

COMUNE DI PALERMO

*Richiesta Variante urbanistica del lotto di terreno sito in Palermo  
in Viale Dell'Olimpo indicato al Catasto Terreni al Fg. 9 part.  
2843*

*Committente: A.S.D. Country Time Club*

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA REDAT-  
TA AI SENSI DELL'ART.13 DELLA L.64/74 E DELLA  
CIRCOLARE DELL'A.R.T.A. 2222/95**

*Aprile 2012*

*Il Geologo*  
*Dr. Giacomo Anselmo*



The image shows a circular professional stamp of the Italian Geological Association (Associazione Nazionale Geologi). The stamp contains the text "ASSOCIAZIONE NAZIONALE DEI GEOLOGI" around the perimeter, "ANSELMO GIACOMO" in the center, and "PALERMO" at the bottom. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

## COMUNE DI PALERMO

*Richiesta Variante urbanistica del lotto di terreno sito in Palermo in Viale Dell'Olimpo indicato al Catasto Terreni al Fg. 9 part. 2843*

*Committente: A.S.D. Country Time Club*

### ***RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA REDATTA AI SENSI DELL'ART.13 DELLA L.64/74 E DELLA CIRCOLARE DELL'A.R.T.A. 2222/95***

#### **PREMESSE**

Su incarico del Committente è stato eseguito, ai sensi dell'art.13 della L.64/74 e della circolare dell'A.R.T.A. 2222/95, il presente studio geologico che è stato articolato come segue:

- a) Studio geologico dell'area interessata** comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura, dei loro spessori, nonché l'indicazione di tutti i lineamenti tettonici.
- b) Studio geomorfologico dell'area interessata** comprendente la descrizione dei principali lineamenti morfologici, degli eventuali fenomeni di erosione e dissesto, dei principali processi indotti da antropizzazione.
- c) Studio idrogeologico dell'area interessata** comprendente la descrizione dei lineamenti essenziali sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione allo smaltimento delle acque dilavanti, alla protezione delle falde idriche, alla valutazione della loro potenzialità ed all'individuazione delle aree soggette ad esondazione.

d) Studio delle pericolosità geologiche dell'area interessata comprendente tutto quanto necessario ad evidenziare le aree interessate da "pericolosità geologiche" quali frane, colate, crolli, erosioni, esondazioni, liquefazione dei terreni, vulnerabilità degli acquiferi rappresentando, cioè, un'attenta analisi ed interpretazione degli studi precedenti.

e) Studio della pericolosità sismica locale comprendente l'esecuzione di specifiche indagini sismiche atte ad evidenziare le aree con particolari problematiche sismiche e tali da poter provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità.

Lo studio è stato organizzato eseguendo, in una prima fase, numerosi sopralluoghi per studiare una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Nostro interesse era, inoltre, quello di definire l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando la nostra attenzione sulle condizioni di stabilità dell'area e sullo stato degli agenti morfogenetici attivi.

I risultati di questo studio preliminare sono stati perfezionati e controllati mediante attenta analisi aereofotogeologica eseguita su fotogrammi stereoscopici in scala 1:10.000 circa, in considerazione che il suddetto metodo rende più facile l'individuazione di tutti i possibili elementi utili per la completa ricostruzione stratigrafica e geomorfologica.

Per la caratterizzazione della serie stratigrafica locale si utilizzano i dati di n. 1 sondaggio meccanico denominato "S1" in nostro possesso ed i dati di n. 8 pozzetti esplorativi eseguiti all'interno dell'area interessata dalle opere in progetto. Questi dati sono stati integrati dalla realizzazione di n. 2 sondaggi di sismica passiva a stazione singola per definire le velocità delle

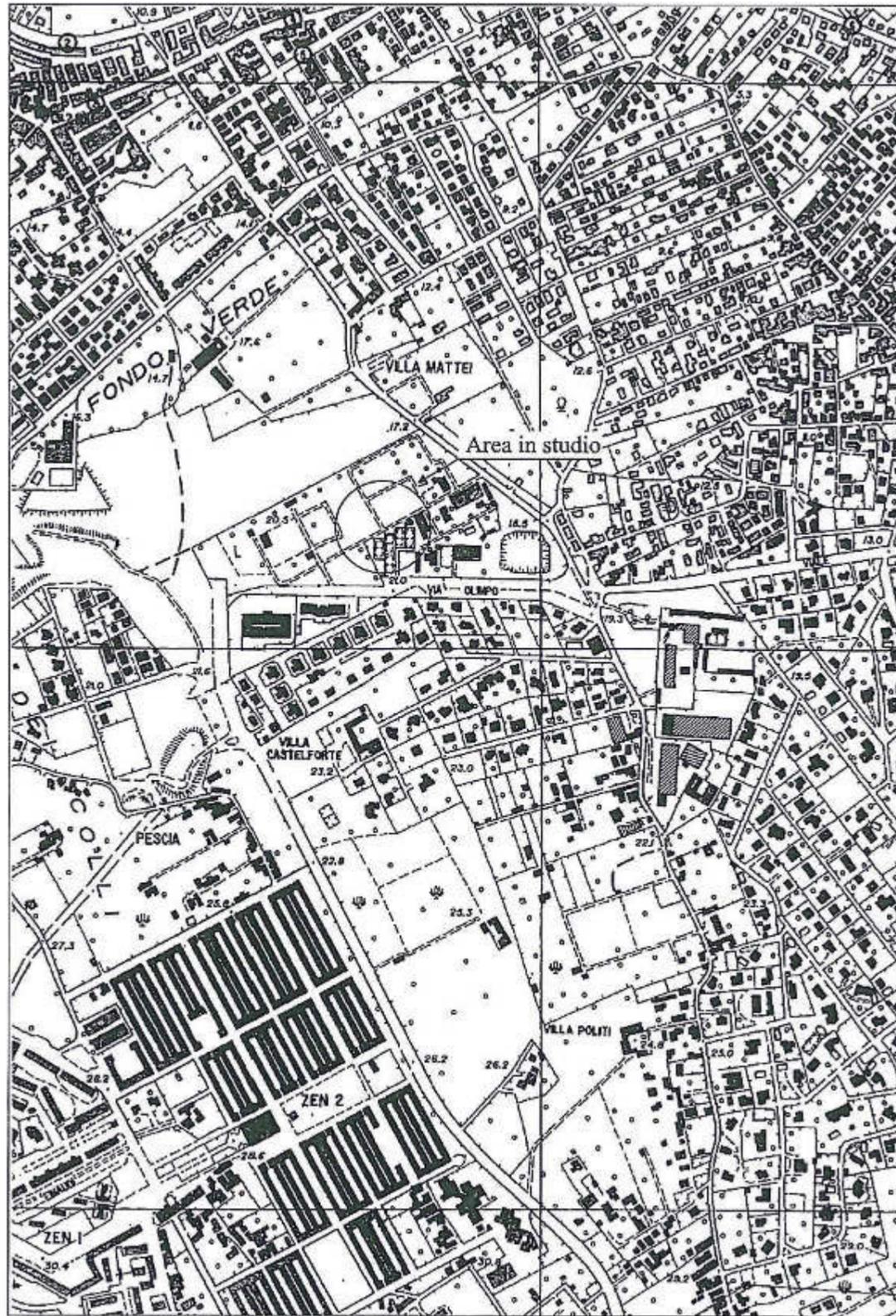
onde sismiche Vs per uno spessore decisamente superiore ai 30 mt. previsti dalla normativa vigente.

Con i dati in nostro possesso, che riteniamo più che sufficienti per gli scopi del presente lavoro, abbiamo redatto la presente relazione geologico-tecnica corredata da:

- ✓ corografia in scala 1/10.000;
- ✓ carta geologica in scala 1/10.000 con l'ubicazione del sondaggio S1 utilizzato per il presente studio;
- ✓ carta geomorfologica in scala 1/10.000;
- ✓ carta idrogeologica in scala 1/10.000;
- ✓ carta delle pericolosità geologiche in scala 1/10.000;
- ✓ carta geologica di dettaglio dell'area interessata dal progetto in scala 1/2.000;
- ✓ carta delle pericolosità geologiche di dettaglio dell'area interessata dal progetto in scala 1/2.000;
- ✓ carta litotecnica di dettaglio dell'area interessata dal progetto in scala 1/2.000;
- ✓ carta geomorfologica di dettaglio dell'area interessata dal progetto in scala 1/2.000;
- ✓ carta delle pericolosità sismiche di dettaglio dell'area interessata dal progetto in scala 1/2.000;
- ✓ stralcio della "Carta dei dissesti n° 4" secondo l'aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2005;
- ✓ stralcio della "Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n° 4" secondo l'aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2005;

- ✓ stralcio della “Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione n° 4” secondo l’aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2006;
- ✓ stralcio della “Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n° 4” secondo l’aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2006;
- ✓ Planimetria schematica con l’ubicazione dei pozzetti esplorativi;
- ✓ documentazione fotografica dei pozzetti esplorativi;
- ✓ Planimetria schematica con l’ubicazione delle indagini di sismica passiva a stazione singola (tromografia);
- ✓ elaborati relativi alla campagna di sismica passiva a stazione singola (tromografia) eseguita per il presente studio;
- ✓ documentazione fotografica dei sondaggi di sismica passiva a stazione singola (tromografia) eseguita per il presente studio;
- ✓ planimetria schematica con l’ubicazione delle strutture in progetto.

# COROGRAFIA



Scala 1/10.000

## CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE

La zona interessata, come quasi tutta la Piana di Palermo, è da un punto di vista geologico, dominata dal "Complesso Calcarenitico-sabbioso" che, nella sua generalità si presenta stratificato in banchi con giacitura lievemente inclinata verso l'attuale linea di costa. All'interno dei singoli banchi spesso si intravede una stratificazione secondaria del tipo "incrociata" che ne denuncia una sedimentazione in ambiente litorale.

I granuli costituenti lo "scheletro" del sedimento sono di origine carbonatica, ma frequenti livelli sono formati da granuli quarzosi.

La colorazione giallo-ocra è ascrivibile alla presenza di ossidi di ferro e di alluminio, il cemento è calcitico.

La giacitura della formazione calcarenitica è quella originaria e, quindi, il suo affioramento è dovuto ad "abbandono" del mare per il suo ritiro in seguito alla regressione. Ciò significa che essa non è stata interessata da fenomeni tettonici di sollevamento che abbiano potuto provocare la formazione di faglie.

Entrando nel particolare, la successione litostratigrafica di questa formazione geologica è, generalmente, contraddistinta dalla presenza di:

- a) Biocalcareniti bianche a grana medio-fine uniforme, prevalentemente tenere, porose, presenti in banchi omogenei;
- b) Biocalcareniti reefoidi a coralli;
- c) Biocalcareniti gialle a grana fine e media, da mediamente cementate a molto cementate, tessitura uniforme, in banchi e strati ben definiti;
- d) Calcilutiti;
- e) Arenarie ben cementate;

- f) Biocalcareniti a tessitura strato-nodulare sabbiosa, variamente cementate, costituite da strati sottili (3-10 cm) e medi (10-30 cm) discontinui e noduli stratiformi con sabbie medio-fini poco addensate;
- g) Biocalcareniti a tessitura nodulare, composte da noduli calcarenitici e stratonodulari interconnessi tra loro con sabbie poco addensate che occupano gli spazi internodulari;
- h) Biocalcareniti bianche, sabbiose, a grana medio fine uniforme, porose, a cementazione variabile ma sempre limitata;
- i) Sabbie calcarenitiche gialle o bianche a grana uniforme medio-fine con inclusi noduli calcarenitici e/o calcilutitici;
- l) Limi con noduli calcarenitici.

Nello specifico le indagini eseguite ci permettono di affermare che nell'area è presente uno spessore di terreno vegetale variabile tra 30 e 40 cm che ricopre la Formazione Calcarenitico-sabbiosa caratterizzata da biocalcareniti bianche a grana medio-fine uniforme, prevalentemente tenere, porose, presenti in banchi omogenei con intercalati strati sabbiosi da sciolti a scarsamente cementati.

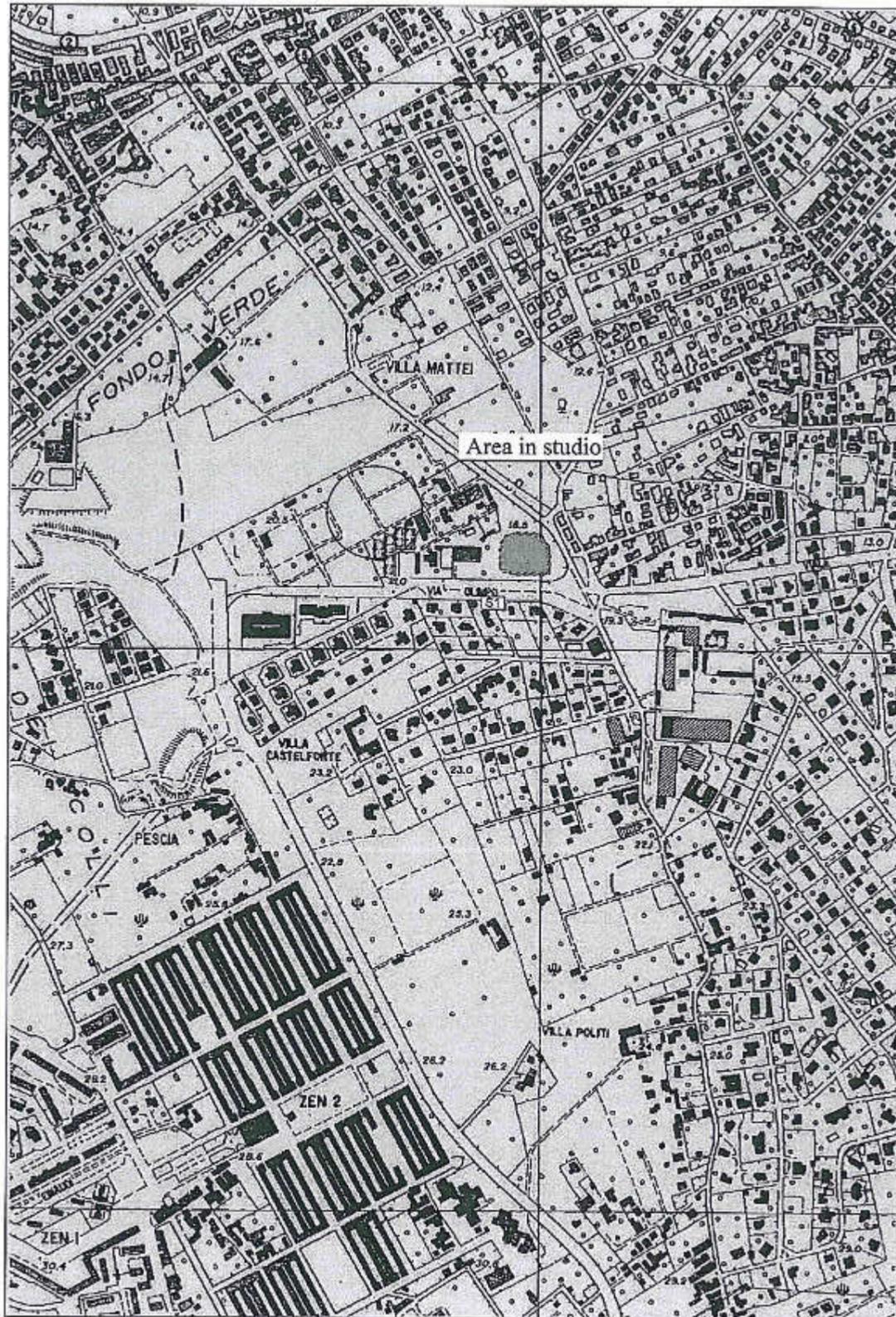
Detta formazione poggia sulla Fm. Flysch Numidico, che non affiora nell'area in studio ma che costituisce il substrato argilloso ed impermeabile.

Si tratta di una potente formazione litologicamente costituita da un'alternanza di argille ed argilliti grigie e/o brune, quarzareniti e quarzosiltiti grigio-giallastre, nella quale si possono distinguere due diverse litofacies principali: quella arenacea e quella argillosa.

Mineralogicamente sono costituite da fillosilicati quali clorite, caolinite, montmorillonite ed illite; inoltre sono presenti minerali di ferro quale siderite e pirite.

La struttura si presenta scagliettata e caotica, con scaglie millimetriche, talora lucide per effetti di striature, legate agli stress tettonici che si sono avvicendati nel corso degli eventi geologici.

# CARTA GEOLOGICA



Scala 1/10.000

-  Complesso calcarenitico-sabbioso
-  Sondaggio geognostico in nostro possesso
-  Sbancamento presente nell'area limitrofa a quella in studio

## CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico l'area è costituita da un paesaggio molto regolare contraddistinto da terrazzi marini formatisi durante il Pleistocene e caratterizzati dall'affioramento del "Complesso Calcarenitico-sabbioso".

Le condizioni di stabilità dell'area sono ottime in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio.

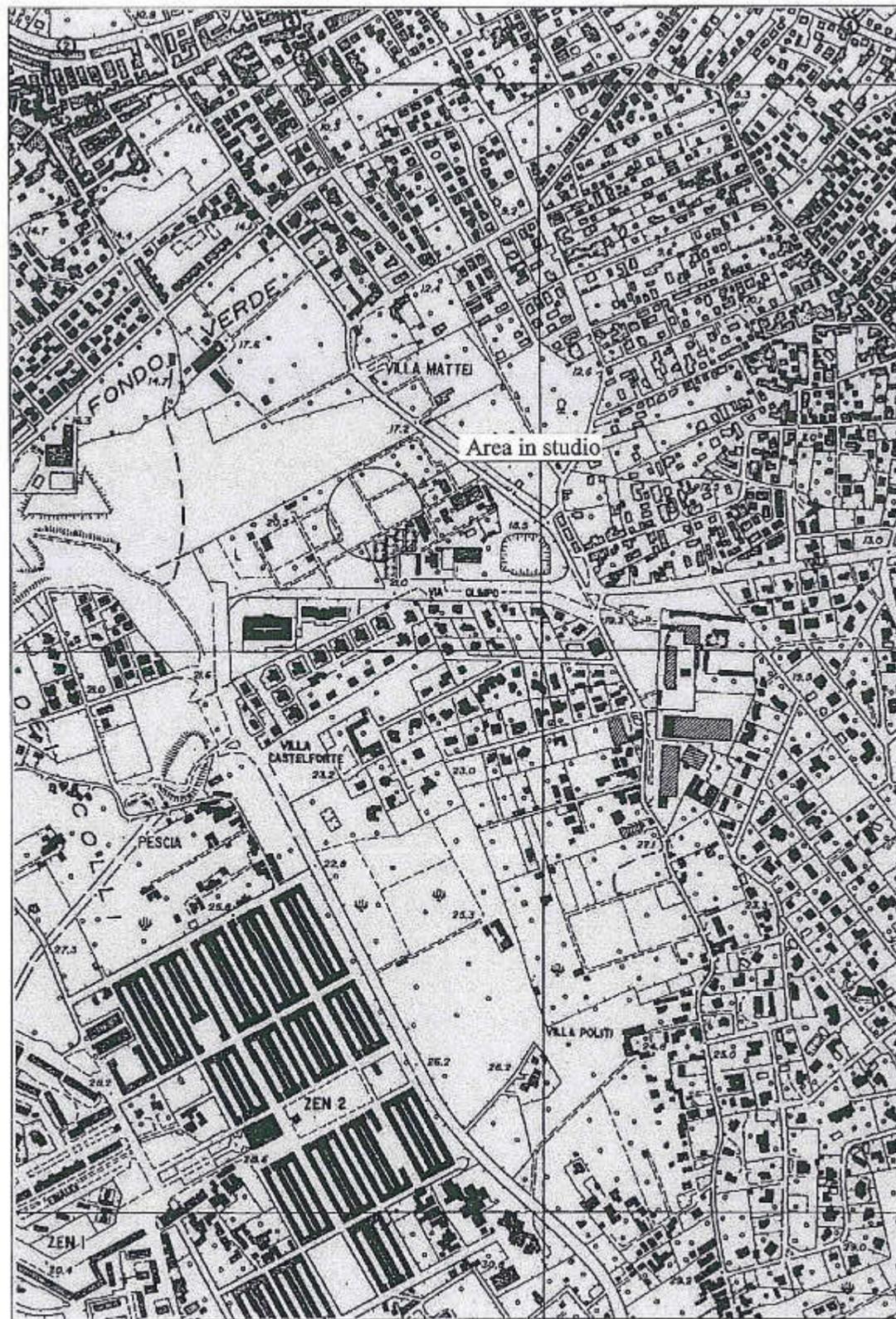
Non si ritiene, quindi, di eseguire verifiche di stabilità poichè essendo l'area pianeggiante e totalmente esente da qualunque fenomenologia che possa modificare l'attuale habitus geomorfologico, non è possibile l'instaurarsi di alcun movimento franoso e, quindi, i calcoli farebbero registrare valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge.

Quanto detto prima è confermato dal Piano Straordinario per il Rischio Idrogeologico redatto dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente nel 2005-2006 che esclude tale area da qualunque fenomenologia di dissesto e di rischio (vedi carte allegate).

In particolare:

- stralcio della "Carta dei dissesti n° 4" secondo l'aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2005;
- stralcio della "Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n° 4" secondo l'aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2005;

# CARTA GEOMORFOLOGICA

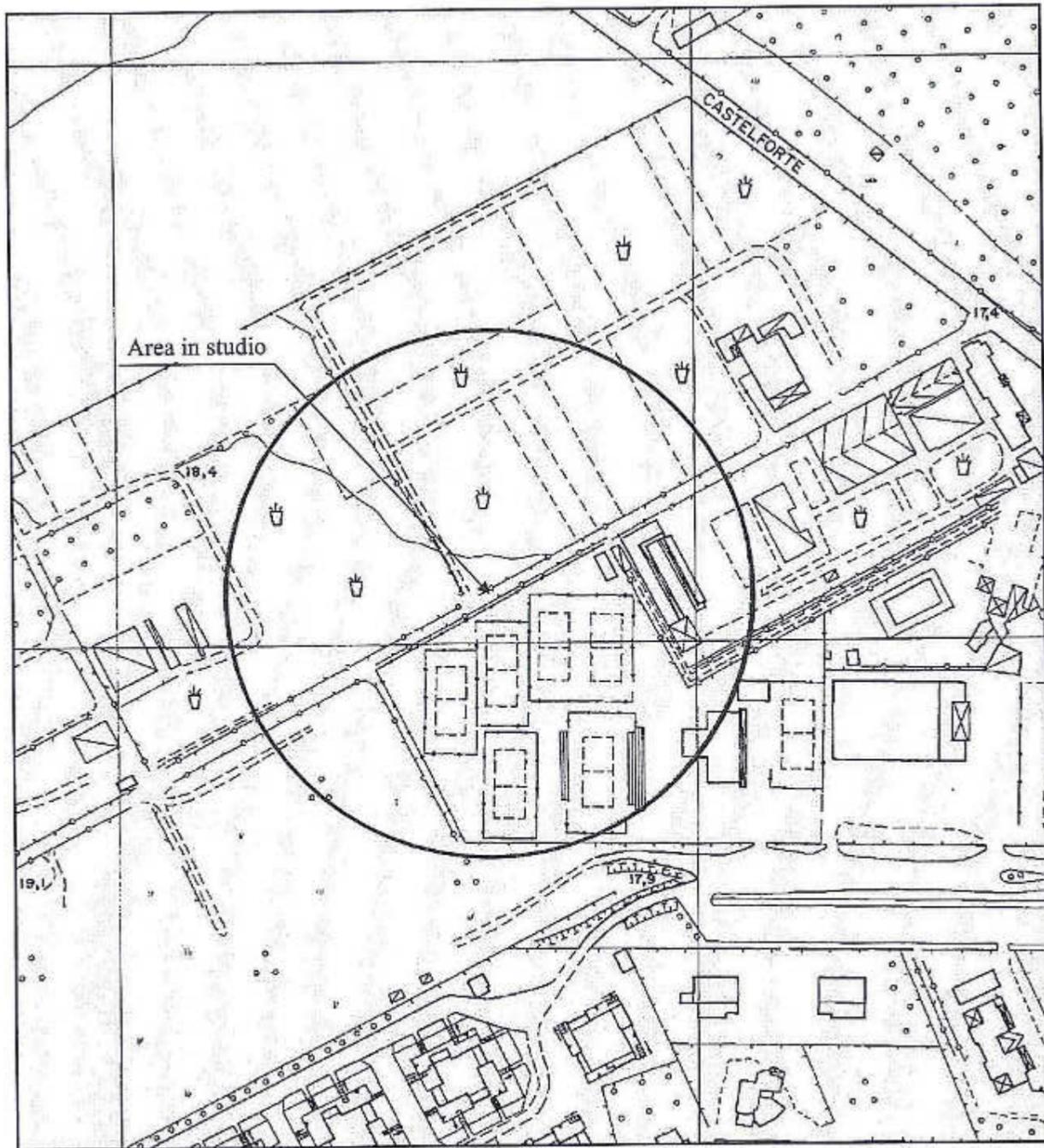


Scala 1/10.000



Complesso calcarenitico-sabbioso. Aree pianeggianti stabili

# CARTA GEOMORFOLOGICA



Scala 1/2.000

□ Complesso calcarenitico-sabbioso. Aree stabili

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente  
DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

### Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico del F. Oreto (039)  
Area territoriale tra il bacino del F. Oreto  
e Punta Raisi (040)



#### CARTA DEI DISSESTI N° 04

COMUNI DI  
Capaci - Isola delle Femmine - Palermo - Torretta  
Scala 1:10.000



Anno 2005

### LEGENDA

#### FENOMENI FRANOSI

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti conseguenti ad erosione accelerata

#### STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
  - Inattivo
  - Quiescente
  - Stabilizzato artificialmente o naturalmente
- 
- Limite bacino idrografico
  - Limite area territoriale
  - Limite comunale



REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

### Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART. 1 DEL 1929 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA LEGGE 1204/61 E SS.MM.II.)

Bacino Idrografico del F. Oreto (039)  
Area territoriale tra il bacino del F. Oreto  
e Punta Raisi (040)



### CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 04

COMUNI DI  
Cava di Igea delle Femmine - Palermo - Torretta

Scala 1:10.000



Anno 2005

### LEGENDA

#### LIVELLI DI PERICOLOSITA'

-  P0 basso
-  P1 moderato
-  P2 medio
-  P3 elevato
-  P4 molto elevato

#### LIVELLI DI RISCHIO

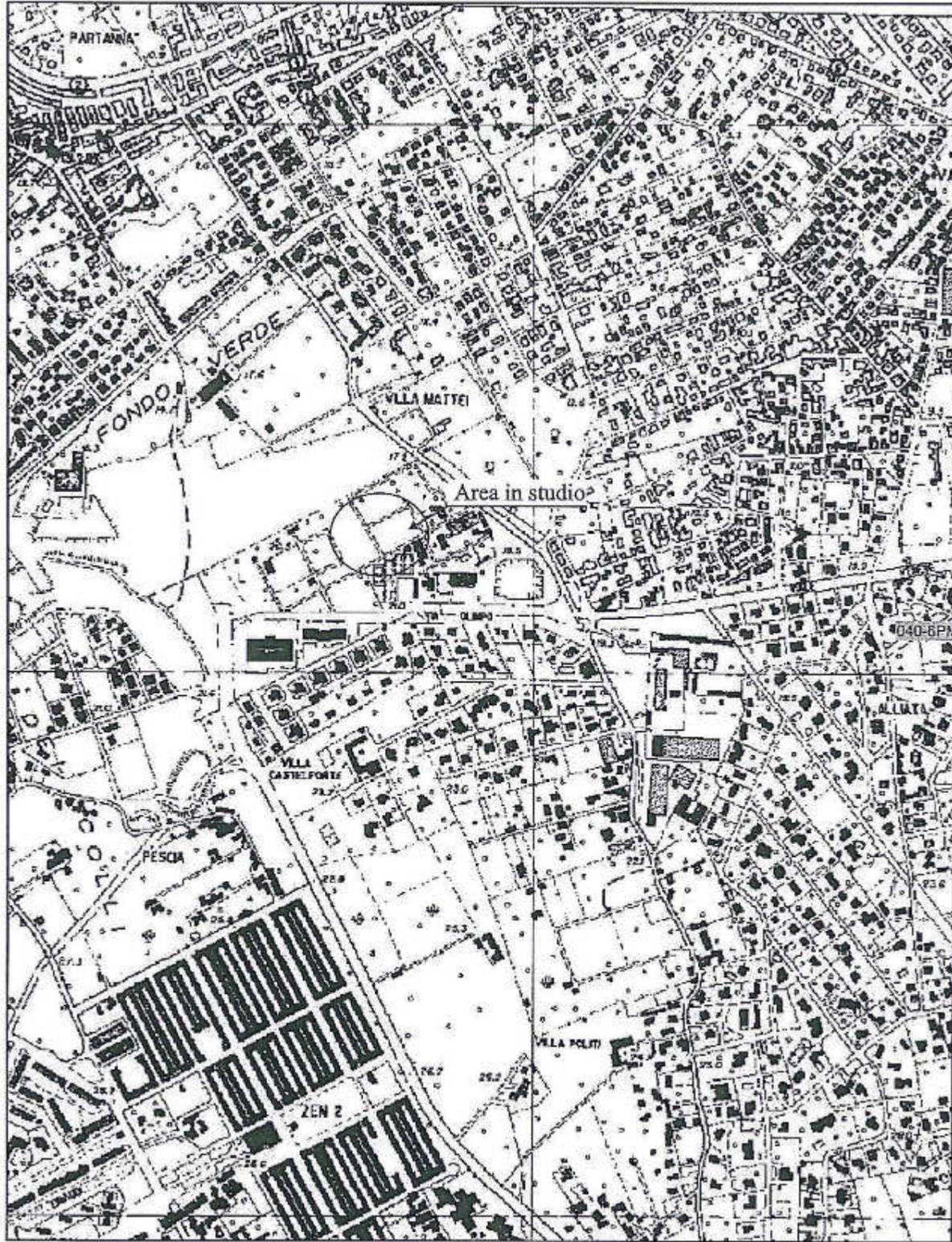
-  R1 moderato
-  R2 medio
-  R3 elevato
-  R4 molto elevato

 Sito di Attenzione

 Limite bacino idrografico

 Limite area territoriale

 Limite comunale



REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

**Piano Stralcio di Bacino  
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**

(ART. 1 D.L. 18/3/92 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L. 30/3/92 E SS.MM.II.)

**Bacino Idrografico del F. Oreto (039)  
Area territoriale tra il bacino del F. Oreto  
e Punta Raisi (040)**

**CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO  
PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 04**

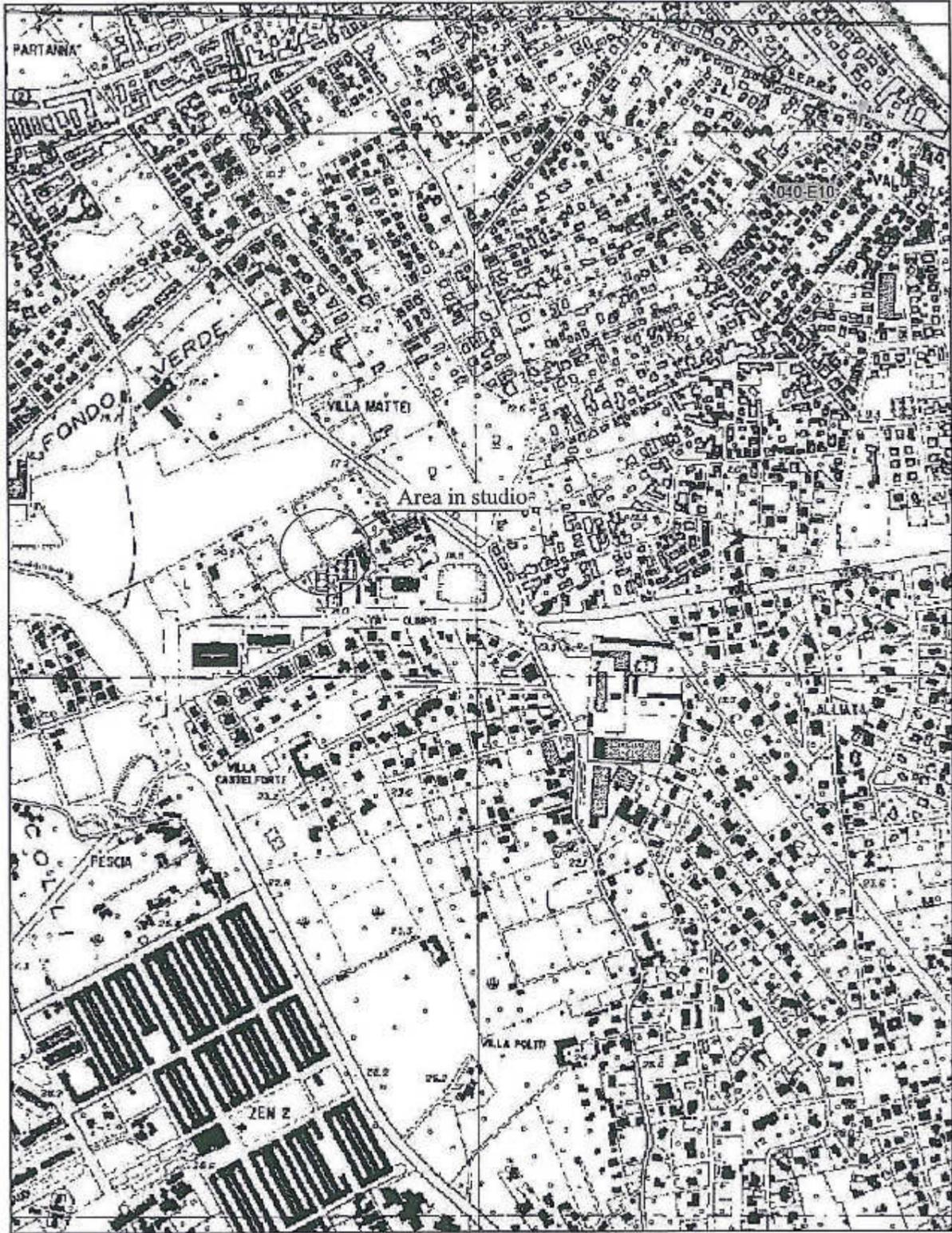
COMUNI DI  
Capaci - Isola delle Femmine - Palermo - Torretta

Scala 1:10.000

Anno 2006

**LEGENDA**

-  R1 Rischio moderato
-  R2 Rischio medio
-  R3 Rischio elevato
-  R4 Rischio molto elevato
-  Limite bacino idrografico
-  Limite area territoriale
-  Limite comunale



- stralcio della “Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione n° 4” secondo l’aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2006;
- stralcio della “Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n° 4” secondo l’aggiornamento del P.A.I. – Bacino idrografico del F. Oreto (039) – Area territoriale tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2006.

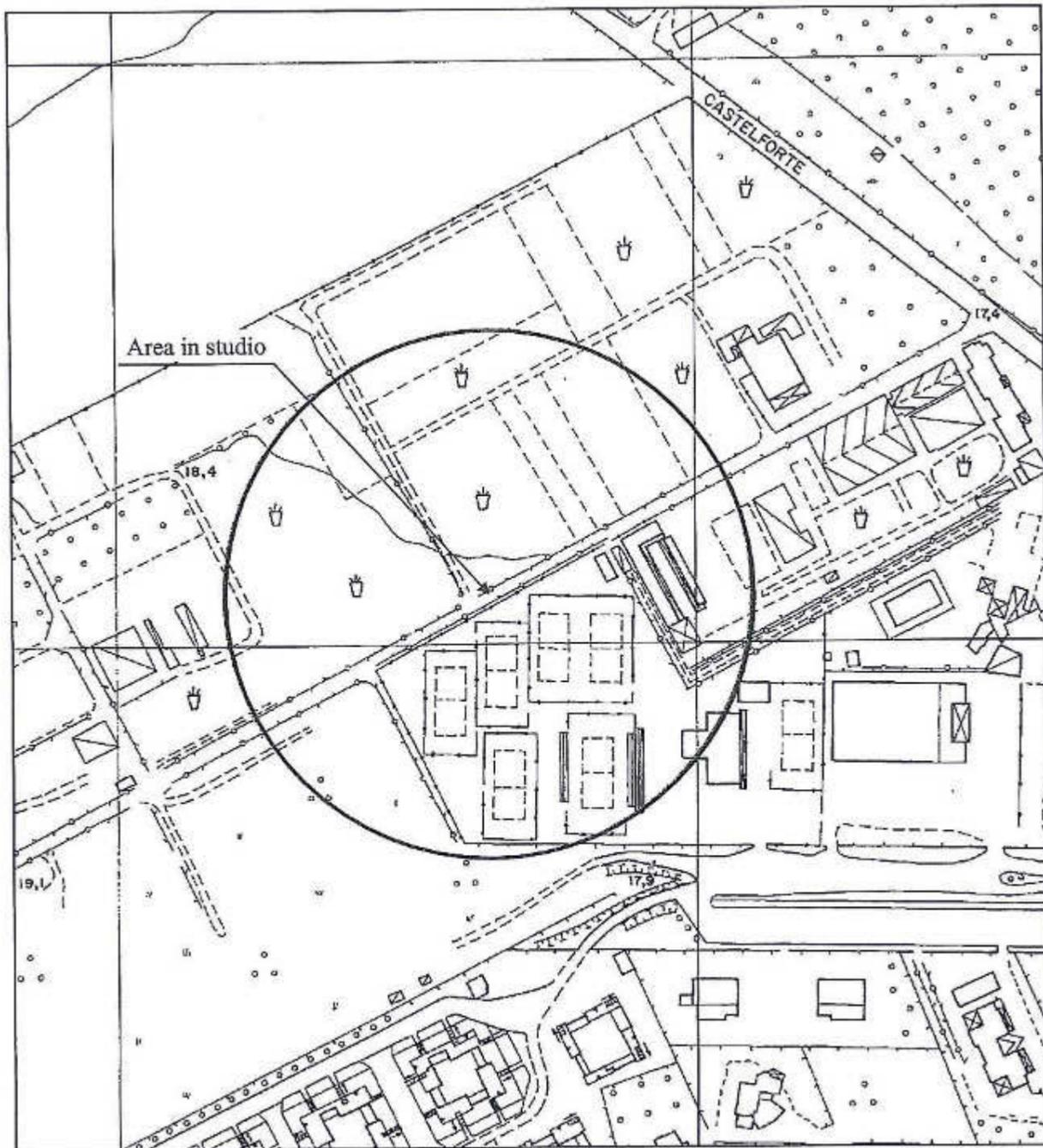
Dal punto di vista idrogeologico l’area in studio è caratterizzata dalla totale mancanza di una rete idrografica superficiale che è da mettere in relazione allo sviluppo urbanistico della città ed alla notevole permeabilità dei terreni calcarenitici che favorisce l’infiltrazione delle acque piovane sottraendole al deflusso superficiale. Le acque infiltratisi vanno a ricaricare la falda freatica il cui livello piezometrico è stato riscontrato, dai sondaggi eseguiti, ad una profondità pari a 8 m dal piano campagna.

Per quanto riguarda la permeabilità dei terreni, sulla base dei dati in nostro possesso e dei dati acquisiti dalle pubblicazioni scientifiche, le rocce che costituiscono l’area appartengono alla categoria delle rocce permeabili per porosità.

Si tratta di rocce i cui meati sono intercomunicanti e, generalmente, abbastanza ampi in dipendenza della granulometria dei clasti e della cementazione.

Infine, ricerche scientifiche e storiche, nonché tutte le pubblicazioni in materia, indicano che la zona è esente da qualunque problematica relativa alla presenza di cavità sotterranee naturali ed antropiche.

# CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE



Non sono presenti pericolosità geologiche ai sensi della circolare 2222/95 dell'A.R.T.A.

Scala 1/2.000

## INDAGINI UTILIZZATE

Il presente lavoro si avvale dei dati di n. 1 sondaggio meccanico eseguito per altri lavori nelle immediate vicinanze dell'area in studio, integrato dai dati ottenuti dalla realizzazione di n. 8 pozzetti esplorativi effettuati dal sottoscritto all'interno dell'area direttamente interessata dal progetto e da uno sbancamento presente nell'area limitrofa a quella in studio, le cui ubicazioni sono visibili nella planimetria allegata.

Le stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti esplorativi utilizzati per il presente lavoro sono:

### Sondaggio S1

0,00 – 0,40 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,40 – 18,00 m	Calcarenite tenera di colore biancastro con intercalati sottili livelli di sabbie sciolte;
18,00 m – 30,00 m	Argille grigio-azzurre, consistenti

### Pozzetto P1

0,00 – 0,30 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,30 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

### Pozzetto P2

0,00 – 0,30 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,30 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

### Pozzetto P3

0,00 – 0,30 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,30 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

### Pozzetto P4

0,00 – 0,40 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,40 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

**Pozzetto P5**

0,00 – 0,40 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,40 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

**Pozzetto P6**

0,00 – 0,30 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,30 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

**Pozzetto P7**

0,00 – 0,40 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,40 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

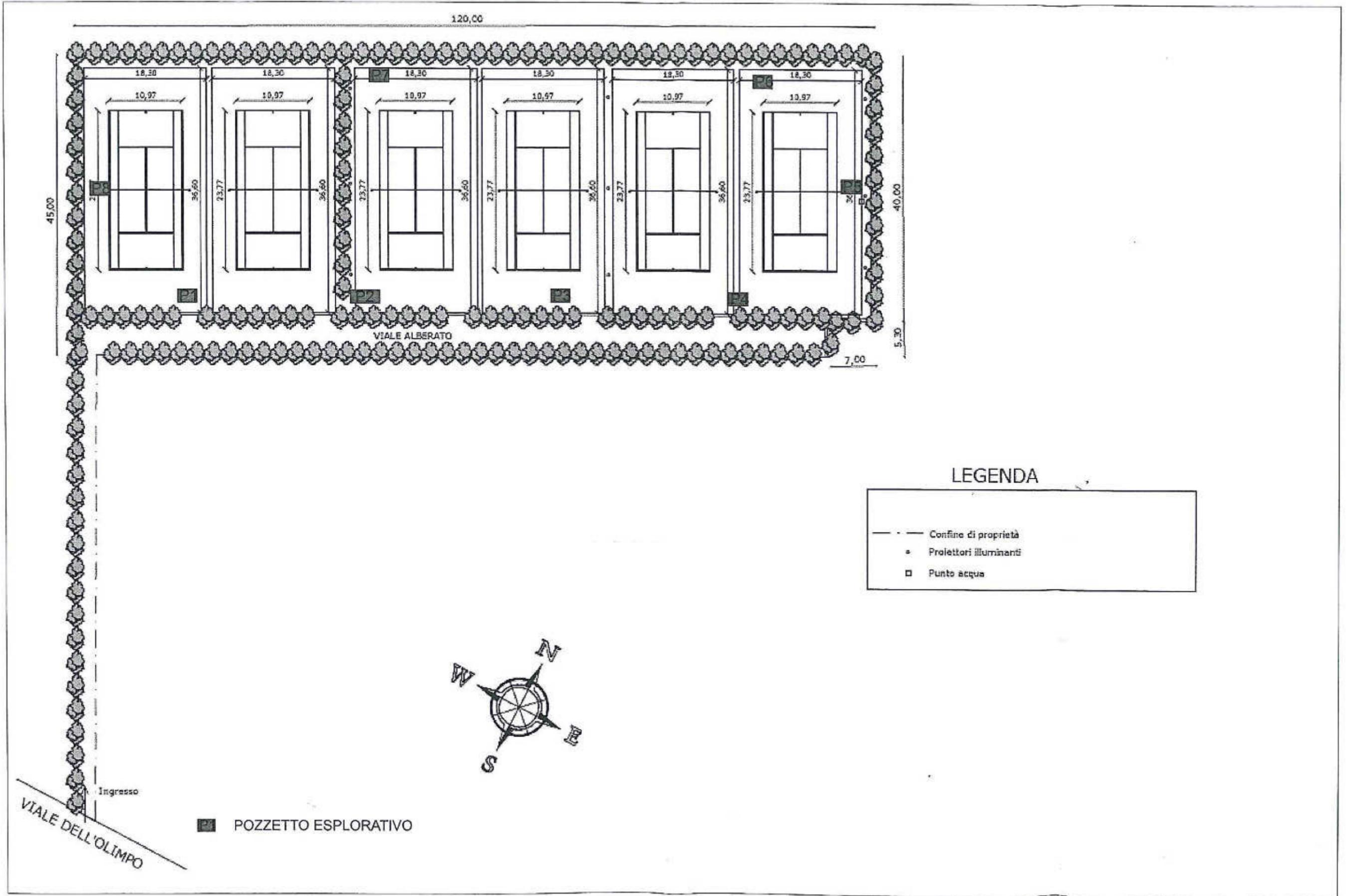
**Pozzetto P8**

0,00 – 0,30 m	Terreno vegetale di colore rossastro;
0,30 – 1.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee.

**Sbancamento presente nell'are limitrofa**

0,00 – 6.00 m	Calcareniti tenere di colore biancastro omogenee con intercalazioni di livelli sabbiosi
---------------	--

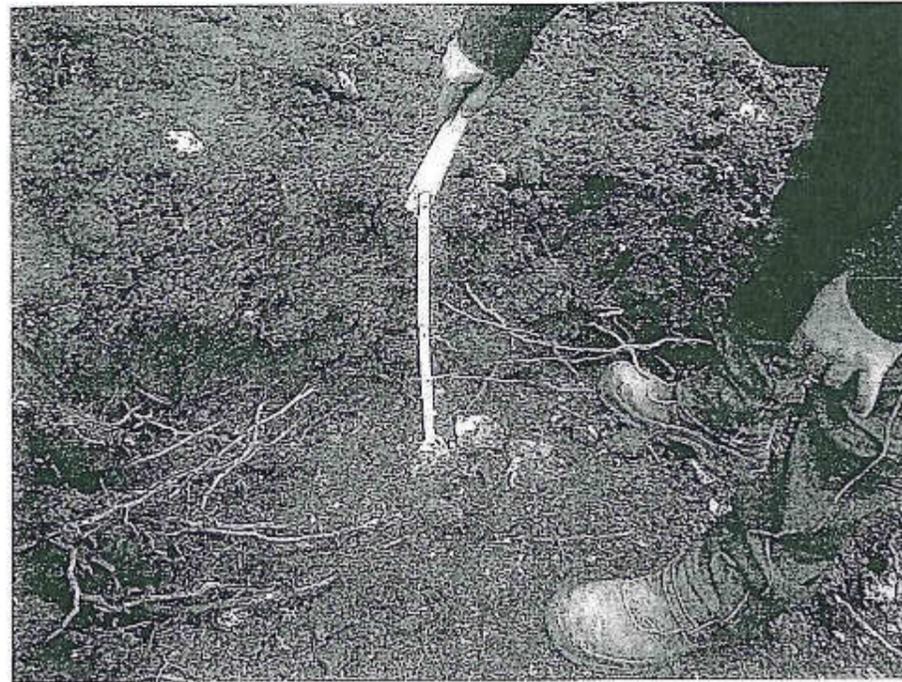
PLANIMETRIA SCHEMATICA UBICAZIONE POZZETTI ESPLORATIVI



*POZZETTO ESPLORATIVO P1*



*POZZETTO ESPLORATIVO P2*



*POZZETTO ESPLORATIVO P3*



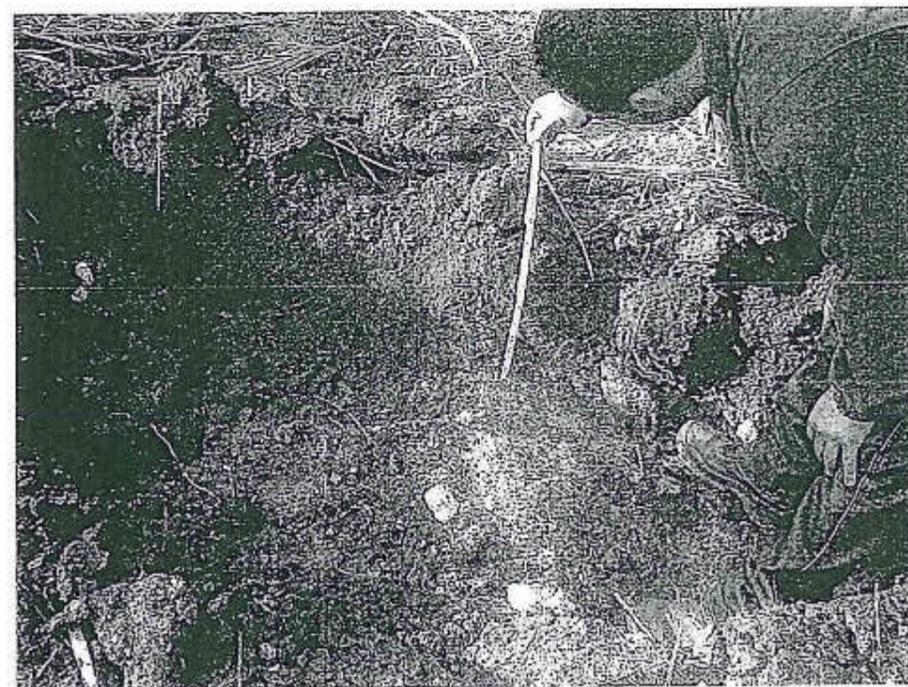
*POZZETTO ESPLORATIVO P4*



*POZZETTO ESPLORATIVO P5*



*POZZETTO ESPLORATIVO P6*



*POZZETTO ESPLORATIVO P7*



*POZZETTO ESPLORATIVO P8*



## INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA - TROMOGRAFIA

Allo scopo di determinare le velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) dei terreni presenti, si è ritenuto necessario l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR.

In particolare sono state eseguite n. 2 misure di microtremore ambientale, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Di seguito vengono riportati alcuni cenni riguardo la metodologia utilizzata.

La sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza dove per strato si intende un'unità distinta in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

I primi studi su questa tecnica sono da attribuire a Kanai (1957) e da allora diversi metodi sono stati proposti per estrarre utili informazioni sul sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in sito.

Tra tutte le tecniche messe a punto quella che si è maggiormente consolidata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Successivamente Nakamura (1989) ha applicato tale metodo come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

Considerando lo schema illustrato nella Figura 1 si osserva che sono presenti due strati (1 e 2) che si differenziano per le densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ).

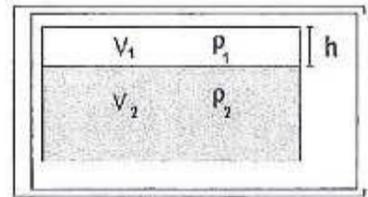


Figura 1. Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.

In questo caso un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dalla superficie di strato.

L'onda riflessa interferendo con quelle incidenti si somma e raggiunge le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

Ne consegue che la frequenza di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = v_{p1}/(4 H) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = v_{s1}/(4 H) \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore H degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- il contenuto in frequenza;
- la risposta strumentale;

- l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Da evidenziare, inoltre, che i microtremori sono costituiti da onde di volume, P o S, ed in misura maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tale inconveniente è facilmente superabile sia perché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva, sia perché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

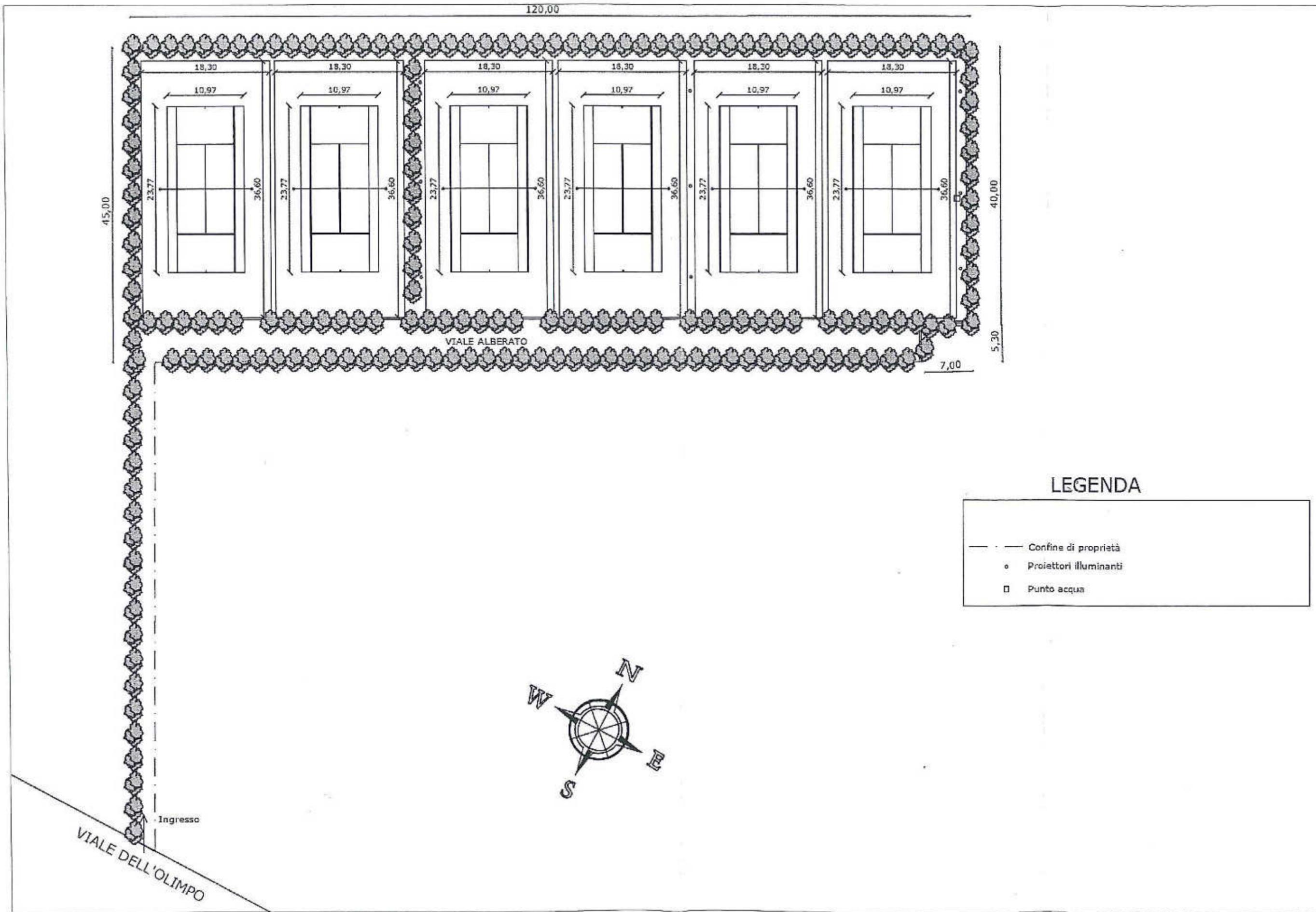
D'altro canto l'applicabilità pratica della formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati sperimentali, consiste in un tromografo digitale denominato "Tromino", dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR che sono state ottenute col software Grilla eseguendo un processing con i seguenti parametri:
  - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi pari a 20 s per tempi di acquisizione di 20 minuti;
  - ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;

# PLANIMETRIA SCHEMATICA DI PROGETTO



## LEGENDA

—	Confine di proprietà
○	Proiettori illuminanti
□	Punto acqua

⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore ad 2;

⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

➤ le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l'analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le profondità  $H$  delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula sotto riportata, in cui:

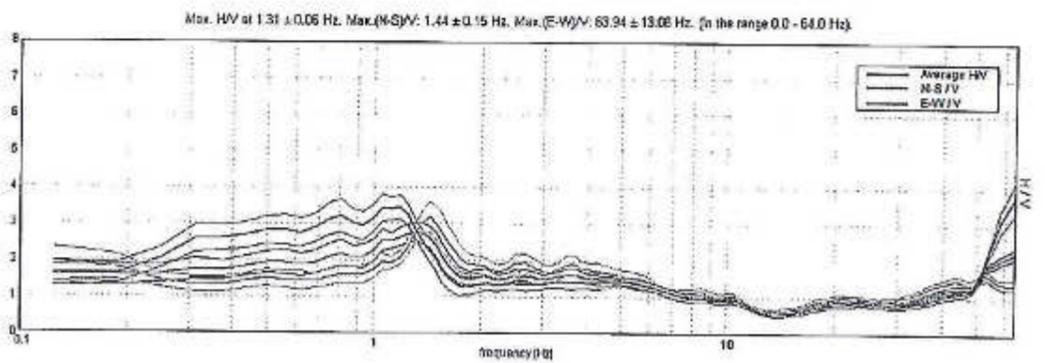
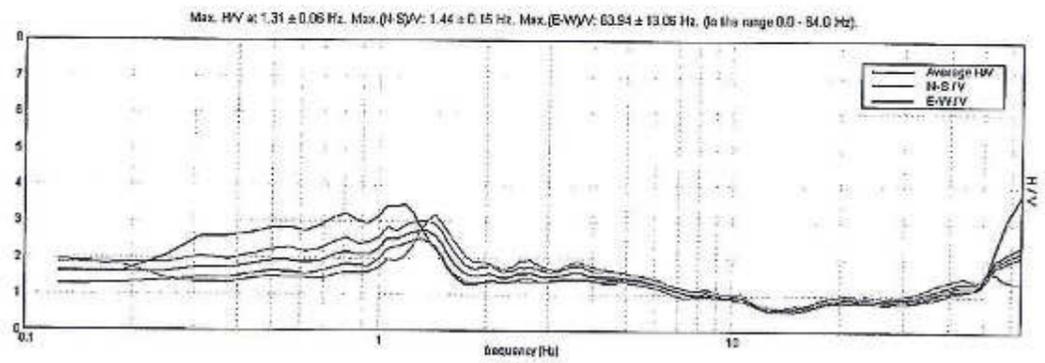
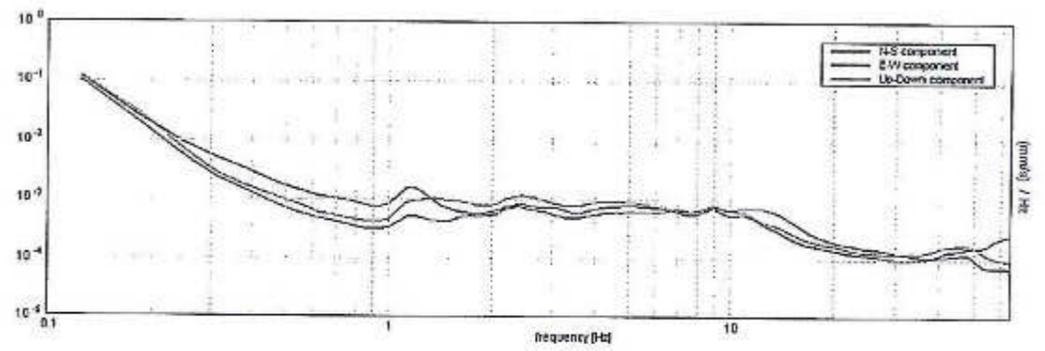
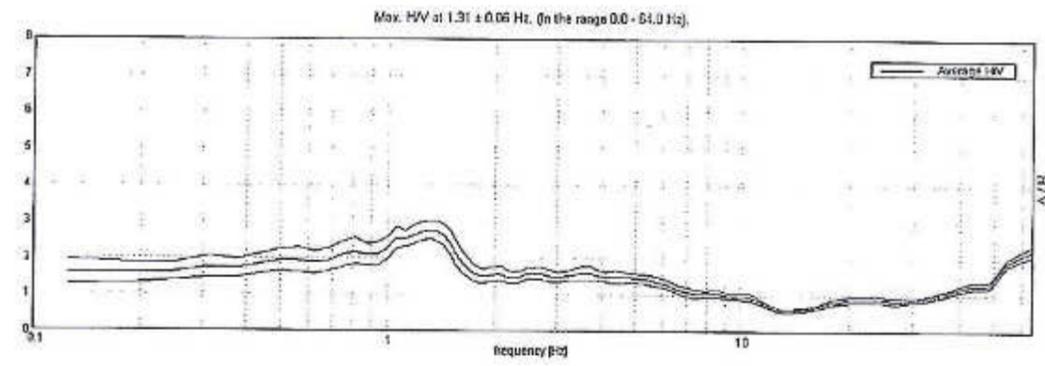
- $V_0$  è la velocità al tetto dello strato;
- $a$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.);
- $\nu$  la frequenza fondamentale di risonanza.

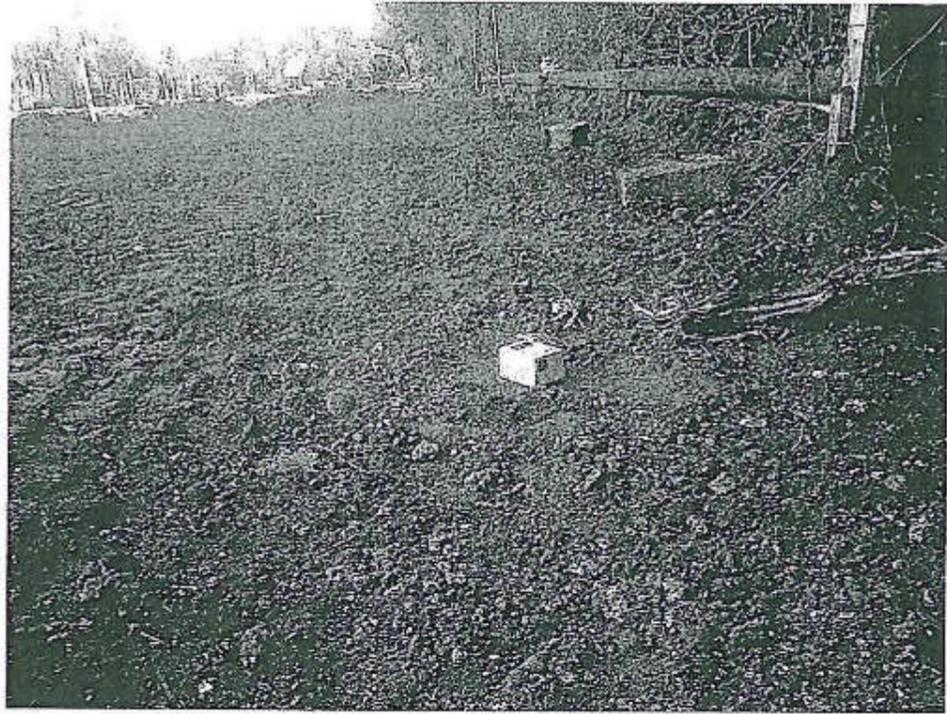
$$H = \left[ \frac{V_0(1-a)}{4\nu} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

Le ubicazioni dei sondaggi eseguiti sono visibili nella planimetria allegata.

Di seguito sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

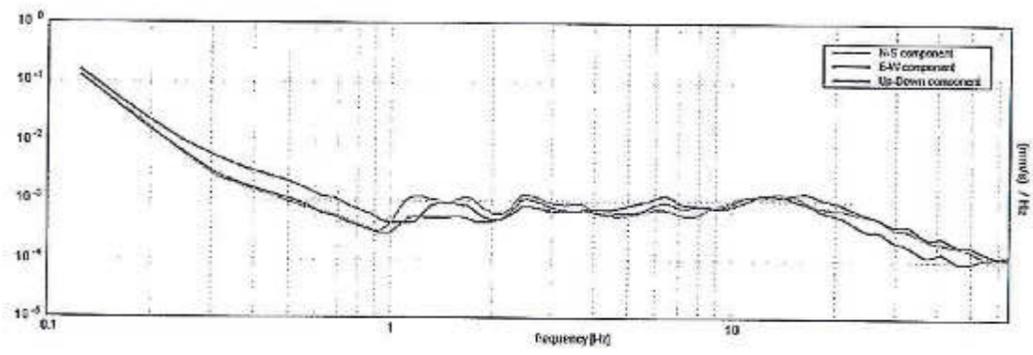
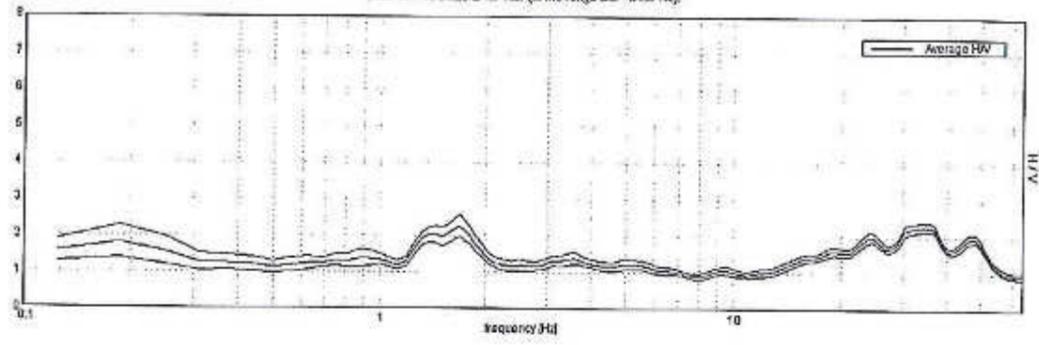
# Sondaggio tomografico T1



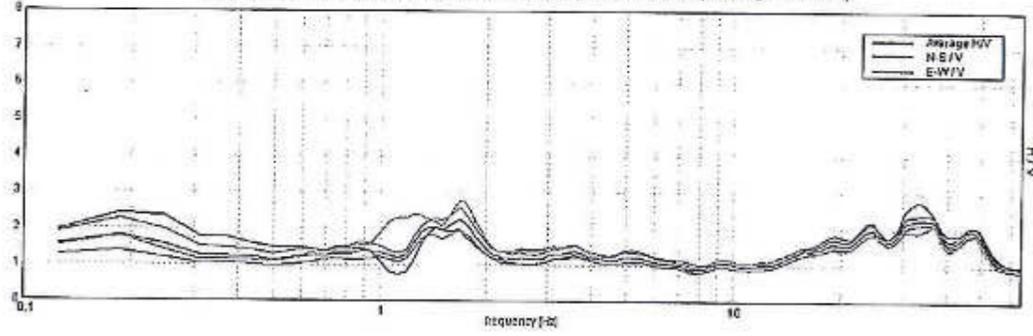


## Sondaggio tomografico T2

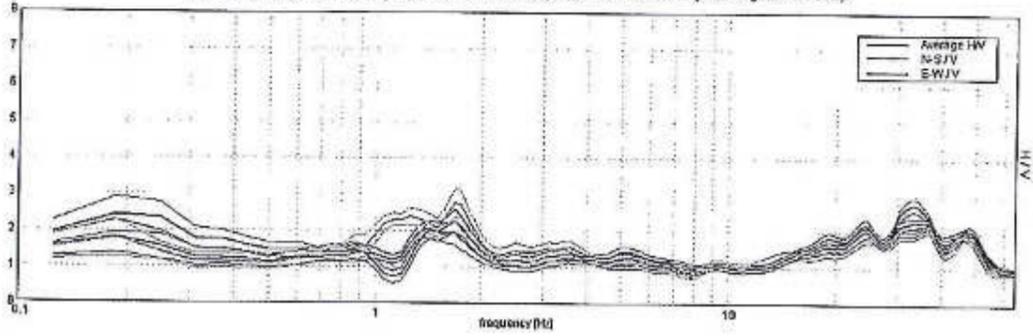
Max. HV at 34.25 ± 4.7 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



Max. HV at 34.25 ± 4.7 Hz. Max. (N-S)/V: 1.89 ± 0.1 Hz. Max. (E-W)/V: 33.13 ± 3.16 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



Max. HV at 34.25 ± 4.7 Hz. Max. (N-S)/V: 1.89 ± 0.1 Hz. Max. (E-W)/V: 33.13 ± 3.16 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz)





## *STIMA DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S*

I dati sperimentali ricavati dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ .

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione:

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove  $T_H$  è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e  $f_r$  è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità  $h$  dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{H}{T_H}$$

e

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

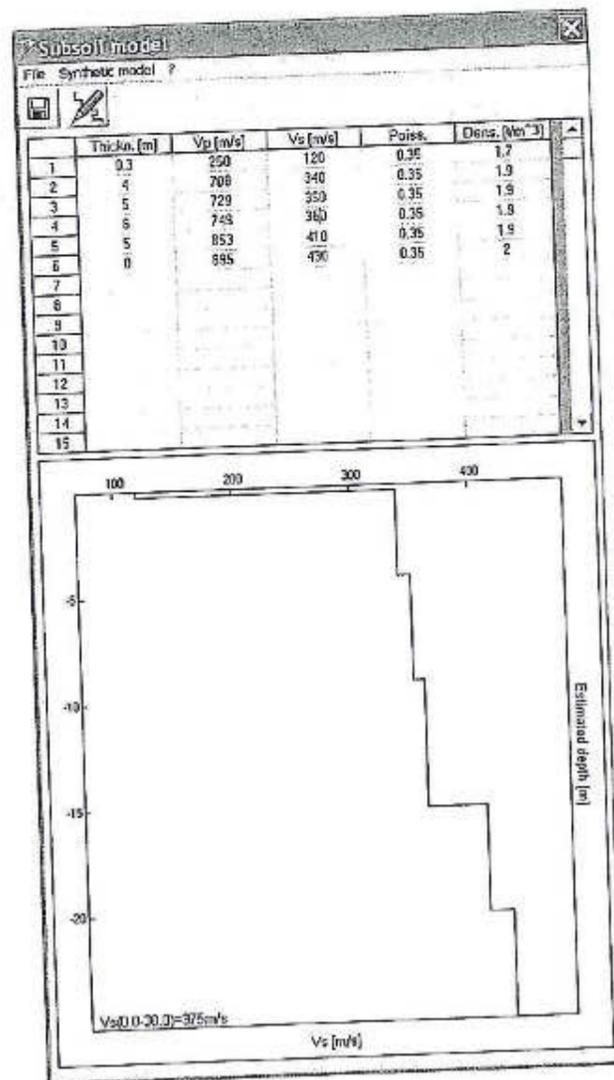
da cui si ricava

$$V = 4 f_r h$$

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori delle velocità delle onde trasversali per i primi 30 m di profondità dal piano compagna, registrate durante l'esecuzione dei sondaggi.

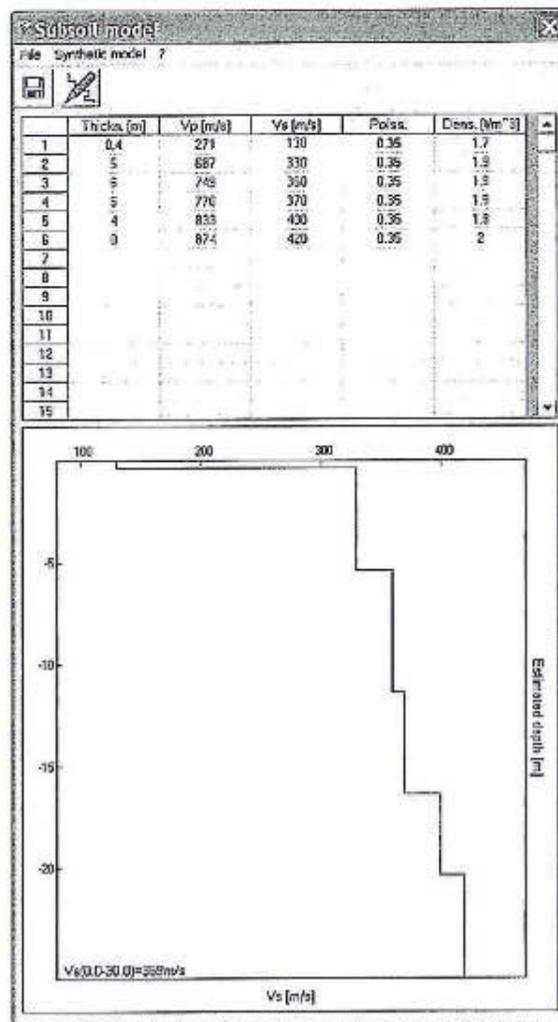
### Sondaggio tomografico T1

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi dell'D.M. del 14/01/2008	<b>B</b> (Vs30=375 m/s)
00.00-0.30	120	D	
0.30 - 4.30	340	C	
4.30-9.30	350	C	
9.30-14.30	360	C	
14.30-19.30	410	B	
19.30-30.00	430	B	



*Sondaggio tomografico T2*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi dell'D.M. del 14/01/2008	
00.00-0.30	130	D	<b>B</b> (Vs30=369 m/s)
0.30 - 4.30	330	C	
4.30-9.30	360	C	
9.30-14.30	370	B	
14.30-19.30	400	B	
19.30-30.00	420	B	



### CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI PRESENTI

Le indagini in nostro possesso e quelle realizzate hanno messo in evidenza che nell'area è presente uno spessore limitato di terreno vegetale e/o di riporto che ricopre il Complesso calcarenitico-sabbioso caratterizzato da biocalcareni bianche a grana medio-fine uniforme, prevalentemente tenere, porose, presenti in banchi omogenei con intercalati strati sabbiosi da sciolti a scarsamente cementati.

Il Complesso calcarenitico – sabbioso interessa tutto il volume geotecnicamente significativo in relazione ai manufatti da realizzare.

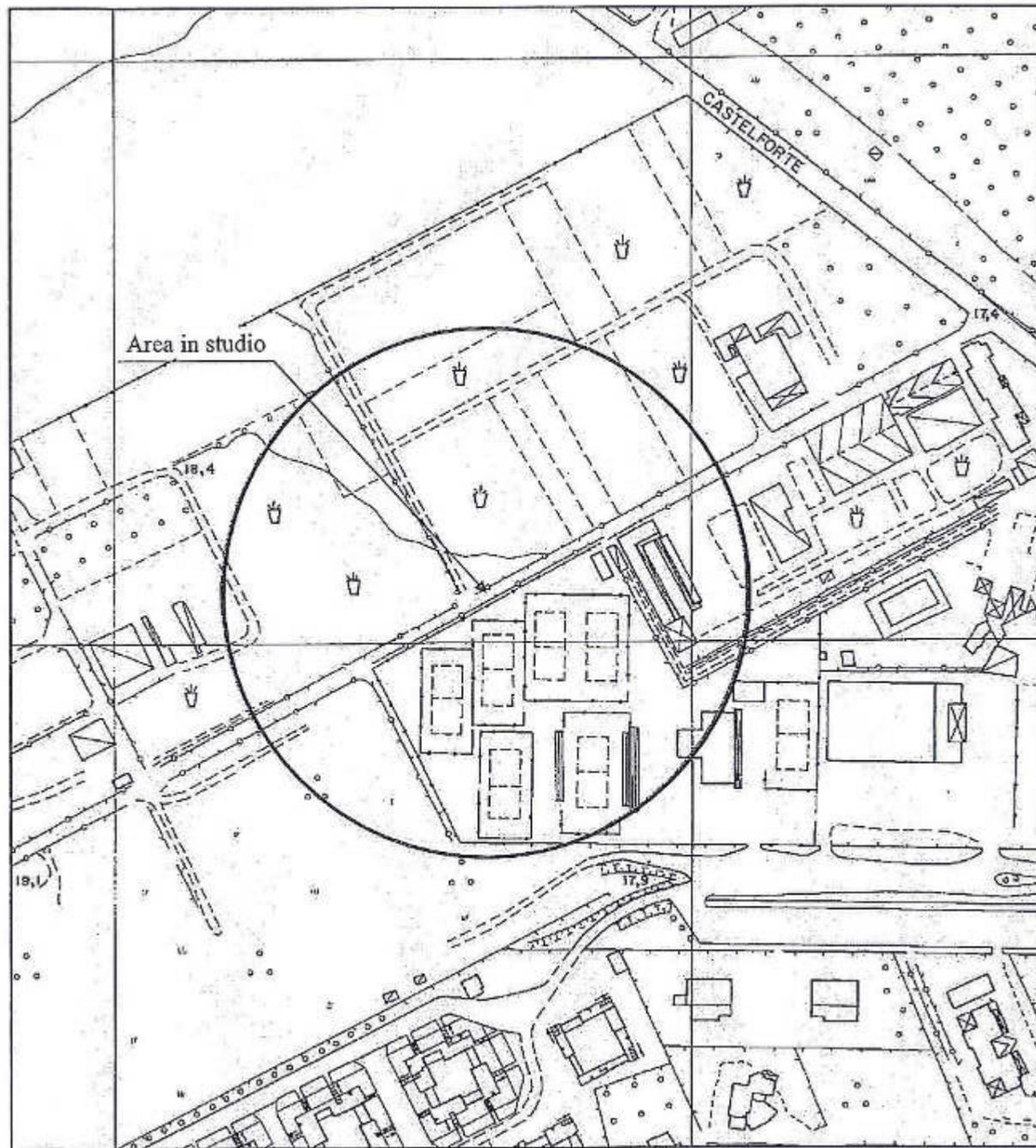
Quest'ultimo è un deposito clastico che per le peculiari caratteristiche è riferibile ad un ambiente di mare basso con frequenti ma brevi periodi di emersione. Ciò è testimoniato dal fatto che la cementazione è particolarmente abbondante in alcuni orizzonti che coincidono con antichi affioramenti e che il cemento secondario è dovuto alla deposizione di sali calcarei dalle acque risalenti in ambiente subaereo (fenomeni di calcificazione).

In generale la composizione mineralogica è costituita prevalentemente da carbonati di calcio e magnesio e da minerali di quarzo. Quest'ultimo è presente soprattutto nella frazione più fina.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso su cui, come è noto, non è possibile alcuna sperimentazione in laboratorio, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

- *Frazione calcarenitica Tenera:  $\varphi' = 30^\circ$ ,  $c' = 2.0$  t/mq,  $\gamma = 2.0$  t/mc.*
- *Frazione sabbiosa:  $\varphi' = 28^\circ$ ,  $c' = 0.5$  t/mq,  $\gamma = 1.9$  t/mc.*

# CARTA LITOTECNICA



Scala 1/2.000

□ Complesso calcarenitico sabbioso

Frazione sabbiosa:  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 0.0$  t/mq,  $\gamma = 1.9$  t/mc  
Frazione calcarenitica:  $\phi' = 35^\circ$ ,  $c' = 4.0$  t/mq,  $\gamma = 2.1$  t/mc

## CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO

Il territorio interessato è incluso nell'elenco delle località sismiche di IIa categoria, a cui si attribuisce un grado di sismicità  $S=9$ , allegato alla legge 25.11.1962 n. 1684 e successive modificazioni (Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 23.09.1981 n. 666) concernente "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Sicilia", pubblicato sulla G.U.R.I. n. 314 del 14 novembre 1981 e rettificato ai sensi del Decreto Ministeriale 27 luglio 1982, pubblicato sulla G.U.R.I. del 16.08.1982, n. 224 e confermato dalla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/03.

Esiste nella letteratura scientifica (Baratta 1934, De Panfilis 1959, Cosentino, Mulone 1985, Barberi 1985) tutta una serie di notizie relative ad eventi sismici che hanno avuto i loro epicentri in zone vicine all'area in oggetto o che si sono risentite nell'abitato di Palermo.

Le prime notizie di eventi che in qualche maniera si sono avvertite nella zona risalgono al 1593 e ricordano un terremoto con epicentro Corleone, successivamente altre notizie riportano di terremoti nel 1724 e 1740.

Nel 1816-17 una serie di scosse sismiche con epicentro a Sciacca, Menfi e Sambuca di Sicilia sono state avvertite anche a Palermo.

Nel 1897 una nuova scossa sismica interessa Corleone, nel dicembre del 1909 una forte scossa con intensità pari al VII° grado si verificò con epicentro nella zona di Camporeale.

Un'intensa attività sismica si è verificata tra il 18 ed il 20 novembre 1954, con area epicentrale localizzata nei pressi dell'abitato di Grisi; la scossa principale, di intensità valutata del VI° grado della scala Mercalli, fu registrata negli osservatori di Palermo e Messina; successivamente nel

1956 un movimento sismico a carattere locale ha interessato nuovamente il territorio di Grisi.

Nel 1968 si è registrato il terremoto più importante della zona risentito a Palermo con intensità pari al VI°. In quella occasione una vasta area situata a cavallo della Valle del Belice fu interessata da una serie di forti scosse sismiche che provocarono gravissimi danni e vittime negli abitati di Gibellina, Salaparuta, Montevago, Poggioreale, S.Margherita Belice, Salemi, Partanna, Menfi, mentre danni minori, ma sempre notevoli, si ebbero a Palermo.

Da allora numerose scosse di lieve entità sono state registrate e tutte legate ai terremoti che hanno coinvolto l'area del palermitano, sino a quello più forti del 06/09/02 e del 13/04/12 che sono stati avvertiti dalla popolazione ed hanno causato parecchi danni a monumenti ed edifici ubicati in particolari aree del centro abitato.

Dagli studi di questo recente evento sismico e dalla zonizzazione dei danni si evince con chiarezza che i manufatti che hanno subito danni sono tutti ubicati nelle zone alluvionali e/o palustri, ora riempite, dove evidentemente la presenza di terreni a scarsa o scarsissima consistenza ha creato fenomeni di consolidamento a seguito delle sollecitazioni sismiche.

Dove il terreno di sedime era costituito dal complesso calcarenitico non vi sono stati danni se non a quei manufatti che dimostravano una evidente carenza costruttiva.

In questo quadro trova conferma la classificazione sismica dell'area e la necessità di studiare, nei siti interessati da edificazione, le eventuali modificazioni che dovessero subire le sollecitazioni sismiche ad opera dei fattori morfologici, strutturali e litologici.

Tali studi, eseguiti anche in Italia nelle zone dell'Irpinia, del Friuli, dell'Umbria e più recentemente di Palermo e del Molise, hanno evidenziato

notevoli differenze di effetti da zona a zona nell'ambito di brevi distanze, associate a differenti morfologie dei siti o a differenti situazioni geologiche e geotecniche dei terreni.

In tal senso sembra opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati. Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei (es. calcari e calcareniti) gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione ed in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bed-rock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propa-

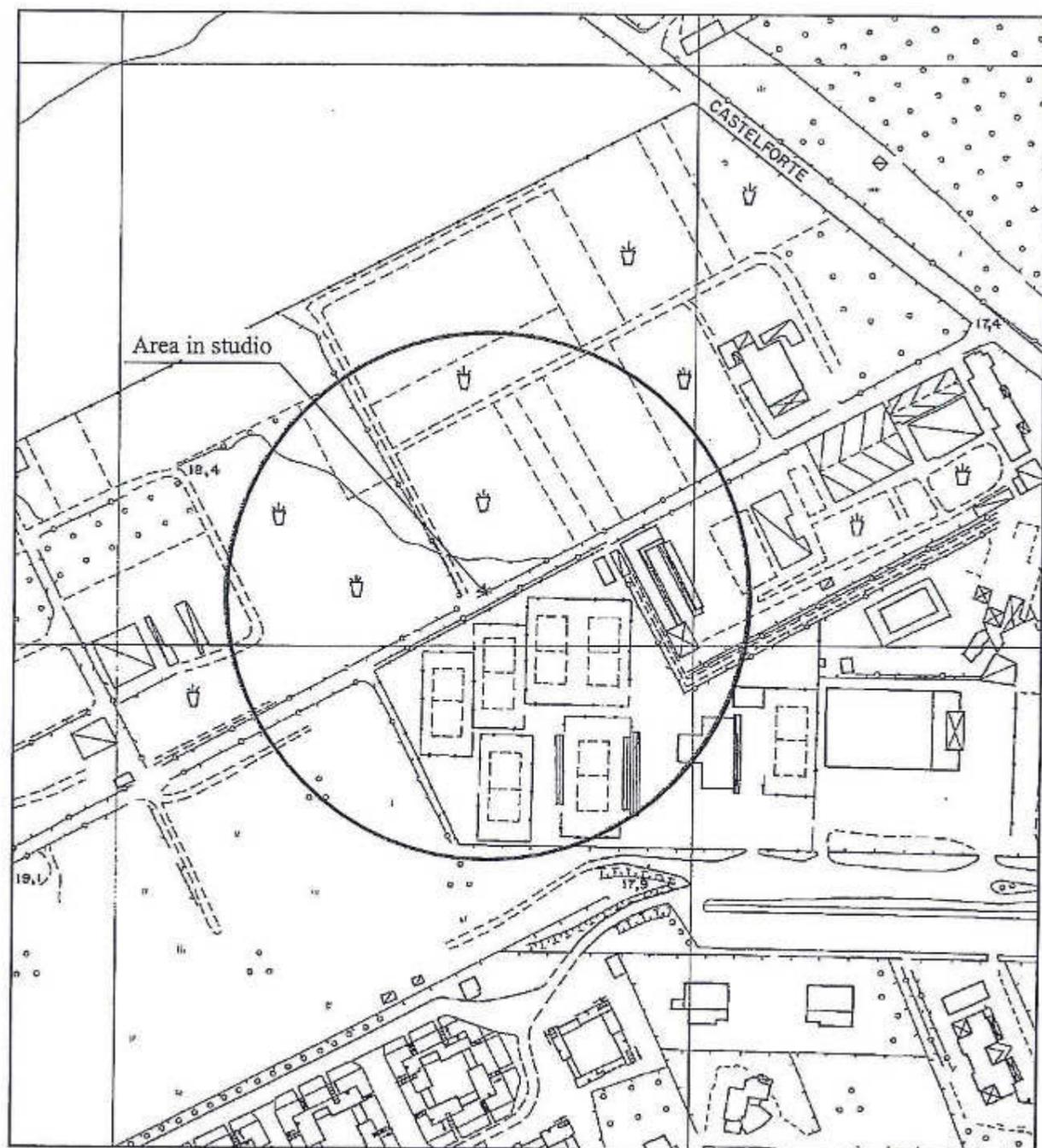
gazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

Di particolare importanza è, inoltre, lo studio dei contatti stratigrafici in affioramento soprattutto tra terreni a risposta sismica differenziata.

Infine, ai sensi del DM 14/01/2008 la categoria di suolo a cui appartengono i terreni interessati dalle opere in progetto è la **B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)".

## CARTA PERICOLOSITA' SISMICHE



Scala 1/2.000

Non sono presenti pericolosità sismiche ai sensi del D.M. 14/1/2008 e della Circolare ARTA 2222/96  
Dai risultati delle indagini sismiche eseguite risulta che non sono presenti picchi H/V di ampiezze significative  
e che possano generare fenomeni di doppia risonanza

## LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il problema della liquefazione dei terreni è di estrema importanza in aree a rischio sismico, come quella in cui si deve realizzare il progetto.

Si tratta di un fenomeno estremamente importante e pericoloso in particolari condizioni.

Il termine *liquefazione* viene usato, per definire un processo per cui una massa di terreno saturo, a seguito dell'intervento di forze esterne, statiche o dinamiche perde resistenza al taglio e si comporta come un fluido.

Ricordando la relazione di un terreno incoerente saturo:

$$\tau_f = (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi$$

se per effetto delle azioni esterne la pressione applicata si trasferisce integralmente alla fase liquida, ossia  $\sigma = u$ , viene  $\tau_f = 0$  e quindi resistenza tangenziale nulla.

Sono soprattutto le azioni dinamiche a disturbare l'equilibrio dello scheletro solido orientando le particelle di roccia, immerse in acqua, verso una maggiore compattezza.

Le particelle di terreno sotto la vibrazione, si dispongono infatti facilmente in un nuovo assetto ed in questa fase di transizione perdono il contatto fra di loro e, quindi, sono «flottanti» temporaneamente nell'acqua perdendo ogni funzione portante.

La presenza dell'acqua pone le sabbie, sottoposte a rapide alternanze di carico, in situazione analoga a quella delle argille sature sottoposte rapidamente a carichi statici; infatti la velocità con la quale si producono le variazioni di volume è talmente elevata che, nonostante la forte permeabilità dello scheletro granulare della sabbia, l'acqua non riesce a

sfuggire mentre avviene la riduzione di volume del tessuto e, quindi, le pressioni interstiziali annullano la resistenza di attrito.

Di qui la liquefazione del terreno e lo sprofondamento delle opere.

La predisposizione alla liquefazione dipende, quindi, dalla capacità del terreno ad aumentare la propria densità, il che è legato evidentemente alla percentuale di vuoti iniziale.

Il fenomeno della liquefazione si verifica per stratificazioni superficiali, a profondità di 15 m può dirsi che esso sia escluso a causa della compattezza prodotta dalla pressione geostatica.

Notevoli assestamenti possono verificarsi con terreni anche asciutti sottoposti a vibrazioni ma senza la presenza della falda non è possibile l'istaurarsi del fenomeno della liquefazione.

I metodi con cui si calcola la tendenza alla liquefazione sono divisi in due categorie: a) Metodi semplificati; b) Metodi empirici ed il nostro studio utilizza quelli definiti dal programma Liquiter della Geostru.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ ed indagini geofisiche per il calcolo delle  $V_{s30}$ .

La resistenza del deposito alla liquefazione viene, quindi, valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione.

Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove di misurazione delle onde di taglio Vs.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione adottati dal programma sono:

- 1) *Metodo di Seed e Idriss (1982);*
- 2) *Metodo di Iwasaki et al. (1978; 1984);*
- 3) *Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1983);*
- 4) *Metodo di Finn (1985);*
- 5) *Metodo di Cortè (1985);*
- 6) *Metodo di Robertson e Wride modificato (1997);*
- 7) *Metodo di Andrus e Stokoe (1998);*
- 8) *Metodi basati sull'Eurocodice 8 (ENV 1998-5);*
- 9) *Metodo basato sull'NTC 2008.*

In base all'Eurocodice 8 (ENV 1998-5) si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando  $a_g < 0,15$  e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- ▣ contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità  $> 10$ ;
- ▣ contenuto di limo superiore al 10% e resistenza  $N_{1,60} > 20$
- ▣ frazione fine trascurabile e resistenza  $N_{1,60} > 25$

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove S è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 - S (M > 5,5)	Spettri di Tipo 2 - S (M < 5,5)
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo MSF consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys.

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT, la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

$$(a) \quad CRR = \frac{0,04844 - 0,004721 (N_{1,60})_{cs} + 0,0006136 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673 [(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248 (N_{1,60})_{cs} + 0,009578 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285 [(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714 [(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove  $(N_{1,60})_{cs}$  viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(N_{1,60})_{es} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

dove  $N_{1,60}$  è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice  $N_m$  (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m$$

$$C_N = \left( \frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato.

Attrezzatura	$C_E$
Safety Hammer	0,7 - 1,2
Donut Hammer (USA)	0,5 - 1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1 - 1,4
Automatico-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8 - 1,4

I parametri  $\alpha$  e  $\beta$ , invece, dipendono dalla frazione fine (FC):

$\alpha = 0$	per $FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\alpha = 5$	per $FC > 35\%$
$\beta = 1,0$	per $FC \leq 5\%$
$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\beta = 1,2$	per $FC > 35\%$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (CPT), i valori di resistenza alla punta misurati  $q_c$  devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100

KPa e vanno calcolati mediante la seguente formula  $q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$

Per poter tenere conto della eventuale presenza di particelle fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride.

Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

come proposto dall'EC8, derivato  $(N_{1,60})_{cs}$ , si utilizza la (a) per il calcolo di CRR.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la formula:

$$V_{s1} = V_s \left( \frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe:

$$CRR = 0,03 \left( \frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[ \frac{1}{(V_{s1})_{cs} - V_{s1}} - \frac{1}{(V_{s1})_{cs}} \right]$$

Rispetto alla normativa europea, la normativa italiana (NTC 2008) è meno accurata e non fornisce proposte di metodologie per valutare il potenziale di liquefazione.

La normativa richiede che il controllo della possibilità di liquefazione venga effettuato quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

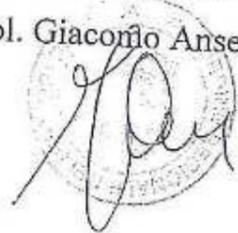
## CONCLUSIONI

Da quanto detto precedentemente in ordine alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e tecniche del sito si evince che:

- l'area è costituita dal punto di vista geologico da biocalcareni bianche a grana medio-fine uniforme, prevalentemente tenere, porose, presenti in banchi omogenei con intercalati strati sabbiosi da sciolti a scarsamente cementati. Queste sono ricoperte da terreno vegetale per uno spessore variabile tra 30 e 40 cm e sovrastano il substrato argilloso della Fm. Flysch Numidico;
- l'area è sub pianeggiante e stabile;
- le condizioni di stabilità dell'area sono ottime in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio;
- non si ritiene, quindi, di eseguire verifiche di stabilità poichè essendo l'area pianeggiante e totalmente esente da qualunque fenomenologia che possa modificare l'attuale habitus geomorfologico, non è possibile l'instaurarsi di alcun movimento franoso e, quindi, i calcoli farebbero registrare valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge;
- il Piano Straordinario per il Rischio Idrogeologico redatto dall'A.R.T.A. nel 2005-2006 esclude tale area da qualunque fenomenologia di dissesto e di rischio geomorfologico ed idraulico;
- il livello freatico si trova ad una profondità di circa 8 mt dal piano campagna;

- nell'area in studio il complesso calcarenitico-sabbioso si presenta eterogeneo da un punto di vista del grado di cementazione e per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni e dalle sperimentazioni scientifiche:
  - *Frazione calcarenitica Tenera:  $\varphi' = 30^\circ$ ,  $c' = 2.0 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 2.0 \text{ t/mc}$ .*
  - *Frazione sabbiosa:  $\varphi' = 28^\circ$ ,  $c' = 0.5 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.9 \text{ t/mc}$ .*
- ai sensi del DM 14/01/2008 la categoria di suolo a cui appartengono i terreni interessati dalle opere in progetto è la **B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$  nei terreni a grana fina)";
- non sono presenti problemi legati alla liquefazione dei terreni;
- non sono presenti pericolosità geologiche, geomorfologiche e sismiche ai sensi della Circolare 2222/95 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente (AR.T.A.);
- nulla osta da un punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico per l'approvazione della variante urbanistica.

Dott. Geol. Giacomo Anselmo



PLANIMETRIA SCHEMATICA UBICAZIONE DELLE  
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

