

# **Comune di COPERTINO**

Prov. di Lecce

## ***Nuovo Ampliamento del Cimitero Comunale***

*Titolo VI del Testo Unico delle Leggi Sanitarie n. 1265/34, del D.P.R n. 285/90*

*Legge n.130 del 30 marzo 2001*

*LEGGE REGIONALE 15 dicembre 2008, n. 34*

### **OGGETTO: PROGETTO ESECUTIVO DI I STRALCIO**

**Progetto: Ing. Antonio Verdesca  
Geom. Sandro Pagano  
Geom. Luca Conte  
UTC - Copertino (Le)**

**Consulenza geologica:  
Dr. Geol. Francesco Quarta**



***RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA ED IDROGEO MORFOLOGICA***

## **1.0 PREMESSA**

In seguito all'incarico ricevuto con *Determinazione del Dirigente dell'Area Pianificazione Territorio e OO.PP. - Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni del Comune di COPERTINO* (Registro Generale Nr. 677 del 18.10.2012) è stato effettuato lo studio geologico di due aree, ubicate a confine con il *Cimitero Comunale*, in cui è previsto "**AMPLIAMENTO CIMITERO COMUNALE**".

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;*
- *n° 2 indagini Sismiche 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 è inserito l'edificio.

Inoltre si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito in base a quanto prescritto dalle NTC 2008.

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

Le aree interessate dall'*Ampliamento Cimiteriale*, ubicate nella parte nord occidentale dell'abitato di Copertino (Fig. 1), ricadono in una vasta area subpianeggiante, caratterizzata in affioramento da *Depositi limo-sabbioso-argillosi* di età pliopleistocenica.

L'attuale configurazione morfologico-strutturale è la risultante di una serie di vicissitudini tettoniche e paleogeografiche che hanno interessato l'intero Salento a partire dall'Eocene e che hanno dislocato, con una serie di faglie dirette, la Piattaforma Apula mesozoica venendo a costituire una serie di strutture rialzate ("horst") e delle aree ribassate ("graben").

Gli "horst" sono ben evidenti, morfologicamente, nelle cosiddette "Serre Salentine": alti strutturali che si allungano in direzione NNO - SSE.

Le zone altimetricamente più elevate corrispondono di norma (ma non sempre) agli affioramenti calcarei cretacei (ad Est del centro abitato di Copertino) e alle aree più interne del territorio. Di qui il paesaggio degrada verso la costa attraverso una serie di ripiani che si raccordano per mezzo di scarpate più o meno marcate da zona a zona, e che individuano, secondo le più recenti interpretazioni paleogeografiche, antiche linee di costa corrispondenti ad altrettanti livelli marini diversi dall'attuale.

Secondo un'ipotesi la configurazione complessiva del paesaggio potrebbe derivare da una spianata di abrasione cenozoica sollevata in parte durante il Miocene (emersione delle Serre) ed in parte in tempi successivi pliocenici.

Le varie scarpate, forse inizialmente rappresentate da fianchi di piega o da piani di faglia avrebbero in seguito subito arretramento per abrasione.

Poca influenza sulla morfologia della zona ha avuto l'idrologia: mancano veri corsi d'acqua.

Tettonicamente l'area in esame è stata interessata da movimenti plicativi e disgiuntivi che hanno piegato e ribassato le formazioni cretache e mioceniche; i bacini venutisi a formare sono stati poi colmati, per trasgressione del mare, dai depositi più recenti di età fino al Pleistocene.

Geologicamente, quindi, il territorio è contrassegnato da un imponente massiccio carbonatico cretaceo rappresentato dalla formazione del "Calcare di Altamura".

Trasgressiva su detta formazione, è presente la formazione biocalcarenitica marnosa miocenica delle Calcarenitidi di Andrano su cui si addossa una successione di calcareniti

(“**Calcareniti di Gravina**”), prima e di *Limi sabbiosi e sabbie calcare limose* poi di epoca plio-pleistocenica.

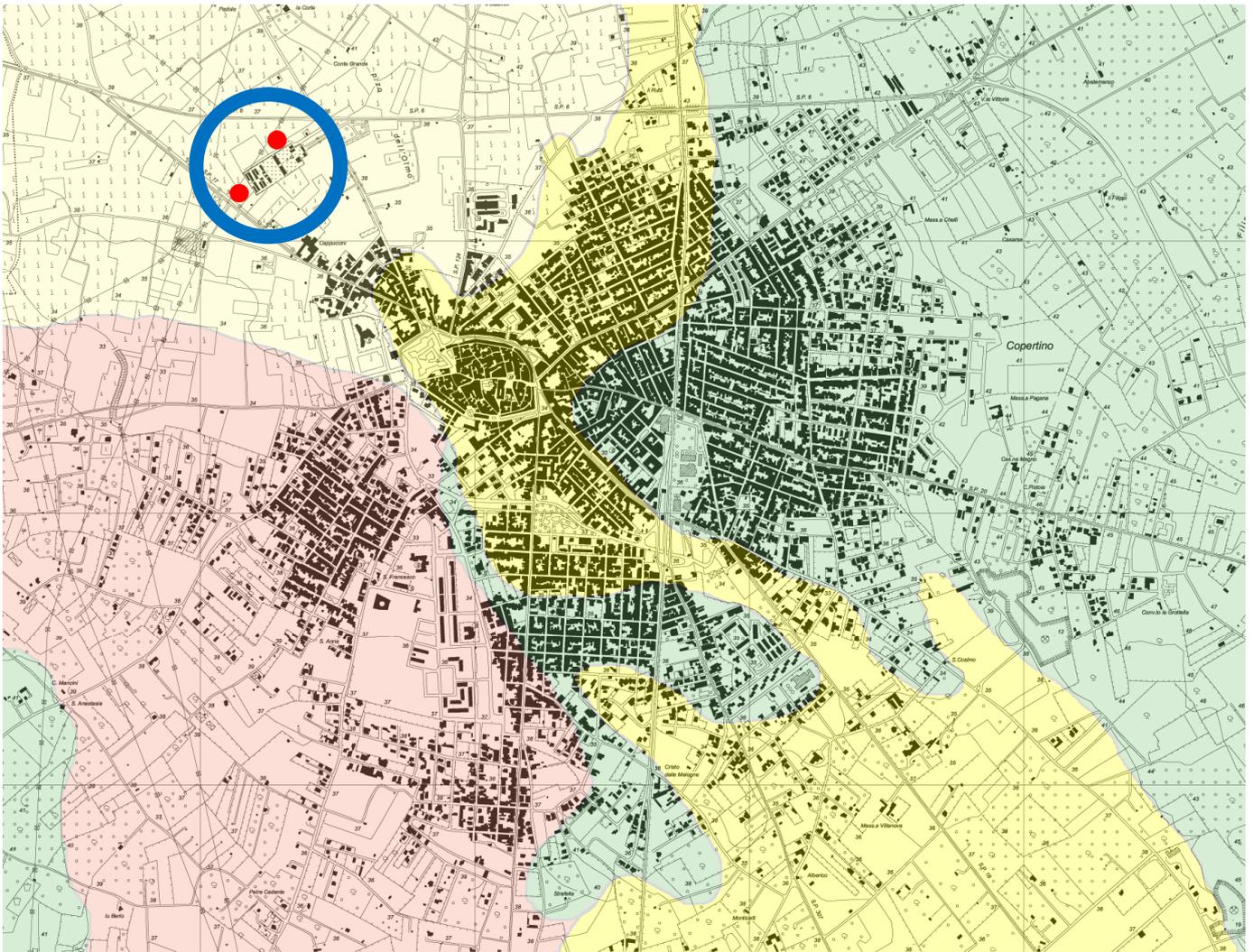
I rapporti stratigrafici dei vari terreni sono riportati di seguito, le aree di affioramento delle formazioni geologiche individuate, sono evidenziate con colori diversi in Fig. 1.

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.

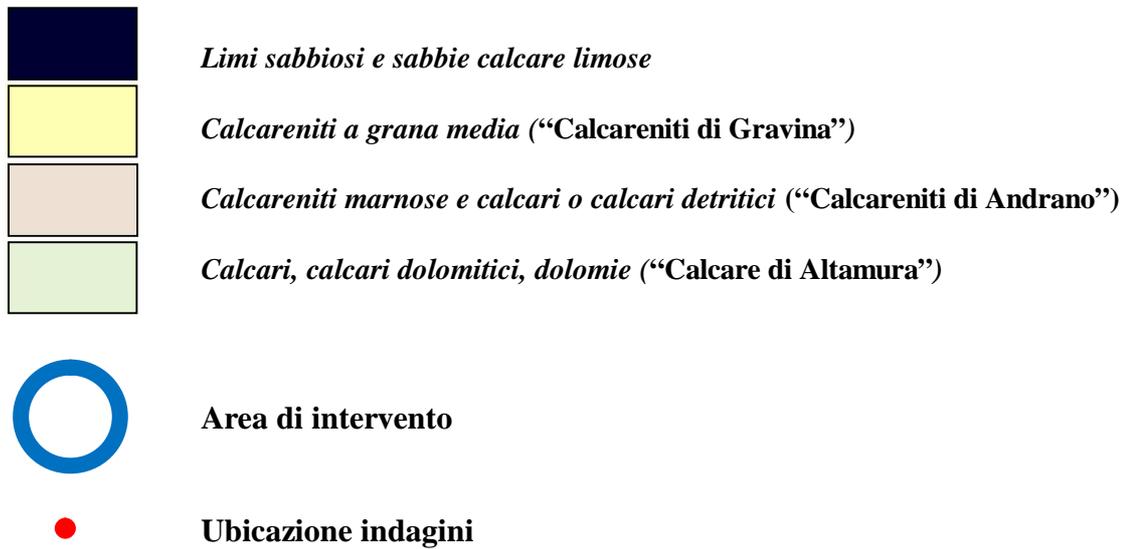
Si sono così delineati i limiti fra le singole formazioni affioranti ed i rapporti stratigrafici esistenti tra queste e quelle che si rinvencono in profondità.

La successione stratigrafica comprende, dall’alto verso il basso e nel senso più generale, i seguenti termini geolitologici:

- *Limi sabbiosi e sabbie calcare limose*, (-Pliopleistocene-)
- *Calcareniti marnose a grana fine* (“**Calcareniti di Gravina**” -Pliopleistocene-)
- *Calcareniti marnose e calcari o calcari detritici* (“**Calcareniti di Andrano**” -Miocene-)
- *Calcari, calcari dolomitici, dolomie* (“**Calcari di Altamura**” -Cretaceo-)



**Fig. 1 - Rilevamento geologico di superficie**



## Aspetti stratigrafici e litologici

### *Limi sabbiosi e sabbie calcare limose*

Trattasi litologicamente di limi sabbiosi argillosi spesso concrezionate localmente passanti a sabbia calcarea e a calcarenite tufacea a grana medio fine.

A luoghi è caratterizzata dalla presenza di Brachiopodi, interi o in frammenti, appartenenti alla specie *Terebratula scillae* (Seg.). Caratteristica è anche la presenza di sparsi noduli calcarei e abbondanti concrezioni calcarenitiche.

La potenza, di detta formazione, si aggira intorno ai 4,00 ÷ 5,00 metri.

### *Calcareniti a grana media (“Calcareniti di Gravina”)*

In questa formazione sono compresi sedimenti denominati con termine generico ed improprio “tufi calcarei”.

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 biocalcareni 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 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. 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 jacobaeus* (Linnè), *Arctica islandica* e *Clhamys 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, Clamys septemradiata, Hyalinea balthica.

L'età è riferibile al Pliopleistocene. Lo spessore massimo misurato nel territorio studiato è di poco superiore agli 8,00 metri.

**- *Calcareniti marnose e calcari o calcari detritici* (“*Calcareniti di Andrano*” -Miocene-)**

Sono sedimenti di origine marina, che nel loro insieme, comprendono due tipi litologici:

calcareniti marnose e calcari o calcari detritici. L'intera serie stratigrafica, nella parte sommitale ed in quella basale presenta una facies calcarenitico-marnosa, in quella intermedia una facies comprendente calcari e calcari detritici.

La facies calcarenitico-marnosa sommitale è rappresentata da calcareniti marnose giallastre a grana fine, variamente cementate. Tali sedimenti, quasi sempre in banchi, quando sono stratificati presentano uno spessore medio di circa 50 cm e sono immersi verso sud-ovest.

Queste calcareniti in alcuni livelli, sono ricche di impronte di macrofossili, valve di lamellibranchi, echinidi e brachiopodi. In tale facies, presentano delle inclusioni di sottili (centimetrici) ed irregolari strati di calcare subcristallino di colore nocciola.

Nella facies calcarenitica basale, è presente anche un limo sabbioso giallastro ricco di impronte (fecal pellets) di microorganismi limivori dalla caratteristica forma filiforme e raggomitolata. Sono frequenti macrofossili rappresentati da valve o modelli interni di lamellibranchi, brachiopodi ed echinidi.

Al di sotto della calcarenite marnosa variamente cementata è presente un banco di calcari eterogenei bianco-nocciola talvolta grigiastri. Questo passaggio diretto si sviluppa lungo una superficie molto irregolare testimone di una discordanza stratigrafica e di una lacuna stratigrafica.

Negli strati calcarei più superficiali, sono evidenti i segni della dissoluzione carsica, le varie fessure o cavità sono piene di terra rossa e talvolta di inclusioni calcitiche che creano delle vere e proprie brecce calcaree.

Sono frequenti manifestazioni carsiche: vore o cavità spesso piene di terra rossa. Tali manifestazioni interessano in particolare le calcareniti più recenti ed i calcari, sono il risultato di una fase di erosione e carsificazione del sottosuolo.

### *Calcari, calcari dolomitici, dolomie (“Calcari di Altamura”)*

Questa formazione 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 “Calcari 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  $10^\circ$  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.

## CARATTERI IDROGEOLOGICI

### 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.

Riguardo al tipo e al grado di permeabilità i terreni si possono suddividere in:

- *permeabili per fessurazione;*
- *permeabili per porosità interstiziale;*
- *praticamente impermeabili.*

### *Formazioni permeabili per porosità*

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

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

Il litotipo a maggiore permeabilità è dato dalle calcareniti plioleistoceniche ( $K = 10^{-4} \div 10^{-5}$  m/s) seguito dalle sabbie ( $K = 10^{-5} \div 10^{-7}$  m/s).

### *Formazioni permeabili per fratturazione e carsismo*

Permeabilità per fessurazione e carsismo presentano i calcari mesozoici e le calcareniti marnose e calcari o calcari detritici. Difatti queste formazioni sono caratterizzate da discontinuità (fratture, cavità carsiche).

La permeabilità risulta mediamente elevata per i calcari mesozoici ( $K \approx 10^{-3} \div 10^{-4}$  m/sec) mentre per le calcareniti marnose e calcari o calcari detritici la permeabilità si riduce a valori intorno a  $K = 10^{-5} \div 10^{-6}$  m/sec.

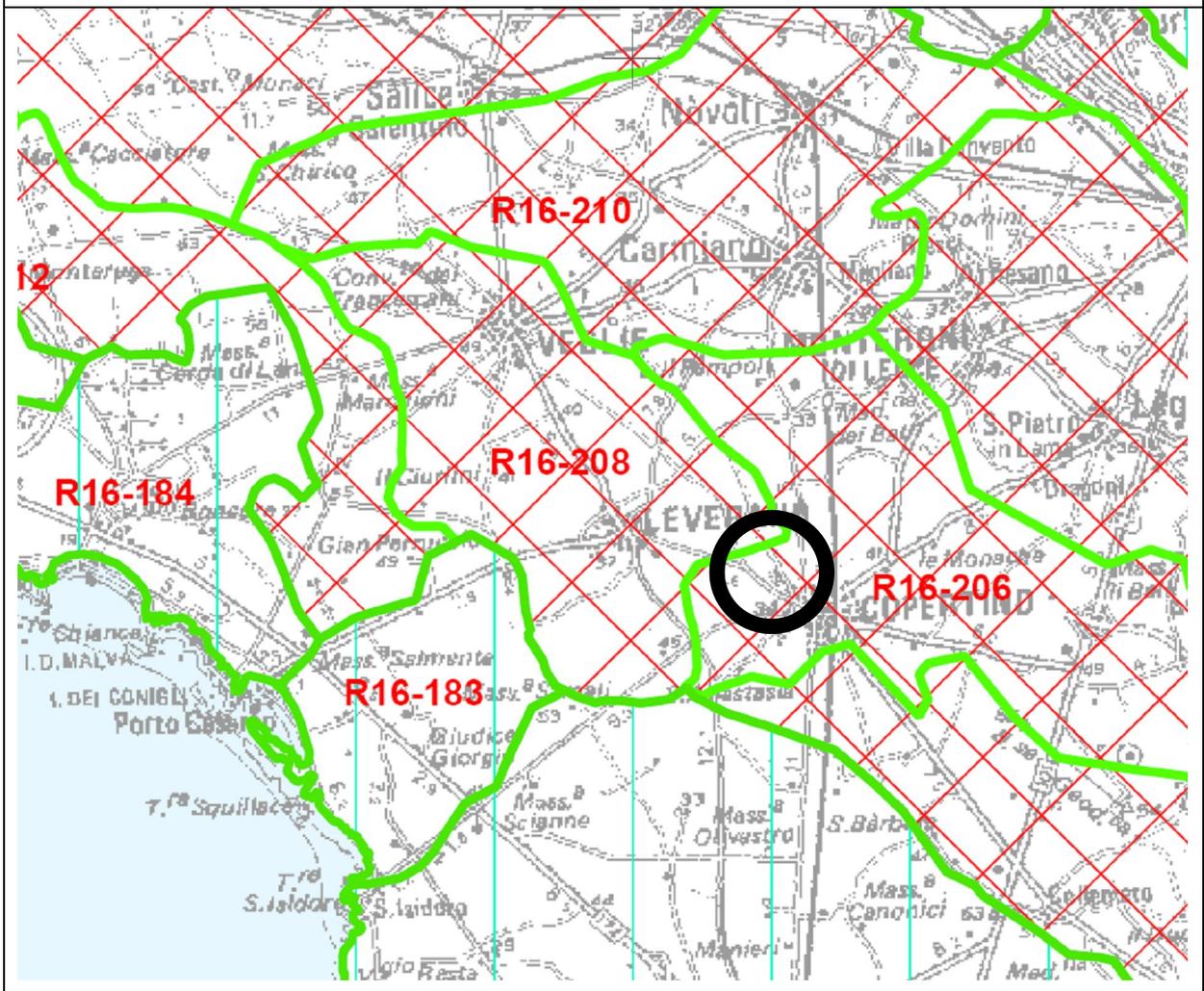
### *Formazioni praticamente impermeabili*

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.

## Idrografia superficiale

Dal punto di vista idrografico, l'area ricade all'interno di un vasto bacino endoreico, codificato nel PTA con le sigla R16-206 (Fig. 2).

Fig. 2 (Tav. 1.4 PTA)



### **Idrografia sotterranea**

Nella zona manca un ben definito reticolo idrografico superficiale.

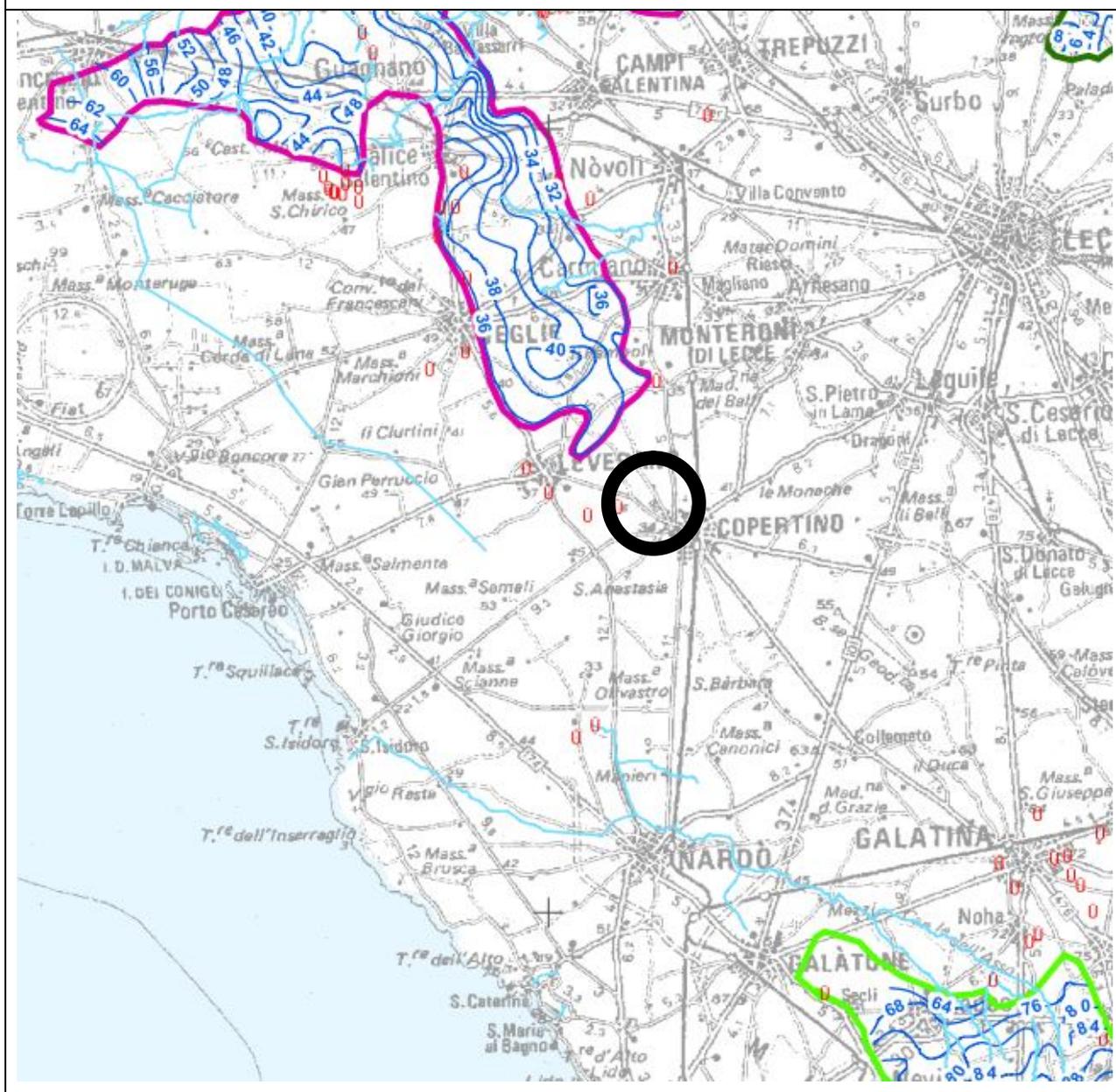
Tuttavia, ad una mancanza di acque superficiali fa riscontro, in profondità, la presenza di abbondanti acque sotterranee riferibili alla cospicua falda idrica, ospitata all'interno del Complesso Calcareo, denominata Falda profonda.

### ***Falda Superficiale***

Questa falda idrica è contenuta nelle sabbie pleistoceniche, sostenuta alla base dalle argille, il cui andamento ne condiziona fortemente il deflusso.

**In Fig. 3 (dal PTA) si riporta la ricostruzione della superficie freatica di questa falda che, come si può vedere, non è presente nella zona strettamente interessata dall'intervento.**

Fig. 3: Isofreatiche della Falda Superficiale (Tav. 6.3.2 PTA)



### ***Falda profonda***

La falda profonda permea la formazione calcareo-dolomitica fessurata e carsificata del Cretaceo. È un acquifero di tipo costiero, in quanto sostenuto dalle acque salate di intrusione continentale, ed ha come livello superiore una superficie disposta poco al di sopra dell'orizzonte marino. Tale falda circola a pelo libero se alla suddetta quota si rinvennero formazioni permeabili, o in pressione se formazioni impermeabili si spingono nel sottosuolo fino a profondità inferiori al livello marino.

In via teorica, le condizioni di galleggiamento della falda d'acqua dolce sulle acque salate possono essere determinate mediante la legge di ***GHYBEN-HERZBERG*** che permette di determinare lo spessore della lente di acqua dolce in funzione del carico piezometrico e della densità:

$$h = \frac{d_f}{d_m} t$$

dove:

*d<sub>m</sub>* è la densità dell'acqua di mare (1,028),

*d<sub>f</sub>* è la densità delle acque di falda (1,0028),

*t* è il carico piezometrico;

approssimativamente:

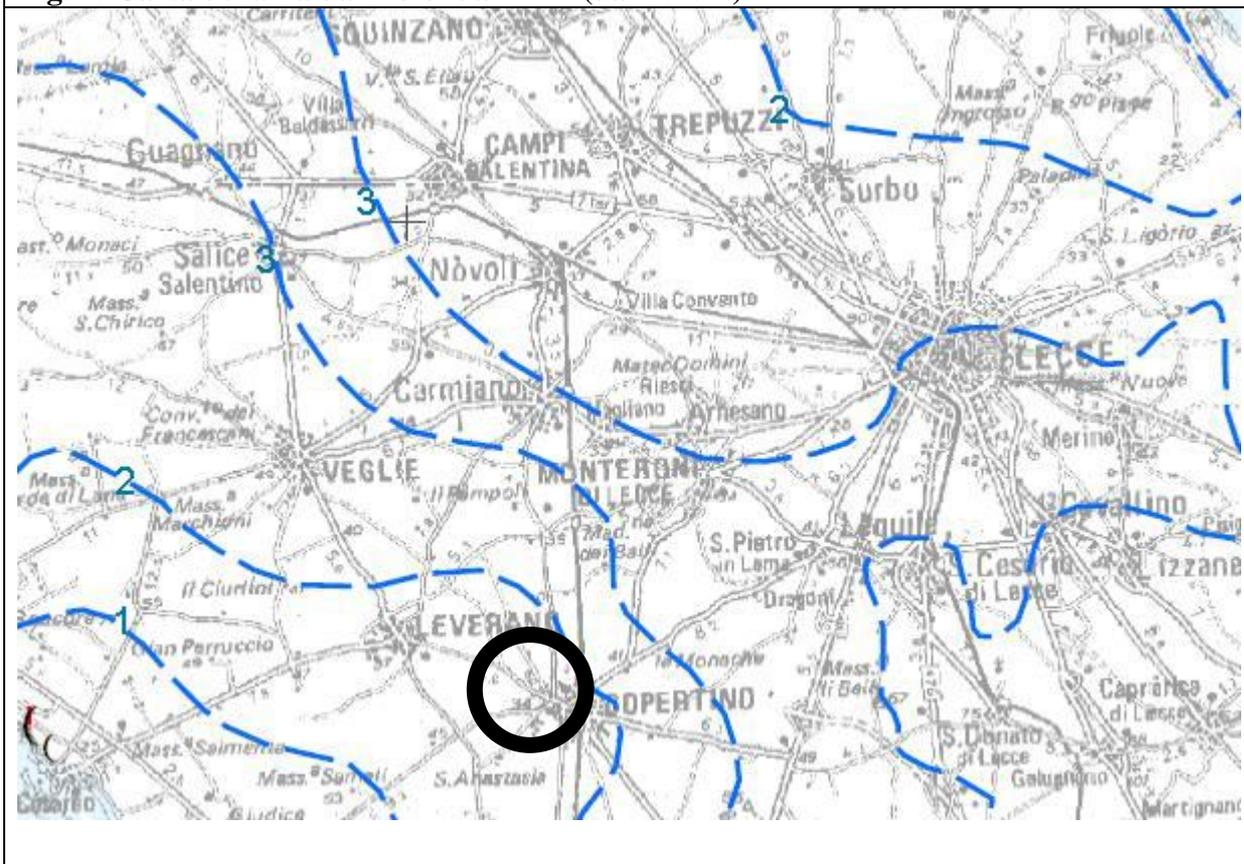
$$h \approx 40 t$$

La campagna di rilevamenti freaticometrici svolta, conferma sostanzialmente quanto indicato nella TAV. 6.2 del Piano Regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.) della quale la Fig. 4 - ANDAMENTO DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA DELLA FALDA PROFONDA - costituisce parziale riproduzione.

Come si evince dalla stessa Fig. 4 nella zona in esame il carico piezometrico è pari a circa 1,50 metri slmm., ciò determina in base alla relazione precedente, uno spessore della parte dolce di acquifero pari a circa 45,00 metri.

*A volte, detta falda, che permea la formazione calcareo-dolomitica fessurata e carsificata del Cretaceo, dato l'elevato spessore della formazione soprastante, caratterizzata da calcareniti marnose e calcari o calcari detritici ("Calcareniti di Andrano"), quasi impermeabile, presenta caratteristiche di salinità tali da essere inutilizzabile.*

**Fig. 4: Carta della Falda Profonda (dal P.T.A.)**



**Legenda**

— isopiezia (m s.l.m.)

**EMERGENZE CENSITE DA S.I.M. DI BARI**

- # Portata < 10 l/s
- # Portata > 10 l/s

**EMERGENZE CENSITE DA INFRAROSSO TERMICO**

- ^ Gruppo di efflussi a mare probabilmente coincidenti con sorgenti
- △ Concentrazione di più efflussi di limitato contrasto termico
- ( Singolo efflusso a mare probabilmente coincidente con una sorgente
- ( Singolo efflusso a mare di limitate dimensioni e modesta anomalia termica
- ( Singolo efflusso a mare di rilevanti dimensioni ed elevata anomalia termica

#### 2.2.4 Bilancio idrologico della falda

In base a quanto riportato dal Piano Tutela Acque della regione Puglia, l'area studiata ricade nella subarea Salento Ionico per la quale risulta:

- <i>Superficie:</i>	2138	Km <sup>2</sup> ;
- <i>Pioggia:</i>	1281	Mm <sup>3</sup> ;
- <i>Deflusso:</i>	129	Mm <sup>3</sup> ;
- <i>Ricarica:</i>	436	Mm <sup>3</sup> ;
- <i>Irrigazione</i>	203	Mm <sup>3</sup> ;
- <i>Irrigazione da falda:</i>	203	Mm <sup>3</sup> ;
- <i>Emungimento potabile-industriale:</i>	32	Mm <sup>3</sup> ;
- <i>Emungimento totale:</i>	235	Mm <sup>3</sup> ;

#### 2.2.5 Caratteristiche chimico fisiche della falda profonda

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori dei parametri idrologici di un pozzo di emungimento presente nell'area d'interesse.

pH	Cem μS/cm	Alcal. Tot. mg/l	Res. 180° mg/l	T°	Dur. Tot. °F	S.A.R.	S.A.R. mod.
7,1	1380	370	680	14,2	44,8	1,1	2,8

Per quanto concerne i valori dei parametri microbiologici, si riportano nella tabella seguente:

Colif. Totali Ufc/ml
assenti

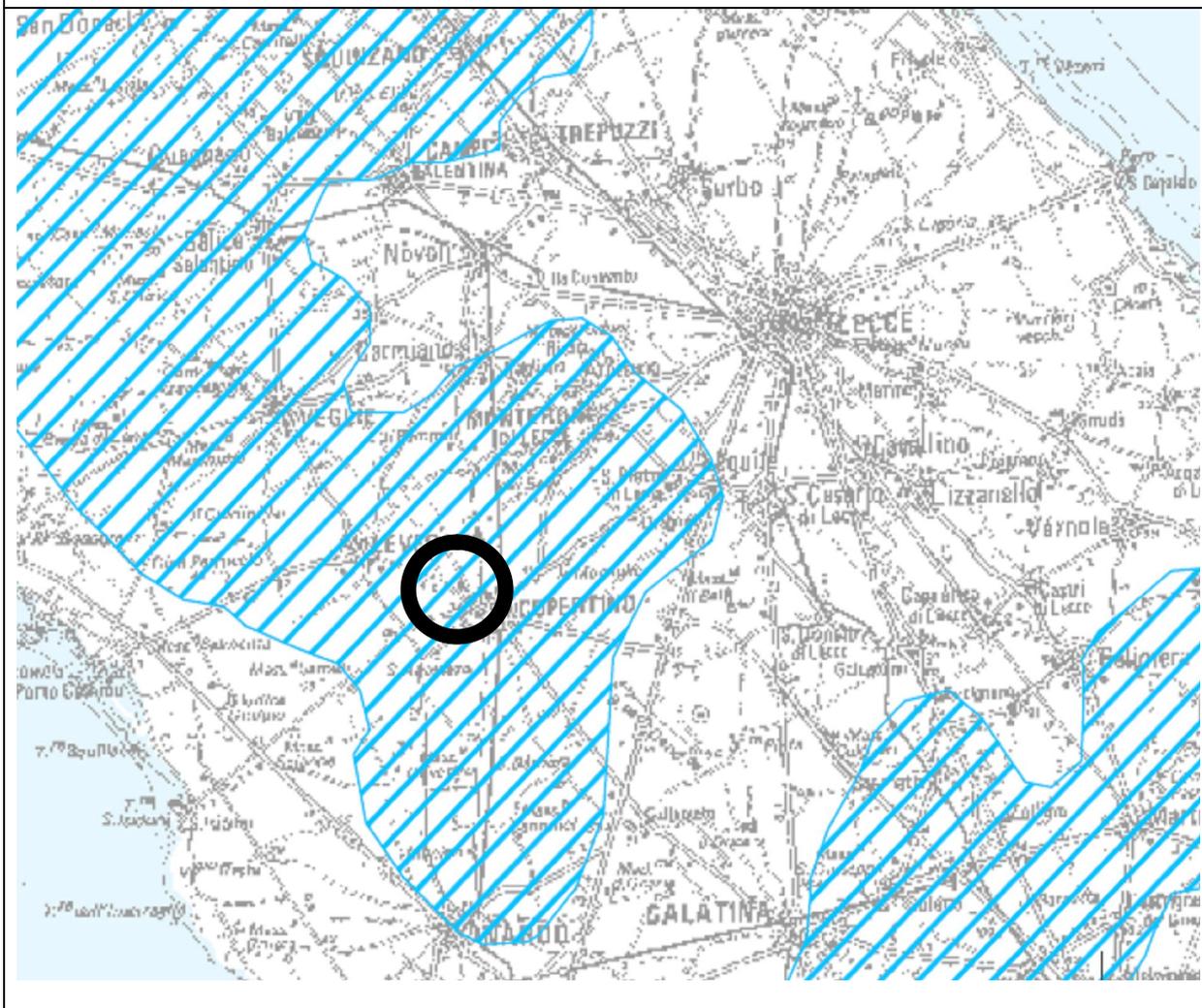
Dai valori riportati emerge che le acque di falda, nel territorio in esame, rientrano, sulla base della tabella 20 dell'allegato 1 del D. Lgs. n. 152 dell'11 maggio 1999, nella classe chimica 2 (Conducibilità = 1380 μS/cm):

***“Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche”.***

Per quanto concerne la determinazione dello stato quantitativo, sulla base di quanto indicato al punto 4.4.1 dell'Allegato 1 del D. Lgs. n. 152 dell' 11 maggio 1999, si fa riferimento a quanto riportato nel PTA e in particolare nella Tav. 7.5 di seguito riportata (Fig. 5). in tale elaborato, l'area in esame risulta sottoposta a “Stress idrologico”.

In conclusione lo stato ambientale della falda, sulla base della Tabella 22 del già citato allegato 1 del D. Lgs. n. 152, si può definire **“Scadente” (2-c)**.

Fig. 5 (dal PTA)



### Legenda

Aree sottoposte a stress idrologico per squilibrio tra emungimento e ricarica

 Acquiferi carsici

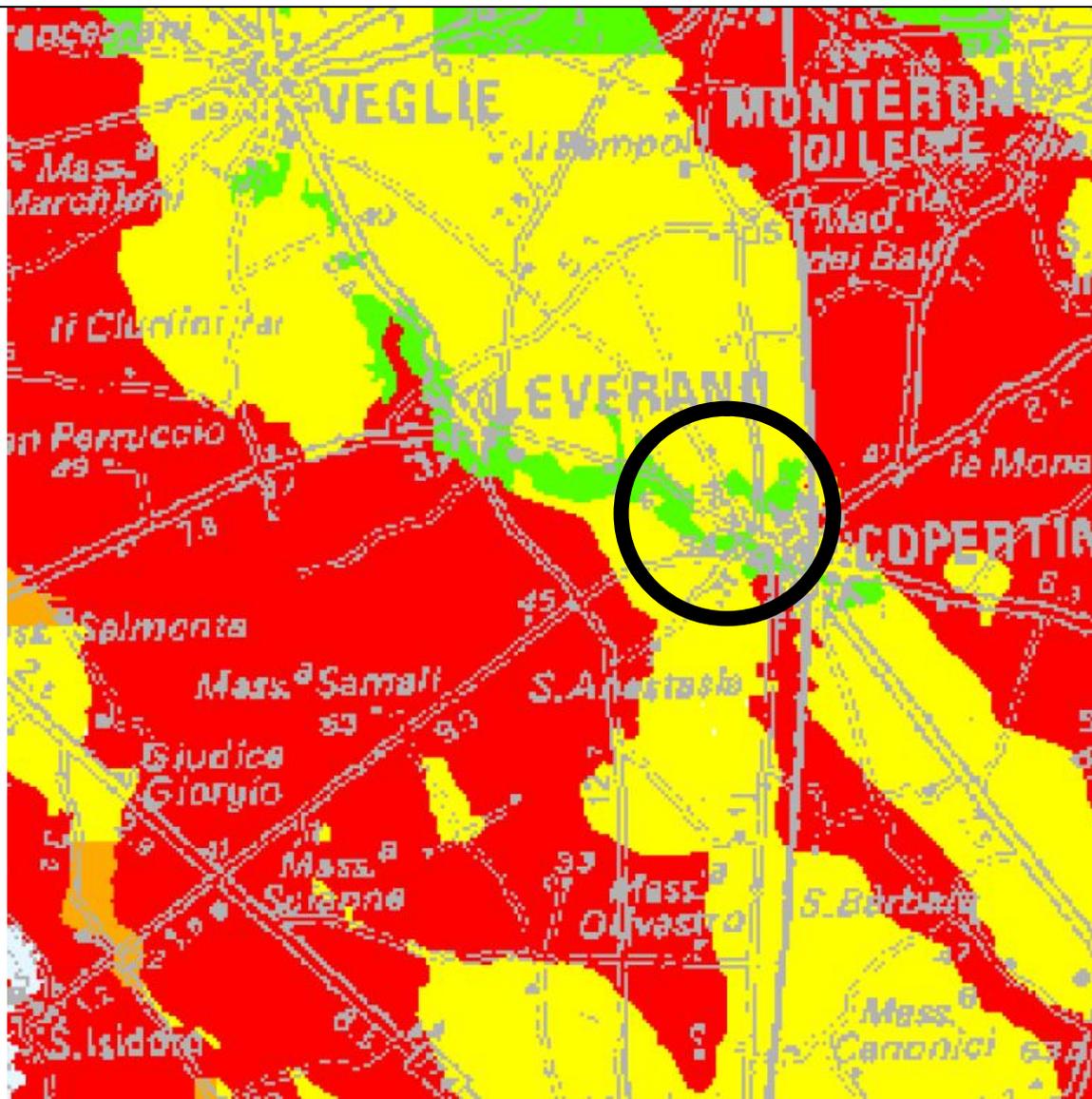
 Acquiferi superficiali della provincia di Foggia

### **2.2.5 Vulnerabilità della falda**

La vulnerabilità, e più precisamente la vulnerabilità intrinseca, è legata all'insieme delle caratteristiche litologiche, strutturali e idrogeologiche del sistema acquifero, ivi compresa la zona di aerazione ("zona vadosa"), cioè lo strato di suolo e di roccia che un generico inquinante proveniente dalla superficie deve attraversare prima di giungere in falda. Il "non-saturo" rappresenta pertanto una zona di transito per l'acqua che si infiltra nel terreno e che procede verso la falda in direzione prevalentemente verticale. Esso costituisce anche un filtro naturale in grado di impedire, o quanto meno ridurre, il raggiungimento della falda da parte di sostanze inquinanti. Questo meccanismo si esplica attraverso una serie di processi (filtrazione, dispersione, interazione, trasformazioni di tipo fisico o chimico o biologico). All'esplicarsi dell'insieme di questi fenomeni è legato il "potere autodepurante" che i terreni possono presentare in diverso grado, in relazione anche alla natura delle diverse sostanze inquinanti, e proprio allo spessore della zona insatura, al tipo e alla entità dei processi che vi si svolgono, è legato il concetto di vulnerabilità delle falde.

Nella Fig. 6 si riporta la vulnerabilità della falda in base alla Tav. 8.4 del PTA. La vulnerabilità risulta tra "**Bassa e Moderata**".

**Fig. 6 Vulnerabilità Falda Profonda (Tav. 8.4 PTA)**



### Legenda

#### ZONIZZAZIONE DELLA VULNERABILITA' INTEGRATA DAL FATTORE "P"

(Metodo COP modificato\_AE COST 620)

-  Vulnerabilità elevata
-  Vulnerabilità alta
-  Vulnerabilità moderata
-  Vulnerabilità bassa
-  Vulnerabilità molto bassa
-  Iso linee di ricarica 150 mm (anno medio 1985-2000)
-  Iso linee di ricarica 200 mm (anno medio 1985-2000)

### **2.2.6 Vincoli**

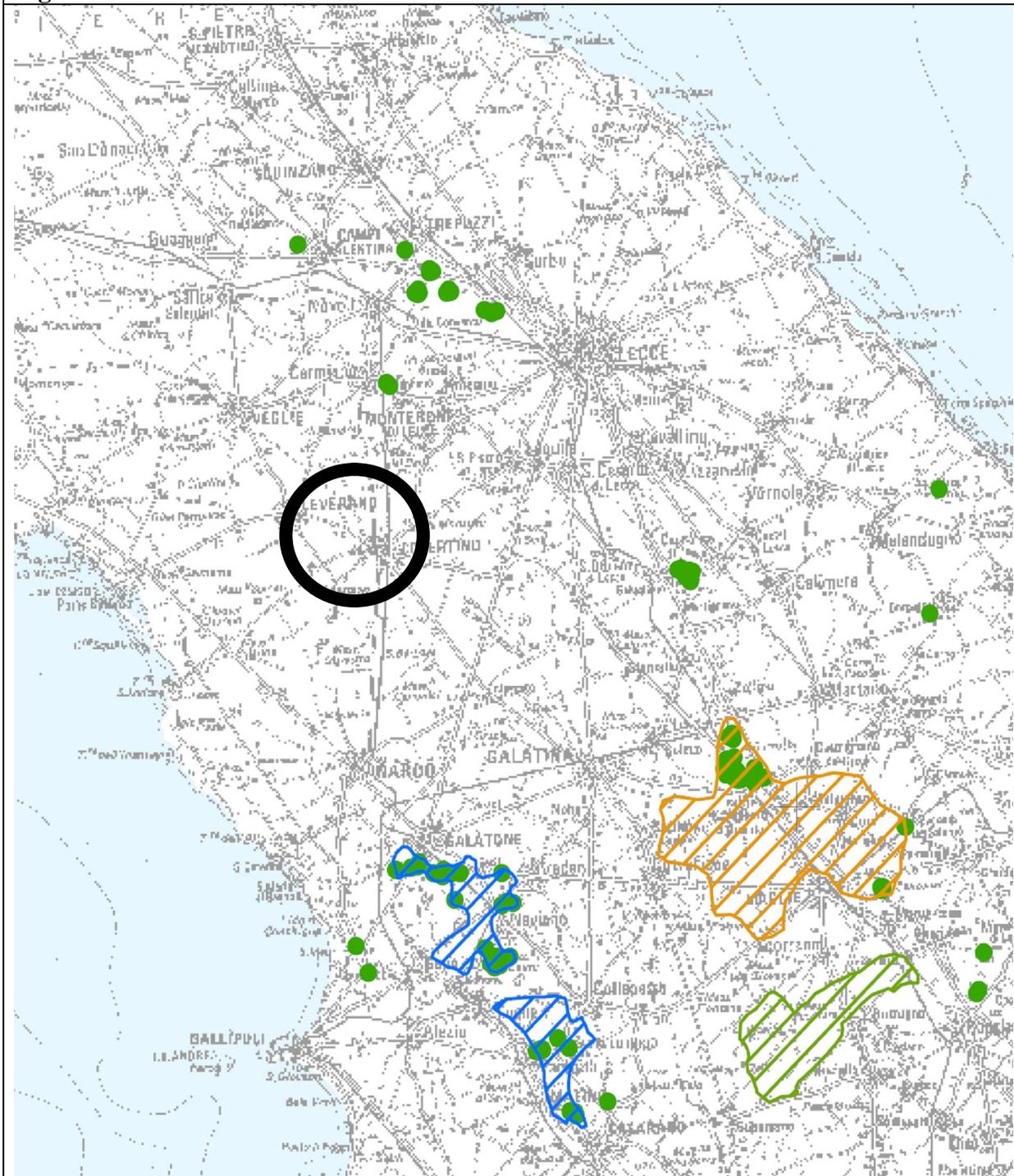
La zona prescelta non ricade in una delle aree di protezione idrogeologica individuate dal PTA (Fig. 7 Tav. A del PTA).

I pozzi per uso idropotabile presenti, sono ubicati a notevole distanza ed inoltre “a monte” rispetto alle direttrici di deflusso della falda.

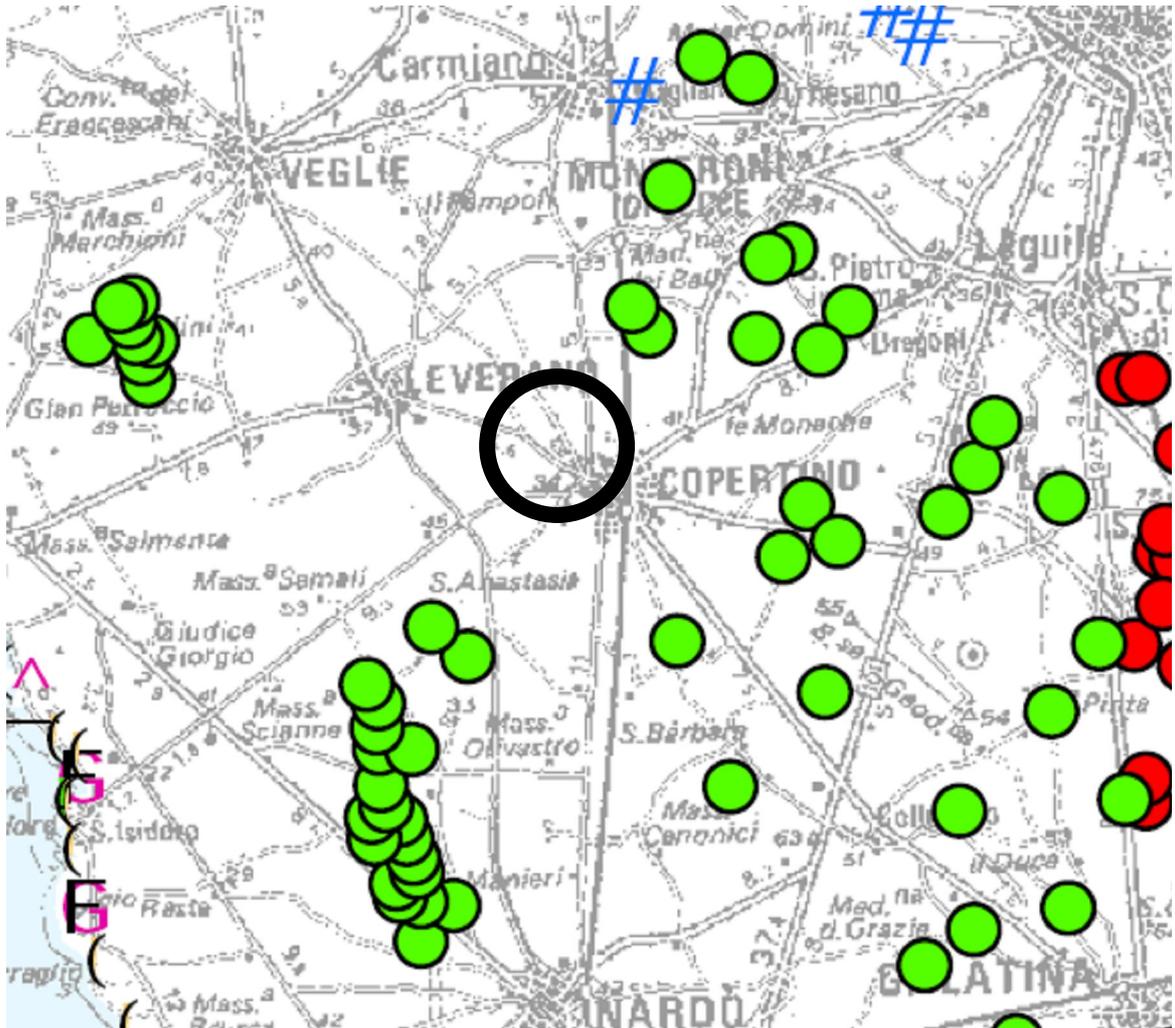
Nella Fig. 8 (Tav. 6.4 del PTA) sono riportati i “**Punti d’acqua censiti**”, mentre nella Fig. 9 (Tav. 9.5 del PTA) è riportata la “**Distribuzione delle opere di captazione censite presso gli uffici del Genio Civile**”.

Non sono presenti vincoli PAI (Fig. 10).

**Fig. 7: Tav A del PTA**

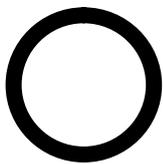


-  Zone di protezione speciale idrogeologica "A"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "B"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "C"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "D"
-  Limiti del Parco del Gargano
-  Limiti del Parco dell'Alta Murgia
-  Pozzi di approvvigionamento potabile (AQP)



Elaborato:	Titolo:
Tav. 6.4	UBICAZIONE DEI PUNTI ACQUA CENSITI
Scala:	
1 : 300.000	

**Fig. 8**



**Area interessata**

**Legenda**

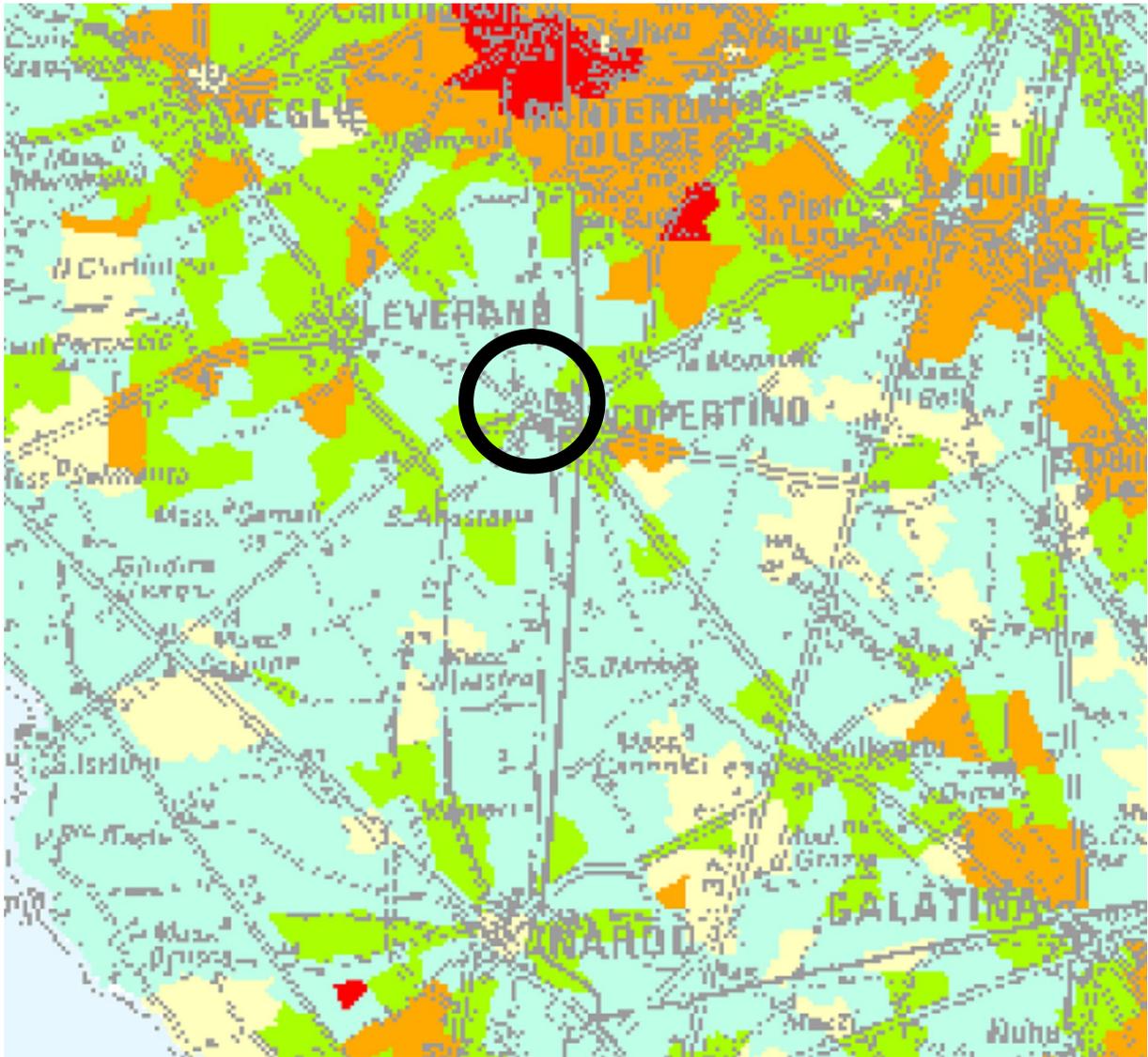
- # AQP - Uso potabile
- # Acquedotto Rurale Alta Murgia - uso potabile
- Consorzio Bonifica Montana Gargano
- Regione Puglia - Assess. Demanio
- Consorzio Bonifica Stornara e Tara
- Consorzio Bonifica Speciale Arneo
- Consorzio Bonifica Ugento LI Foggia
- ⊞ Sorgente della rete di monitoraggio campionate nel 1997

**EMERGENZE CENSITE DA INFRAROSSO TERMICO**

- △ Gruppo di efflussi a mare probabilmente coincidenti con sorgenti
- △ Concentrazione di più efflussi di limitato contrasto termico
- ( Singolo efflusso a mare probabilmente coincidente con una sorgente
- ( Singolo efflusso a mare di limitate dimensioni e modesta anomalia termica
- △ Singolo efflusso a mare di rilevanti dimensioni ed elevata anomalia termica

**EMERGENZE CENSITE DA S.I.M. DI BARI**

- # Portata < 10 l/s
- # Portata > 10 l/s



Elaborato:  
Tav. 9.5  
Scala:  
1 : 500.000

Titolo:  
DISTRIBUZIONE DELLE OPERE DI  
CAPTAZIONE CENSITE PRESSO GLI  
UFFICI DEL GENIO CIVILE

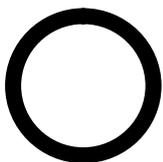
**Legenda**

Distribuzione delle opere di captazione censite presso gli uffici del Genio Civile  
(numero di pozzi/kmq)

- <2
- 2-10
- 10-20
- 20-50
- 50-100

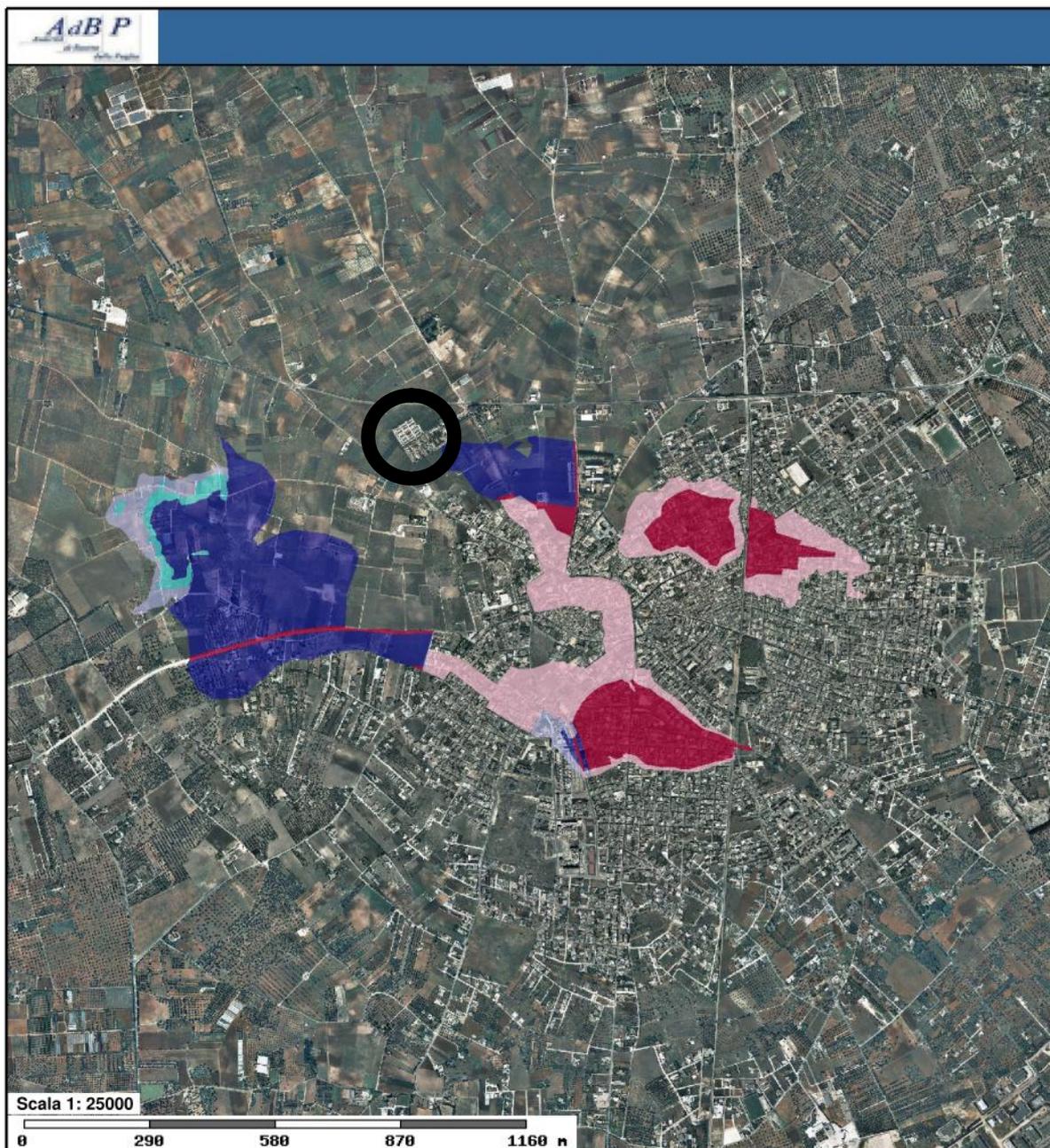
Unità amministrative regionali

**Fig. 9**



**Area interessata**

Fig. 10



**Pericolosità e Rischio**

**Peric. Geomorf.**

media e moderata (PG1)

elevata (PG3)

elevata (PG2)

**Peric. Idraulica**

bassa (BP)

alta (AP)

media (MP)

**Rischio**

R1

R3

R2

R4

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Il territorio comunale di COPERTINO non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982., l'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ha riclassificato l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di COPERTINO ricade in Zona Sismica 4.

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
1	$> 0.25$	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	$< 0.05$	0.05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 -Norme Tecniche per le Costruzioni-, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

La precedente classificazione in Zone Sismiche, rimane comunque utile in quanto le NTC consentono, qualora si realizzino costruzioni del tipo 1 o 2 e classe I o II e che ricadono in Zona 4, di procedere alle verifiche col metodo delle tensioni ammissibili. In tali casi viene prescritto di applicare un grado di sismicità non inferiore alla Classe II –D.M. 88/96 – corrispondente ad un valore di  $a_g$  pari 0,03g.

Nelle NTC, l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di  *$a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido)*. Tali valori sono forniti dall'*Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV)* in base agli studi del Gruppo di Lavoro MPS (2004), che ha provveduto alla redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 riportata nel Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici) - Fig. 11 e 12-.

Fig. 11



**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

**Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale - 84<sup>mo</sup> percentile**

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo  
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ( $V_{S30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

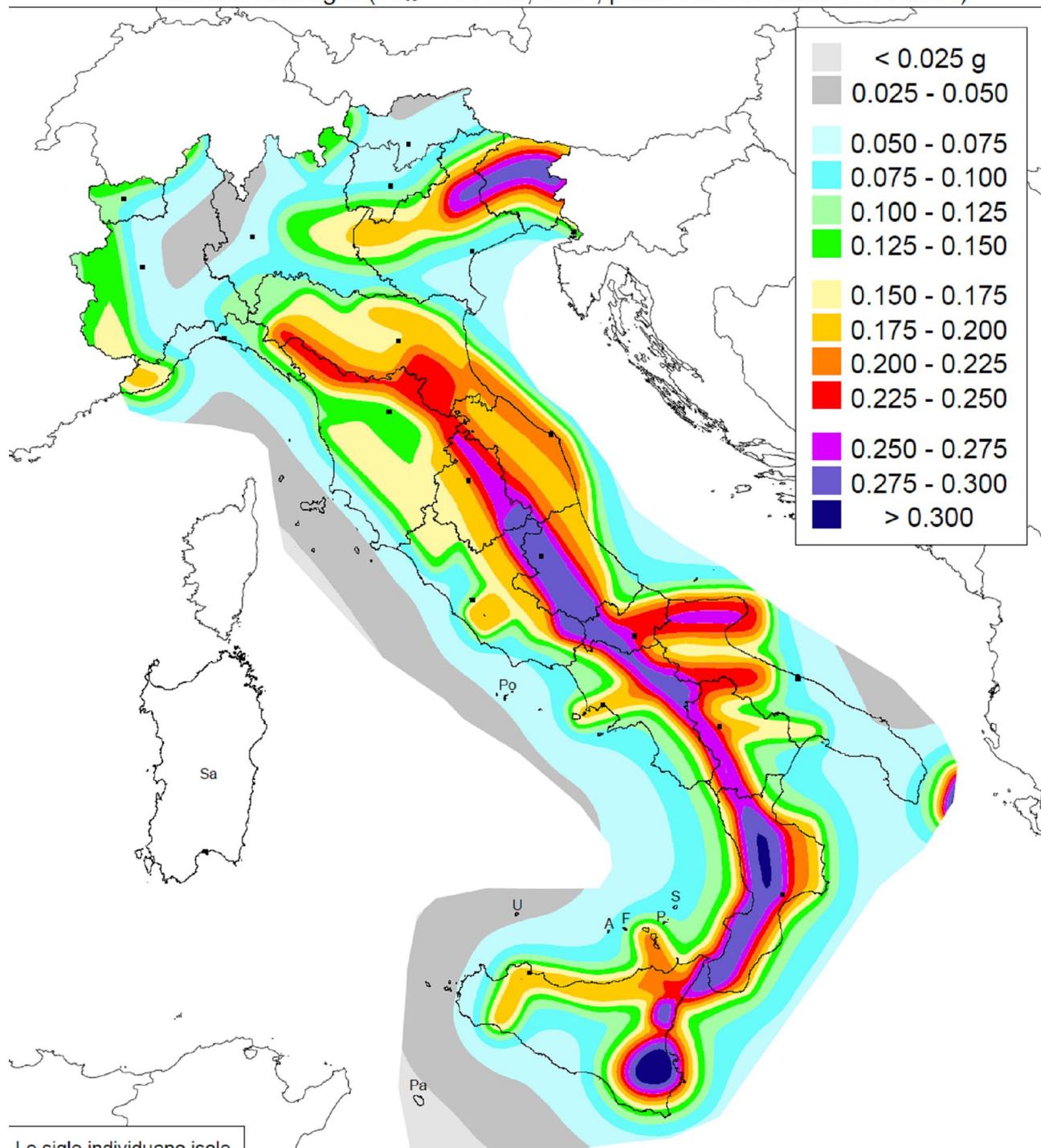
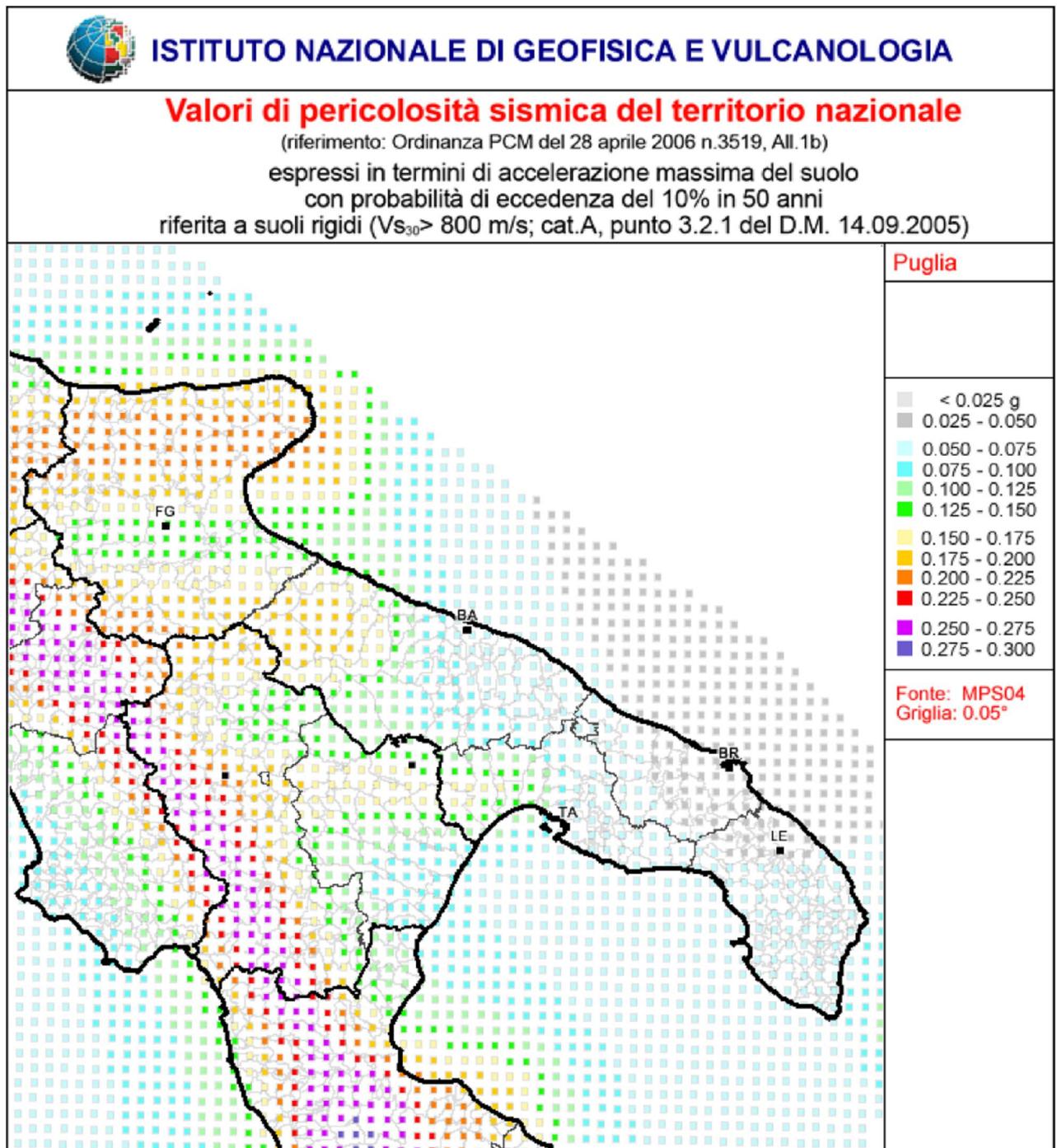


Fig. 12



Per la determinazione dei parametri di scuotimento è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Si determina quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- *ag accelerazione orizzontale massima del terreno;*
- *Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;*
- *Tc\* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- *ag il valore previsto dalla pericolosità sismica,*
- *Fo e Tc\* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).*

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- *la vita di riferimento VR della costruzione,*
- *le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.*

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC.

Il Ministero dei LL. PP. ha reso disponibile un foglio di calcolo che permette di calcolare agevolmente i parametri sismici richiesti dalle NTC in base al Comune o, in maniera più precisa, alle coordinate geografiche dell'opera da realizzare. Da tale foglio di calcolo sono ricavati per i siti esaminati i grafici riportati successivamente per ciascun sito.

Come accennato in precedenza, tali parametri di base, sono modificati in funzione della Stratigrafia (Categorie di Suolo) e della morfologia (Condizioni topografiche) del sito, giungendo a definire la **“Risposta sismica locale”**. La scelta del tempo di ritorno è invece funzione del tipo e della classe dell'opera da realizzare, mentre altre modifiche sono indotte dalla tipologia strutturale.

### **CATEGORIA TOPOGRAFICA**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella seguente (NTC 2008)

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tali categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30,00 metri. Nel caso in esame la categoria topografica è la T1 (morfologia pianeggiante).

### **CATEGORIA STRATIGRAFICA**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza di specifiche analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) di seguito riportate.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30,00 metri di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate (Tab. 3.2.III), è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

L'indagine geofisica svolta e riportata più in dettaglio in Allegato 1, indica per i lotti interessati una **Categoria di Suolo "B"** rispettivamente con  $V_{s30} = 534$  m/s per il lotto 1 e  $V_{s30} = 634$  m/s per il lotto 2.

Nelle pagine seguenti si riportano i parametri della pericolosità sismica di base. In sede di Relazione Geotecnica e di Calcolo Strutturale si scenderà più in dettaglio con la definizione dei

parametri di progetto che, come accennato in precedenza, dipendono dalla *Classe d'uso* (*tempo di ritorno dell'evento sismico*) e dalla *Tipologia strutturale* (*classe di duttilità, fattore di struttura, periodo proprio di vibrazione ecc.*).

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

---

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

---

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri →

---

**Nodi del reticolo intorno al sito**

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

media ponderata ▼

La "*Ricerca per comune*" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "*Ricerca per coordinate*".

---

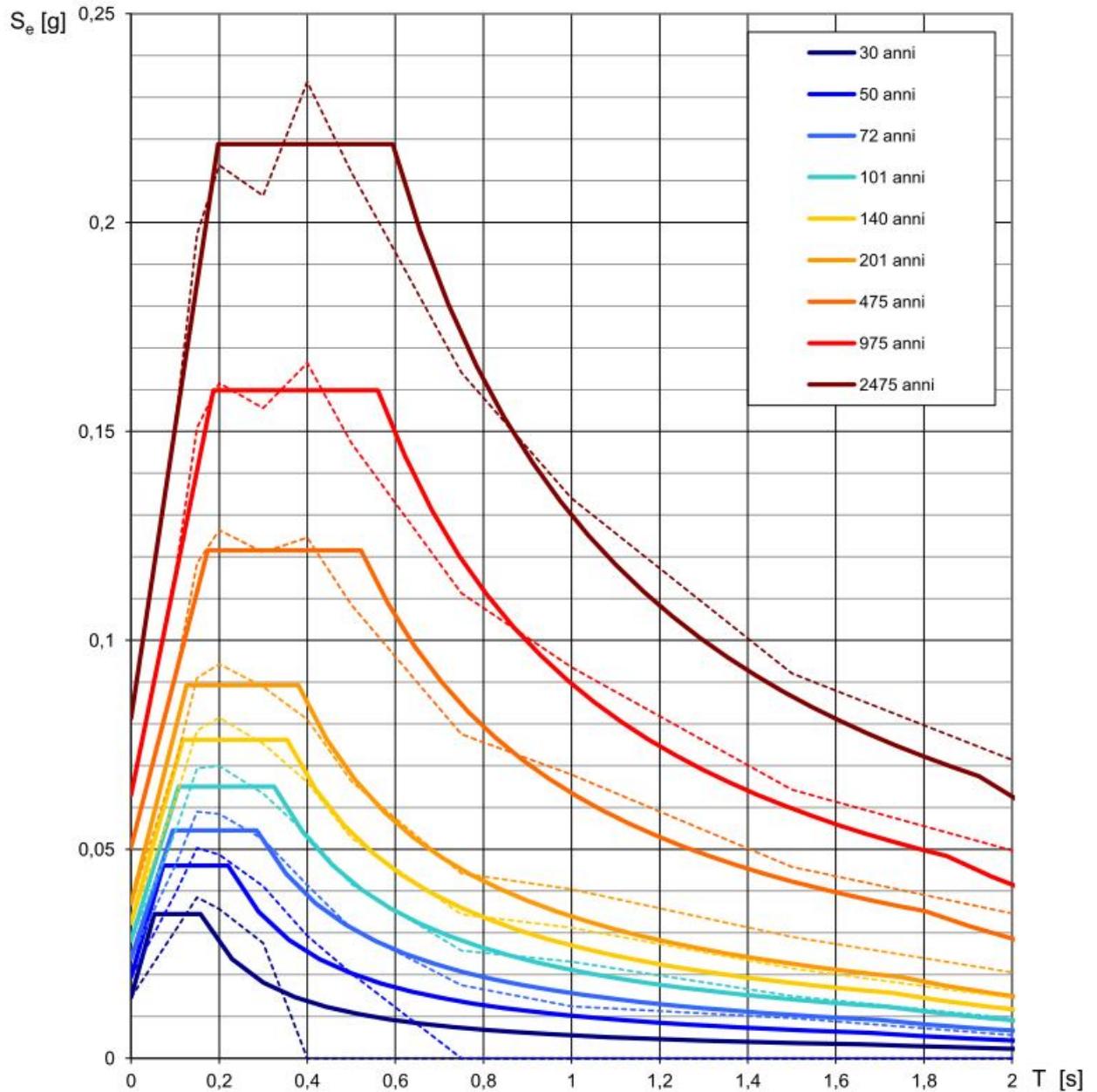
INTRO

**FASE 1**

FASE 2

FASE 3

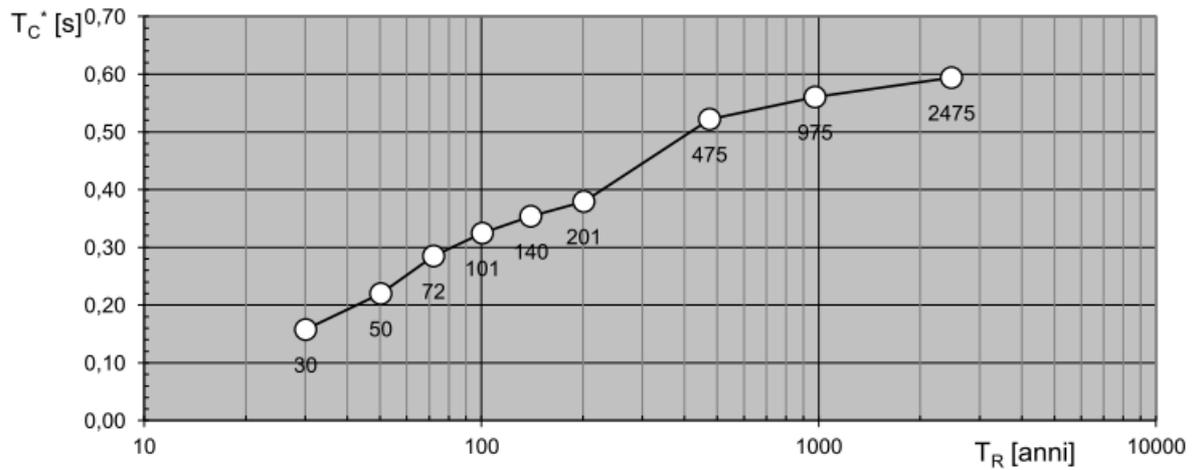
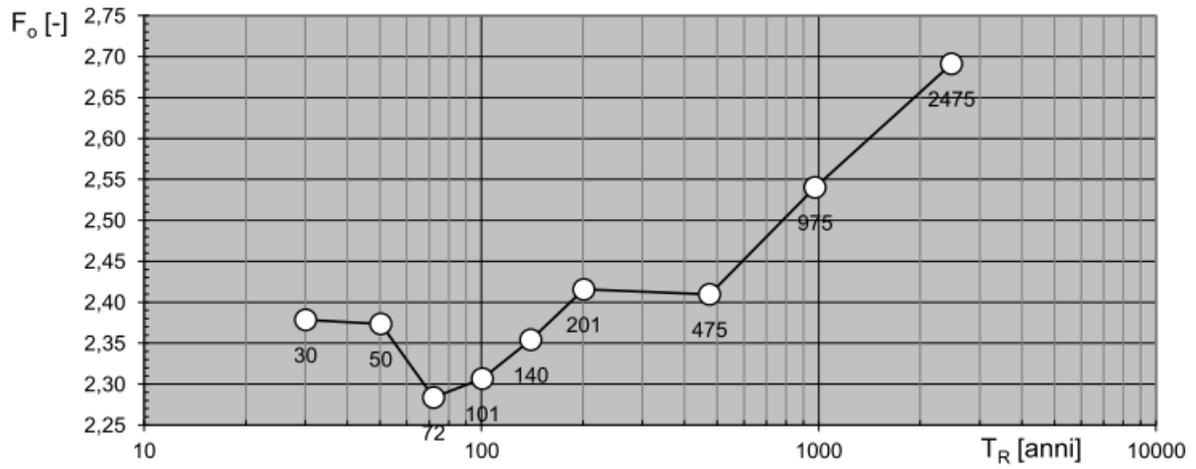
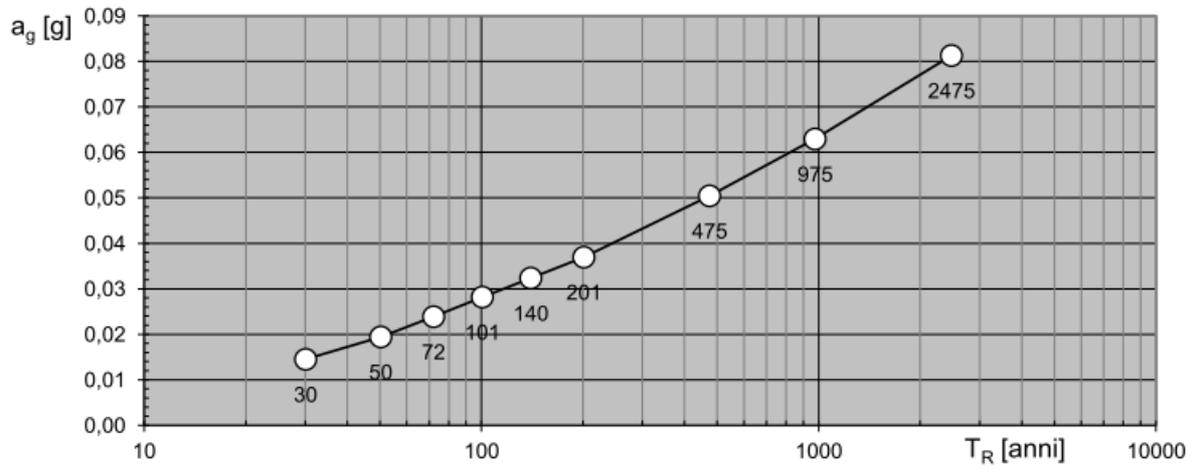
## Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

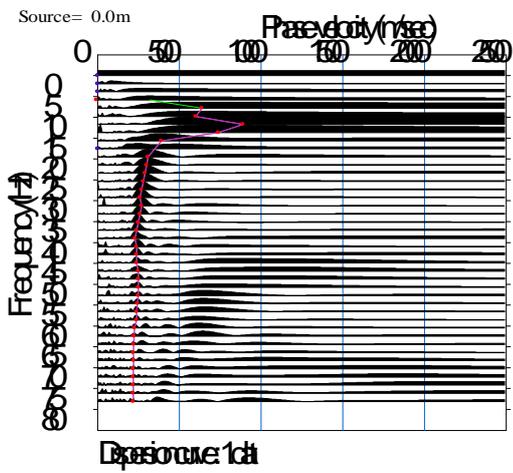
---

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,014	2,378	0,158
50	0,019	2,373	0,220
72	0,024	2,284	0,285
101	0,028	2,307	0,325
140	0,032	2,354	0,354
201	0,037	2,416	0,379
475	0,050	2,410	0,522
975	0,063	2,540	0,560
2475	0,081	2,691	0,594

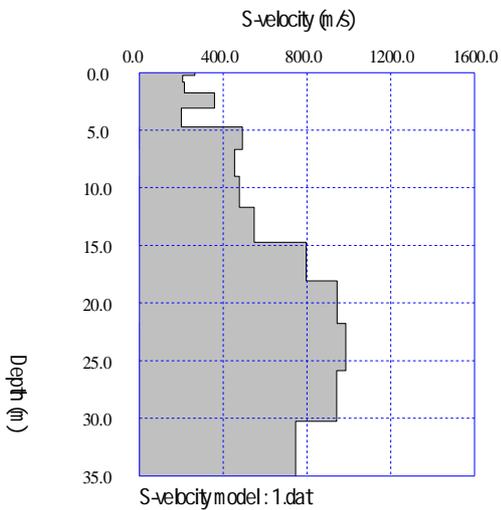
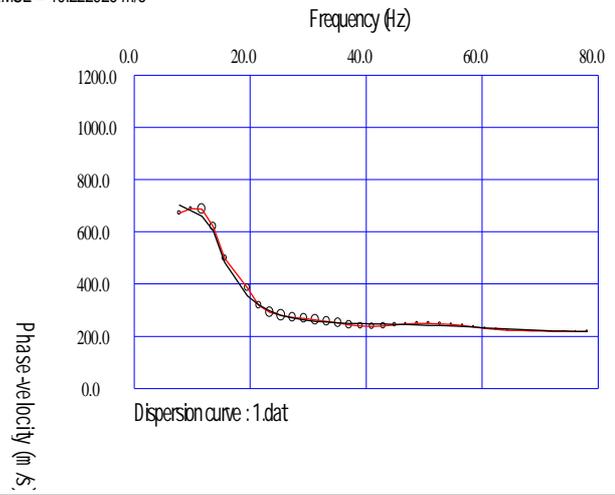
Come accennato in precedenza, tali parametri di base, sono modificati in funzione della Stratigrafia (Classi di Suolo) e della morfologia (Condizioni topografiche) del sito, giungendo a definire la “risposta sismica locale”. La scelta del tempo di ritorno è invece funzione del tipo e della classe dell’opera da realizzare, mentre altre modifiche sono indotte dalla tipologia strutturale.

# LOTTO 1

## P.S. 1: Indagine masw: grafico p-f, curva di dispersione, modello Vs



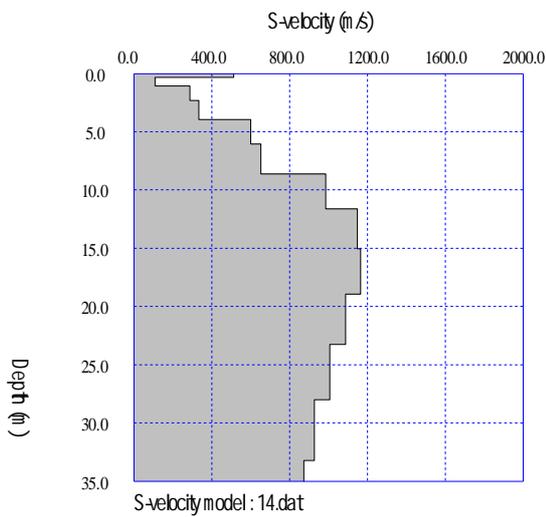
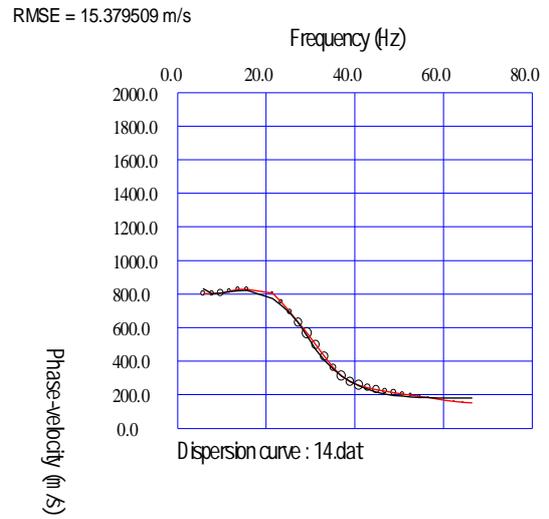
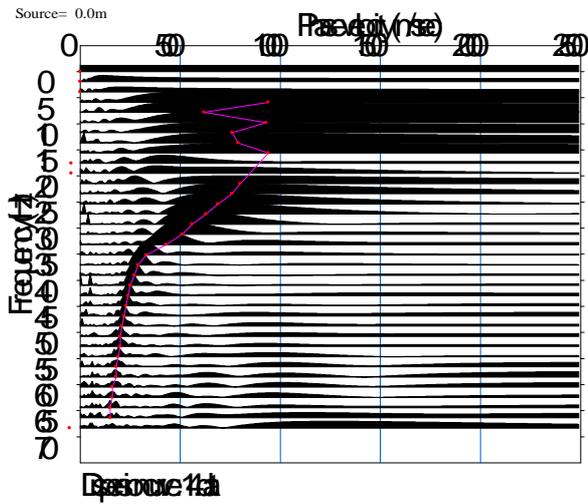
RMSE = 10.222926 m/s



Depth(m)	S-velocity(m/s)		
0.0	267		
0.3	208	0.002868	
0.8	215	0.004381	
1.8	360	0.003579	
3.1	200	0.008168	
4.7	492	0.004025	
6.7	454	0.005122	
9.0	478	0.005594	
11.7	549	0.005501	
14.7	797	0.004223	
18.1	944	0.003931	
21.8	987	0.004112	
25.8	943	0.004672	
30.3	747	<b>534</b>	<b>m/s cat.B</b>
55.0	987		

# LOTTO 2

## P.S. 2: Indagine masw: grafico p-f, curva di dispersione, modello Vs



Dep(m)	S-velocity(m/s)		
0.0	513		
0.3	109	0.007013	
1.1	289	0.004188	
2.3	334	0.00496	
4.0	602	0.003491	
6.1	653	0.003901	
8.6	986	0.003035	
11.6	1149	0.002991	
15.0	1166	0.003329	
18.9	1088	0.003978	
23.2	1008	0.004733	
28.0	928	0.00572	
33.3	928	<b>634</b>	<b>m/s cat. B</b>
33.2	874		
38.9	760		

## **CARATTERI IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA DA ADIBIRE ALLO SMALTIMENTO**

Gli studi e i rilievi condotti nell'area ed esposti nei capitoli precedenti, permettono di formulare alcune considerazioni finali, utili per la definizione del contesto geologico ambientale in cui si avverrà lo smaltimento delle acque di dilavamento.

### **1) Caratteristiche stratigrafiche**

Come risulta dalle indagini svolte, la stratigrafia dell'area indagata risulta costituita da:

#### **STRATO 1**

- da 0,00 a circa 2,00 metri dal p.c.: *Terreno vegetale limo-sabbioso brunastro*

#### **STRATO 2**

- da 2,00 a 4,00 ÷ 5,00 metri dal p.c.: *Limi sabbiosi con noduli calcarei*

#### **STRATO 3**

- da 4,00 ÷ 5,00 a 12,00 metri dal p.c.: *Calcarenite scarsamente cementata*

#### **STRATO 4**

- da 12,00 metri dal p.c.: *Calcareniti marnose e calcari o calcari detritici discretamente cementate e compatte*

### **Non è presente falda superficiale**

### **2) Permeabilità**

I coefficiente di permeabilità medi risultano dell'ordine di:

$K = 10^{-5} \div 10^{-7} \text{ m/s}$  per il *Terreno vegetale limo-sabbioso brunastro*

$K = 10^{-5} \div 10^{-7} \text{ m/s}$  per i *Limi sabbiosi con noduli calcarei*

$K = 10^{-4} \div 10^{-5} \text{ m/s}$  per le *Calcarenite scarsamente cementata*

$K = 10^{-5} \div 10^{-6} \text{ m/s}$  per le *Calcareniti marnose e calcari o calcari detritici discretamente cementate e compatte*

### **3) Condizioni idrogeologiche della zona e considerazioni sul franco di sicurezza dalla falda sotterranea**

Nell'area la falda acquifera ("*Falda Profonda*") si rinviene ad una profondità di circa 36,00 metri dal p.c., (Fig. 4). Essa è contenuta in rocce di natura calcarea e dolomitica, permeabili per fratturazione e carsismo. Lo strato insaturo è invece costituito da circa 12,00 metri di terreni permeabili per porosità e da circa 24,00 metri da rocce calcarenitiche marnose e *calcari o calcari detritici discretamente cementate e compatte* permeabili per fratturazione e

carsismo. La profondità massima raggiunta con le opere di smaltimento (pozzi anidri) è di 17,00 metri dal piano campagna, di conseguenza abbiamo un franco di sicurezza pari a circa 19,00 metri.

## MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Nei lotti d'intervento, sono stati eseguiti due profili sismici della lunghezza di 39,00 ml ciascuno, ubicati come riportato in Figura 1 e nell'Allegato 1, impiegando diverse tecniche di indagine: *Sismica a rifrazione e Masw*.

I risultati dell'interpretazione sono riportati sempre in Allegato 1. In base ai risultati di tale indagine, si definisce la seguente stratigrafia geotecnica per i due lotti di intervento:

### Lotto 1 (Profilo 1)

#### STRATO 1

- da 0,00 a circa 2,00 metri dal p.c.: Terreno vegetale limo-sabbioso brunastro

$V_{pm} = 300$  m/s

$V_{sm} = 161$  m/s

$V_{sk} = 126$  m/s (5 % ile)

$\gamma =$  peso di volume = 15,0 KN/m<sup>3</sup>

$N_{SPT} f(Vs) = 8$  colpi/piede (Jafari et al. 1981) da cui:

*Condizioni non drenate*

$\phi_k =$  angolo d'attrito = 0

$c_{uk} =$  coesione non drenata = 0,5 kg/cm<sup>2</sup> (Terzaghi-Peck) = 0,05 N/mmq

*Condizioni drenate*

$\phi_{pk} =$  angolo d'attrito = 28° (Meyerhoff)

$\phi_{cvk} =$  angolo d'attrito a basse deformazioni =  $\arctan(2/3 \tan \phi_{pk}) \approx 19^\circ$

$c_k =$  coesione efficace = 0,03 kg/cm<sup>2</sup> = 0,003 N/mmq

$E_d =$  mod. edometrico =  $2BN_{Spt}$  con  $B = 3$  (limo sabbioso) = 48 kg/cm<sup>2</sup> (Schmertmann) = 4,8 N/mmq

$E_d =$  mod. edometrico =  $5N_{Spt} = 40$  kg/cm<sup>2</sup> (Stroud e Buttler) = 4 N/mmq

#### STRATO 2

- da 2,00 a 5,00 metri dal p.c.: Limi sabbiosi con noduli calcarei

$V_p = 500$  m/s

$V_{sm} = 369$  m/s

$V_{sk} = 263$  m/s (5 % ile)

$\gamma =$  peso di volume = 17,0 KN/m<sup>3</sup>

$N_{SPT} f(Vs) = 18$  colpi/piede (Jafari et al. 1981) da cui:

*Condizioni non drenate*

$\phi_k =$  angolo d'attrito = 0

$c_{uk} =$  coesione non drenata = 1,25 kg/cm<sup>2</sup> (Terzaghi-Peck) = 0,125 N/mmq

*Condizioni drenate*

$\phi_{pk} =$  angolo d'attrito = 31° (Meyerhoff)

$\phi_{cvk} =$  angolo d'attrito a basse deformazioni =  $\arctan(2/3 \tan \phi_{pk}) \approx 22^\circ$

$c_k =$  coesione efficace = 0,05 kg/cm<sup>2</sup> = 0,005 N/mmq

$E_d =$  mod. edometrico =  $2BN_{spt}$  con  $B = 3$  (limo sabbioso) = 108 kg/cm<sup>2</sup> (Schmertmann) = 10,8 N/mmq

$E_d =$  mod. edometrico =  $5N_{spt} = 90$  kg/cm<sup>2</sup> (Stroud e Buttler) = 9 N/mmq

### **STRATO 3**

**- da 5,00 a 12,00 metri dal p.c.: Calcarenite scarsamente cementata**

V<sub>pm</sub> = 1141 m/s

V<sub>pk</sub> = 660

V<sub>sm</sub> = 511 m/s

V<sub>sk</sub> = 376 m/s (5 % ile)

γ = 18,0 KN/m<sup>3</sup>

*Condizioni drenate*

φ<sub>k</sub> = angolo d'attrito = 22°

c<sub>k</sub> = coesione efficace = 0,5 kg/cm<sup>2</sup> = 0,05 N/mmq

E = modulo di deformazione = 440 kg/cm<sup>2</sup> = 44 N/mmq

### **STRATO 4**

**- da 12,00 metri dal p.c.: Calcarenite marnosa e calcare o calcare detritico  
discretamente cementata e compatta**

V<sub>pm</sub> = 1900 m/s

V<sub>pk</sub> = 1774

V<sub>sm</sub> = 648 m/s

V<sub>sk</sub> = 569 m/s (5 % ile)

γ = 20,0 KN/m<sup>3</sup>

*Condizioni drenate*

φ<sub>k</sub> = angolo d'attrito = 28°

c<sub>k</sub> = coesione efficace = 0,85 kg/cm<sup>2</sup> = 0,08 N/mmq

E = modulo di deformazione = 940 kg/cm<sup>2</sup> = 94 N/mmq

Non è presente falda superficiale.

La categoria di suolo risulta "B"

## Lotto 2 (Profilo 2)

### STRATO 1

- da 0,00 a circa 2,00 metri dal p.c.: Terreno vegetale limo-sabbioso brunastro

$$V_{pm} = 300 \text{ m/s}$$

$$V_{sm} = 210 \text{ m/s}$$

$$V_{sk} = 132 \text{ m/s (5 \% ile)}$$

$$\gamma = \text{peso di volume} = 15,0 \text{ KN/m}^3$$

NSPT f(Vs) = 8 colpi/piede (Jafari et al. 1981) da cui:

*Condizioni non drenate*

$$\phi_k = \text{angolo d'attrito} = 0$$

$$c_{uk} = \text{coesione non drenata} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Terzaghi-Peck)} = 0,05 \text{ N/mm}^2$$

*Condizioni drenate*

$$\phi_{pk} = \text{angolo d'attrito} = 28^\circ \text{ (Meyerhoff)}$$

$$\phi_{cvk} = \text{angolo d'attrito a basse deformazioni} = \arctan(2/3 \tan \phi_{pk}) \approx 19^\circ$$

$$c_k = \text{coesione efficace} = 0,03 \text{ kg/cm}^2 = 0,003 \text{ N/mm}^2$$

$$E_d = \text{mod. edometrico} = 2\text{BNspt con } B = 3 \text{ (limo sabbioso)} = 48 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Schmertmann)} = 4,8 \text{ N/mm}^2$$

$$E_d = \text{mod. edometrico} = 5\text{Nspt} = 40 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Stroud e Buttler)} = 4 \text{ N/mm}^2$$

### STRATO 2

- da 2,00 a 4,00 metri dal p.c.: Limi sabbiosi con noduli calcarei

$$V_p = 902 \text{ m/s}$$

$$V_{sm} = 377 \text{ m/s}$$

$$V_{sk} = 302 \text{ m/s (5 \% ile)}$$

$$\gamma = \text{peso di volume} = 17,0 \text{ KN/m}^3$$

N<sub>SPT</sub> f(Vs) = 21 colpi/piede (Jafari et al. 1981) da cui:

*Condizioni non drenate*

$$\phi_k = \text{angolo d'attrito} = 0$$

$$c_{uk} = \text{coesione non drenata} = 1,35 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Terzaghi-Peck)} = 0,135 \text{ N/mm}^2$$

*Condizioni drenate*

$$\phi_{pk} = \text{angolo d'attrito} = 32^\circ \text{ (Meyerhoff)}$$

$$\phi_{cvk} = \text{angolo d'attrito a basse deformazioni} = \arctan(2/3 \tan \phi_{pk}) \approx 23^\circ$$

$$c_k = \text{coesione efficace} = 0,05 \text{ kg/cm}^2 = 0,005 \text{ N/mm}^2$$

$$E_d = \text{mod. edometrico} = 2\text{BNspt con } B = 3 \text{ (limo sabbioso)} = 126 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Schmertmann)} = 12,6 \text{ N/mm}^2$$

$$E_d = \text{mod. edometrico} = 5\text{Nspt} = 105 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Stroud e Buttler)} = 10,5 \text{ N/mm}^2$$

### STRATO 3

- da 5,0 a 12,00 metri dal p.c.: Calcarenite scarsamente cementata

$$V_{pm} = 1468 \text{ m/s}$$

$$V_{pk} = 1073$$

$$V_{sm} = 634 \text{ m/s}$$

$$V_{sk} = 561 \text{ m/s (5 \% ile)}$$

$$\gamma = 18,0 \text{ KN/m}^3$$

*Condizioni drenate*

$$\phi_k = \text{angolo d'attrito} = 24^\circ$$

$$c_k = \text{coesione efficace} = 0,7 \text{ kg/cm}^2 = 0,07 \text{ N/mm}^2$$

$$E = \text{modulo di deformazione} = 412 \text{ kg/cm}^2 = 41 \text{ N/mm}^2$$

## **STRATO 4**

**- da 12,00 metri dal p.c.: Calcarenite marnosa e calcare o calcare detritico discretamente cementata e compatta**

**V<sub>pm</sub> = 1900 m/s**

**V<sub>pk</sub> = 1774**

**V<sub>sm</sub> = 648 m/s**

**V<sub>sk</sub> = 569 m/s (5 % ile)**

**γ = 20,0 KN/m<sup>3</sup>**

**Condizioni drenate**

**φ<sub>k</sub> = angolo d'attrito = 28°**

**c<sub>k</sub> = coesione efficace = 0,88 kg/cm<sup>2</sup> = 0,08 N/mm<sup>2</sup>**

**E = modulo di deformazione = 1000 kg/cm<sup>2</sup> = 100 N/mm<sup>2</sup>**

**Non è presente falda superficiale.**

**La categoria di suolo risulta "B"**

La caratterizzazione geotecnica delle aree interessate dall'ampliamento cimiteriale è stata ottenuta 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 alquanto cautelative. Tuttavia si consiglia, durante la fase esecutiva, procedere ad una verifica diretta dei terreni tramite sondaggi geognostici corredati da opportune prove in sito e di laboratorio.

**Nardò, Novembre 2012**

**il geologo:  
dott. Francesco Quarta**

**ALLEGATO 1**  
**-Indagine sismica a rifrazione e Masw-**

## GENERALITÀ SULLE METODOLOGIE UTILIZZATE

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 " $\tau p$ ", la curva di dispersione e dall'inversione di quest'ultima, il profilo Vs e calcolare il parametro "Vs30", cioè la velocità delle onde S mediata dal piano di esecuzione della prova sino alla profondità di 30,00 metri.

### Geometria degli stendimenti

È stata utilizzata un'interdistanza geofonica pari a 3,00 metri, il numero di punti di battuta è stato pari a 7+2 (Masw). Risulta quindi una lunghezza totale dello stendimento pari a 39,00 metri, compresi i punti di scoppio esterni.

Lo stendimento Masw è simile a quello utilizzato per la tradizionale sismica a rifrazione, in questo caso vengono però sono utilizzati geofoni con frequenza di risonanza di 4,5 Hz, in luogo dei tradizionali 14 Hz utilizzati per la sismica a rifrazione.

### 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
- Conversione A/D:	24 bit
- Range dinamico:	144 dB
- Distorsione:	0.0005 a 2 ms, 1,75 a 208 Hz
- Banda passante:	1.75 Hz – 20 KHz
- Accuratezza dello stacking:	1/32 dell'intervallo di campionamento
- Formato dati output:	SEG2

**Geofoni**

- 14 Hz
- 4,5 Hz

**Cavo sismico**

- 110 m + 2 code da 10 m
- 12 attacchi interdistanza 10 m

**Software**

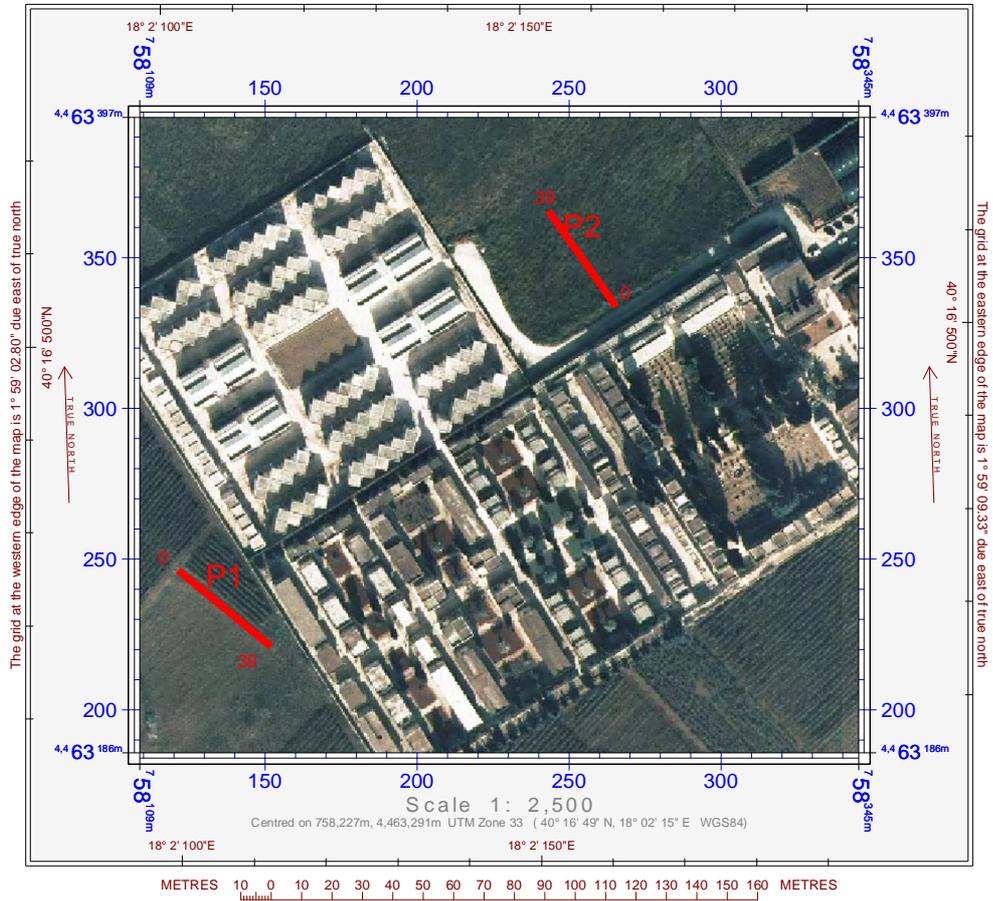
Il sismografo è gestito tramite il software Seismodule Controller installato su PC portatile sul cui HD sono memorizzati i dati.

L'interpretazione dei dati è stata eseguita con i moduli Pickwin, Plotrefra e Wave-eq del software SEISIMAGER (OYO).

**Interpretazione**

I risultati dell'interpretazione sono riportati nelle schede allegate.

## Ubicazione profili sismici 1 e 2



**Profilo 1**



**Profilo 2**



# PROFILO SISMICO n. 1

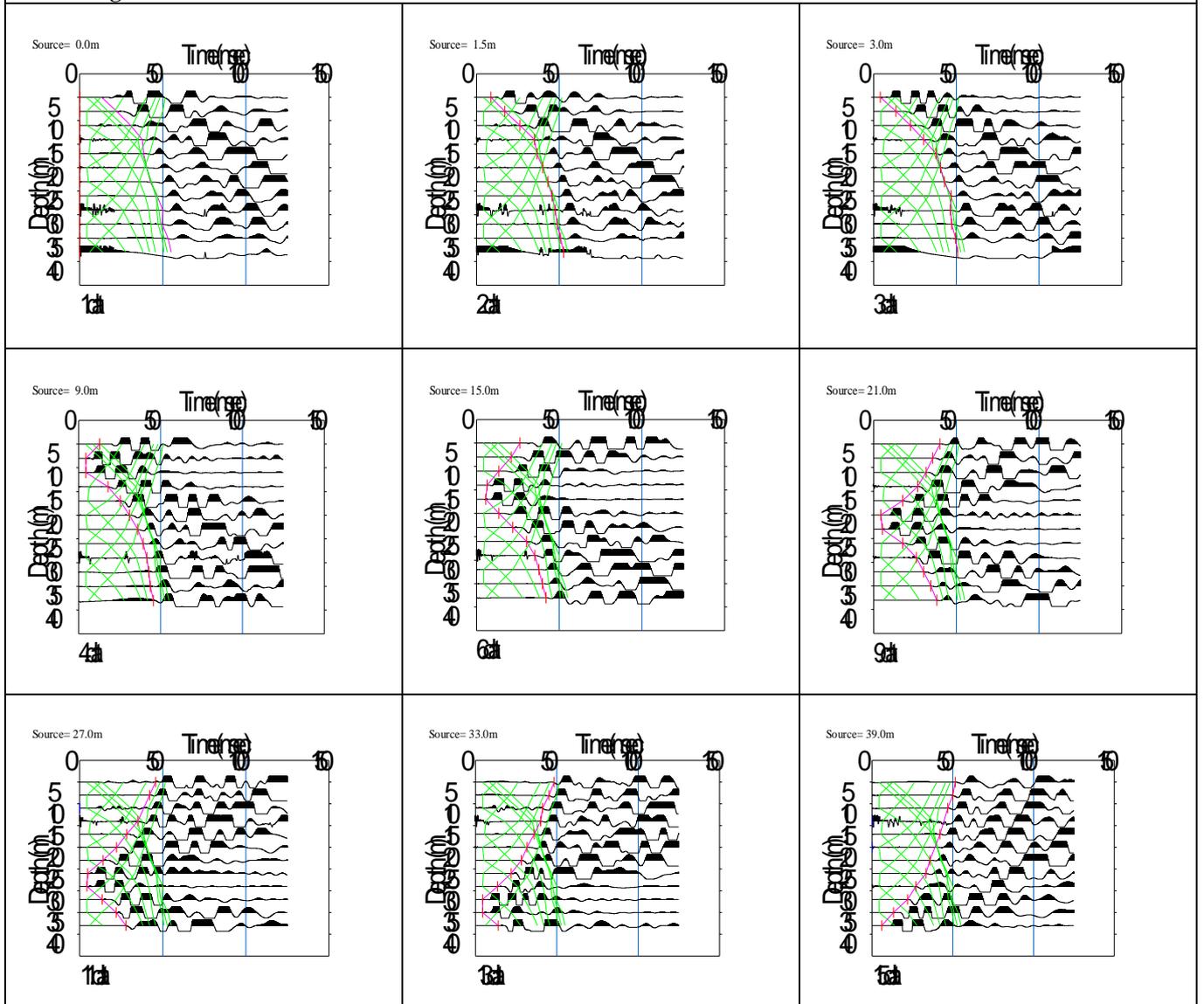
LUNGHEZZA: 39 m

INTERDISTANZA GEOFONICA: 3 m

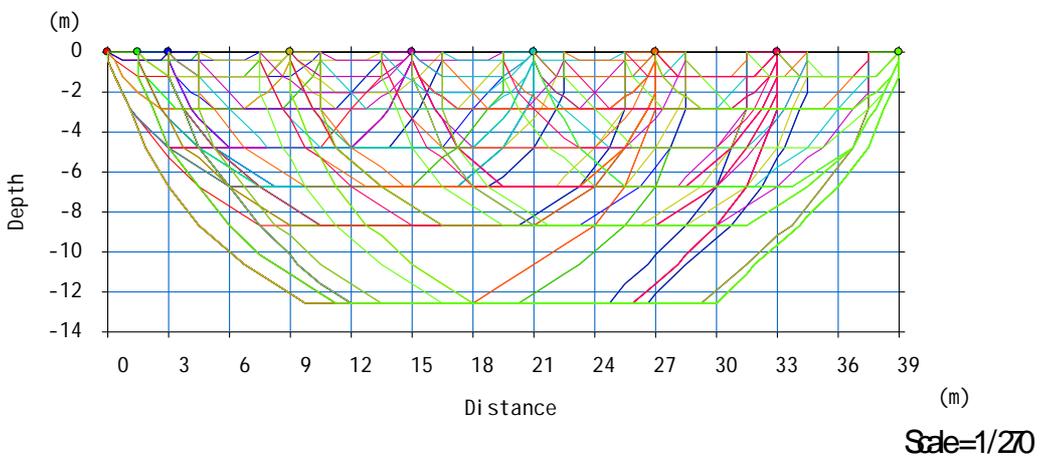
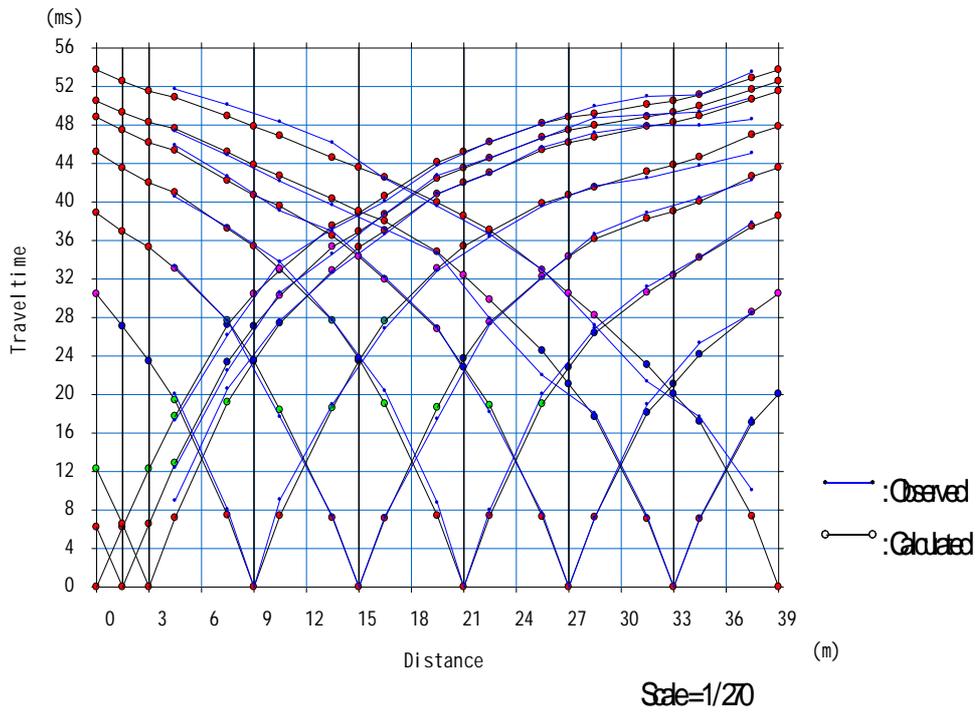
N. PUNTI DI SCOPPIO: 9

NOTE:

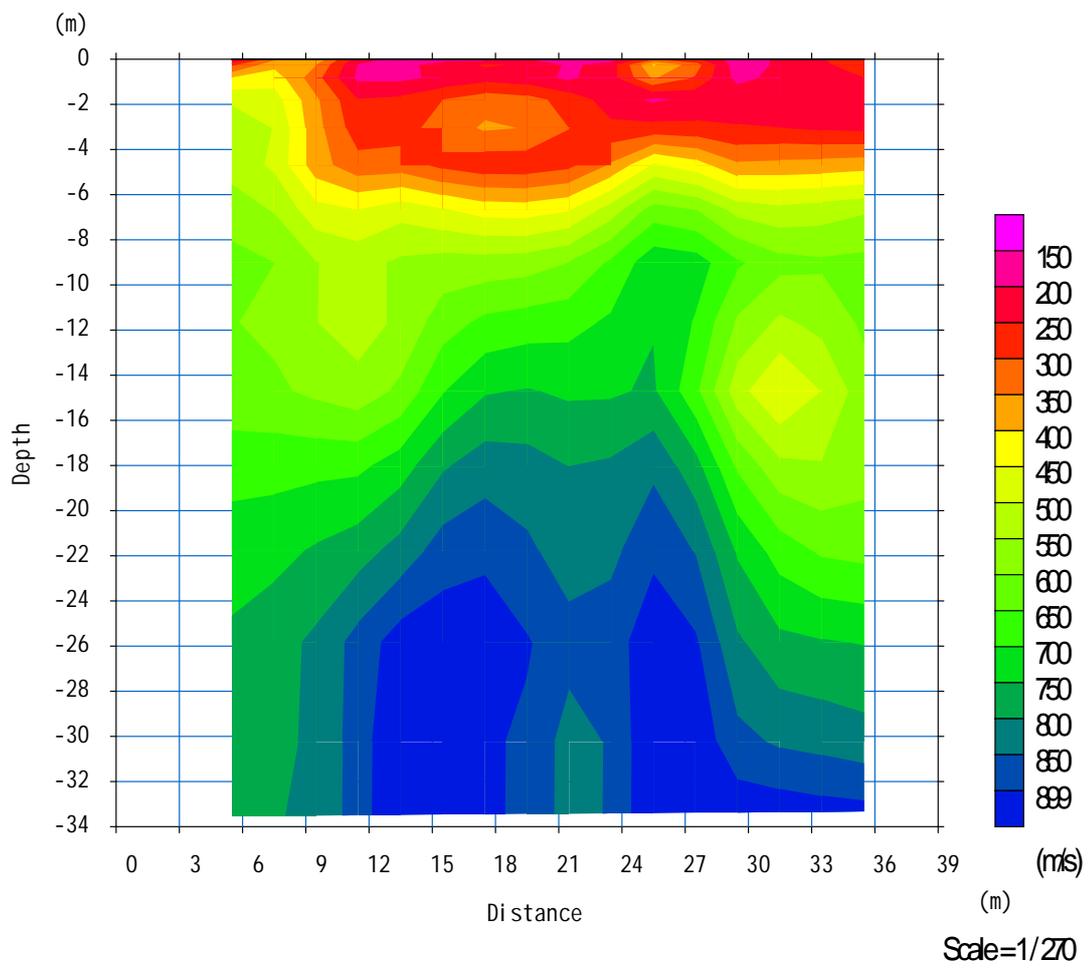
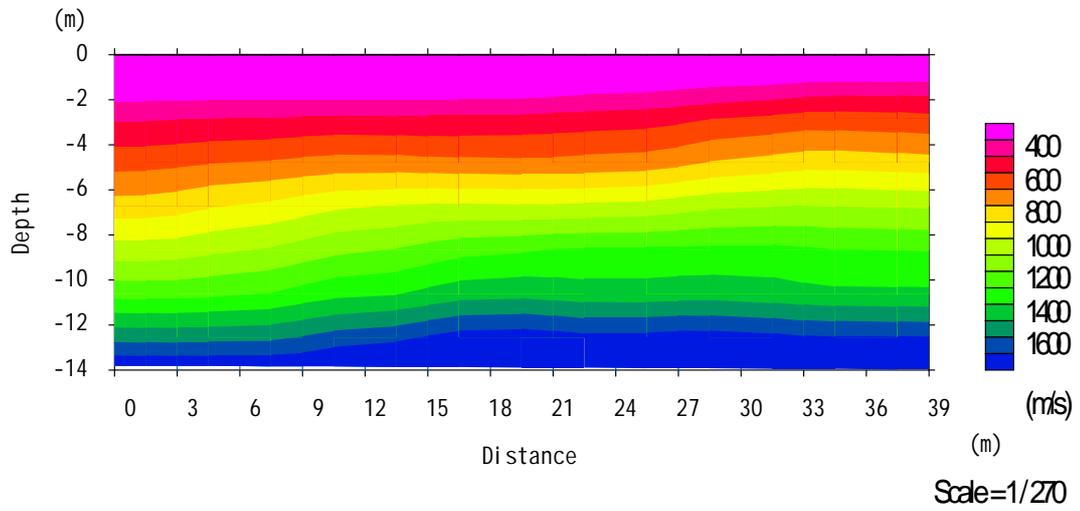
## P.S. 1: registrazioni rifrazione e masw



**P.S. 1: dromocrone, raggi**



**Profilo 1 : sezioni tomografiche Vp e Vs**



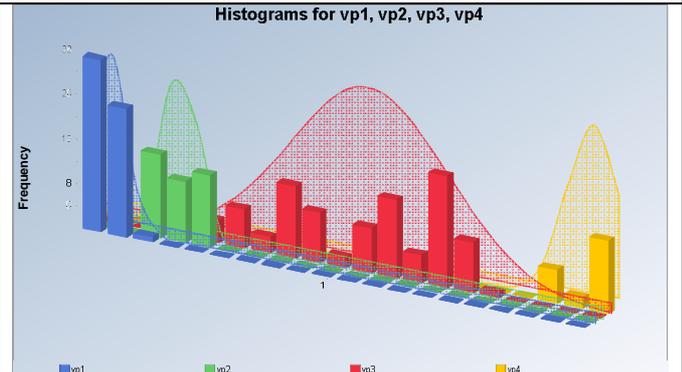
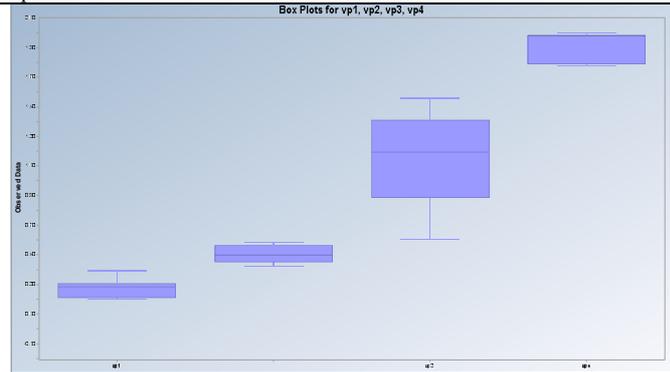
### Profilo 1 – statistiche velocità strati (Km/s)

#### Summary Statistics for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	Minimum	Maximum	Mean	Median	Variance	SD	MAD/0.675	Skewness	Kurtosis	CV
vp1	55	0.2	0.397	0.275	0.281	0.00381	0.0618	0.107	0.232	-1.232	0.224
vp2	39	0.417	0.589	0.504	0.5	0.00346	0.0588	0.0901	0.0594	-1.556	0.117
vp3	95	0.601	1.562	1.141	1.192	0.0774	0.278	0.354	-0.32	-1.191	0.244
vp4	21	1.774	2	1.909	1.978	0.00915	0.0956	0.0322	-0.567	-1.616	0.0501

#### 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	55	0.201	0.202	0.206	0.208	0.281	0.304	0.35	0.362	0.371	0.385
vp2	39	0.419	0.428	0.445	0.452	0.499	0.562	0.566	0.581	0.587	0.589
vp3	95	0.66	0.719	0.853	0.885	1.192	1.409	1.422	1.456	1.493	1.548
vp4	21	1.774	1.774	1.774	1.78	1.965	1.981	1.985	1.995	2	2

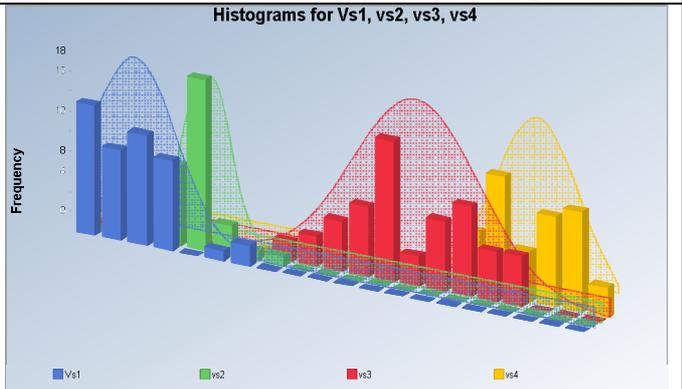
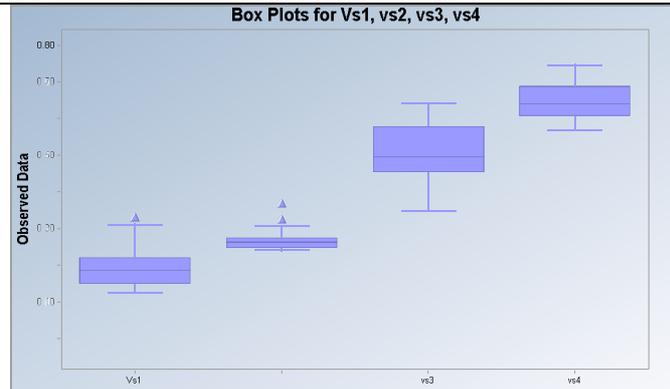


#### Summary Statistics for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	Minimum	Maximum	Mean	Median	Variance	SD	MAD/0.675	Skewness	Kurtosis	CV
Vs1	45	0.124	0.333	0.189	0.186	0.00247	0.0497	0.0525	0.97	0.854	0.262
vs2	30	0.239	0.369	0.267	0.263	7.2926E-4	0.027	0.0156	2.304	6.616	0.101
vs3	60	0.344	0.643	0.511	0.495	0.00573	0.0757	0.0886	-0.0975	-0.869	0.148
vs4	45	0.567	0.747	0.648	0.64	0.00259	0.0509	0.0654	0.128	-1.098	0.0785

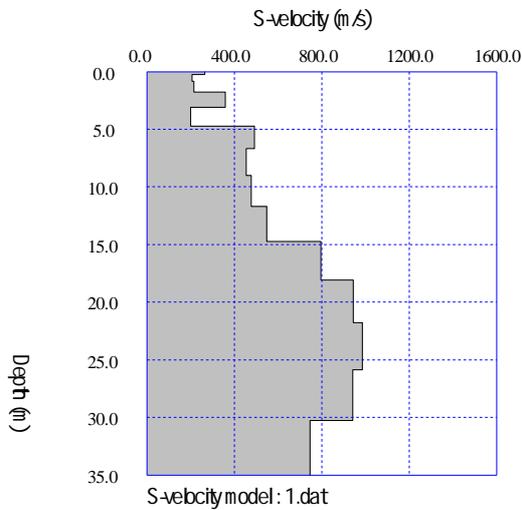
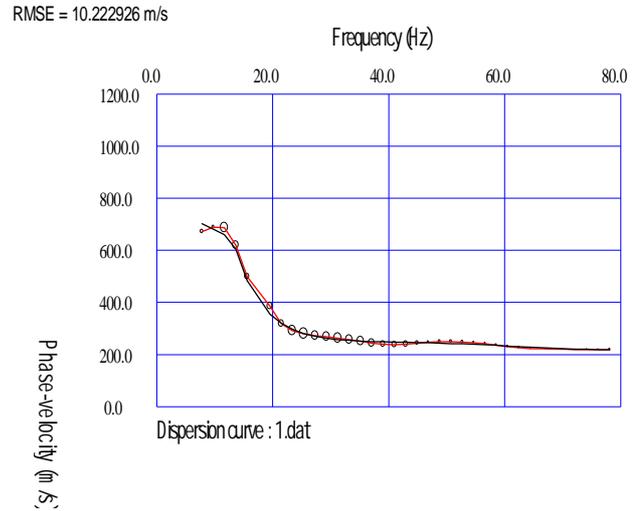
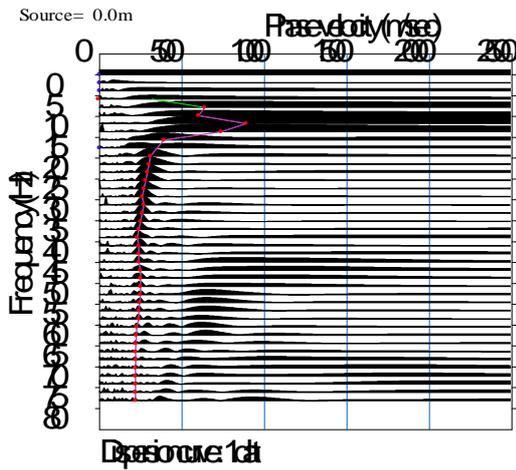
#### Percentiles for Raw Full Data Sets

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
Vs1	45	0.126	0.133	0.144	0.149	0.183	0.218	0.225	0.241	0.286	0.324
vs2	30	0.24	0.243	0.247	0.247	0.261	0.27	0.273	0.287	0.317	0.356
vs3	60	0.376	0.418	0.45	0.451	0.493	0.573	0.584	0.61	0.628	0.636
vs4	45	0.569	0.578	0.596	0.606	0.64	0.687	0.693	0.714	0.72	0.745



**MASW n. 1**  
**LUNGHEZZA: 39 m    INTERDistanza GEOFONICA: 3 m    OFFSET 1.5-3.0 m**  
**NOTE:**

**P.S. 1: Indagine masw: grafico p-f, curva di dispersione, modello Vs**

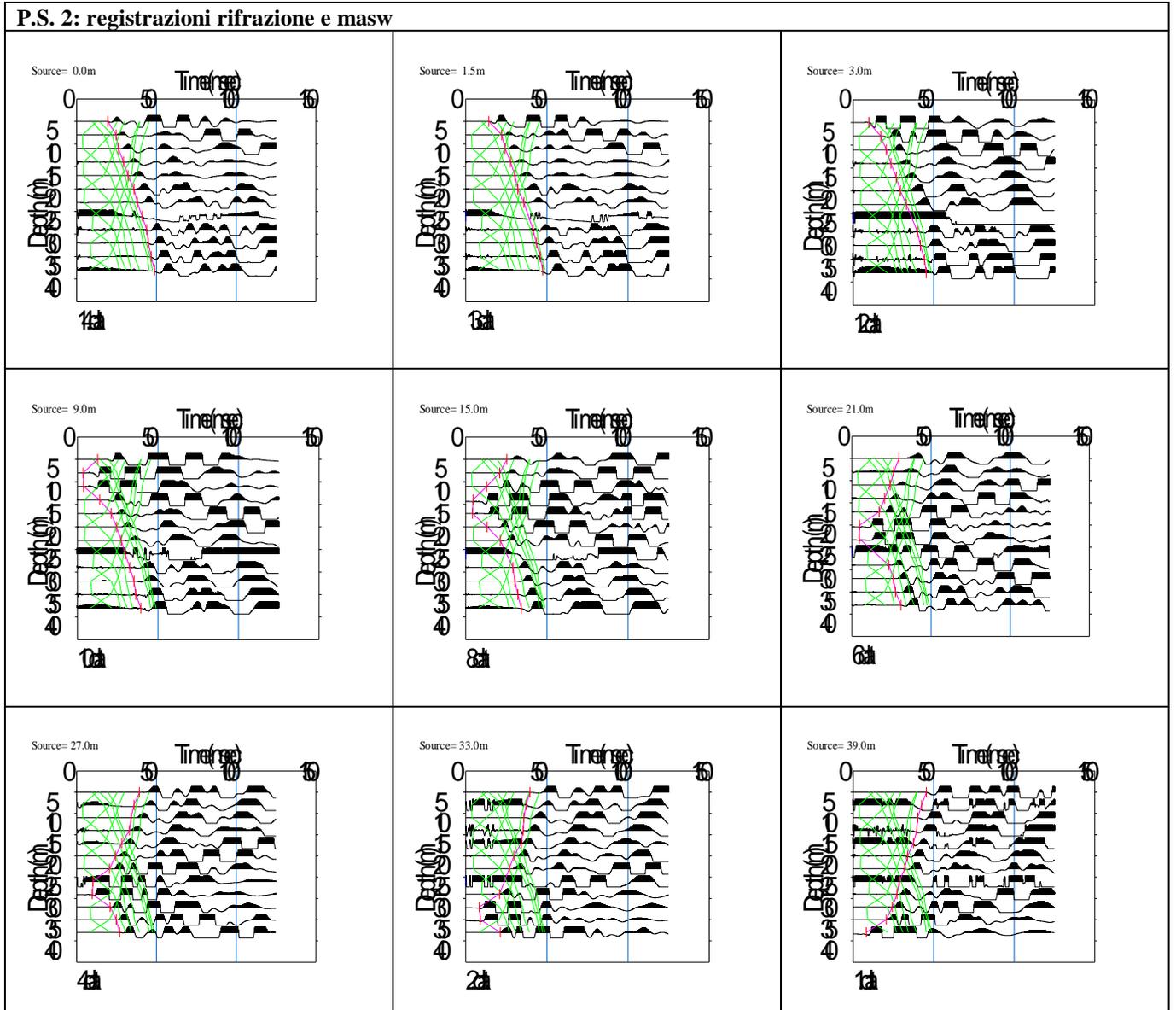


Depth(m)	S-velocity(m/s)	
0.0	267	
0.3	208	0.002868
0.8	215	0.004381
1.8	360	0.003579
3.1	200	0.008168
4.7	492	0.004025
6.7	454	0.005122
9.0	478	0.005594
11.7	549	0.005501
14.7	797	0.004223
18.1	944	0.003931
21.8	987	0.004112
25.8	943	0.004672
30.3	747	<b>534</b>
55.0	987	<b>m/s cat.B</b>

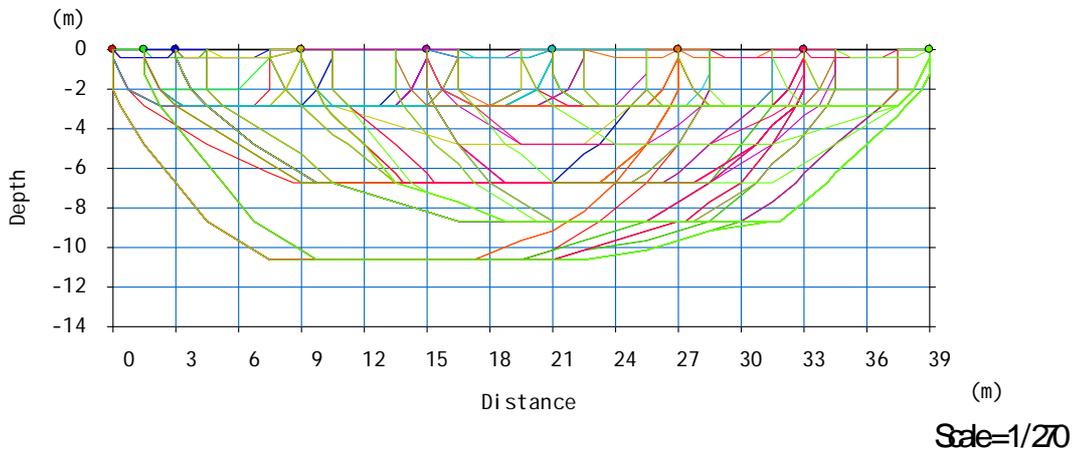
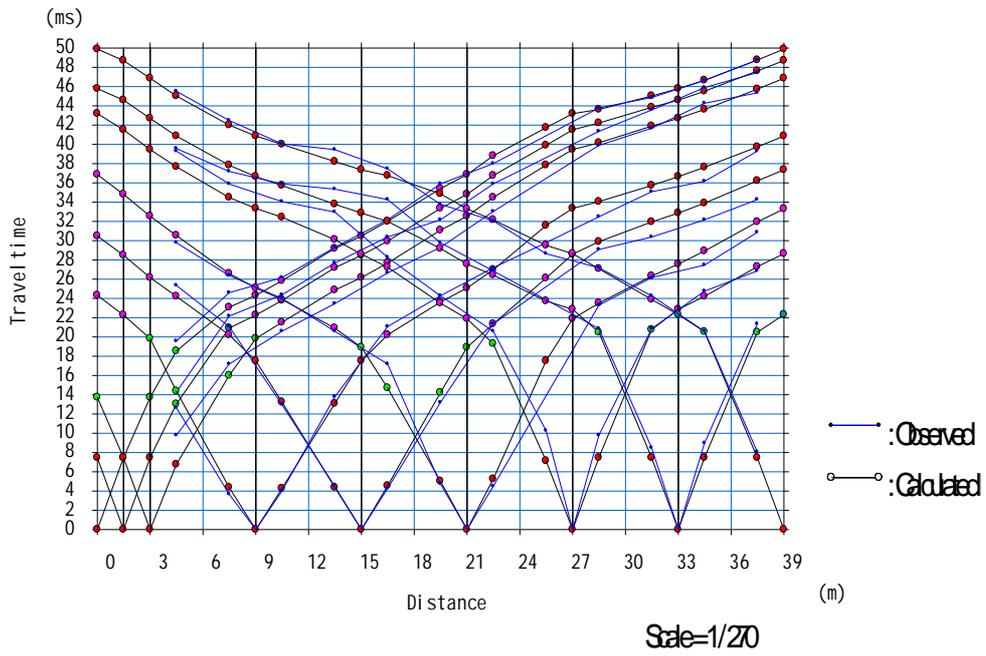
**PROFILO SISMICO n. 2**  
**LUNGHEZZA: 39 m**    **INTERDISTANZA GEOFONICA: 3 m**  
**NOTE:**

**N. PUNTI DI SCOPPIO: 9**

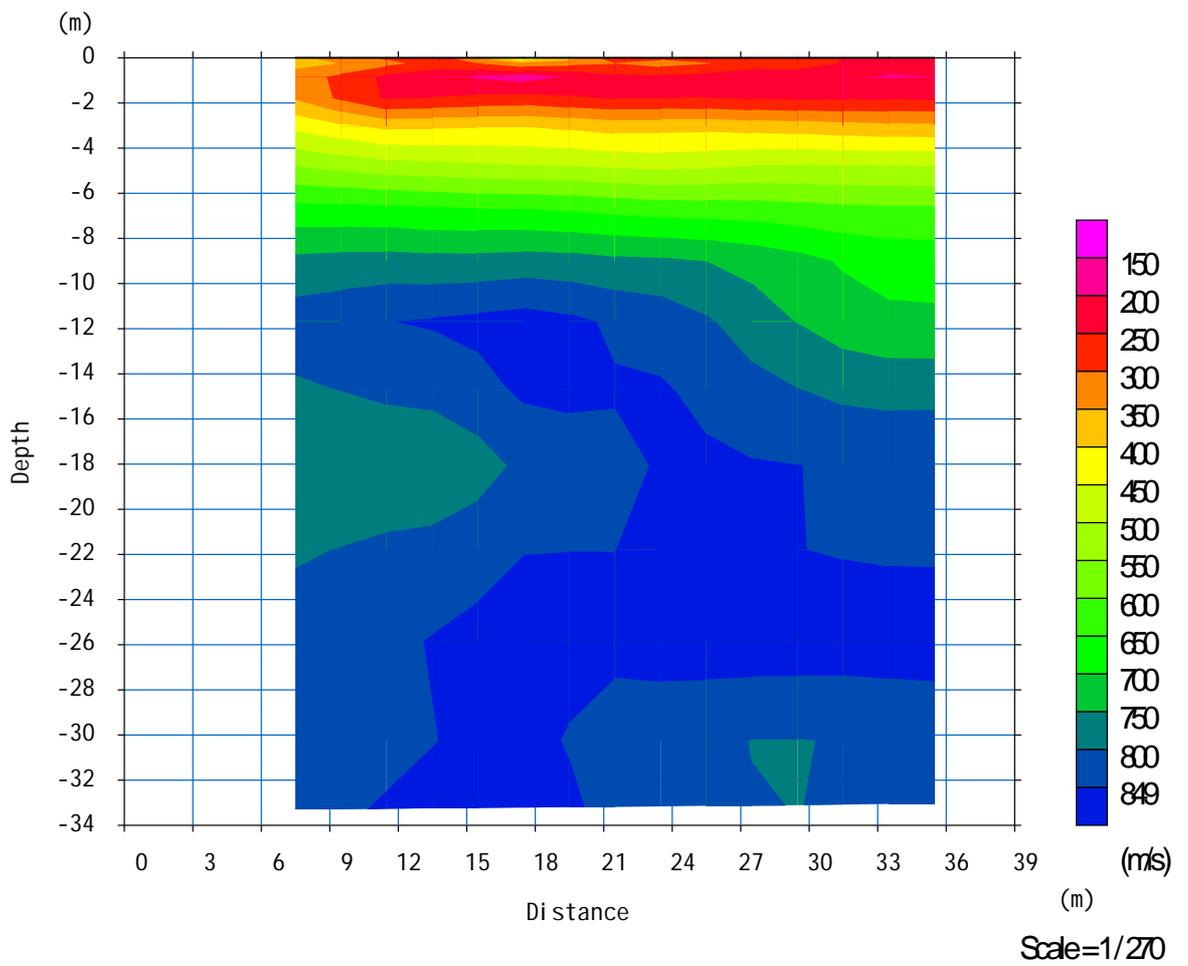
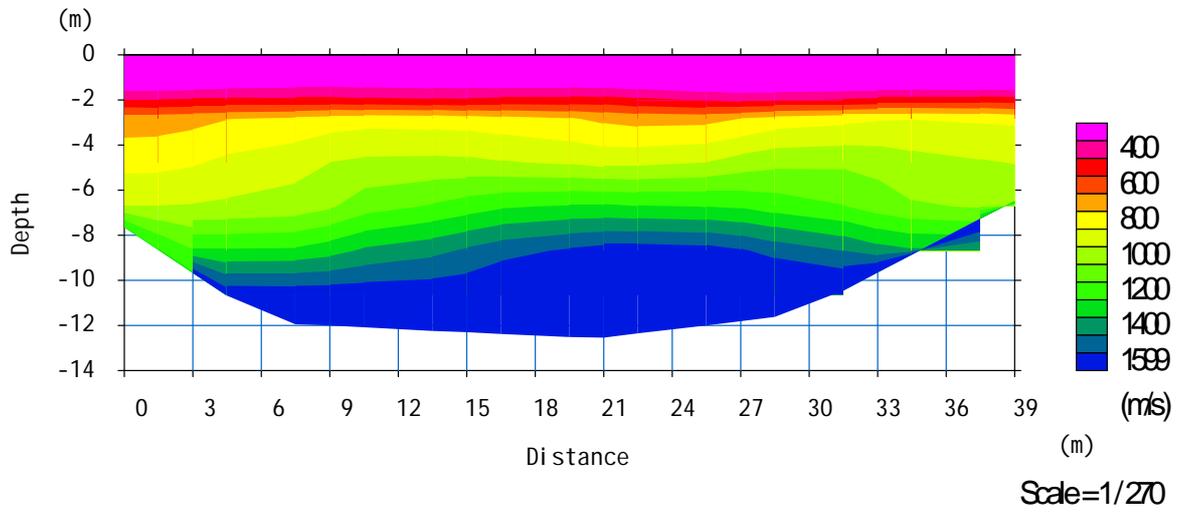
**P.S. 2: registrazioni rifrazione e masw**



**P.S. 2: dromocrone, raggi**



**Profilo 2 : sezioni tomografiche Vp e Vs**



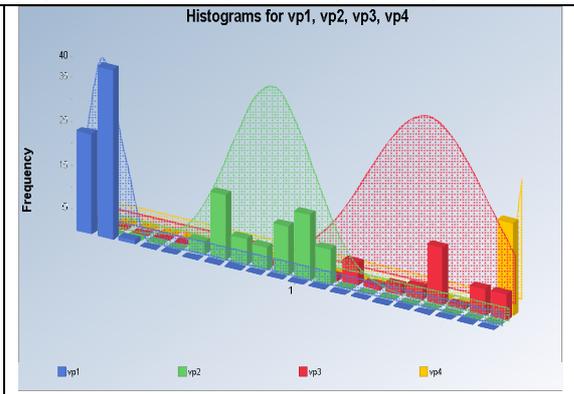
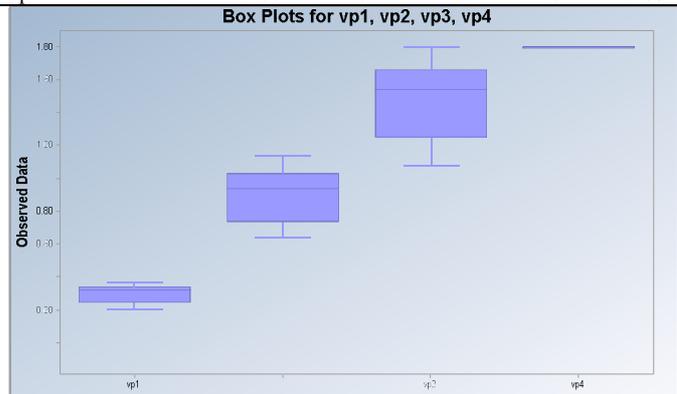
## Profilo 2 – statistiche velocità strati (Km/s)

Summary Statistics for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	Minimum	Maximum	Mean	Median	Variance	SD	MAD/0.675	Skewness	Kurtosis	CV
vp1	63	0.2	0.372	0.295	0.321	0.0031	0.0557	0.0455	-0.589	-1.158	0.189
vp2	63	0.636	1.141	0.902	0.933	0.0237	0.154	0.18	-0.195	-1.43	0.171
vp3	42	1.073	1.798	1.468	1.537	0.0508	0.225	0.182	-0.47	-0.933	0.154
vp4	21	1.786	1.8	1.795	1.799	3.7168E-5	0.0061	0.00114	-0.665	-1.542	0.0034

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	63	0.2	0.2	0.236	0.249	0.321	0.339	0.342	0.351	0.355	0.364
vp2	63	0.669	0.693	0.715	0.733	0.931	1.027	1.033	1.098	1.112	1.134
vp3	42	1.073	1.082	1.172	1.237	1.53	1.657	1.66	1.734	1.782	1.797
vp4	21	1.786	1.786	1.786	1.787	1.799	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8

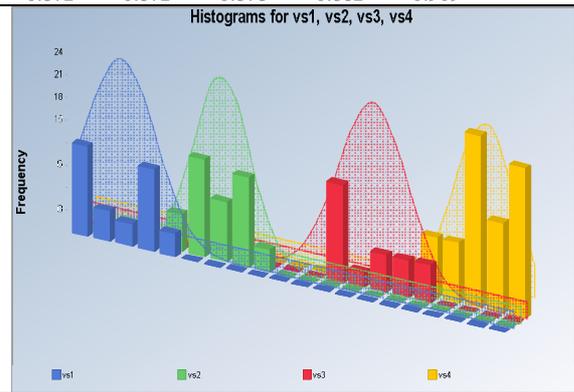
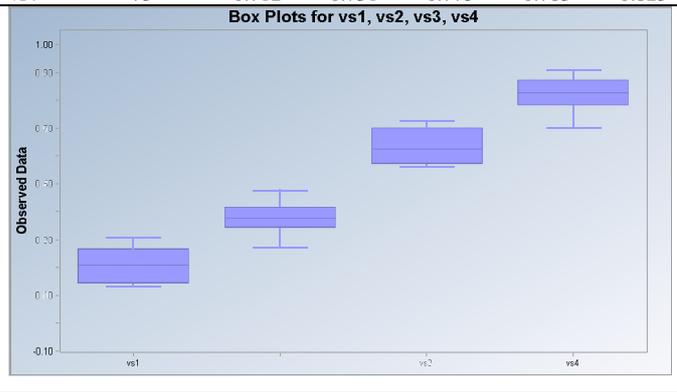


Summary Statistics for Raw Full Data Sets

Variable	NumObs	Minimum	Maximum	Mean	Median	Variance	SD	MAD/0.675	Skewness	Kurtosis	CV
vs1	33	0.129	0.309	0.21	0.207	0.00366	0.0605	0.0912	0.0167	-1.649	0.288
vs2	42	0.27	0.479	0.377	0.376	0.00237	0.0487	0.0593	0.0176	-0.529	0.129
vs3	30	0.559	0.727	0.634	0.625	0.00371	0.0609	0.0792	0.273	-1.635	0.0961
vs4	75	0.697	0.91	0.821	0.826	0.00301	0.0548	0.064	-0.664	-0.419	0.0667

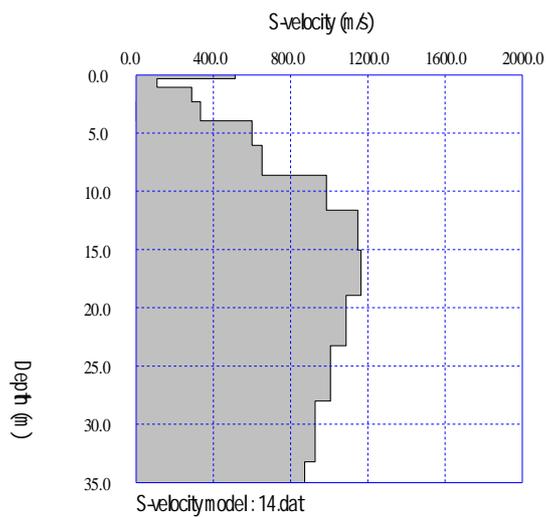
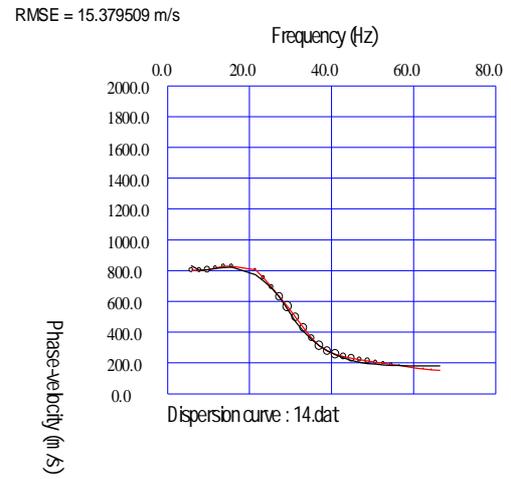
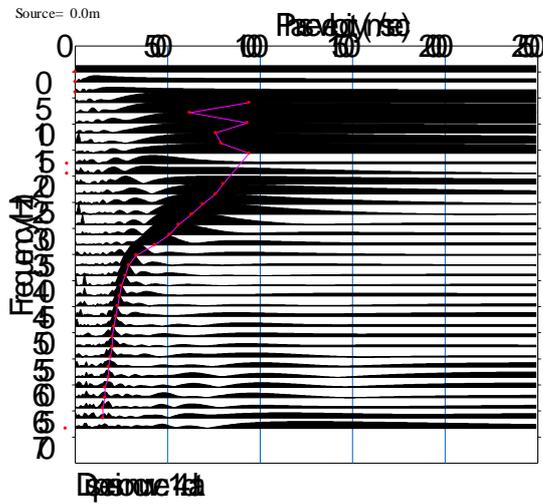
Percentiles for Raw Full Data Sets

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
vs1	33	0.132	0.136	0.142	0.145	0.207	0.265	0.271	0.282	0.288	0.304
vs2	42	0.302	0.31	0.33	0.339	0.372	0.416	0.419	0.426	0.456	0.477
vs3	30	0.561	0.569	0.572	0.573	0.61	0.695	0.705	0.716	0.72	0.725
vs4	75	0.712	0.731	0.775	0.783	0.825	0.872	0.872	0.878	0.882	0.909



MASW n. 2  
 LUNGHEZZA: 39 m    INTERDISTANZA GEOFONICA: 3 m    OFFSET 1.5-3.0 m  
 NOTE:

**P.S. 2: Indagine masw: grafico p-f, curva di dispersione, modello Vs**



Dep(m)	S-velocity(m/s)	
0.0	513	
0.3	109	0.007013
1.1	289	0.004188
2.3	334	0.00496
4.0	602	0.003491
6.1	653	0.003901
8.6	986	0.003035
11.6	1149	0.002991
15.0	1166	0.003329
18.9	1088	0.003978
23.2	1008	0.004733
28.0	928	0.00572
33.3	928	<b>634</b>
33.2	874	
38.9	760	

**m/s cat. B**