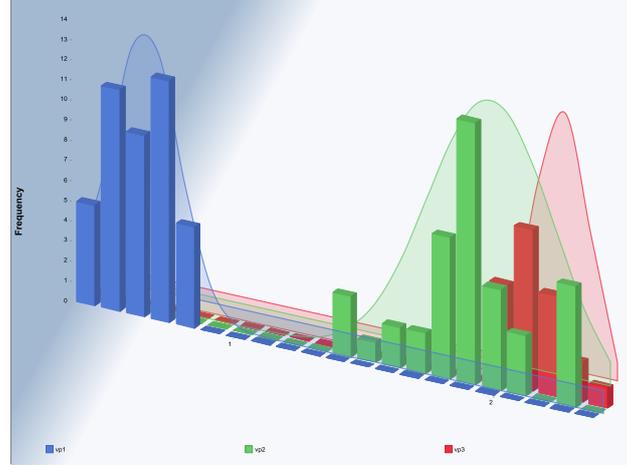
Percentiles for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	5%ile	10%ile	20%ile	25%ile(Q1)	50%ile(Q2)	75%ile(Q3)	80%ile	90%ile	95%ile	99%ile
vp1	42	0.426	0.458	0.565	0.583	0.664	0.767	0.78	0.839	0.873	0.899
vp2	42	1.554	1.66	1.845	1.897	2.038	2.137	2.184	2.427	2.468	2.515
vp3	21	2.118	2.118	2.129	2.195	2.288	2.336	2.359	2.459	2.469	2.506

Box Plots for vp1, vp2, vp3



Histograms for vp1, vp2, vp3



ZONA “B”



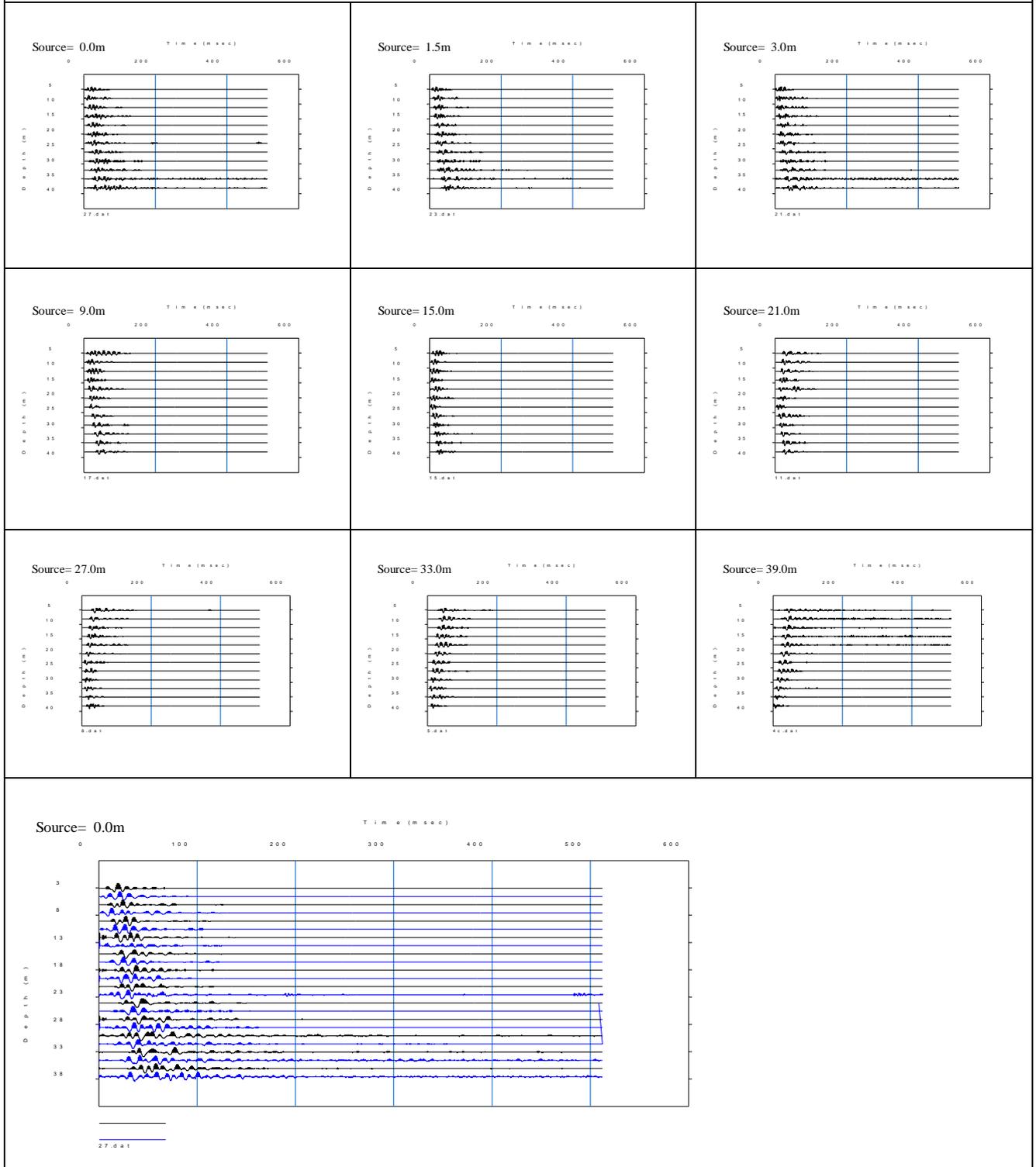
Foto

MASW B

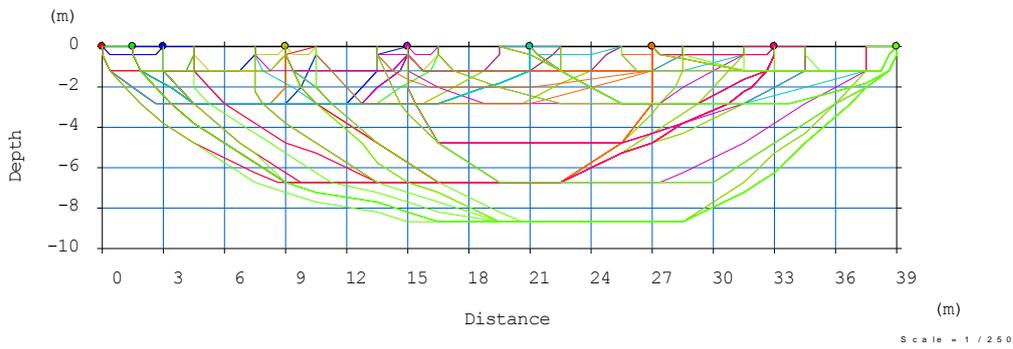
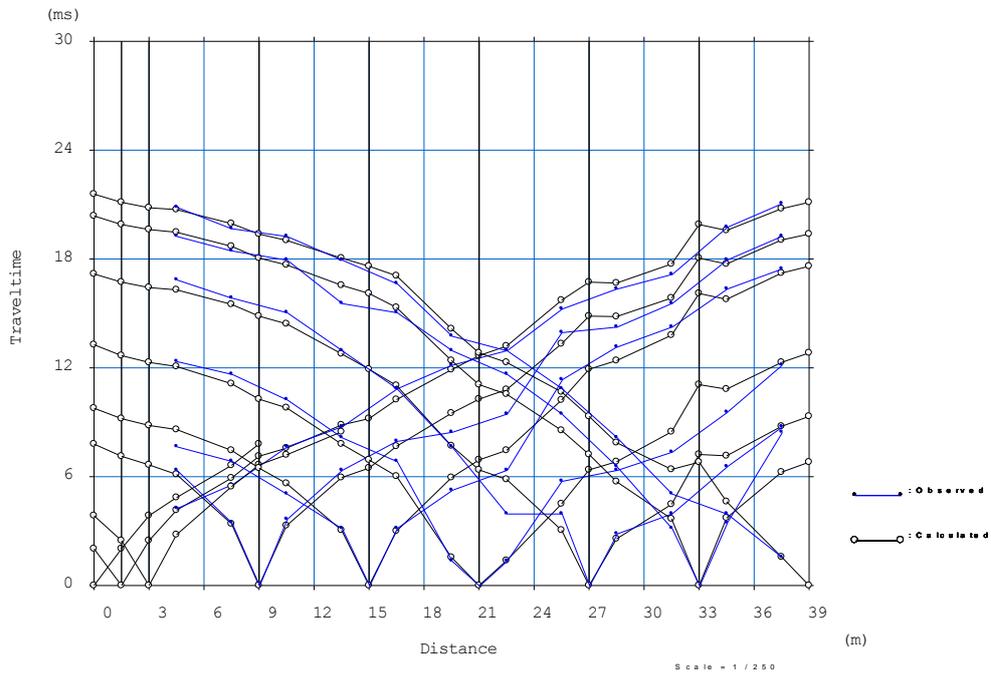
LUNGHEZZA: 39 m INTERDISTANZA GEOFONICA: 3 m

N. PUNTI DI BATTUTA: 6 + 2

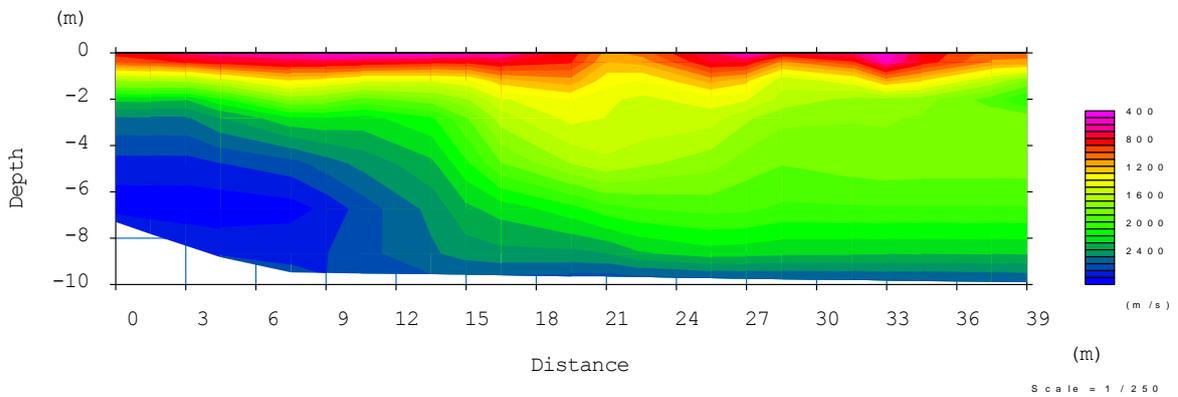
P.S. 1: RegISTRAZIONI - masw



1. Profilo B :Dromocrone, raggi-



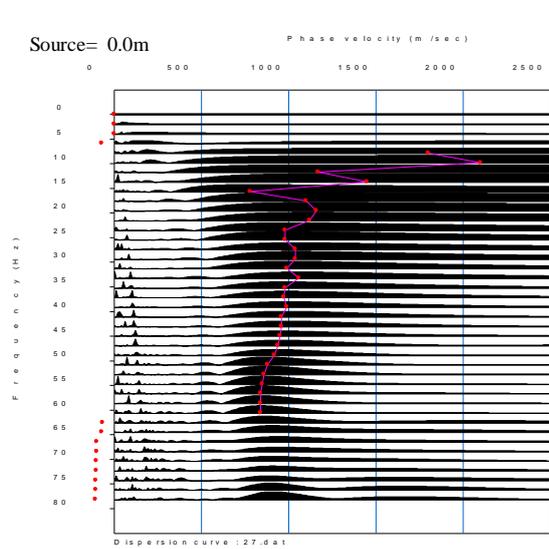
Profilo B :sezione tomografica Vp-



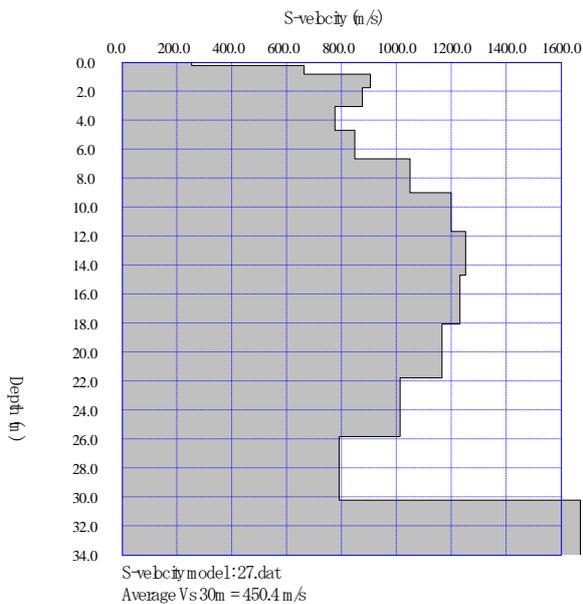
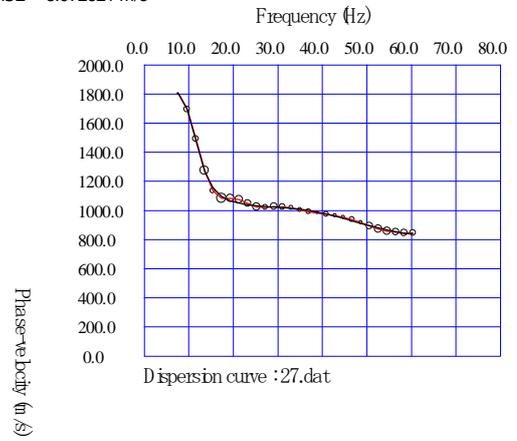
MASW B

LUNGHEZZA: 39 m INTERDISTANZA GEOFONICA: 3 m OFFSET PUNTO DI BATTUTA: 3.0/4.5 m

Indagine masw: grafico p-f, curva di dispersione, modello Vs



RMSE = 8.972621 m/s



Depth	S-velocity(m/s)		
0.0	255		
0.3	665	0.000897	
0.8	906	0.00104	
1.8	878	0.001468	
3.1	778	0.002102	
4.7	849	0.002332	
6.7	1050	0.002215	
9.0	1200	0.002227	
11.7	1254	0.002408	
14.7	1232	0.002731	
18.1	1167	0.00318	
21.8	1014	0.004	
25.8	792	0.005558	
30.3	1671	995	m/s cat A
55.0	2119		

Profilo B – Statistiche velocità VP strati (Km/s)

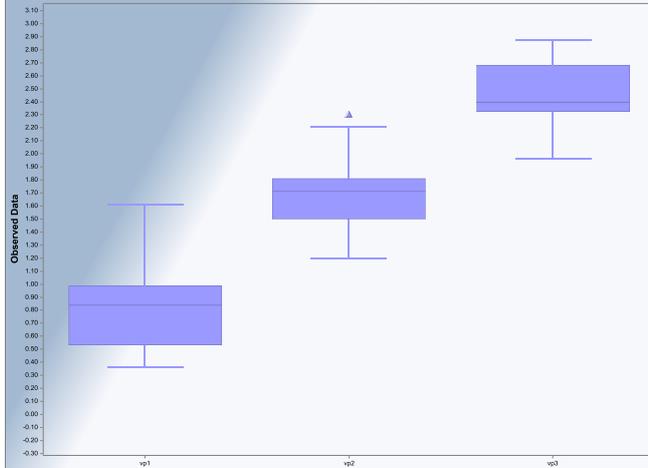
Summary Statistics for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	Minimum	Maximum	Mean	Median	Variance	SD	MAD/0.675	Skewness	Kurtosis	CV
vp1	42	0.36	1.614	0.807	0.84	0.0932	0.305	0.364	0.467	-0.046	0.378
vp2	67	1.193	2.306	1.7	1.715	0.0676	0.26	0.187	0.487	0.0331	0.153
vp3	80	1.956	2.882	4.474	2.398	0.0716	0.268	0.38	-0.088	-1	0.108

Percentiles for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	5%ile	10%ile	20%ile	25%ile(Q1)	50%ile(Q2)	75%ile(Q3)	80%ile	90%ile	95%ile	99%ile
vp1	42	0.4	0.412	0.494	0.515	0.84	0.979	1.016	1.124	1.242	1.566
vp2	67	1.324	1.66	1414	1.497	1.715	1.795	1.843	2.137	2.213	2.306
vp3	80	2.039	2.061	2.326	2.326	2.382	2.676	2.688	2.867	2.88	2.88

Box Plots for vp1, vp2, vp3



Histograms for vp1, vp2, vp3

