

## OGGETTO

ATTRIBUZIONE DI UNA NUOVA DESTINAZIONE URBANISTICA AL LOTTO DI TERRENO SITO A SCICLI (RG), TRA LA VIA TAGLIAMENTO, VIA ROSSINI E VIA BADIULA, CATASTALMENTE INDIVIDUATO AL CATASTO TERRENI DEL COMUNE DI SCICLI DALLE PARTICELLA 6227 E 6882 DEL FOGLIO DI MAPPA N. 145.

## DITTA

MULINO IMMOBILIARE S.r.l.

## RELAZIONE GEOLOGICA

ai sensi del D.A. dell' Assessorato Territorio Ambiente della Regione Sicilia n. 120 del 14 luglio 2021

Il Geologo  
Dott. Massimo Petralia

Il Responsabile Unico del Procedimento  
Ing. Andrea Pisani

Visto: il Commissario ad Acta  
Arch. Roberto Brocato

DATA	REV.
Feb.2023	0

SOMMARIO

1	PREMESSA .....	- 2 -
1.1	ALLEGATI .....	- 5 -
2	UBICAZIONE GEOGRAFICA DELL'AREA DI STUDIO .....	- 5 -
3	STUDI PREGRESSI INERENTI L'AREA.....	- 5 -
3.1	ANALISI CARTOGRAFIA PIANI DI BACINO .....	- 5 -
3.1.1	STRALCIO P.A.I. RISCHIO GEOMORFOLOGICO .....	- 6 -
3.1.2	STRALCIO P.A.I. RISCHIO IDRAULICO .....	- 6 -
3.2	STUDIO GEOLOGICO A CORREDO DEL PRG DEL COMUNE DI SCICLI .....	- 6 -
3.3	INDAGINI GEOLOGICHE .....	- 6 -
4	CARTOGRAFIE DI ANALISI.....	- 10 -
4.1	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO (RIF: CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 E IN SCALA 1:2.000).....	- 10 -
4.2	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE (RIF: CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:10.000 E IN SCALA 1:2.000).....	- 11 -
4.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE (RIF: CARTA IDROGEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 E IN SCALA 1:2.000) .....	- 11 -
4.4	CARATTERISTICHE LITOTECNICHE (RIF: CARTA LITOTECNICA IN SCALA 1:2.000) .....	- 11 -
5	CARTOGRAFIA DI SINTESI .....	- 12 -
5.1	PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO .....	- 12 -
5.1.1	SISMICITÀ STORICA DELLA SICILIA SUD- ORIENTALE .....	- 12 -
5.1.2	MODELLAZIONE SISMICA DI BASE E MAGNITUDO DEL TERREMOTO DI PROGETTO .....	- 14 -
5.1.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO E PARAMETRI SISMICI DI PROGETTO.....	- 17 -
6	PRESCRIZIONI E INDICAZIONI ESECUTIVE (RIF: CARTA DELLE PRESCRIZIONI E INDICAZIONI ESECUTIVE IN SCALA 1:2.000) ..	- 23 -

## 1 PREMESSA

Su incarico della Società Mulino Immobiliare S.r.l., il sottoscritto geol. Massimo Petralia, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 2600 sez. A, ha eseguito uno studio geologico relativo al progetto di "Attribuzione di nuova destinazione urbanistica al lotto di terreno sito a Scicli (RG), tra la Via Tagliamento, via Rossini e via Badiula, catastalmente individuato al Catasto Terreni del Comune di Scicli dalle particelle 6227 e 6882 del Foglio di mappa n°145".

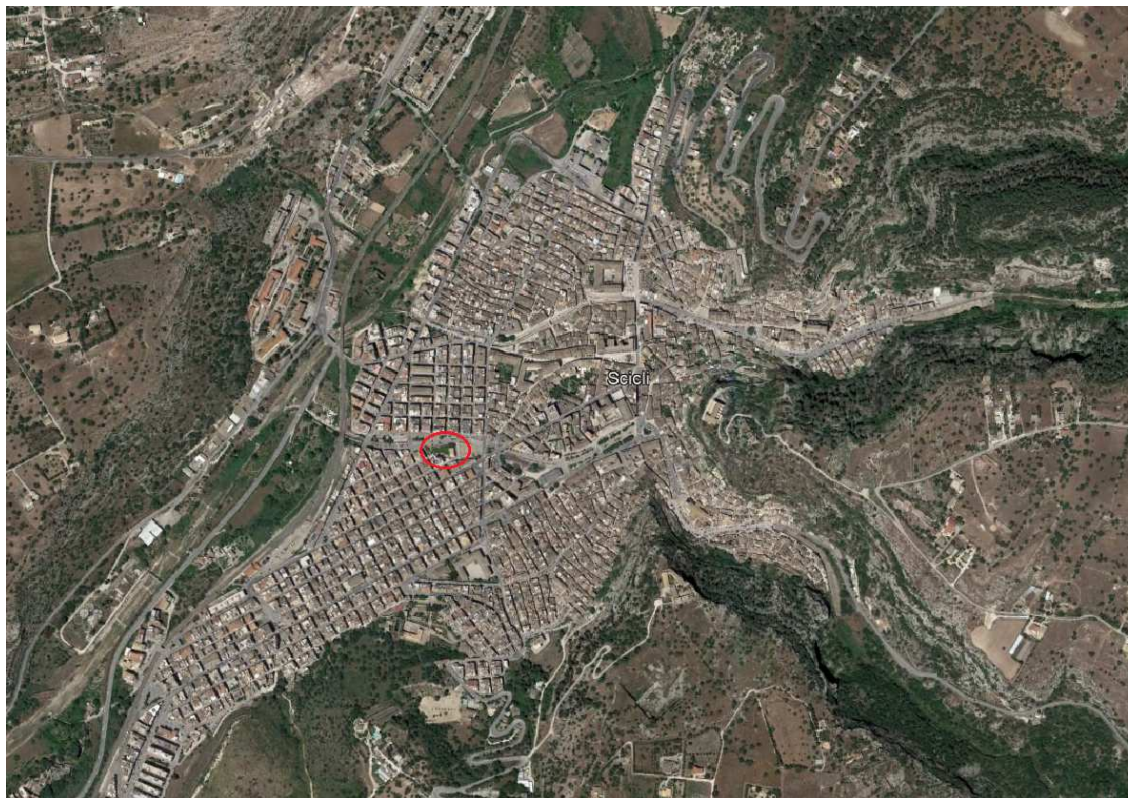
Tale studio è stato svolto in ottemperanza alla D.A. n. 120/Gab dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, il quale riprende sostanzialmente quanto indicato nella Circolare n. 3/DRA del 20 giugno 2014 – prot. N. 28807 del 20 giugno 2014, pubblicata sulla GURS n. 28 dell'11/07/2014, concernente "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici", la quale prevede l'analisi delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, idrologiche, geomorfologiche e sismiche dell'area in esame.

L'area è ubicata all'interno del centro urbano del comune di Scicli, in particolare tra le vie Tagliamento, Rossini e Tripoli. Allo stato attuale è un terreno libero, in un contesto ampiamente edificato, come visibile dalle sottostanti figure 1 e 2, destinata a "Verde Pubblico", dal vigente PRG.

La proposta di variante, riportata in figura 3, riguarda la suddivisione del lotto, con superficie complessiva di 892 m<sup>2</sup> in due aree con destinazione d'uso diversa. L'area a nord, pari a 492 m<sup>2</sup>, manterrebbe l'attuale destinazione d'uso attuale a Verde Pubblico, mentre l'area a sud, di 400 m<sup>2</sup> sarebbe individuata edificabile con destinazione urbanistica "B".

Pertanto la proposta progettuale, riguarderebbe la realizzazione di un edificio a prevalente destinazione residenziale costituito da un piano terra, realizzato a confine fra tre lati e pertanto escluso dal calcolo della cubatura, e tre piani fuori terra oltre l'eventuale copertura a tetto.

L'accesso al piano interrato dell'edificio avverrebbe attraverso la realizzazione di una rampa di accesso, direttamente collegata all'angolo tra via Rossini e via Tagliamento, mentre l'accesso ai volumi fuori terra, attraverso l'area pedonale di proprietà del Comune di Scicli prospiciente via Badiula.



**Figura 1: Foto satellitare con ubicazione dell'area in oggetto (cerchio in rosso).**



Figura 2: Foto satellitare con ubicazione dell'area in oggetto (cerchio in rosso).



Figura 3: Proposta di suddivisione del lotto.

Lo scopo della suddetta Circolare n. 3/DRA del 20 giugno 2014, è quello di fornire delle linee guida per redigere degli studi geologici propedeutici agli strumenti urbanistici, finalizzati a:

- fornire un quadro conoscitivo sufficiente per illustrare le caratteristiche geologiche del territorio in esame e identificare le situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geologica tali da poter influenzare, in modo significativo, le scelte degli strumenti urbanistici.
- indicare le prescrizioni e gli accorgimenti tecnici affinché tali condizioni di pericolosità non si aggravino o si manifestino nelle zone di nuova urbanizzazione.

Anche dal punto di vista sismico la Circolare fornisce strumenti utili a individuare e ridurre il rischio sismico presente nell'area.

La pericolosità sismica è intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito ed è legata alle caratteristiche sismo - tettoniche, alle modalità di rilascio dell'energia alla sorgente, alla propagazione delle onde sismiche locali e alle caratteristiche del terremoto di progetto.

Con l'entrata in vigore D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle "norme tecniche per le costruzioni", ogni costruzione va riferita ad un'accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera.

Tali accelerazioni possono essere amplificate a causa di particolari condizioni geologico-morfologiche, come ad esempio le aree che presentano particolari condizioni morfologiche (creste rocciose, cocuzzoli, dorsali, scarpate, etc.), dove si possono verificare localizzazioni dell'energia sismica incidente con conseguente esaltazione dell'ampiezza delle onde; la presenza di depositi alluvionali e di falde di detrito, o fenomeni di deformazioni permanenti e/o cedimenti dovuti alla liquefazione dei depositi sabbiosi saturi d'acqua.

La Circolare permette quindi di redigere studi geologici in grado altresì di individuare quei fattori geologici-geomorfologici, in grado di variare la risposta sismica di un sito.

Nel paragrafo 4 della Circolare si riportano due diverse procedure di studio, da adottare nel caso di strumenti urbanistici generali (procedura A) o di strumenti Urbanistici attuativi (procedura B).

Lo studio in esame rientra nella procedura B, in quanto si tratta di strumenti urbanistici attuativi, procedura suddivisa ulteriormente in una fase preliminare e in una fase di dettaglio.

Nella fase preliminare, sono state raccolte tutte le informazioni esistenti, redigendo delle cartografie in scala 1:10.000, mentre nella fase di dettaglio, è stata ristretta l'area di studio, redigendo le cartografie di dettaglio.

Nello schema sotto viene riportato lo schema della procedura B, con le fasi di studio e le cartografie.

<b>(B) Strumenti Urbanistici Attuativi</b>	<b>Fase Preliminare (B1)</b>	- raccolta dati (B1a)	- indagini	1:2.000/1:10.000
		- cartografia di analisi (B1b)	- geologica - geomorfologica - idrogeologica	1:10.000
		- indagini integrative (B2a)	- indagini	1:2.000
	<b>Fase di Dettaglio (B2)</b>	- cartografie di analisi (B2b)	- geologica - litotecnica - geomorfologica - eventuale idrogeologica	
		- cartografie di sintesi (B2c)	- delle prescrizioni ed indicazioni esecutive	

Sia la cartografia di analisi che quella di sintesi sono stati prodotti su supporto informatico secondo gli standard previsti dal D. Lgs. 27 gennaio 2010, n. 32 "Attuazione della direttiva 2007/2/CE, (INSPIRE)".

## 1.1 Allegati

Alla presente relazione vengono allegati le seguenti carte, come previsto dalla suddetta Circolare, la cui realizzazione è mirata all'esposizione delle caratteristiche dell'area interessata dal progetto e del suo intorno.

- Allegato 1: Stralcio PAI – carta del rischio geomorfologico
- Allegato 2: Stralcio PAI – carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione
- Allegato 3: P.R.G. Comune di Scicli – Carta geolitologica geomorfologica
- Allegato 4: P.R.G. Comune di Scicli – Carta dell'edificabilità
- Allegato 5: Carta geologica in scala 1:10.000
- Allegato 6: Carta geomorfologica in scala 1:10.000
- Allegato 7: Carta idrogeologica in scala 1:10.000
- Allegato 8: Carta delle indagini
- Allegato 9: Carta geologica
- Allegato 10: Carta geomorfologica
- Allegato 11: Carta litotecnica
- Allegato 12: Carta idrogeologica
- Allegato 13: Carta delle prescrizioni e indicazione esecutive
- Allegato 14: Sezione geologica

Vengono altresì allegati:

- Rapporto di prova sismica attiva MASW
- Stratigrafie delle perforazioni
- Rapporto delle prove di laboratorio geotecnico

## 2 Ubicazione geografica dell'area di studio

L'area oggetto di studio è ubicata nel centro urbano del comune di Scicli, in particolare tra le vie Tagliamento, Rossini e Tripoli, riportata nella Carta Tecnica Regionale sezione n. 651010 e altresì individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine (WGS84):	36.7919235	[°]
Longitudine (WGS84):	14.7029972	[°]
Latitudine (ED50):	36.7929993	[°]
Longitudine (ED50):	14.7038116	[°]

## 3 STUDI PREGRESSI INERENTI L'AREA

Nel presente paragrafo si riportano i vincoli normativo - geologici eventualmente presenti nel sito.

### 3.1 Analisi cartografia Piani di Bacino

Tramite l'art. 130 della L.R. n. 6 del 3 maggio 2001, la Regione Sicilia si è dotata di uno strumento normativo per la redazione e approvazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.). La sua finalità sostanziale è di pervenire ad un assetto idrogeologico del territorio che minimizzi, per ogni area, il livello

di rischio connesso ad identificati eventi naturali estremi, incidendo, direttamente o indirettamente, sulle variabili quali la Pericolosità, Vulnerabilità e Valore Esposto.

A tale scopo il territorio siciliano è stato suddiviso in 102 bacini idrografici principali e aree comprese tra una foce e l'altra, raggruppandoli dal punto di vista geografico, nei tre versanti siciliani, settentrionale, sudorientale e orientale.

L'area di studio ricade all'interno dei Bacini idrografici del fiume Irminio e del torrente di Modica ed area intermedia (082-083).

Le cartografie elaborate sono inerenti i dissesti, la pericolosità ed il rischio geomorfologico, la pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione ed il rischio idraulico.

### 3.1.1 Stralcio P.A.I. rischio geomorfologico

In relazione alla Cartografia P.A.I. il sito è riportato all'interno della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n. 20. Come si nota dallo stralcio allegato alla presente, l'area in oggetto non è interessata da pericolosità o rischio geomorfologico.

### 3.1.2 Stralcio P.A.I. rischio idraulico

In relazione alla Cartografia P.A.I. inerente la cartografia del rischio per fenomeni di esondazione, il sito è riportato all'interno della Carta della Pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n. 20.

Come si nota dallo stralcio allegato alla presente, il sito in oggetto non è interessato da pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione.

## 3.2 Studio geologico a corredo del PRG del comune di Scicli.

La cartografia geologica relativa allo Studio Geologico a corredo del Piano Regolatore Generale del Comune di Scicli è costituita da una cartografia in scala 1:2.000, inerente il centro urbano con le zone di espansione urbanistica e le frazioni e da una cartografia in scala 1:10.000, inerente l'intero territorio comunale.

L'area in oggetto ricade all'interno delle seguenti tavole di dettaglio in scala 1:2.000:

- Carta geolitologica – geomorfologica - Tavola n. 1P
- Carta dell'edificabilità – Tavola n. 2P

Come visibile dagli stralci delle suddette carte, riportati tra gli allegati alla presente relazione, l'area oggetto degli interventi presenta le seguenti caratteristiche:

- 1) Affioramento depositi alluvionali recenti
- 2) Aree edificabili a condizione, in quanto costituiti da depositi alluvionali a margini di corsi d'acqua

## 3.3 Indagini geologiche

Al fine di avere un quadro geologico più completo possibile, la committenza ha fornito al sottoscritto uno studio geologico precedente inerente il PROGETTO ESECUTIVO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI UN EDIFICIO MISTO (RESIDENZIALE E COMMERCIALE) AI SENSI DEL COMMA 10.13 ART 35 B DELLE N.T.A. SITO A SCICLI, TRA LE VIE ROSSINI, TRIPOLI E DONIZZETTI, al fine di prendere visione delle indagini geognostiche pregresse riportate nello stesso, ubicate nell'area oggetto della presente relazione.

In particolare le suddette indagini sono le seguenti:

- n. 2 perforazioni a carotaggio continuo eseguite in occasione della progettazione del Parcheggio Badiula.

- n. 3 prove di laboratorio geotecnico eseguite su dei campioni prelevati durante le suddette perforazioni a carotaggio
- n. 1 indagine sismica eseguita in occasione del progetto dell'edificio di cui sopra, eseguite direttamente sul sito oggetto della presente relazione.

Le ubicazioni delle suddette indagini sono riportate nell'allegato 8.

#### **Perforazione a carotaggio S1**

Il sondaggio S1 è stato realizzato a carotaggio continuo con il prelievo di carote per tutta la lunghezza della perforazione spinta fino a 10,2 metri dal piano campagna.

La stratigrafia rinvenuta è la seguente:

<b>da (mt)</b>	<b>a (mt)</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
0,00	-2,60	Materiale detritico costituito da frammenti carbonatici centimetrici immersi in una matrice limoso argillosa di colore marrone
-2,60	-9,70	Alluvioni costituite da elementi calcarei di dimensioni con blocchi di 20-30 cm in matrice sabbioso-limosa giallastra
-9,70	-10,2	Marne grigie



#### **Perforazione a carotaggio S2**

Il sondaggio S2 è stato realizzato a carotaggio continuo con il prelievo di carote per tutta la lunghezza della perforazione spinta fino a 10,4 metri dal piano campagna.

La stratigrafia rinvenuta è la seguente:

<b>da (mt)</b>	<b>a (mt)</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
0,00	-3,70	Materiale detritico costituito da frammenti carbonatici centimetrici immersi in una matrice limoso argillosa di colore marrone
-3,70	-10,00	Alluvioni costituite da elementi calcarei di dimensioni con blocchi di 20-30 cm in matrice sabbioso-limosa giallastra
-10,00	-10,4	Marne grigie





### ***Analisi di laboratorio geotecnico***

Durante le perforazioni sono stati prelevati due campioni indisturbati, il campione n.1, prelevato a una profondità di 10,4 metri dal piano campagna, dalla perforazione S1, e il campione n. 2, prelevato ad una profondità di 0,50 metri dal piano campagna, dalla perforazione S2.

Su di essi sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio quali la determinazione :

- Caratteristiche volumetriche e di consistenza
- Analisi Granulometrica
- Prove di taglio diretto

Si riportano di seguito i risultati per ciascun campione:

#### **Campione 1**

<b>Umidità naturale</b>	Wn	%	22,36
<b>Peso di volume</b>	$\gamma$	g/cc	2,08
<b>Porosità</b>	N	%	38,41
<b>Grado di saturazione</b>	Sr	%	98,96
<b>Angolo di attrito interno</b>	$\phi$	°	18,7
<b>Coesione</b>	C	Kg/cmq	0,07

#### **Campione 2**

<b>Peso di volume</b>	$\gamma$	g/cc	1,70
<b>Peso specifico solido</b>	$\gamma_s$	g/cc	2,68
<b>Angolo di attrito interno</b>	$\phi$	°	23
<b>Coesione</b>	C	Kg/cmq	0,01

### **INDAGINE SISMICA**

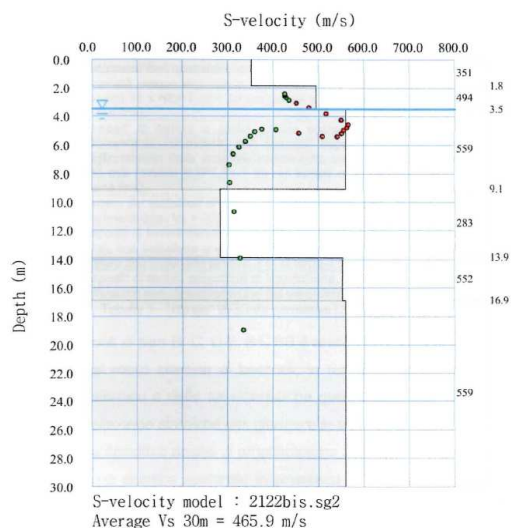
L'indagine sismica pregressa, è stata eseguita direttamente nel sito in oggetto, secondo l'ubicazione riportata in allegato 8.

In dettaglio si tratta di un'indagine geofisica di superficie, eseguita con l'ausilio di 24 geofoni verticali, posizionati con distanza intergeofonica di 2 metri.

Tale indagine ha permesso di rilevare la seguente sismostratigrafia, le quali velocità e spessore degli strati sono stati tarati con le colonne stratigrafiche scaturite dalle due perforazioni eseguite sul sito:

Sismostrato	Spessore (mt)	Vs (m/sec)
1	1,84	351,19
2	1,65	494,50
3	5,60	559,12
4	4,78	283,03
5	3,04	552,33
6	13,09	559,12

La sezione sismostratigrafica rilevata è la seguente:



Tale sezione mostra una successione stratigrafica con un miglioramento graduale, all'aumentare della profondità, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi presenti nel sito.

Di seguito la correlazione tra le due perforazioni a carotaggio e la sismostratigrafia:

Sismostrato	Spessore (mt)	Vs (m/sec)	Descrizione
1	1,84	351,19	Detriti
2	1,65	494,50	
3	5,60	559,12	Alluvioni
4	4,78	283,03	Parte apicale delle marne
5	3,04	552,33	Marne grigie compatte
6	13,09	559,12	

Considerato che non vi è la presenza nei primi 30 metri di profondità, di una litologia avente una velocità delle onde S maggiore di 800 m/s, il valore della  $V_{S,eq}$  è uguale al valore della  $V_{S30}$ , secondo la seguente formula (D.M. 17/01/2018):

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Che nel caso in esame è pari a pari a **465,87 m/sec**, facendo così rientrare il sottosuolo all'interno della categoria sismica di sottosuolo, ai sensi del DM. 17/01/2018 e s.m.i., di tipo "B" così definita:

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”

## 4 CARTOGRAFIE DI ANALISI

Tenendo presente quanto di seguito riportato e presente al paragrafo 4.2 della Circolare:

*“Obiettivo di tale elaborato è l'individuazione e la rappresentazione cartografica delle caratteristiche geologiche sia strutturali che stratigrafiche presenti nell'area in esame ed, in particolare, l'individuazione di tutti i litotipi che si ritengono significativi (per caratteristiche litologiche e sviluppo spaziale) [omissis] Negli studi della fase di dettaglio (A2a e B2b) è comunque necessario un rilievo inedito di tutta l'area in esame e di un suo intorno significativo. [...] Lo studio relativo alla carta geologica deve individuare, oltre a quanto sopra precisato, eventuali elementi geologici, paleontologici, mineralogici, etc. che possono avere requisiti di rarità ed interesse scientifico tali da essere suscettibili di tutela, ai sensi delle leggi regionali n.80/1977, n. 98/1981, n. 14/1988 e 25/2011 e del D. Lgs 42/2004 del D.A.R.B.C.A. n. 9280/2006.”*

Unitamente a quanto previsto dal DM 17/01/2018, ovvero la modellazione geologica, sono state valutate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e di pericolosità geologica e sismica dell'area.

### 4.1 Caratteristiche geologiche del sito (rif: carta Geologica in scala 1:10.000 e in scala 1:2.000)

Dall'analisi delle cartografie ufficiali pregresse, dalla documentazione in possesso dal sottoscritto e a seguito di sopralluoghi e rilievi geologici, è stato possibile determinare le caratteristiche geologiche a grande scala e quelle relative al sito oggetto del presente studio.

L'area in oggetto rientra all'interno della depressione tettonica (graben) di Scicli, all'interno del quale affiorano le marne della formazione Tellaro, incise dall'alveo del torrente Modica-Scicli, i cui depositi alluvionali sono presenti in gran parte dell'abitato di Scicli, ricoprendo le suddette Marne e a loro volta ricoperti, o intercalati da detriti di falda.

Come visibile dalla carta geologica in scala 1:10.000, la parte più depressa coincide con il suddetto graben, delimitato da due sistemi di faglie NNE-SSW, parallele e antitetiche, che delimitano tale parte depressa, con affiorante le marne, ricoperte a sud da calcareniti pleistoceniche e Trubi, dalle restanti parti e est e a ovest, con quote più elevate e interessate da affioramenti dell'alternanza calcarenitica –calcareao marnosa, appartenenti alla formazione Ragusa.

Depositati di detriti di falda e alluvioni ricoprono indifferentemente le marne e l'alternanza calcarenitico-calcareao marnosa.

Dal punto di vista stratigrafico, dall'alto verso il basso, si hanno quindi i seguenti depositi e litologie di substrato:

- Detriti e colluvioni;
- Alluvioni costituite da elementi calcarei immersi in una matrice sabbiosa-limoso;
- Calcareniti e biocalcareniti giallastre del pleistocene
- Calcarei marnosi (Trubi)
- Marne grigie argillose della formazione Tellaro
- Alternanza di strati calcarenitici e calcareao marnosi, appartenenti al membro Irminio della Formazione Tellaro

Dalla stratigrafia delle due perforazioni e dai dati rilevati dall'indagine M.A.S.W. eseguita sul sito, la stratigrafia presente direttamente nell'area di studio, è la seguente:

- da 0,00 a -3,50 mt dal pc: Deposito detritico costituito da frammenti carbonatici centimetrici immersi in una matrice limoso argillosa.
- da -3,50 a -9,70 mt: Alluvioni costituite da elementi calcarei eterometrici con blocchi di 20-30 cm in matrice sabbioso-limosa giallastra.
- da -9,70 a 14,0 mt: Parte apicale delle marne grigie.
- da -14,0 mt fino ad almeno 30 mt: Marne grigie compatte appartenenti alla formazione Tellaro.

#### 4.2 Caratteristiche idrologiche e geomorfologiche (rif: Carta Geomorfologica in scala 1:10.000 e in scala 1:2.000)

Relativamente alla carta geomorfologica in scala 1:10.000, si può notare la presenza di un'area depressa centrale di origine tettonica, caratterizzata da una topografia orizzontale, in quanto legata ai depositi alluvionali e delle aree verso est e verso ovest, caratterizzate da zone di altopiano incise dai corsi d'acqua a carattere torrentizio, che hanno dato luogo ai canyon, localmente chiamate cave, vale a dire incisioni profonde caratterizzati da scarpate acclivi impostati su formazioni carbonatiche litoidi.

Nel dettaglio, l'area in oggetto presenta una topografia orizzontale ed è ubicata al di sopra del versante sinistro del torrente San Bartolomeo, ad una quota pari a -2,50 metri dalla sede stradale di via Tagliamento e superiore di 2,00 metri, rispetto al greto del torrente regimato, dal quale la stessa è protetta da opere di difesa, escludendo processi di erosione e esondazione.

#### 4.3 Caratteristiche idrogeologiche (rif: carta Idrogeologica in scala 1:10.000 e in scala 1:2.000)

Dal punto di vista idrogeologico, nel sito di interesse affiorano dei depositi detritici passanti verso il basso a depositi alluvionali, entrambi a permeabilità di tipo primaria per porosità. Le marne sottostanti presentano invece una bassa permeabilità.

La falda superficiale si trova ad una profondità di 3,50 metri dal piano campagna.

#### 4.4 Caratteristiche litotecniche (rif: carta litotecnica in scala 1:2.000)

Come richiesto dalla Circolare, l'individuazione delle unità litotecniche presenti nell'area, unitamente alle caratteristiche morfologiche del territorio, è indispensabile per procedere ad una zonizzazione delle aree soggette a prescrizioni ed indicazioni esecutive.

Ai sensi dell'allegato D della Circolare, i litotipi presenti nell'area rientrano nella seguente unità litotecnica:

##### UNITA' DI COPERTURA

I depositi di detriti e le alluvioni, sono riconducibili all'unità litotecnica **F2**, inerenti i "*sedimenti sciolti a grana grossa, con frammenti lapidei arrotondati o spigolosi con frazione fina interstiziale*" o "*dotati di coesione per legante argilloso*".

##### UNITA' DI SUBSTRATO

Le marne della formazione Tellaro, sono riconducibili all'unità litotecnica **B4**, inerente le "*successioni con alternanze di litotipi diversi, quali litotipi litoidi e argillosi*" o, se alterate, all'unità litotecnica **H1**, inerente i "*sedimenti a grana fine e finissima, quali limi argillosi o argille*".

## 5 CARTOGRAFIA DI SINTESI

La cartografia di sintesi, così come richiesta dalla Circolare, tende ad evidenziare, attraverso la rappresentazione grafica, le aree di un determinato territorio che sono interessate da pericolosità geologiche come ad esempio frane, erosioni, esondazioni, vulnerabilità dell'acquifero, ecc.

Nel dettaglio si tratta di una carta delle prescrizioni e indicazioni esecutive, redatta dopo un'attenta analisi ed interpretazione delle analisi precedenti (carta geologica, geomorfologica e idrogeologica) e sulla scorta dei risultati delle indagini eseguite in sito e della caratteristiche sismiche del territorio.

Di seguito viene riportata un'analisi della pericolosità sismica del territorio ed infine la carta delle prescrizioni ed indicazioni esecutive.

### 5.1 PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

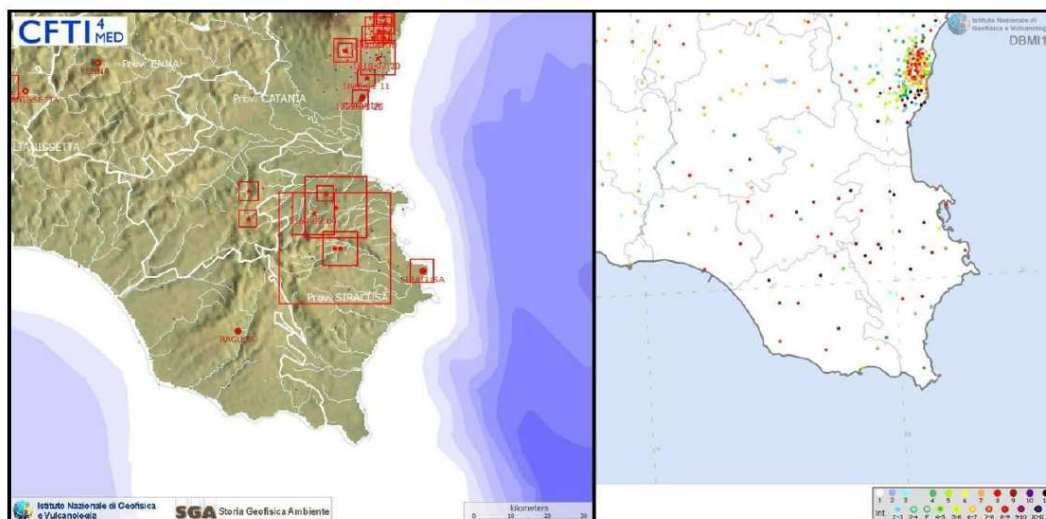
Nei paragrafi successivi vengono riportate le caratteristiche e la pericolosità sismica dell'area in esame.

#### 5.1.1 Sismicità storica della Sicilia Sud- Orientale

La Provincia di Ragusa è soggetta ad un'attività sismica medio-alta, indotta da frequenti terremoti con epicentri ricadenti all'interno del territorio provinciale, e da terremoti più intensi con epicentri localizzati nelle aree limitrofe, ovvero lungo la costa ionica.

Prima del 1500 non vi sono informazioni sufficienti per ricostruire in maniera dettagliata gli effetti macrosismici risentiti; gli unici terremoti degni di nota sono il terremoto del 04.02.1169 con  $I_{max} = 10$  e  $M_e = 6.4$  e il terremoto del 07.06.1125 con  $I_{max} = 8.5$  e  $M_e = 5.8$ .

Dal catalogo dei forti terremoti CFTI (Guidoboni et al., 2007), sono stati estratti i terremoti, che a partire dal 1500, hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia Nord Orientale, come visibile nelle figure sotto:

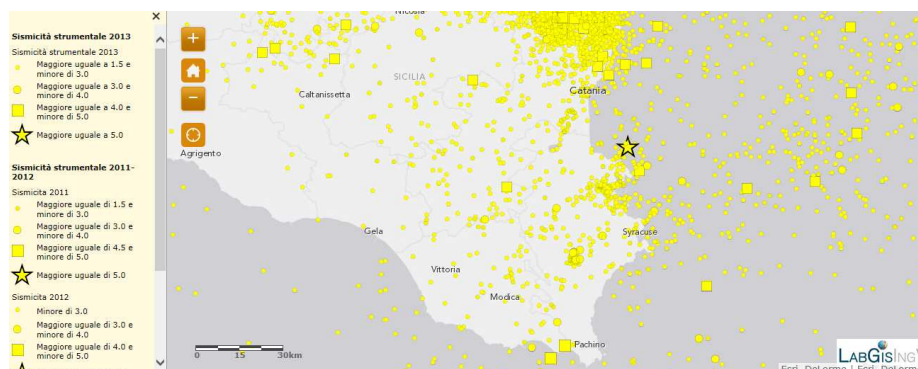


A seguire sono riportati i principali eventi sismici a partire dal 1500, che hanno avuto effetti macrosismici significativi:

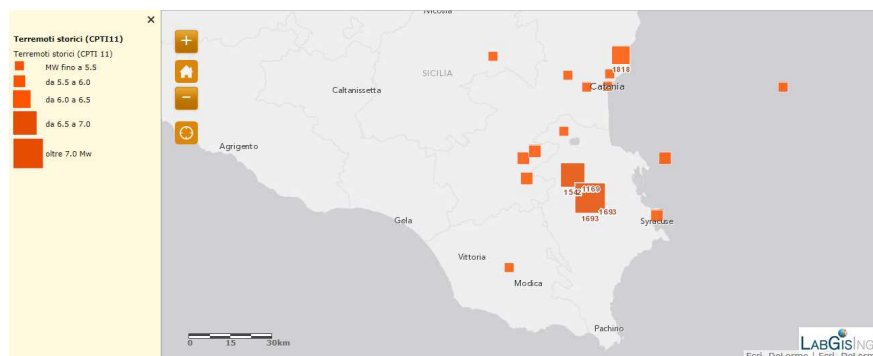
Terremoto del 10.12.1542:  $I_{max} = 10$ ,  $M_e = 6.8$  - Terremoto del 03.10.1624:  $I_{max} = 9$ ,  $M_e = 5.6$  -  
 Terremoto del 09.01.1693:  $I_{max} = 8.5$ ,  $M_e = 6.2$  - Terremoto del 11.01.1693:  $I_{max} = 11$ ,  $M_e = 7.4$  -  
 Terremoto del 01.03.1818:  $I_{max} = 7.5$ ,  $M_e = 5.5$  - Terremoto del 13.12.1990:  $I_{max} = 7.5$ ,  $M_e = 5.4$

Il Comune di Scicli è situato nella parte meridionale della Sicilia Orientale, un'area in passato caratterizzata da un'intensa attività sismica e dalla presenza di numerose faglie sismogenetiche.

Come visibile dalla mappa sotto riportata, inerente i terremoti localizzati dalla rete sismica nazionale nel periodo 1980-2013, si nota la presenza di terremoti di piccola e media magnitudo localizzati in prossimità del Comune di Scicli.



Per individuare i terremoti di forte magnitudo, che hanno avuto a Scicli effetti macrosismici di notevole intensità, ci si deve riferire alla distribuzione degli epicentri di eventi storici riportati nella figura sottostante ed estratti dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI11, Rovida et al, 2011).



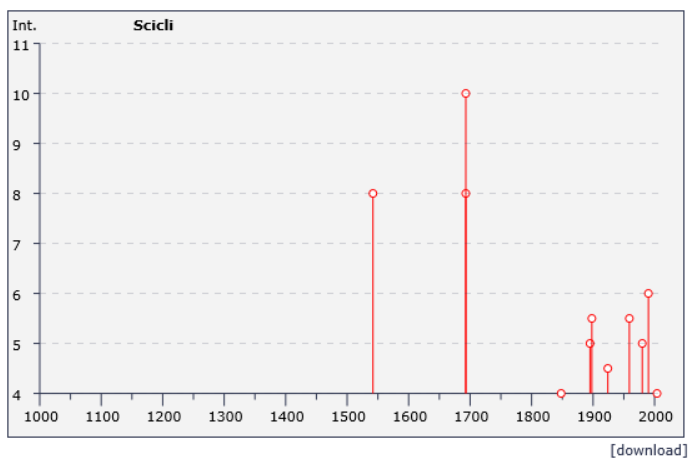
La tabella e il grafico seguenti riportano la storia sismica di Scicli estratta dal database Macrosismico Italiano (DBMI11, Locati et al. 2011), dove si nota che a partire dall'undicesimo secolo, 26 eventi sismici hanno avuto a Scicli effetti macrosismici documentati spesso di grado elevato.

**Storia sismica di Scicli**  
[36.792, 14.706]

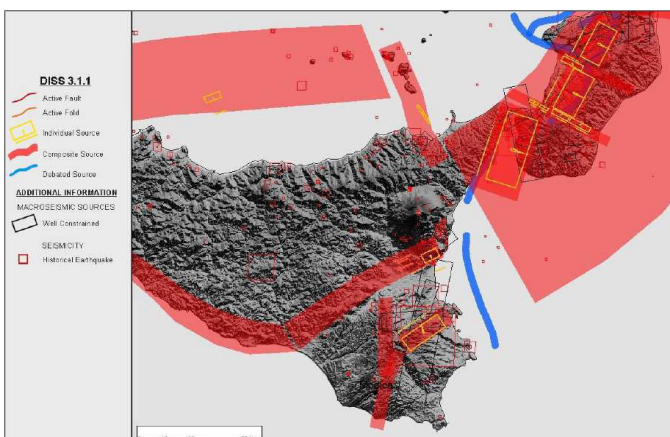


Numero di eventi: 15

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
8	1542 12 10 15:15	Siracusano	32	10 6.77 ±0.32	
8	1693 01 09 21:00	Val di Noto	30	8-9 6.21 ±0.31	
10	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11 7.41 ±0.15	
3-4	1727 01 07	NOTO	14	6-7 4.83 ±0.35	
4	1848 01 11 12:00	Golfo di Catania	41	7-8 5.45 ±0.39	
3	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9 6.07 ±0.10	
5	1895 04 13 15:01	Vizzini	32	6-7 4.89 ±0.45	
3-4	1896 07 02 00:30	CANALE DI SICILIA	10	4 4.21 ±0.56	
5-6	1898 11 03 05:59	Caltagirone	48	5-6 4.80 ±0.30	
2	1908 12 10 06:20	NOVARA DI SICILIA	64	7 5.13 ±0.26	
4-5	1924 08 17 21:40	MONTI IBLEI	22	5 4.73 ±0.24	
5-6	1959 12 23 09:29	PIANA DI CATANIA	108	6-7 5.29 ±0.20	
5	1980 01 23 21:21	MODICA	122	5-6 4.58 ±0.14	
6	1990 12 13 00:24	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09	
4	2004 12 30 04:04	Monti Iblei	49	5 4.17 ±0.17	



Il comune di Scicli si trova in prossimità di alcune importanti strutture sismogenetiche, riportate nella figura sotto, quali quella di Ragusa-Palagonia e Scicli-Giarratana e in prossimità della struttura sismogenetica Gela-Catania e di monte Lauro.



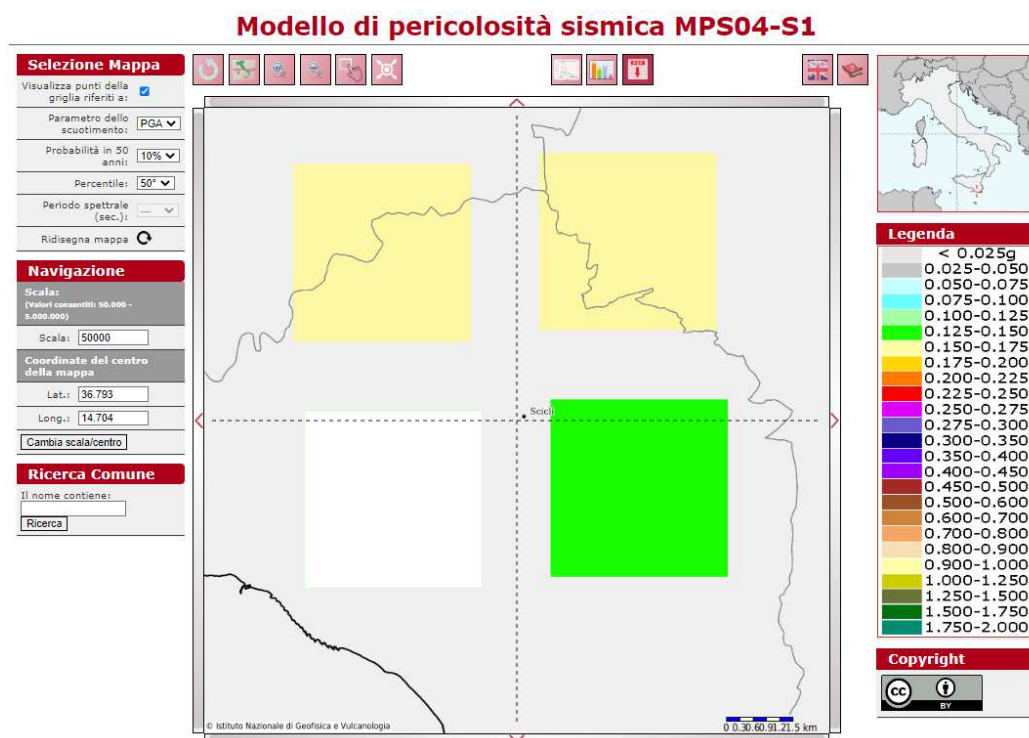
**5.1.2 Modellazione sismica di base e magnitudo del terremoto di progetto**

Le Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC), stimano la **pericolosità sismica di base** mediante un approccio “sito dipendente”. Tale pericolosità sismica di base costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche sulle costruzioni.

La pericolosità sismica in un generico sito è descritta, sia in termini geografici che in termini temporali:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (cat.A nelle NTC)
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento, è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>, In essa sono riportati i parametri di pericolosità sismica, espressi in unità di misura **g** come dalla seguente mappa:

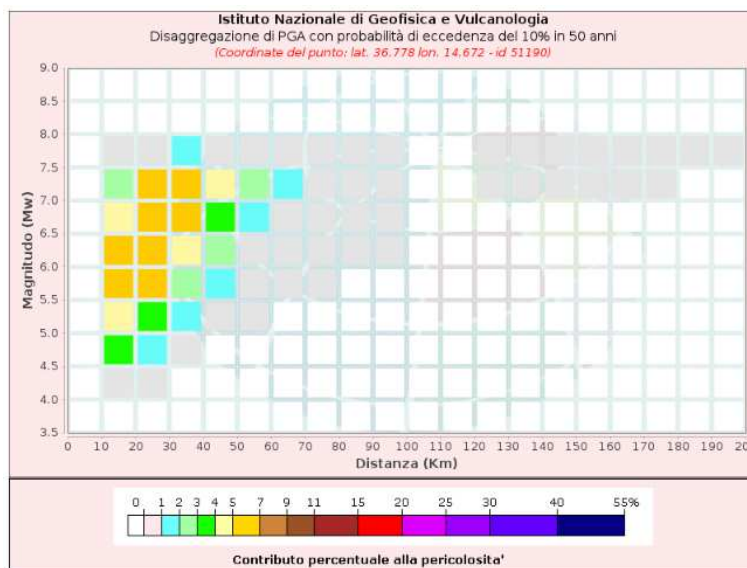


I quadrati colorati corrispondono ai nodi della griglia di riferimento e per ognuno di essi sono forniti i dati di dettaglio, in termini di disaggregazione del parametro  $a(g)$ .

Per disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) s’intende un’operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.



Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R-ε dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione.



Dall'individuazione del punto è stata ricavata la tabella di disaggregazione della pericolosità sismica di base del sito, espressa in termini di **magnitudo di terremoto di progetto**, relativa ai dati disaggregati di accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e relativa al nodo identificato da ID: 51190

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 36.778 lon. 14.672 - id 51190)											
Distanza (km)	Magnitudo (Mw)										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.7850	3.1700	4.7600	5.5800	5.2900	4.1500	2.7700	0.4060	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.1170	1.2800	3.2700	5.3500	6.7200	6.7400	5.5400	0.9060	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0778	1.0100	2.6300	4.3400	5.4700	5.5000	1.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.1430	1.0600	2.3600	3.6200	4.3000	0.8640	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.2620	0.9870	1.8500	2.5500	0.5560	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0349	0.3670	0.8630	1.3600	0.3190	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0862	0.2990	0.5450	0.1360	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0155	0.1020	0.2180	0.0578	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0239	0.0608	0.0170	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0036	0.0014	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0060	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0103	0.0060	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0063	0.0050	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0031	0.0039	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0023	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.41	30.7	1.01

Nel caso specifico è stata restituita la terna di valori di disaggregazione tridimensionale, ovvero:

M: 6.41 - R: 30.7 - ε: 1.01

### 5.1.3 Pericolosità sismica del sito e parametri sismici di progetto

#### **Azione sismica di base**

L'azione sismica viene 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.

Le NTC impongono, che per il calcolo delle azioni sismiche di progetto agenti sul sito interessato dalla realizzazione del fabbricato, dovrà essere determinata la pericolosità sismica locale, partendo dalla sua pericolosità sismica di base.

Tale pericolosità sismica di base è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento  $V_r$ ), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Tale probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR"

Il D.M. 17 gennaio 2018 fornisce la "pericolosità sismica di base" compilata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, dell'intero territorio nazionale, tramite una griglia di 10.751 punti spaziali individuati da valori di latitudine e longitudine e aventi ognuno la terna di valori  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*c$ , per nove distinti periodi di ritorno  $T_r$  (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni) e riferiti per convenzione, ad un sito rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1).

Nel dettaglio tale terna di valori è data da:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del sito
- $F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T^*c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In riferimento al sito in oggetto, la pericolosità sismica di base è stata calcolata determinando prima i seguenti valori:

Coordinate del sito: espresse in longitudine ed in latitudine.

Classe d'uso: rappresenta la suddivisione delle costruzioni secondo il loro uso, raggruppate in Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV, secondo quanto riportato nel paragrafo 2.4.2 del dm 17/01/2018 e ss.mm.ii.

Vita nominale ( $V_n$ ): rappresenta il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Periodo di riferimento per l'azione sismica ( $V_r$ ): dato dal prodotto tra la vita nominale  $V_N$  ed il coefficiente d'uso  $C_u$  relativo alla classe d'uso considerata, ovvero:

$$V_r = V_n * C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_u$  è definito, al variare della classe d'uso come riportato nella seguente tabella:

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$** 

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Una volta determinati tali valori, la terna dei valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  relativi a ciascuno Stato Limite (SLO, SLD, SLV, SLC), è stata calcolata con le modalità descritte nell'allegato A alle NTC e Circolare 617/09, considerando i quattro vertici della maglia del reticolo che racchiude il sito in oggetto, i cui valori della terna ( $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$ ), corrispondono ai valori dei periodi di ritorno  $T_r$ , ricavati a loro volta dai valori di  $V_r$  e di PVR dello stato limite considerato.

#### **Azione sismica di sito**

I precedenti parametri scaturiti dalla valutazione della risposta sismica di base e inerenti il sito di riferimento rigido, possono non corrispondere a quelle effettive che si avvertono in superficie.

Al fine di valutare l'azione sismica del sito e quindi la risposta sismica locale, è necessario tenere conto sia delle caratteristiche fisiche del volume di terreno interessato dall'opera sia delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati oppure eseguendo specifiche analisi. I metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante accelerogrammi.

Nei metodi semplificati è possibile valutare i seguenti effetti stratigrafici e topografici.

effetti stratigrafici: legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno, determinabili mediante l'individuazione delle seguenti categorie di sottosuolo di riferimento.

**Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

**Effetti topografici:** legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

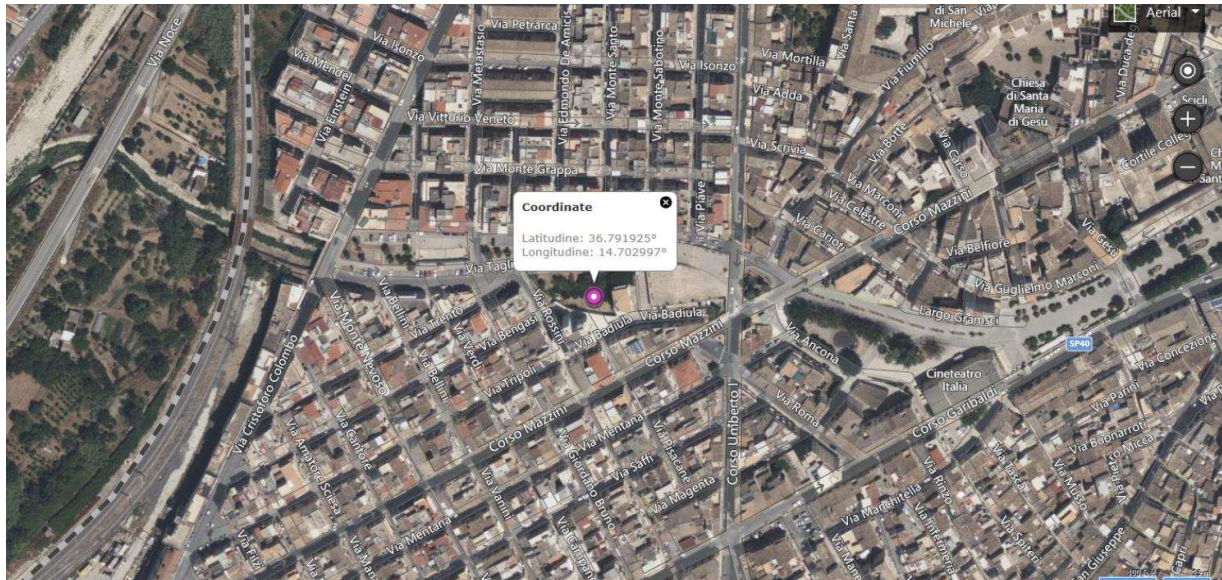
Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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 $i > 30^\circ$

### VALUTAZIONE DEI COEFFICIENTI SISMICI DI PROGETTO

Una volta noti i valori delle coordinate del punto, della classe d'uso, della vita nominale, della categoria sismica di sottosuolo e della categoria topografica, sono stati calcolati i seguenti parametri sismici di base nei vari Stati Limite (Ag, Fo, Tr, Tc\*), nonché i coefficienti sismici da immettere nella progettazione, ovvero Kh, Kv, Amax e Beta:

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO



Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 36.7919235 [°]

Longitudine (WGS84): 14.7029972 [°]

Latitudine (ED50): 36.7929993 [°]

Longitudine (ED50): 14.7038116 [°]

Di seguito le coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame:

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	51190	36.778470	14.671570	3294.53
2	51191	36.777770	14.733700	3154.69
3	50969	36.827770	14.734580	4738.35
4	50968	36.828470	14.672420	4833.93

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.026	2.440	0.208
SLD	50	0.035	2.516	0.250
	72	0.042	2.605	0.269
	101	0.053	2.479	0.290
	140	0.062	2.545	0.320
	201	0.077	2.511	0.350
SLV	475	0.129	2.385	0.437
SLC	975	0.191	2.366	0.503
	2475	0.281	2.511	0.539

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.027	2.455	0.212
SLD	50	0.037	2.521	0.253
	72	0.044	2.579	0.272
	101	0.055	2.534	0.286
	140	0.065	2.540	0.320
	201	0.082	2.478	0.351
SLV	475	0.136	2.387	0.433
SLC	975	0.202	2.400	0.465
	2475	0.297	2.510	0.536

#### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.029	2.509	0.214
SLD	50	0.040	2.590	0.255
	72	0.052	2.502	0.275

	101	0.062	2.552	0.290
	140	0.076	2.460	0.322
	201	0.099	2.389	0.341
SLV	475	0.161	2.352	0.423
SLC	975	0.236	2.387	0.456
	2475	0.358	2.454	0.527

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.028	2.480	0.214
SLD	50	0.039	2.556	0.256
	72	0.049	2.511	0.272
	101	0.059	2.551	0.289
	140	0.071	2.503	0.319
	201	0.092	2.416	0.344
SLV	475	0.151	2.355	0.426
SLC	975	0.222	2.388	0.458
	2475	0.334	2.481	0.528

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.027	2.466	0.212
SLD	50	0.037	2.540	0.253
SLV	475	0.142	2.373	0.431
SLC	975	0.210	2.385	0.473

**PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO**Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1.000

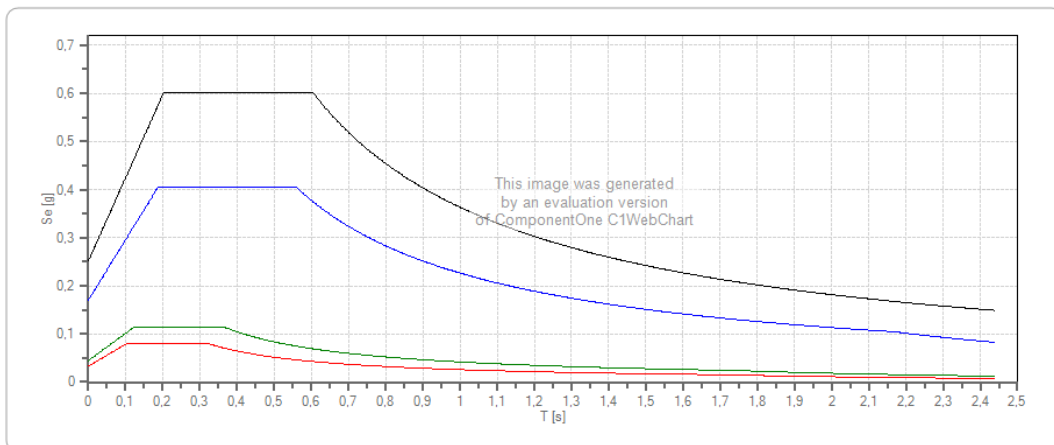
Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Stabilità di pendii e fondazioni**

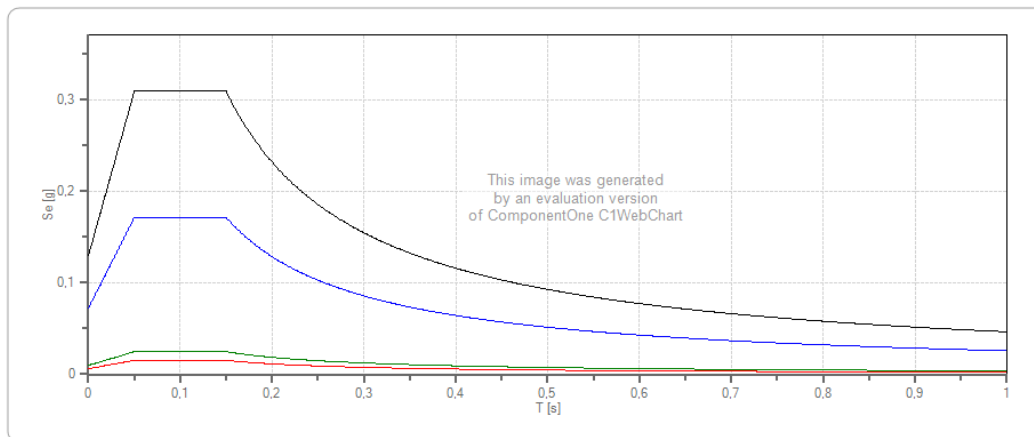
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,500	1,450	1,300	1,280
St	1,000	1,000	1,000	1,000
kh	0,0078	0,009	0,041	0,070
kv	0,003	0,004	0,020	0,035
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,323	0,439	1,670	2,467
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1.0	0.027	2.466	0.212	1.200	1.500	1.000	1.200	1.000	0.106	0.318	1.710
SLD	1.0	0.037	2.540	0.253	1.200	1.450	1.000	1.200	1.000	0.122	0.367	1.749
SLV	1.0	0.142	2.373	0.431	1.200	1.300	1.000	1.200	1.000	0.187	0.560	2.168
SLC	1.0	0.210	2.385	0.473	1.200	1.280	1.000	1.200	1.000	0.202	0.605	2.439

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1.0	0.027	2.466	0.212	1.500	1.500	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000
SLD	1.0	0.037	2.540	0.253	1.500	1.450	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000
SLV	1.0	0.142	2.373	0.431	1.500	1.300	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000
SLC	1.0	0.210	2.385	0.473	1.400	1.280	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000

## 6 Prescrizioni e indicazioni esecutive (rif: carta delle prescrizioni e indicazioni esecutive in scala 1:2.000)

Dall'interpolazione delle cartografie di analisi a diversa scala di dettaglio, elaborate a seguito dei risultati derivanti dallo studio geologico, dai dati scaturiti dalle due perforazioni a carotaggio continuo, dalle prove di laboratorio geotecnico e dall'indagine sismica di superficie, si può concludere che l'area è geomorfologicamente stabile, in quanto si presenta a morfologia pianeggiante, con assenza di zone soggette a instabilità gravitativa.

Riguardo alle caratteristiche fisico meccaniche dei depositi presenti nel sito, le prove di laboratorio hanno evidenziato un comportamento principalmente attritivo, relativamente ai depositi superficiali e un comportamento attritivo e coesivo, relativamente alle marne sottostanti, in quanto dotate di angolo di attrito e coesione.

Per quanto riguarda la capacità portante del sedime di fondazione, oltre alle suddette caratteristiche geotecniche, si dovrà tener conto dell'influenza della falda superficiale posta ad una profondità di -3,50 metri dall'attuale piano campagna.

L'attuale piano campagna del sito è posto ad una quota di circa +2,00 metri, rispetto al greto del torrente regimato e non è interessato da processi di erosione e esondazione, in quanto protetta da opere di difesa. Tuttavia, considerato che rispetto alla sede stradale di via Tagliamento, il sito è posto ad una quota inferiore pari a -2,50 metri, si dovrà porre particolare attenzione riguardo lo smaltimento delle acque di precipitazione meteorica e di quelle provenienti dall'eventuale intasamento della condotta della condotta che convoglia le acque dalle contrade di San Marco e Gesso.

Relativamente alle caratteristiche sismiche del sito, esse sono collegate ai risultati dell'indagine sismica MASW, che in questo caso hanno restituito una categoria sismica di sottosuolo, secondo il D.M. 17/01/2018, riconducibile alla categoria B.

In conclusione, l'area si presenta geomorfologicamente stabile, non soggetta a pericolosità geologiche – geomorfologiche, con capacità portante del sedime di fondazione, correlata alle caratteristiche geotecniche dello stesso, nonché alla presenza di falda a poca profondità e ad una corretta regimentazione delle acque di precipitazione meteorica, tutte condizioni che dovranno essere prese in considerazione nella scelta della tipologia delle strutture fondazionali, in fase di progettazione esecutiva

Modica, 06.02.2023

**Il Geologo**

**Dott. Massimo Petralia**



# ALLEGATO 1

## STRALCIO PAI - CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

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

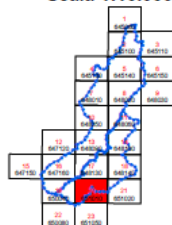
(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E ss.mm.ii.)

Bacini idrografici del F. Irminio e del  
T. di Modica ed area intermedia (082-083)  
I° Aggiornamento parziale



### CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 20

COMUNI DI:  
SCICLI  
Scala 1:10.000



Anno 2012

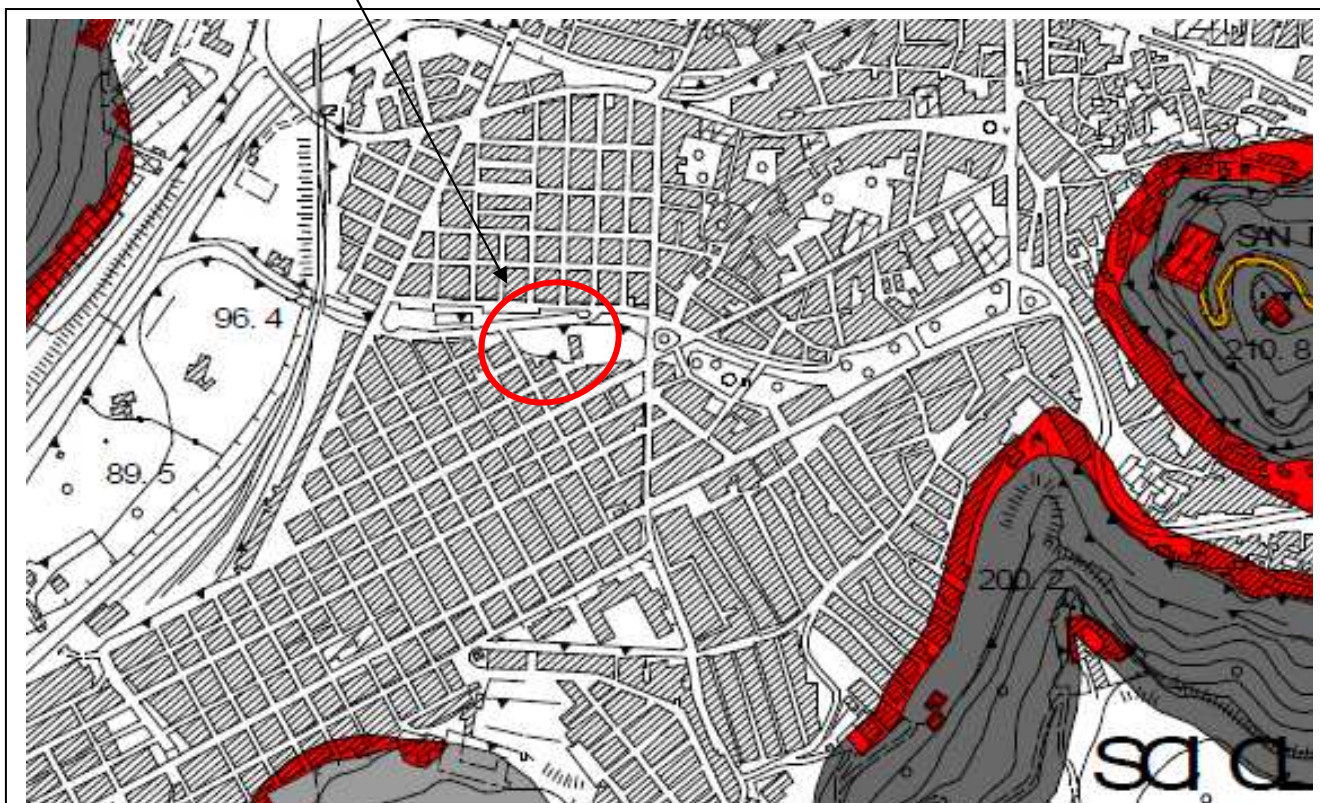
### LIVELLI DI PERICOLOSITA'

	P0 basso
	P1 moderato
	P2 medio
	P3 elevato
	P4 molto elevato
	Sito d'attenzione

### LIVELLI DI RISCHIO

	R1 moderato
	R2 medio
	R3 elevato
	R4 molto elevato

*Sito in esame*



# ALLEGATO 2 STRALCIO PAI - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE

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

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L. 267/98 E ss.mm.ii.)

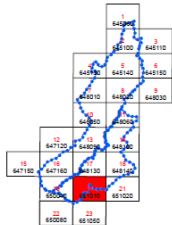
Bacini idrografici del F. Irminio e del  
T. di Modica ed area intermedia (082-083)



## CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 20





COMUNI DI:  
SCICLI

Scala 1:10.000

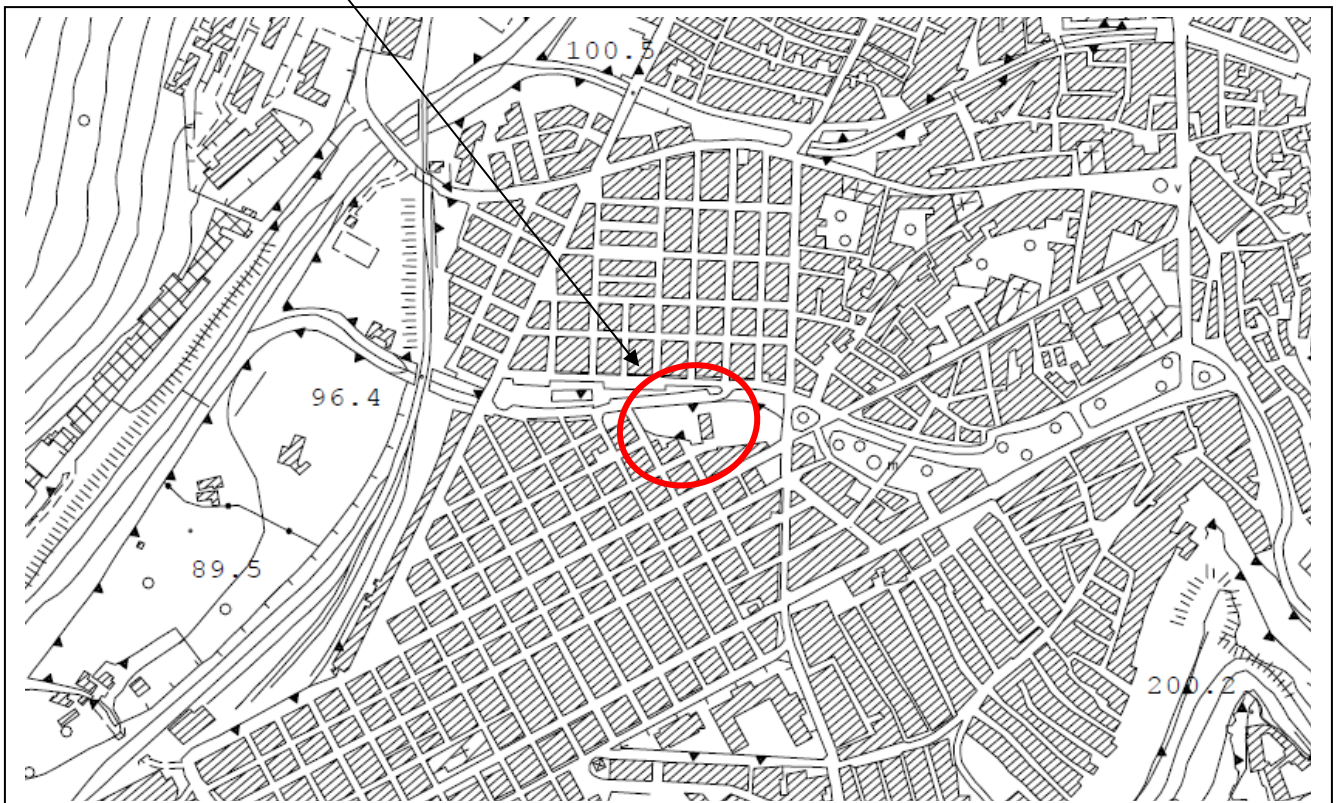


Anno 2005

## LEGENDA

-  P1 Pericolosità moderata
-  P2 Pericolosità media
-  P3 Pericolosità elevata
-  Sito d'attenzione

*Sito in esame*



**ALLEGATO 3**  
**STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PRG DEL COMUNE DI SCICLI**  
**CARTA GEOLITOLOGICA – GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1: 2.000**

**COMUNE DI SCICLI**

PROVINCIA DI RAGUSA

STUDIO GEOLOGICO  
 A SUPPORTO DELLA REDAZIONE DEL  
 PIANO REGOLATORE GENERALE

CARTA GEOLITOLOGICA – GEOMORFOLOGICA

scala 1: 2.000

TAV. n. 1P









I GEOLOGI

Dott. Ercole Pietro Quaranta

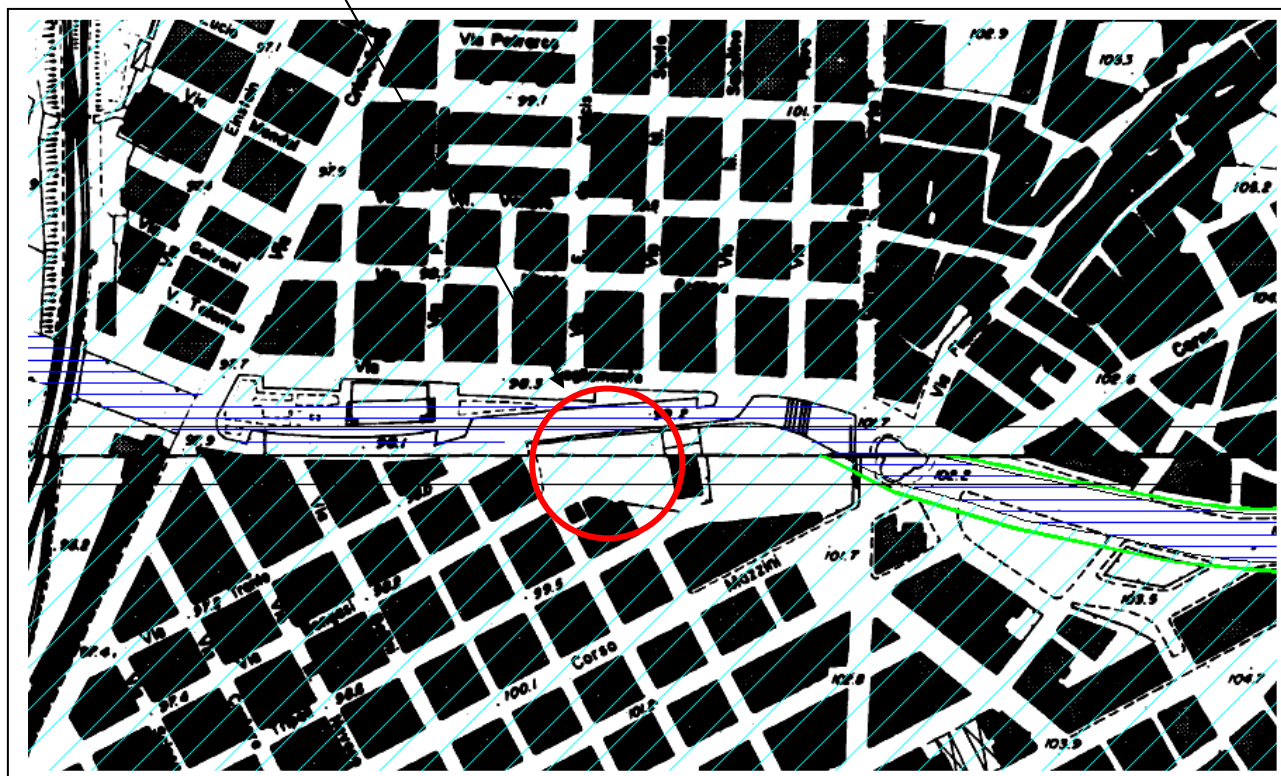
Dott. Giovanni Carnemolla

Dott. Giovanni Parisi Assenza

*DEPOSITI SUPERFICIALI CONTINENTALI*

-  *MATERIALE DI RIPORTO*
-  *SABBIE*
-  *TERRE NERE*
-  *COPERTURE ELUVIO-DETRITICHE*
-  *ALLUVIONI RECENTI/ATTUALI*
-  *ALLUVIONI TERRAZZATE*
-  *DETRITI*
-  *PALEOSUOLI ROSSI / CROSTONI  
(Pianure costiere)*
-  *limite litologico certo*
-  *limite litologico presunto*
-  *FAGLIA / DISCONTINUITA'*
-  *FAGLIA COPERTA / PRESUNTA*
-  *SCARPATA STRUTTURALE*

*Sito in esame*



# ALLEGATO 4

## STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PRG DEL COMUNE DI SCICLI CARTA DELL'EDIFICABILITA' IN SCALA 1:2.000

COMUNE DI SCICLI

PROVINCIA DI RAGUSA

STUDIO GEOLOGICO  
A SUPPORTO DELLA REDAZIONE DEL  
PIANO REGOLATORE GENERALE

CARTA DELL'EDIFICABILITA'

scala 1:2.000

TAV. n. 2P

I GEOLOGI


Dott. Ercole Pietro Quaranta

Dott. Giovanni Carnemolla


Dott. Giovanni Parisi Assenza


### AREE STABILI


  ZONE CON AFFIORAMENTI LAPIDEI TABULARI


 ZONE CON COPERTURE


### AREE EDIFICABILI A CONDIZIONE


 ZONE PEDEMONTANE SOCCIACENTI A SCARPATE


 ZONE ACCLIVI CON EVENTUALI COPERTURE SU EVENTUALE  
SUBSTRATO A FORTE CONTRASTO IDROGEOLOGICO

 ZONE CON ALLUVIONI A MARGINE DI CORSI D'ACQUA

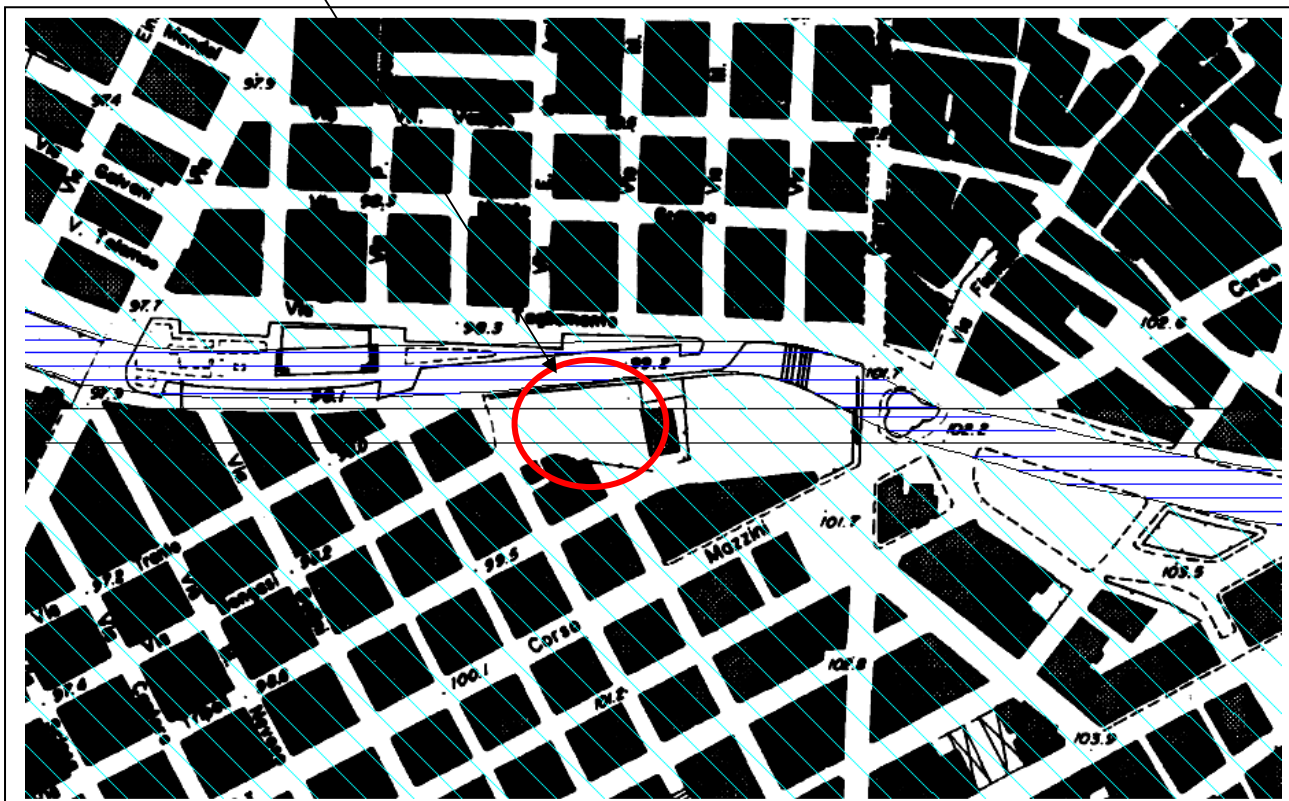
 ZONE CON AFFIORAMENTI DI ROCCE POCO PERMEABILI ED  
ERODIBILI CON EVENTUALI SCARPATE NON CONTENUTE

 ZONE CON AFFIORAMENTI DI ROCCE INCOERENTI MOLTO ERODIBILI

 ZONE A DRENAGGIO DIFFICILTOSO

 ZONE RIMANECCIATE

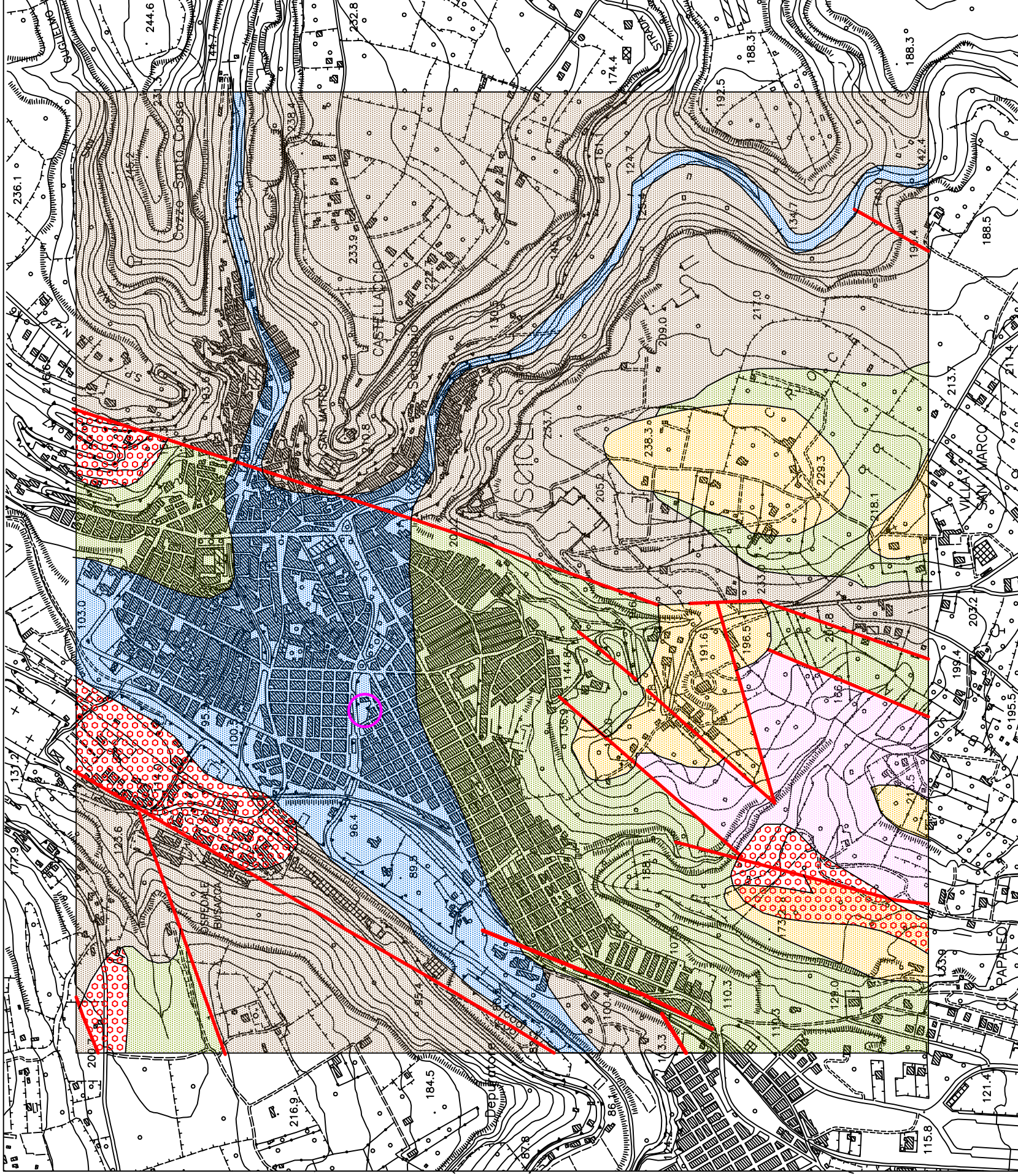
*Sito in esame*



ALLEGATO 5

# CARTA GEOLOGICA

scala 1:10.000



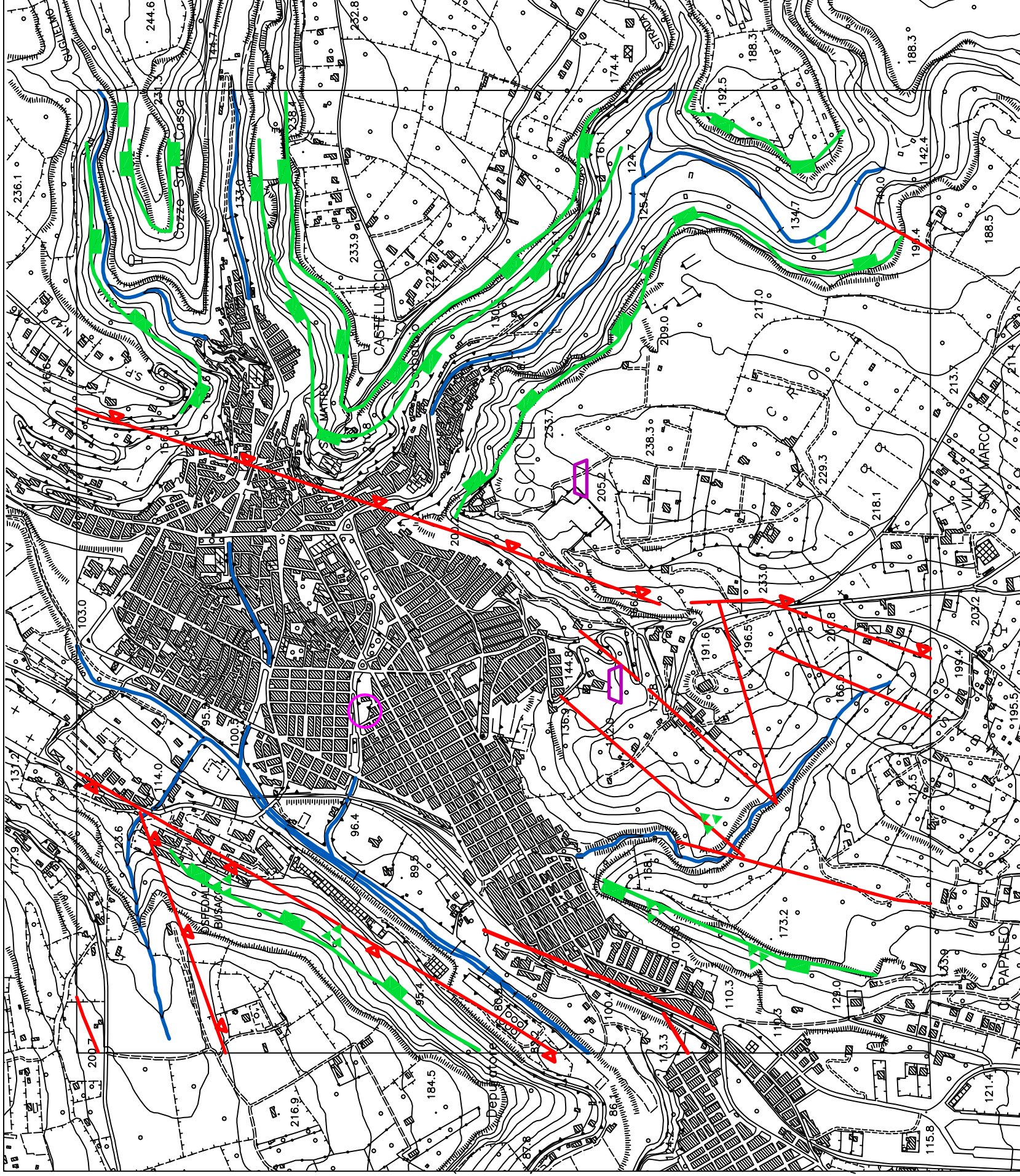
## LEGENDA

	Alluvioni recenti ed attuali
	Detriti / colluvioni
	Calcareni e biocalcareni giallastre (panchine) <i>Pelisticene</i>
	Calcarei marnosi /marme calcaree ( <i>Trubi</i> )
	Marme / Argille (Formazione Tellaro)
	Alternanza di strati calcarenitici e strati calcareo marnosi. Membro Irminio, F.ne Ragusa.
	Faglia / discontinuità
	Faglia coperta o presunta
	Area in oggetto








ALLEGATO 6

# CARTA GEOMORFOLOGICA

scala 1:10.000

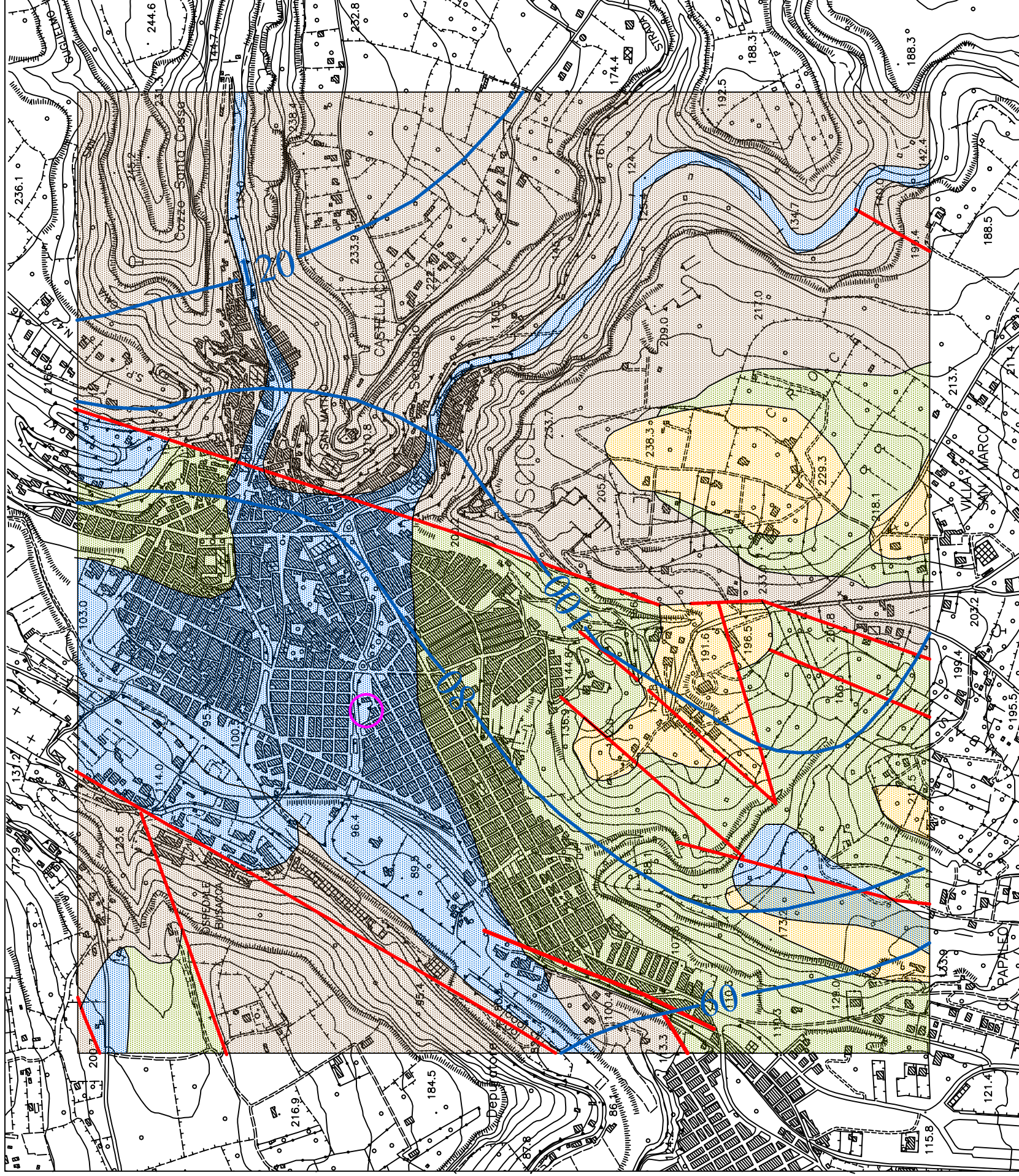


## LEGENDA









	Corso d'acqua / greto di torrente
	Scarpate
	Faglia / discontinuità
	Faglia coperta o presunta
	Scarpata strutturale
	Cava / Miniera
	Accumulo di corpi di frana
	Area in oggetto

# CARTA IDROGEOLOGICA

scala 1:10.000






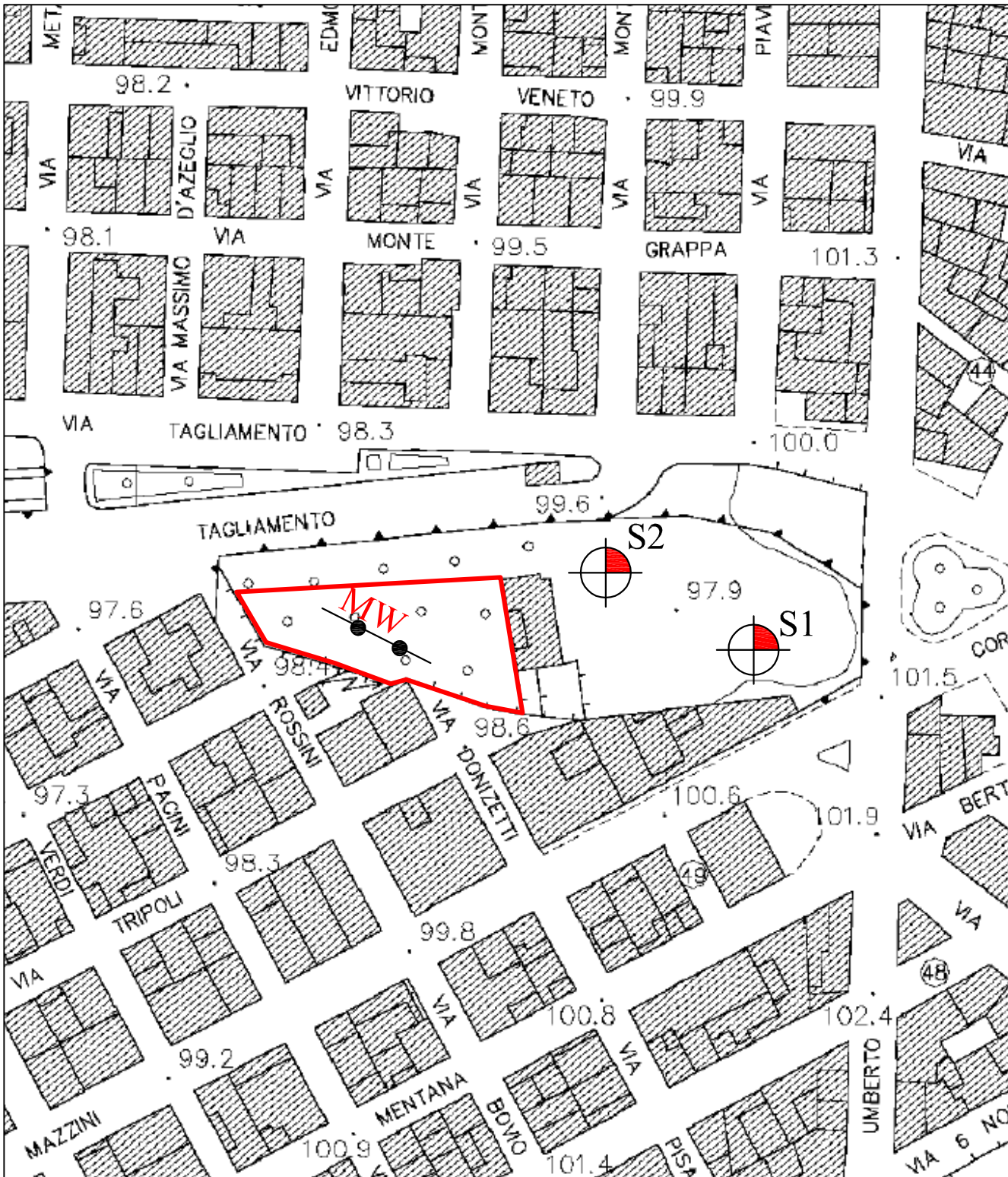
## LEGENDA

- 
**Litotipo permeabile per fratturazione e porosità:**  
 Calcarenti e biocalcarenti pleistoceniche con eventuale falda libera superficiale
- 
**Litotipo permeabile per fratturazione e carsismo:**  
 Calcarenti e calcari marnosi della formazione Ragusa, sede di falda libera profonda
- 
**Litotipo permeabile per porosità:** depositi alluvionali e i detriti
- 
**Litotipi a bassa permeabilità o semipermeabili per fratturazione:** mame e calcari marnosi della formazione Tellaro
- 
 Curve isopiometriche falda profonda (le quote sono espresse in metri slm)
- 
 Faglia / discontinuità
- 
 Faglia coperta o presunta
- 
 Area in oggetto

# CARTA DELLE INDAGINI

scala 1:1.000





	Indagine geofisica MASW
	Sondaggi a carotaggio continuo con estrazioni di campioni
	Area in oggetto

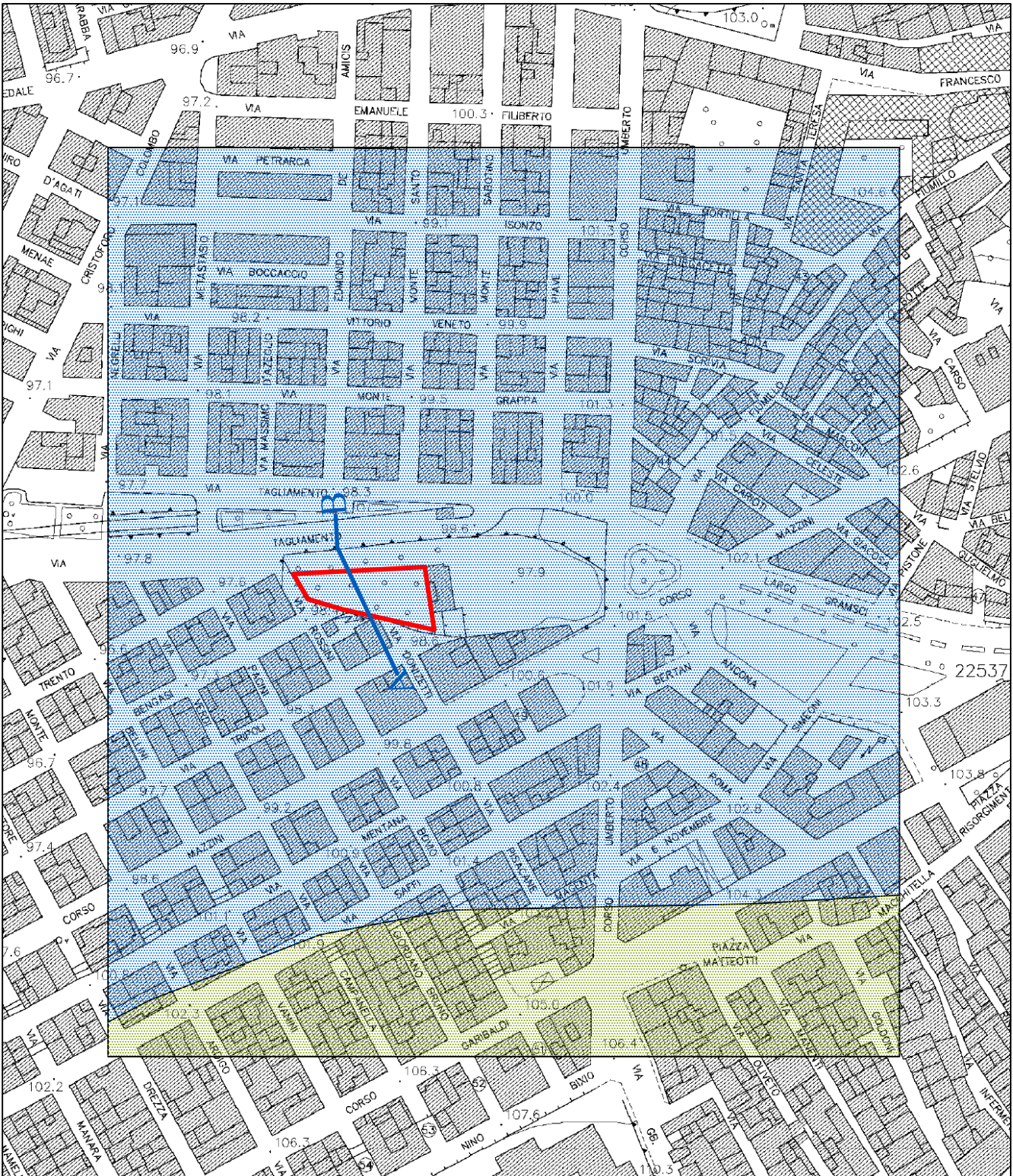




# CARTA GEOLOGICA

scala 1:2.000




	Alluvioni recenti ed attuali. Nel sito in oggetto, tali depositi sono ricoperti da un deposito di detriti, costituito da elementi calcarei in matrice sabbiosa -limosa
	Marne / Argille (Formazione Tellaro)
	Area in oggetto
	Traccia sezione geologica

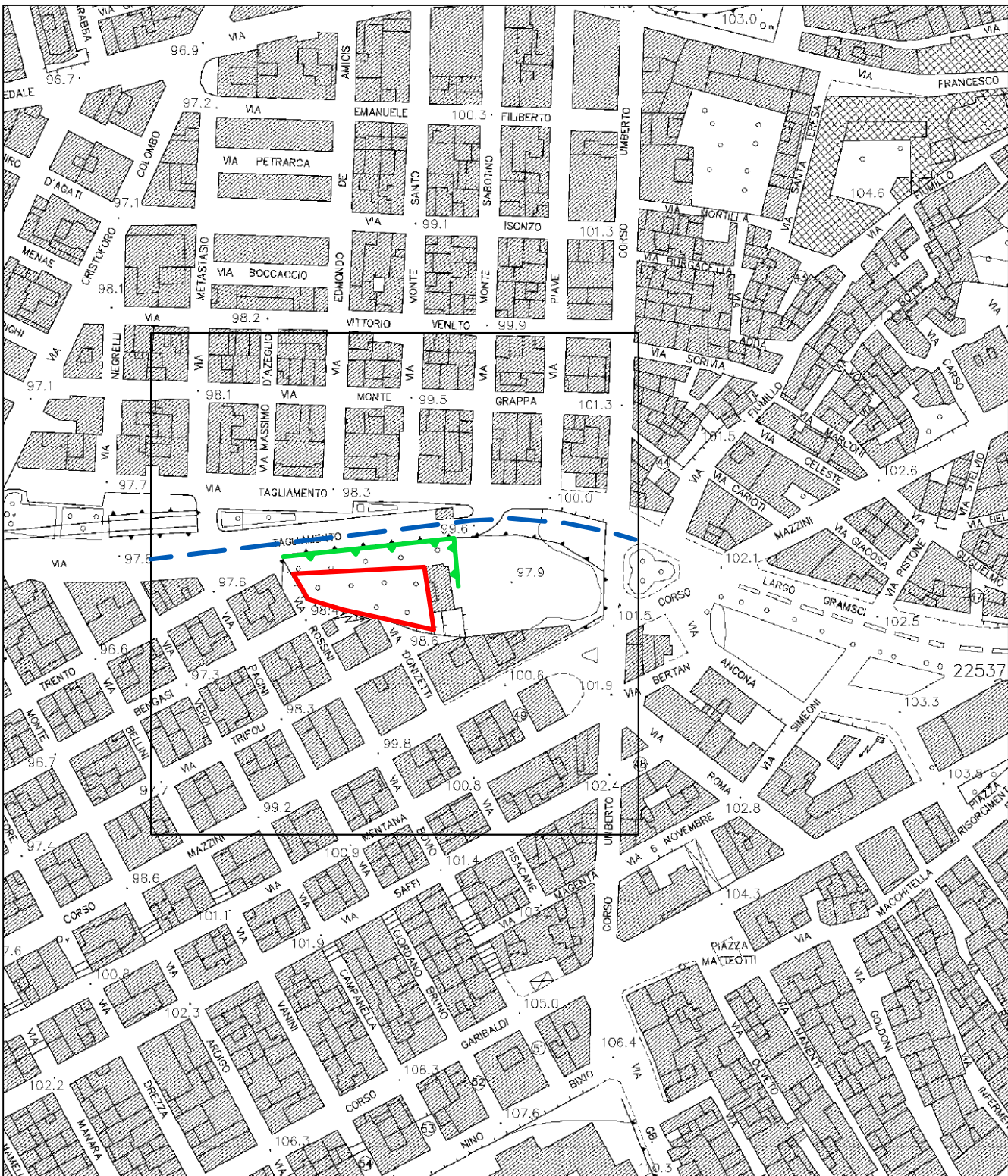


# CARTA GEMORFOLOGICA

scala 1:2.000

Legend for the geomorphological map:

-  Alveo regimanto del corso d'acqua
-  Muro a parete verticale
-  Area in oggetto



## CARTA LITOTECNICA

scala 1:2.000



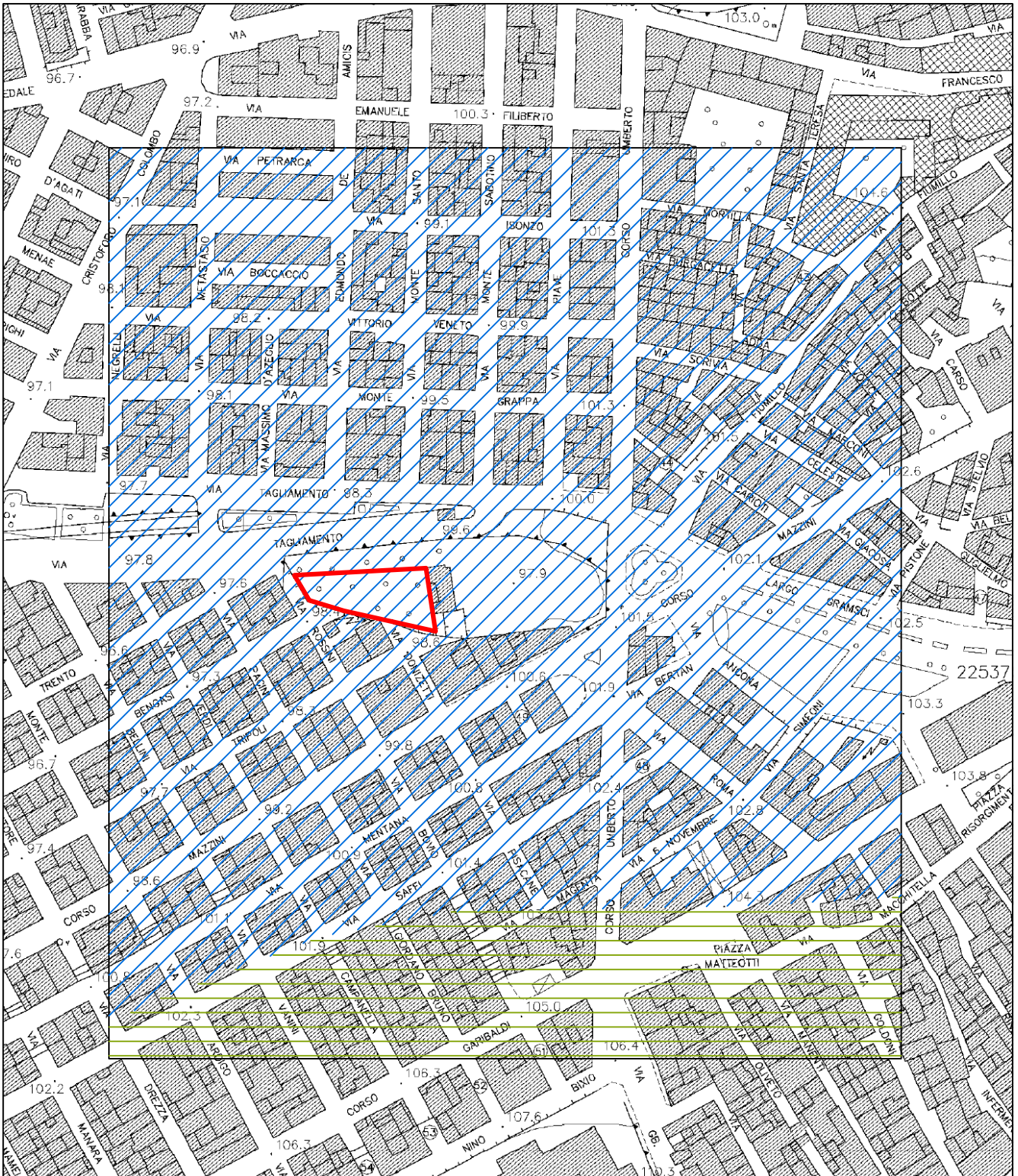
Alluvioni recenti e attuali ricoperti da detriti, riconducibili entrambi all'**unità litotecnica F2**, riguardante *materiali sciolti di copertura a grana grossa con frazione fine interstiziale*.



Marne della formazione Tellaro, sono riconducibili all'**unità litotecnica B4**, riguardante le *successioni con alternanze di litotipi diversi, quali litotipi litoidei e argillosi* o, se alterate, riconducibili all'**unità litotecnica H1**, riguardante i *sedimenti a grana fine e finissima, quali limi argillosi o argille*.

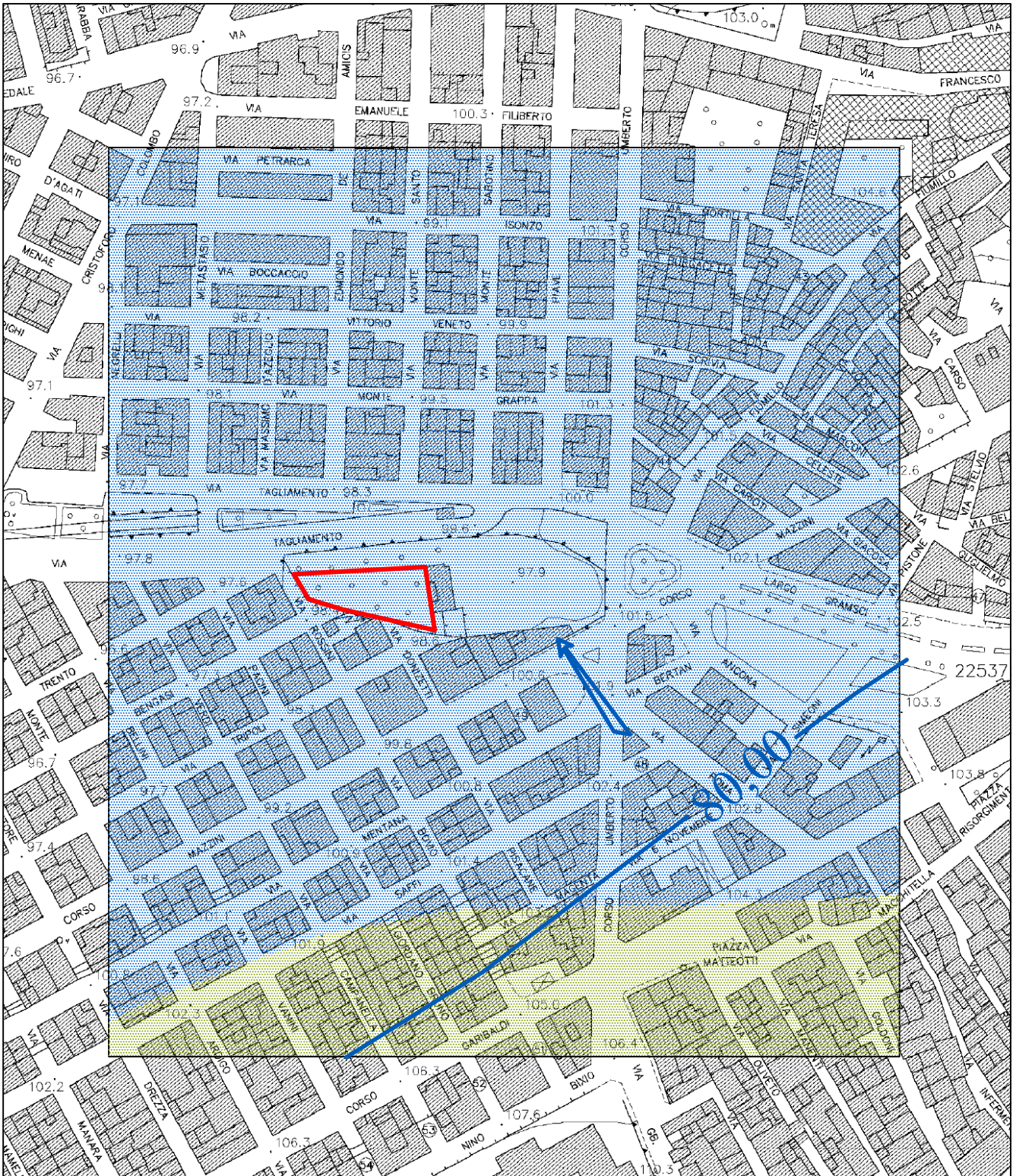
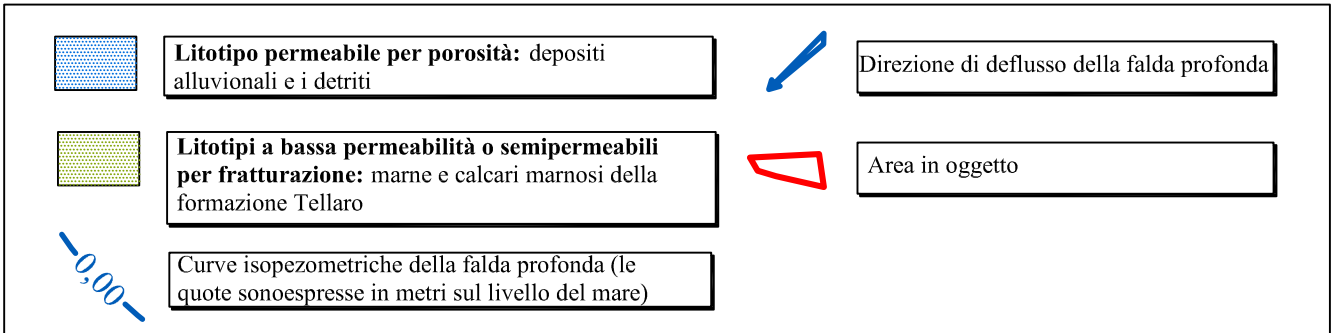


Area in oggetto



# CARTA IDROGEOLOGICA

scala 1:2.000



## CARTA DELLE PRESCRIZIONI E INDICAZIONI ESECUTIVA

scala 1:2.000

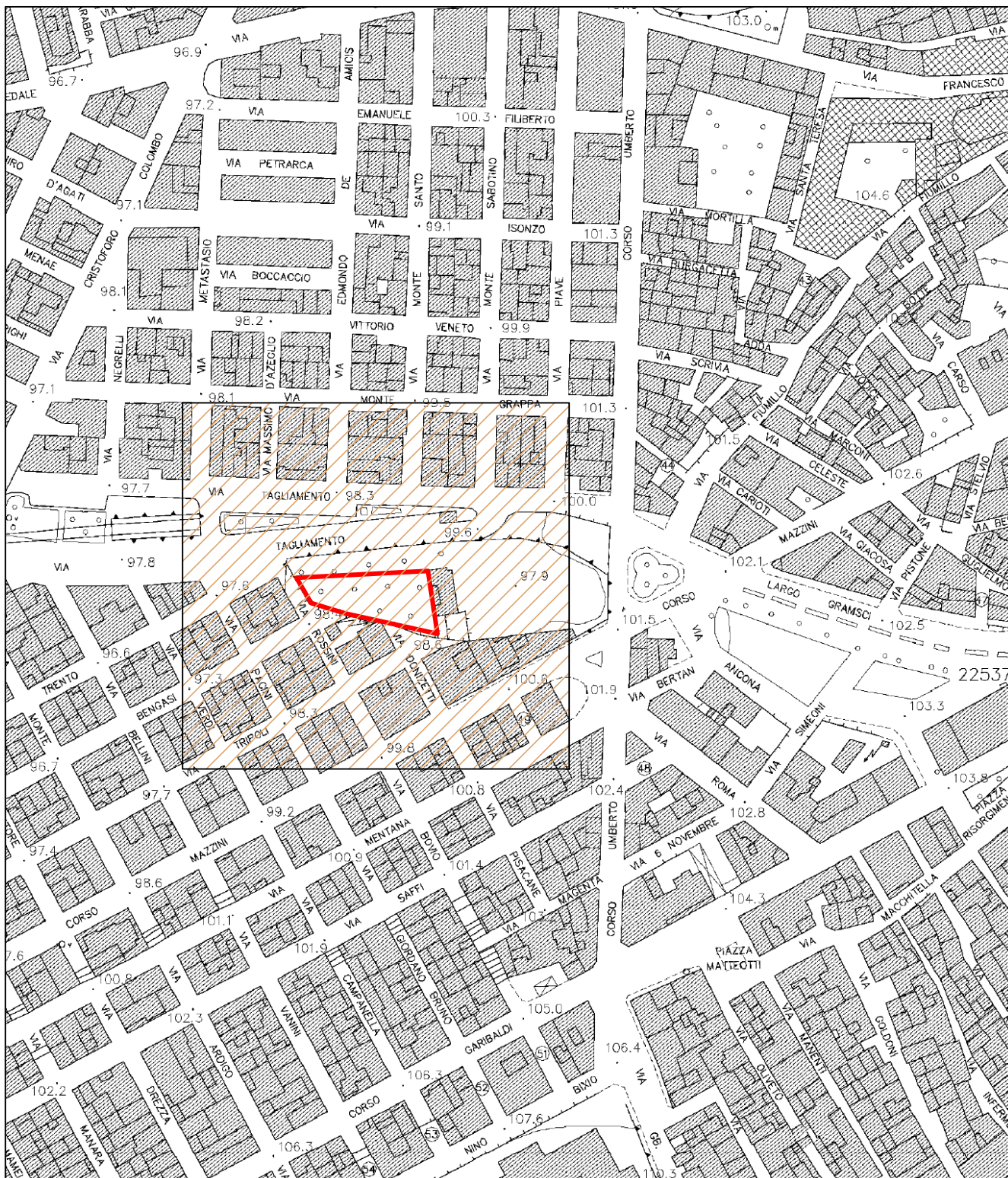


Area geomorfologicamente stabile, a topografia orizzontale con assenza di zone soggette a instabilità gravitativa, con portanza del sedime di fondazione correlata alle caratteristiche fisico - meccaniche, influenzate dalla presenza di falda a poca profondità dal piano campagna.

Pericolosità sismica di sito relazionata al reticolo sismico e alle caratteristiche di velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità, così come previsto dal D.M. 17.01.2018 e s.m.i.







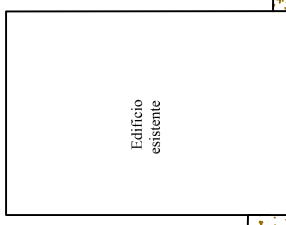
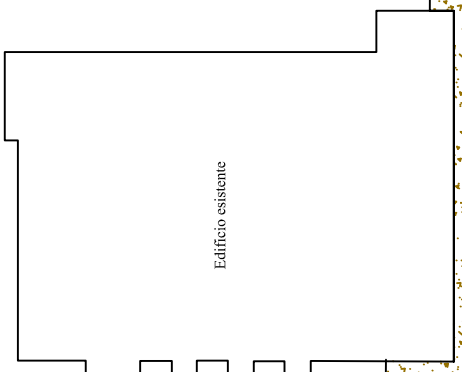
Area in oggetto



ALLEGATO 14

**SEZIONE GEOLOGICA**  
Scala 1:400

-  Materiale detritico
-  Alluvioni
-  Marna grigie
-  Marna grigie compatte

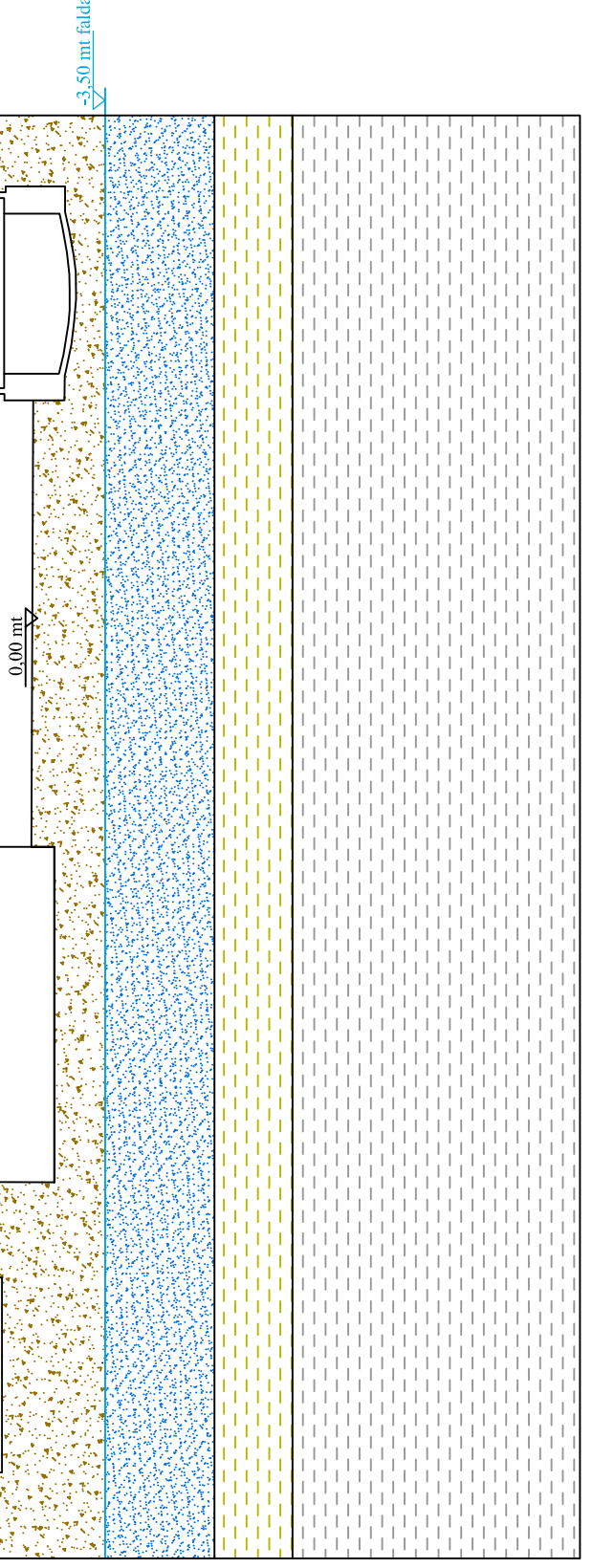


**A**

via Tripoli

**B**

via Tagliamento



INDAGINI GEOFISICHE A SUPPORTO DEL PROGETTO ESECUTIVO DI DEMOLIZIONE E  
RICOSTRUZIONE DI UN EDIFICIO MISTO (RESIDENZIALE E COMMERCIALE) AI SENSI DEL  
COMMA 10.13) ART. 35 B DELLE N.T.A – SCICLI (RG).



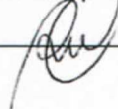
RAPPORTO DI PROVA  
PROVA SISMICA ATTIVA MASW

D.L.: Geol. Giovanni Carnemolla

Committente: Mulino Immobiliare S.r.l.

Ceratonìa Geophysics S.r.l.  
Via della Costituzione, 120  
97100 Ragusa  
c.f./P.I. 01430150886

Redatto:  
Dr. Rosario Occhipinti



Job: IG\_37/ Nov2013  
Approvato: Dr. Mario Dipasquale



1.	INTRODUZIONE .....	3
2.	METODO DELLE ONDE SUPERFICIALI – SISMICA ATTIVA.....	4
	2.1 MASW ( <i>Multichannel Analysis of Surface Waves</i> ) .....	4
3.	ACQUISIZIONE DEI DATI.....	6
	3.1 <i>Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata.</i> .....	6
4.	Elaborazione ed interpretazione dei dati.....	7
	4.1 <i>Metodo delle onde superficiali: prove attive</i> .....	7
	4.1.1 <i>Stima della curva di dispersione dai dati</i> .....	7
	4.1.2 <i>Inversione delle curve di dispersione</i> .....	8
5.	DEFINIZIONE SUOLO TIPO.....	10
6.	CALCOLO MODULI ELASTICI E PARAMETRI GEOSISMICI .....	12
	<i>MODULI ELASTICI</i> .....	12
	<i>PARAMETRI GEOSISMICI</i> .....	14
	<i>IMPEDENZA SISMICA (IS)</i> .....	14
	<i>COEFFICIENTE DI RIFRAZIONE E DI RIFLESSIONE (<math>t</math> E <math>\xi</math>)</i> .....	14
7.	CONCLUSIONI.....	16



## 1. INTRODUZIONE

La prospezione geofisica oggetto del presente rapporto è stata eseguita nell'ambito del progetto esecutivo di demolizione e ricostruzione di un edificio misto (residenziale e commerciale) ai sensi del comma 10.13) art. 35 B delle N.T.A, da realizzare a Scicli (RG).

Per il caso specifico è stata eseguita una prospezione sismica basata sulla propagazione di onde superficiali di Rayleigh (*surface wave method* - SWM) di tipo attivo (MASW).

La geometria ed il numero dei sensori utilizzata per la specifica campagna di indagini è la seguente:

M.A.S.W.	Nr. Geofoni	Spazio Geofonico (m)	Lunghezza linea sismica (m)
1	24	2	48

L'ubicazione della prova MASW è stata indicata dal Direttore dei Lavori e di seguito si riporta.

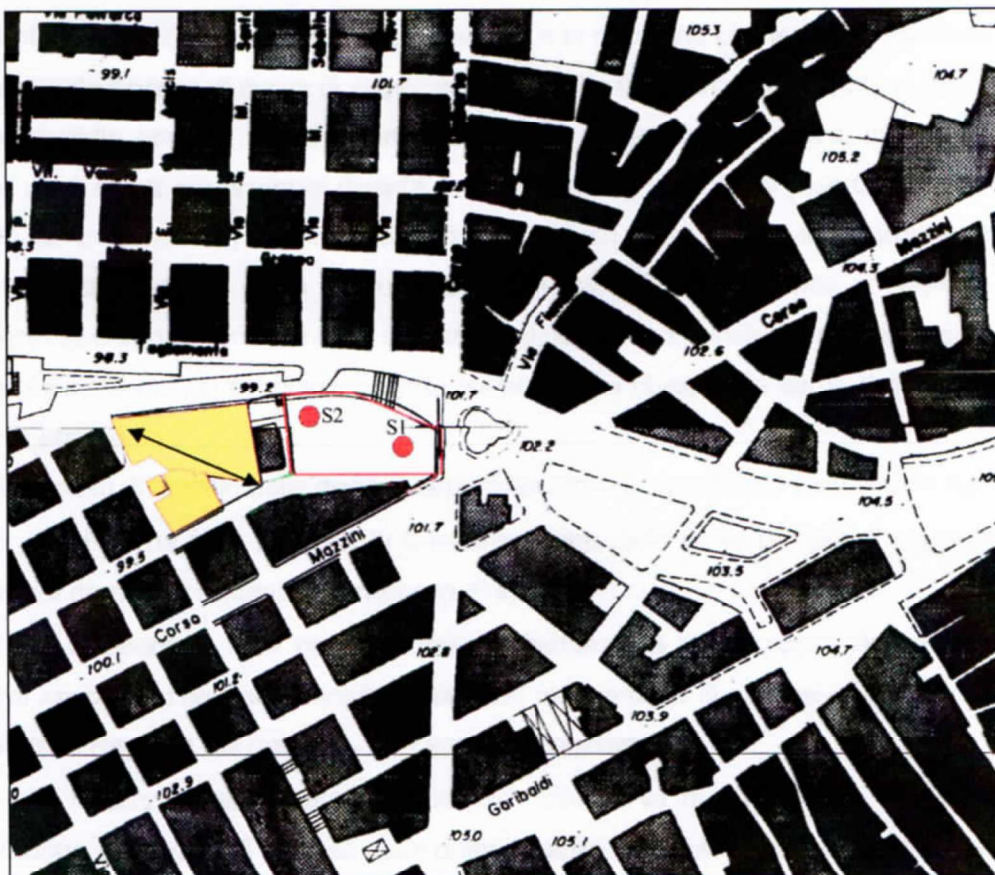


Figura 1 - Ubicazione della prova.

## 2. METODO DELLE ONDE SUPERFICIALI – SISMICA ATTIVA

### 2.1 MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle stesse. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase [o di gruppo] apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma diverse velocità di fase in corrispondenza delle diverse frequenze: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione. Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo, come se questo fosse esteso infinitamente in profondità. La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

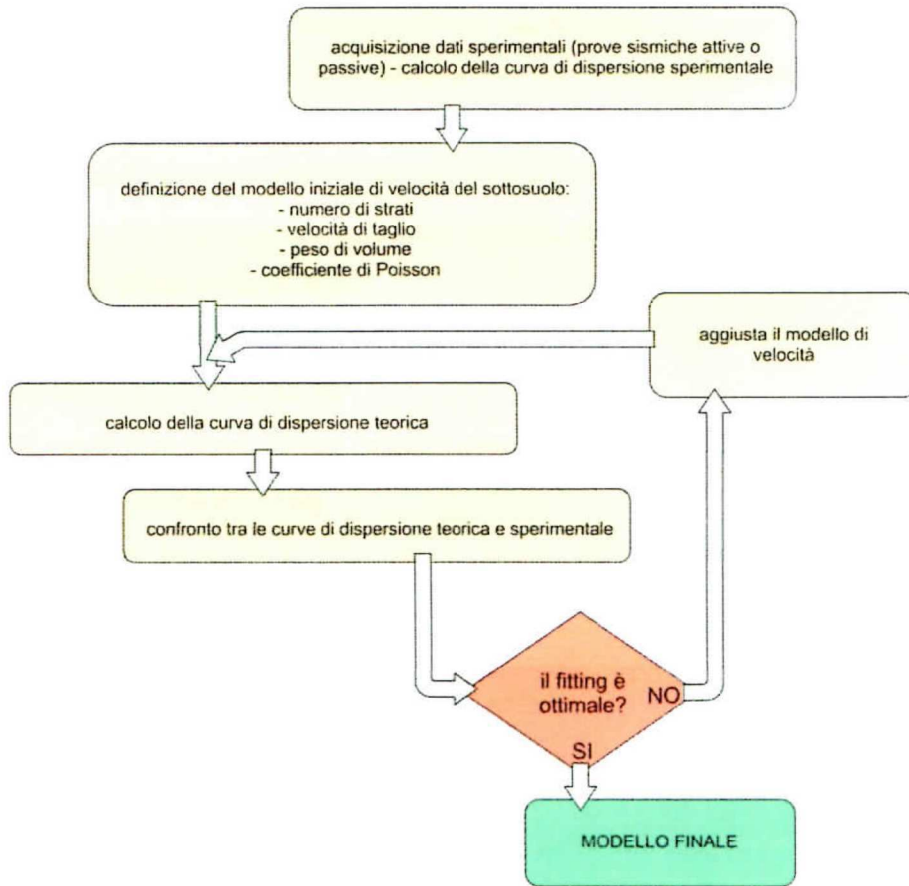
Il processo di calcolo delle onde di superficie attiva può essere ricondotto in quattro fasi:

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali registrate ai diversi sensori nel dominio frequenza  $f$  - numero d'onda  $K$ ;
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie  $f$ - $k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  [m/sec] - frequenza [Hz];
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$ , la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase [o curva di dispersione]



sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

Di seguito si riporta un diagramma di flusso riepilogativo delle procedure di calcolo.



### 3. ACQUISIZIONE DEI DATI

Di seguito si descrivono la strumentazione e le modalità di acquisizione dati.

#### 3.1 Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. Sysmatrack®, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00003 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito per la prova attiva è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente setup:

- 24 geofoni con interspazio (Gx) di 2.0 metri;
- n. 2 energizzazioni ad offset (Sx) pari a 2.0 metri ai due capi dello stendimento;
- passo di campionatura pari a 2000 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 2.048 sec.



#### 4. ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI.

Nel seguito vengono descritte le modalità di elaborazione e di interpretazione dei dati acquisiti.

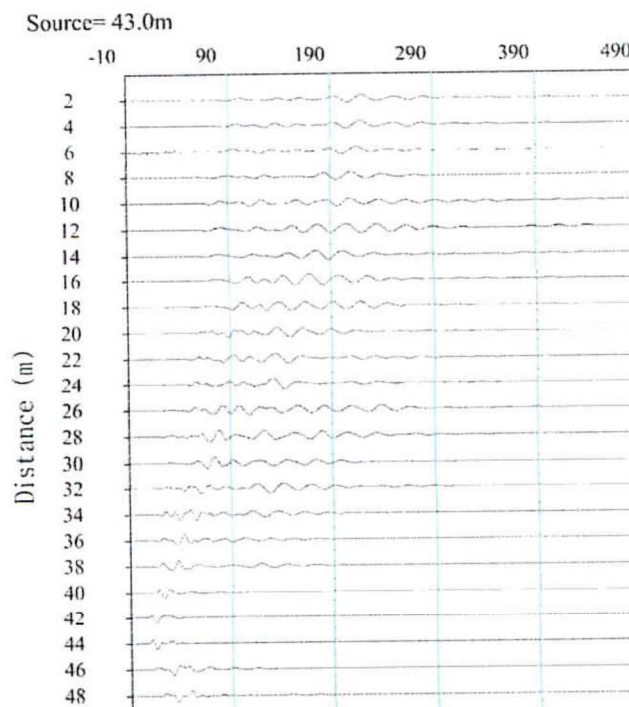
##### 4.1 Metodo delle onde superficiali: prove attive

##### 4.1.1 Stima della curva di dispersione dai dati.

Le serie temporali (Figura 1) vengono trasformate in dominio f-k {frequenza f - numero d'onda k} tramite una doppia trasformata di Fourier e la curva di dispersione è ricavata con la ricerca coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia: per ogni frequenza f il picco spettrale è associato ad un determinato valore del numero d'onda k, che attraverso la (1) consentono di risalire alla curva di dispersione (Figura 3) delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  (m/sec) - frequenza (Hz).

Nel caso in esame sono stati mediati i valori ottenuti dalle curve di dispersione derivanti da acquisizioni ad offset diversi.

$$V_R(\omega) = \frac{2\pi f}{k_{MAX}} \quad (1)$$



2122bis.sg2

Figura 2 - Serie temporali prova MASW.

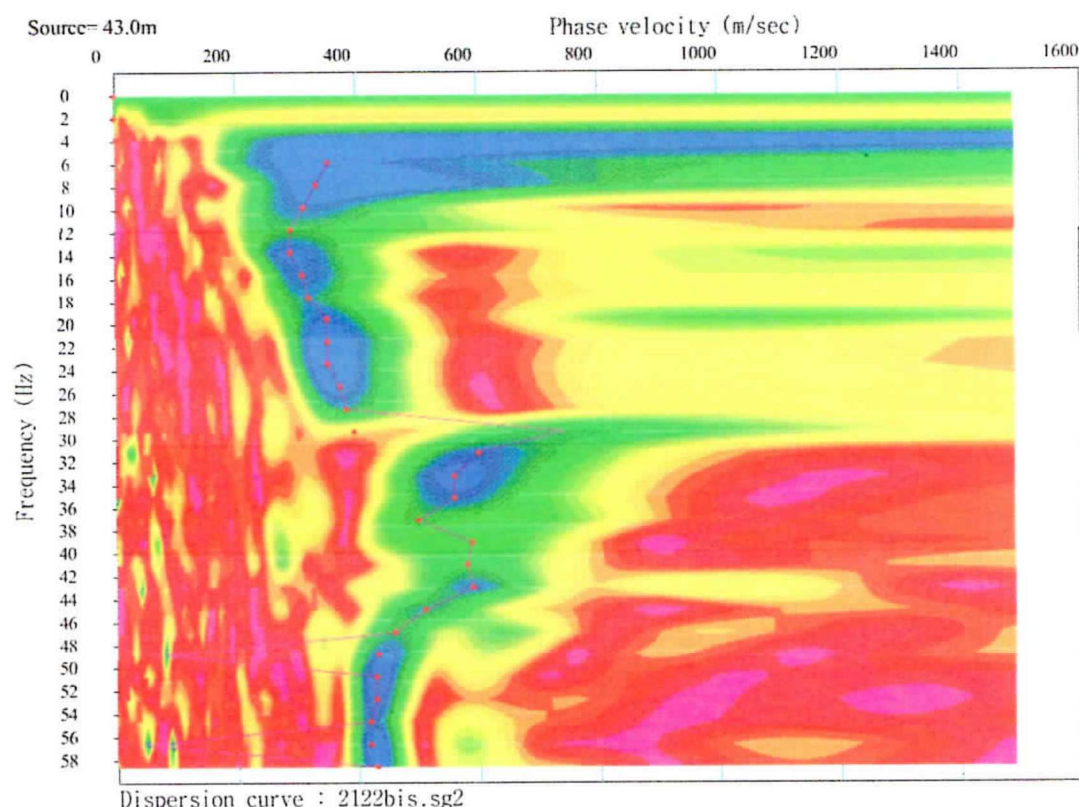


Figura 3 - Curva di dispersione prova masw e valori mediati dei massimi spettrali.

#### 4.1.2 - Inversione delle curve di dispersione

Il processo d'inversione consiste nel calcolare la curva di dispersione teorica partendo dal modello geologico del sottosuolo. Tale modello risulta costituito da strati piano-paralleli ciascuno di essi parametrizzato in termini di spessore (H), di velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ), peso di volume  $\rho$  e coefficiente di Poisson.. E' un calcolo iterativo, cioè si parte da un modello iniziale di velocità di taglio che viene di volta in volta modificato fino a quando la curva di dispersione sperimentale e quella teorica raggiungono una sovrapposizione ottimale.

Quindi, riassumendo, le fasi che consentono di passare dalla curva di dispersione delle onde di Rayleigh al profilo di velocità delle onde di taglio sono:

1. definizione del modello iniziale di velocità;
2. calcolo della curva teorica di dispersione;
3. calcolo del profilo finale di velocità.

La curva è stata invertita attraverso la formulazione di un modello di velocità che ha prodotto la curva teorica riportata di seguito (Figura 4).

RMSE = 89.749955 m/s

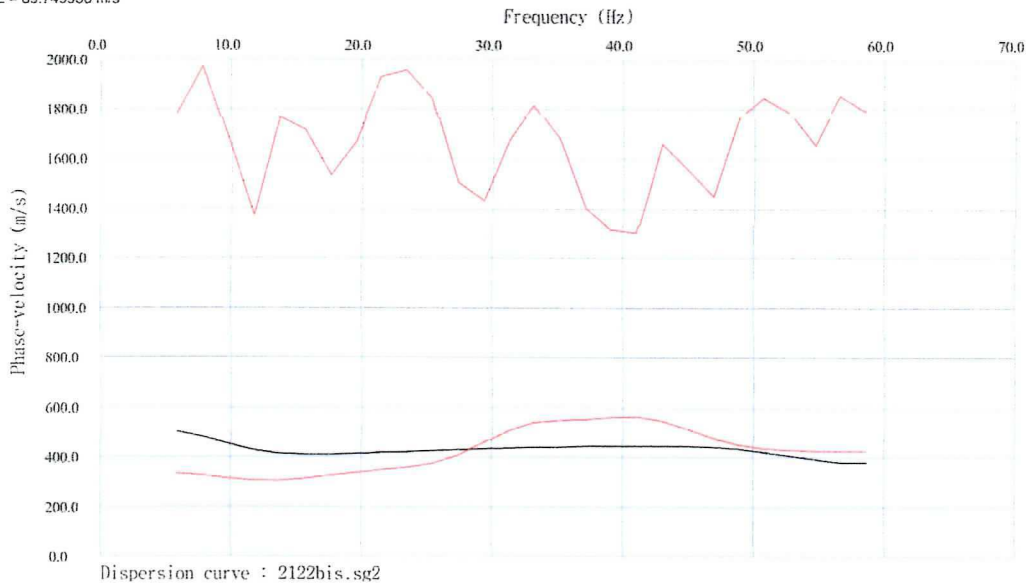


Figura 4 - Risultato dell'inversione - sovrapposizione tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

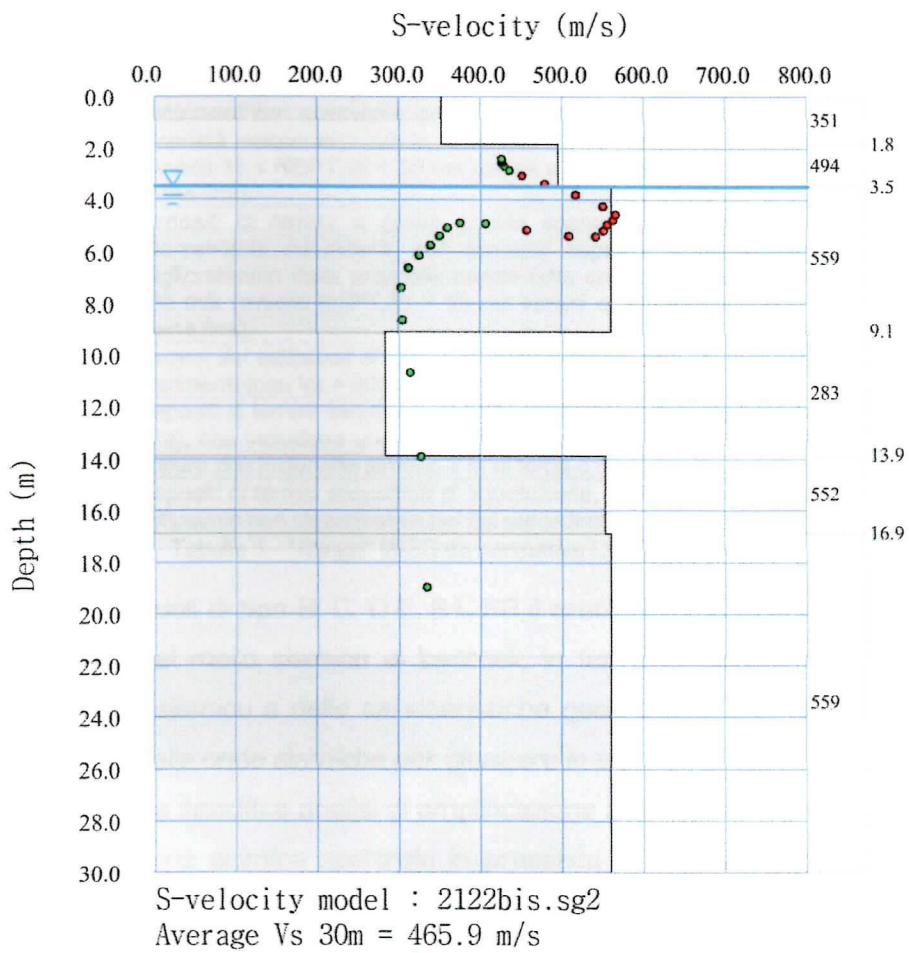


Figura 5 - Modello di velocità del sito.

## 5. DEFINIZIONE SUOLO TIPO

La nuova normativa sismica italiana definisce l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. La norma suddivide il territorio nazionale in diverse aree, ciascuna contraddistinta dal valore  $a_g$  dell'accelerazione di picco al suolo normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori convenzionali di  $a_g$  fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido (vedi tabella 1.), per il quale il moto sismico al *bedrock* non subisce variazioni sostanziali.

CATEGORIA SUOLO	DESCRIZIONE
<b>A</b>	<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>B</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 $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi 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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi 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 $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<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).
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ 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.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 1 - "Range"  $V_{s30}$  da normativa DM 14/01/2008.

In presenza di suoli di tipo B, C, D E, S1, S2 il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al *bedrock*, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D E la normativa introduce un fattore di amplificazione  $S$  e i periodi  $T$  che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%. In presenza di suoli speciali di tipo S1 e S2 la normativa impone uno studio specifico per determinare gli effetti di amplificazione sismica



locale. La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h}{V_i}}$$

dove

$V_i$  e  $h$  sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato  $i$ -esimo.

Per il caso in esame, utilizzando i valori dei modelli di velocità relativi alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta:

Sismostrato	Profondità tetto (m)	Spessore H (m)	Vs (m/s)	H/V (sec)	Vs30
1	0,00	1,84	351,19	0,005239	<b>465,87</b>
2	1,84	1,65	494,50	0,003337	
3	3,49	5,60	559,12	0,010016	
4	9,09	4,78	283,03	0,016889	
5	13,87	3,04	552,33	0,005504	
6	16,91	13,09	559,12	0,023412	

Il valore del Vs30 a piano di campagna calcolato dai modelli di velocità è pari a 465,87 m/s.

L'opportunità di ricorrere all'approccio semplificato [DM 14/01/08, cap. 3.2.2] dovrà essere valutata dal tecnico Geologo e/o dal Progettista incaricati, così come l'eventuale categorizzazione in funzione del valore del Vs30 calcolato, in relazione alla profondità dell'apparato fondale dell'opera in progetto ed alle valutazioni legate alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche del sito in esame.

## 6. CALCOLO MODULI ELASTICI E PARAMETRI GEOSISMICI

### *MODULI ELASTICI*

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che, per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali alle forze che le originano.

In presenza di tali condizioni anche ai terreni ed alle rocce si possono attribuire le proprietà dei corpi elastici, vale a dire: omogeneità, isotropia e continuità. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della legge di Hooke:

$$\sigma = \varepsilon K$$

dove:

$\sigma$  = sforzo applicato

$\varepsilon$  = deformazione prodotta

$K$  = coefficiente di proporzionalità.

$K$ , è un generico coefficiente di proporzionalità che assume significato fisico diverso in relazione al tipo di forze applicate e deformazioni conseguenti (costanti elastiche dei mezzi).

Le deformazioni e le tensioni generate da un transiente sismico rispondono al requisito di: sollecitazioni impulsive di bassa energia; quindi, come già detto, i terreni e le rocce attraversate da onde sismiche subiscono deformazioni di tipo elastico.

Tali deformazioni trovano un'intrinseca corrispondenza biunivoca con le fasi P e S dell'input sismico. Infatti, le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e, pertanto, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Tali parametri, riportati nella tabella seguente, esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

- modulo d'elasticità o di Young ( $E$ ) che fornisce una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di una semplice torsione o compressione. Il modulo di Young dipende dalla porosità dalla pressione litostatica. I valori minimi del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi a bassa porosità, sotto pressione e saturi d'acqua.

- densità geofisica ( $\gamma^{din}$ ) è un parametro che indica lo stato di addensamento dei terreni ed è paragonabile al peso di volume geotecnico;



- rapporto di Poisson ( $\sigma$ ) che dà la misura della deformazione geometrica subita da un corpo elastico e varia, generalmente, da 0.2 a 0.3 per le rocce compatte; da 0.3 a 0.35 per le sabbie e da 0.4 a 0.5 per le argille;

- modulo di rigidità ( $G$ ) che esprime la misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo di taglio, stabilendo pertanto la resistenza del corpo alle variazioni di forma. Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione litostatica. Assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione e saturi d'acqua.

- modulo di volume o di compressibilità ( $K$ ) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza del corpo alle variazioni di volume. Tale parametro varia con la porosità, con la pressione e con la quantità d'acqua presente nella roccia. Aumenta con il grado di saturazione, con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione litostatica.

- modulo di contrasto ( $M$ ) che esprime la misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo di compressione, stabilendo pertanto la resistenza del corpo alle variazioni in direzione perpendicolare al fronte di propagazione. Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione litostatica. Assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione e privi d'acqua.



## *PARAMETRI GEOSISMICI*

Tali parametri consentono di quantizzare il comportamento sismico di un pacchetto lito-stratigrafico, in termini di potere di trasmissione dell'energia sismica da una formazione all'altra. Tale caratteristica è legata all'impedenza sismica ( $IS$ ) ed a due coefficienti ad essa dipendenti: coefficiente di rifrazione ( $t$ ) e coefficiente di riflessione ( $\xi$ ).

### *IMPEDENZA SISMICA ( $IS$ )*

L'impedenza sismica è data dal prodotto della velocità di propagazione delle onde trasversali per la densità del mezzo in cui l'onda si propaga. L' $IS$  è un parametro che permette di valutare l'amplificazione sismica al sito.

### *COEFFICIENTE DI RIFRAZIONE E DI RIFLESSIONE ( $t$ E $\xi$ )*

Altri due valori legati alla rigidità dei terreni sono: i coefficienti di rifrazione ( $t$ ) e di riflessione ( $\xi$ ). Tali coefficienti rappresentano il rapporto tra l'ampiezza dell'onda riflessa o rifratta con l'ampiezza dell'onda incidente.

$\xi$  può assumere valori compresi tra  $-1$  e  $+1$ : quando  $\xi$  tende a  $+1$ , l'onda riflessa ha la stessa fase ed ampiezza dell'onda incidente, mentre quando  $\xi$  tende a  $-1$ , l'onda riflessa avrà la stessa ampiezza dell'onda incidente, ma sarà in opposizione di fase. Il coefficiente  $t$  è sempre positivo e, laddove i terreni hanno forte contrasto di impedenza sismica ( $\rho_2 \gg \rho_1$ ),  $t$  tende a  $2$  cui corrisponde un aumento della frazione di energia trasmessa.

Nella tabella che seguono sono riportati i valori dei moduli elasto-dinamici stimati attraverso formule di correlazione a partire dai sismostrati individuati nella prova MASW.



CERATONIA

**TABELLA MODULI ELASTICI**

D (m)	Z (m)	VP (m/sec)	VS (m/sec)	$\gamma$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>n</sub> (Kg/cm <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	E (kg/cm <sup>3</sup> )	M (kg/cm <sup>3</sup> )	$\rho$	Vp/Vs	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	t	$\xi$
0,00	1,84	636,37	351,19	1,49	1,9E+03	3,6E+03	4,8E+03	6,1E+03	0,28	1,81	523,27	1,20	-0,20
1,84	1,65	923,00	494,50	1,59	3,9E+03	8,5E+03	1,0E+04	1,4E+04	0,30	1,87	786,26	1,15	-0,15
3,49	5,60	1910,62	559,12	1,91	6,0E+03	6,3E+04	1,8E+04	7,1E+04	0,45	3,42	1067,92	0,65	0,35
9,09	4,78	1604,16	283,03	1,82	1,5E+03	4,5E+04	4,4E+03	4,7E+04	0,48	5,67	515,11	1,34	-0,34
13,87	3,04	1903,09	552,33	1,91	5,9E+03	6,2E+04	1,7E+04	7,0E+04	0,45	3,45	1054,95	1,01	-0,01
16,91	semispazio	1910,62	559,12	1,92	6,1E+03	6,3E+04	1,8E+04	7,1E+04	0,45	3,42	1073,51	0,00	1,00

## 7. CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha avuto come scopo quello della definizione della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio per definire la categoria di appartenenza del suolo secondo la normativa sismica vigente e le principali proprietà elastiche dei terreni investigati.

I principali risultati possono così essere sintetizzati:

- la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra ca. 56 e 6 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa tra ca. 283 m/s e 559 m/s.;
- il modello sismico rappresentativo del sito studiato è il seguente:

Sismostrato	Profondità tetto (m)	Spessore H (m)	Vs (m/s)	H/V (sec)	Vs30
1	0,00	1,84	351,19	0,005239	<b>465,87</b>
2	1,84	1,65	494,50	0,003337	
3	3,49	5,60	559,12	0,010016	
4	9,09	4,78	283,03	0,016889	
5	13,87	3,04	552,33	0,005504	
6	16,91	13,09	559,12	0,023412	

- il valore del Vs30 a piano di campagna calcolato dai modelli di velocità è pari a 465,87 m/s.

Stratigrafia	NOTE					DESCRIZIONE	P r o f m	c a r o t %	R Q D %	
	A	B	C	D	E					F a l d a
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 profondità strati (m)						Materiale detritico costituito da frammenti carbonatici centimetrici in matrice limoso-argillosa marrone.	1,4	71		
							2,6	83		
								3,9	77	
								5,2	77	
								6,7	67	
								7,7	100	
								8,7	100	
								10,2	100	
							Alluvioni costituite da elementi calcarei di dimensioni eterometriche, con blocchi di 20+30 cm, in matrice sabbioso-limosa giallastra.			
								9,7		
						Marne grigie.	10,2			
							i			
							10,2			

- note:
- A Quota passaggio stratigrafico (m)
  - B N° identificazione campione  
(i= indisturbato; r = rimaneggiato)
  - C Quota superiore prelievo campione (m)
  - D Quota iniziale prova SPT
  - E Numero di colpi, prova SPT, per intervalli di 15 cm

1/1

Seaf S.r.l.  
 Indagini geognostiche, fondazioni speciali e lavori verticali.  
 Laboratorio geotecnico A.L.G.I. n° 31  
 Via Mongibello, 82 - 97100 RAGUSA -

COMMITTENTE: Comune di Scicli

CANTIERE: Indagini geognostiche preliminari alla redazione del progetto di costruzione del parcheggio di via Badiula a Scicli (RG)

SONDAGGIO  
S2

Stratigrafia	NOTE						DESCRIZIONE	P r o f m	c a r o t %	R Q D %
	A	B	C	D	E	F a l d a				
<p>profondità strati (m)</p>		r1	0,5					1,0 100		
							Materiale detritico costituito da frammenti carbonatici centimetrici in matrice limoso-argillosa marrone.	2,3 77		
								3,5 83		
								5,0 67		
								7,0 50		
						3,7	Alluvioni costituite da elementi calcarei di dimensioni eterometriche, con blocchi di 20÷30 cm, in matrice sabbioso-limosa giallastra.	8,6 63		
								9,6 100		
								10,4 100		
						10,0				
						10,4	Marne grigie.			

note:

- A Quota passaggio stratigrafico (m)
- B N° identificazione campione  
(i= indisturbato; r = rimaneggiato)
- C Quota superiore prelievo campione (m)
- D Quota iniziale prova SPT
- E Numero di colpi, prova SPT, per intervalli di 15 cm

1/1

Seaf S.r.l.  
Indagini geognostiche, fondazioni speciali e lavori verticali.  
Laboratorio geotecnico A.L.G.I. n° 31  
Via Mongibello, 82 - 97100 RAGUSA -



# Seaf s.r.l.

Indagini geognostiche, fondazioni speciali e lavori verticali.

Laboratorio geotecnico A.L.G.I. n° 31

Via Mongibello, 82 - 97100 RAGUSA -

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 10,20

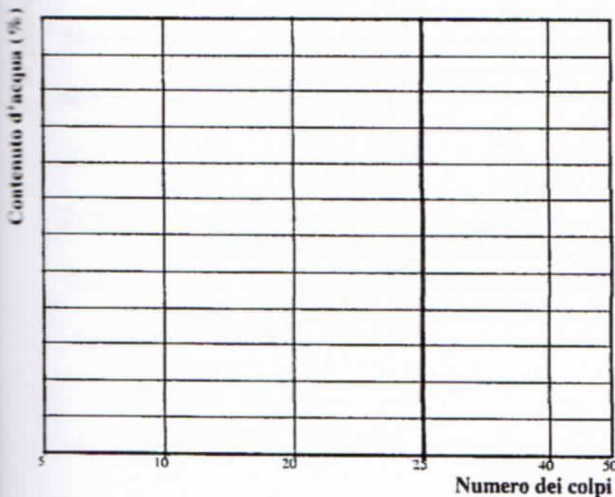
PROVENIENZA: Scicli Via Badiula (costruzione parcheggio)

COMMITTENTE: Comune di Scicli

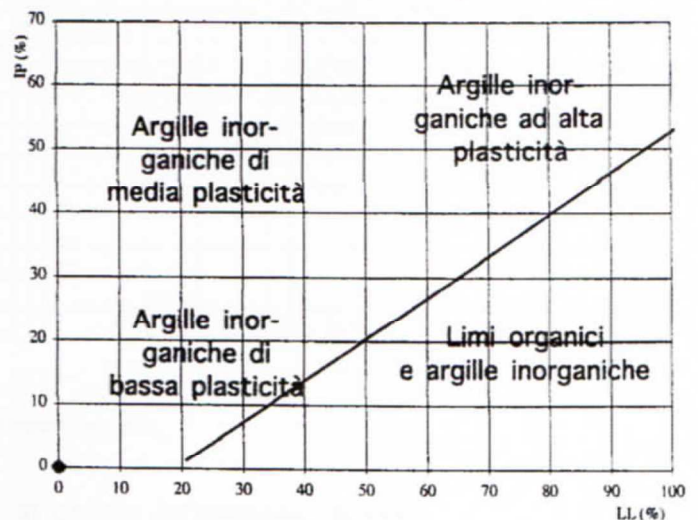
## Caratteristiche volumetriche e di consistenza

Umidità Naturale	Wn	%	22,36
Peso Specifico Solido	$\gamma_s$	g/cc	2,76
Peso di Volume	$\gamma$	g/cc	2,08
Peso di volume secco	$\gamma_d$	g/cc	1,70
Indice naturale dei Vuoti	e <sub>0</sub>	- / -	0,62
Porosità	n	%	38,41
Grado di Saturazione	Sr	%	98,96
Limite Liquido	LL	%	
Limite Plastico	LP	%	
Indice di Plasticità	IP	- / -	
Indice di Consistenza	IC	- / -	

Classificazione CNR UNI 10008



Carta di plasticità (A.Casagrande)



SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1 r

PROFONDITA': 0,50

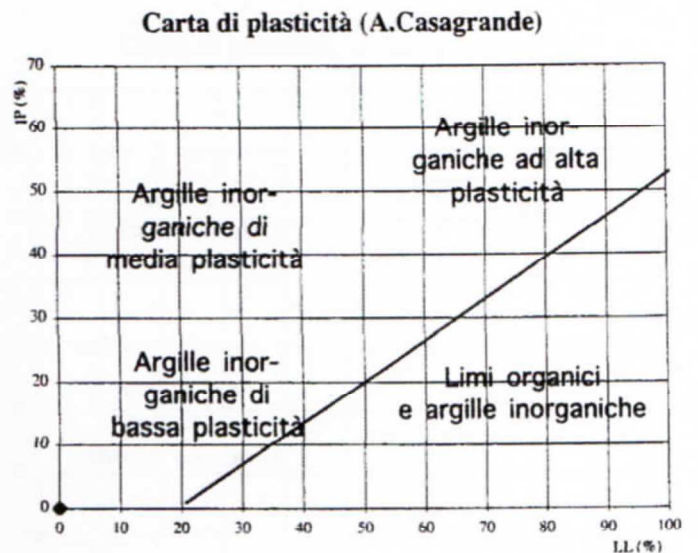
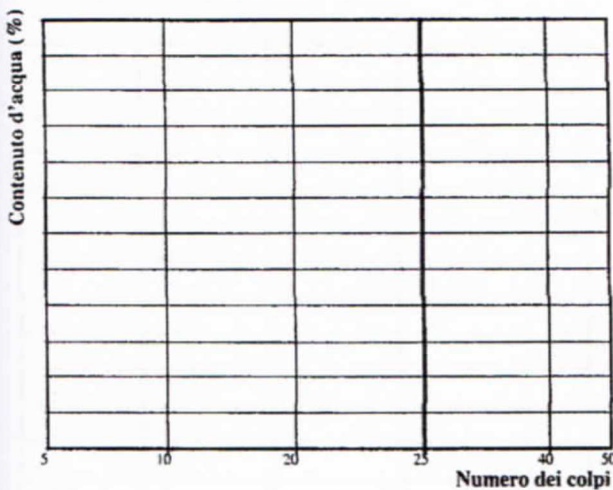
PROVENIENZA: Scicli Via Badiula (costruzione parcheggio)

COMMITTENTE: Comune di Scicli

## Caratteristiche volumetriche e di consistenza

Umidità Naturale	Wn	%	
Peso Specifico Solido	$\gamma_s$	g/cc	2,68
Peso di Volume	$\gamma$	g/cc	1,70
Peso di volume secco	$\gamma_d$	g/cc	
Indice naturale dei Vuoti	e0	- / -	
Porosità	n	%	
Grado di Saturazione	Sr	%	
<hr/>			
Limite Liquido	LL	%	
Limite Plastico	LP	%	
Indice di Plasticità	IP	- / -	
Indice di Consistenza	IC	- / -	

Classificazione CNR UNI 10008



Seaf s.r.l.

Indagini geognostiche, fondazioni speciali e lavori verticali.

Laboratorio geotecnico A.L.G.I. n° 31

Via Mongibello, 82 - 97100 RAGUSA -

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

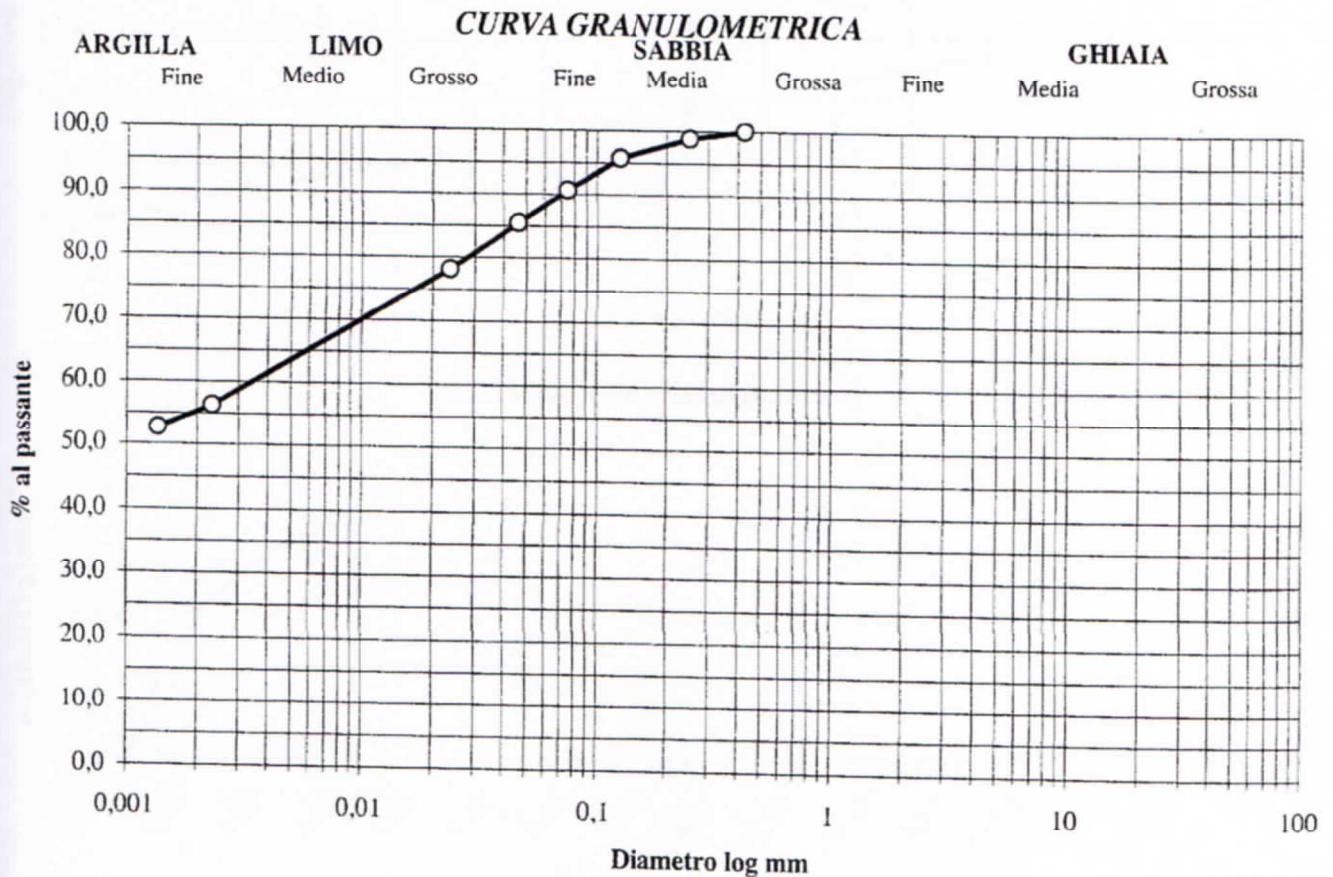
PROFONDITA': 10,20

PROVENIENZA: Scicli Via Badiula (costruzione parcheggio)

COMMITTENTE: Comune di Scicli

## ANALISI GRANULOMETRICA

Setacciatura		Peso (g)	SETACCIATURA			SEDIMENTAZIONE Frazione <0,075 mm	
Setacci			Parziale (%)	Trattenuto (%)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
ASTM	mm						
1"	>25,0	0	0	0,00	100,0	0,0643	88,9
5/8"	>16,0	0	0	0,00	100,0	0,0461	85,3
5/16"	>8,0	0	0,00	0,00	100,0	0,0330	81,7
N° 5	>4,0	0	0,00	0,00	100,0	0,0237	78,1
N° 10	>2,0	0	0,00	0,00	100,0	0,0169	74,5
N° 18	>1,0	0	0,00	0,00	100,0	0,0121	70,9
N° 40	>0,425	0	0,00	0,00	100,0	0,0090	67,3
N° 60	>0,250	3,6	1,23	1,23	98,8	0,0064	63,7
N° 120	>0,125	9,1	3,11	4,34	95,7	0,0046	60,1
N° 200	>0,075	14,8	5,06	9,40	90,6	0,0023	56,3
	<0,075	263,4				0,0014	52,7
Somma (g)		290,9					
Perdita (g)		1,5	Percentuale < 0,075 (%):		90,55		



Classificazione granulometrica: argilla con limo

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1 r

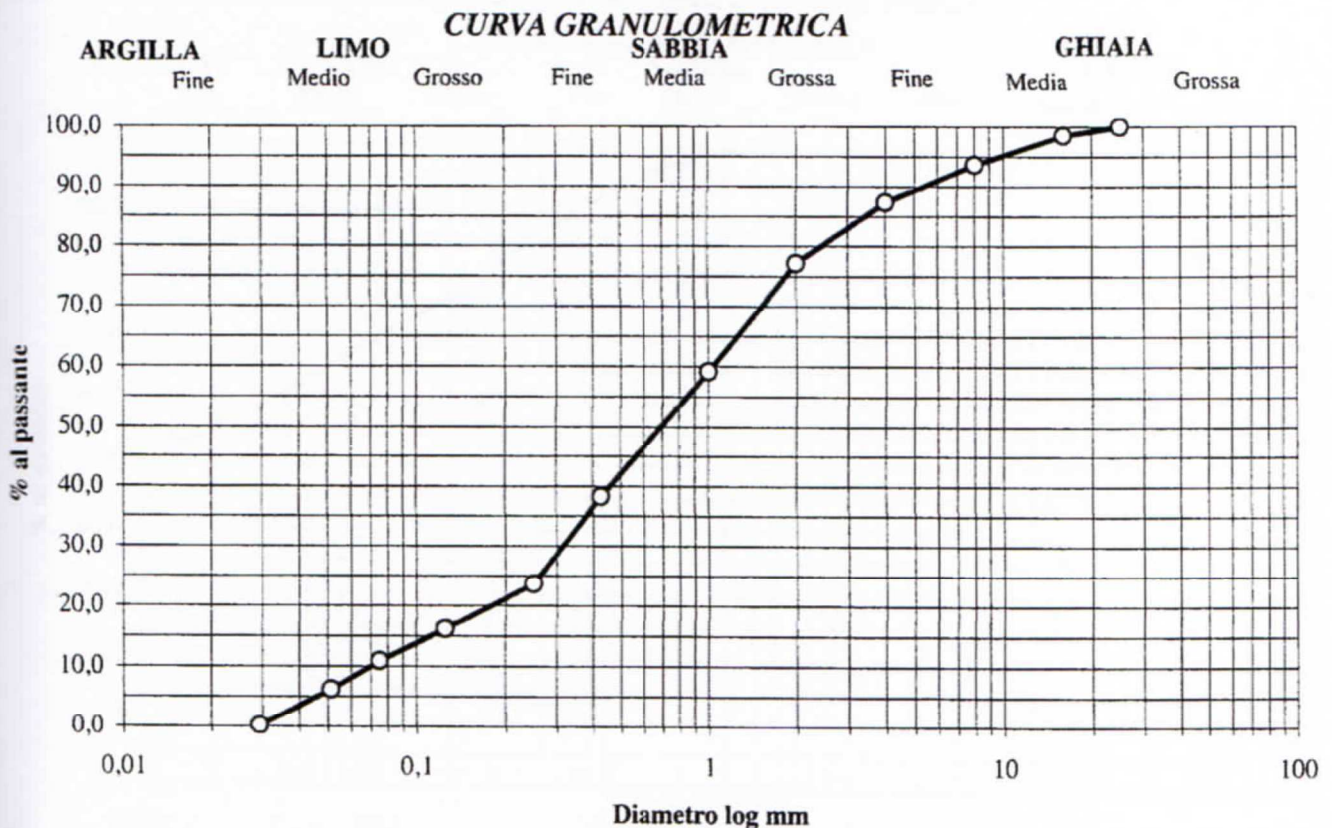
PROFONDITA': 0,50

PROVENIENZA: Scicli Via Badiula (costruzione parcheggio)

COMMITTENTE: Comune di Scicli

## ANALISI GRANULOMETRICA

Setacciatura		Peso campione iniziale (g):	SETACCIATURA			SEDIMENTAZIONE	
			Peso (g)	Parziale (%)	Trattenuto (%)	Passante (%)	Frazione <0,075 mm
Setacci							
ASTM	mm						
T"	>25,0	0	0	0,00	100,0	0,0683	8,3
5/8"	>16,0	3,6	1,4434643	1,44	98,6	0,0511	6,2
5/16"	>8,0	12,4	4,97	6,42	93,6	0,0399	2,0
N° 5	>4,0	15,6	6,26	12,67	87,3	0,0293	0,1
N° 10	>2,0	25,4	10,18	22,85	77,1	0,0207	0,1
N° 18	>1,0	44,8	17,96	40,82	59,2	0,0147	0,1
N° 40	>0,425	52,1	20,89	61,71	38,3	0,0107	0,1
N° 60	>0,250	36,7	14,72	76,42	23,6	0,0076	0,1
N° 120	>0,125	18,4	7,38	83,80	16,2	0,0054	0,1
N° 200	>0,075	13,4	5,37	89,17	10,8	0,0027	0,1
	<0,075	26,4				0,0015	0,1
Somma (g)		248,8					
Perdita (g)		0,6	Percentuale < 0,075 (%):		10,61		



Classificazione granulometrica: sabbia con ghiaia debolmente limosa

Il tecnico di laboratorio

**PROVA DI TAGLIO**

Via Mongibello, 82 - 97100 RAGUSA -

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 10,20

PROVENIENZA: Scikli Via Badiula (costruzione parcheggio)

COMMITTENTE: Comune di Scikli

PROVINO N.	1	2	3
Peso di volume (gr/cmc)	2,074	2,082	2,079
Contenuto naturale d'acqua (%)	22,36	22,35	22,36
Pressione verticale (Kg/cm <sup>2</sup> )	1	2	3
Deformazione verticale a rottura (mm)	0,19	0,24	0,31
Deformazione trasversale a rottura (%)	4,17	5,00	5,00
Sollecitazione di taglio a rottura (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,398	0,758	1,073
Contenuto d'acqua finale (%)	23,02	23,14	23,16

**CARATTERISTICHE DELLA PROVA**

Velocità di deformazione (mm/min)	0,0017
Dimensione dei provini (cm)	6,00 x 3,10
Tipo di prova eseguita:	C.D.

Angolo d'attrito interno (°)	18,7°
Coesione (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,07

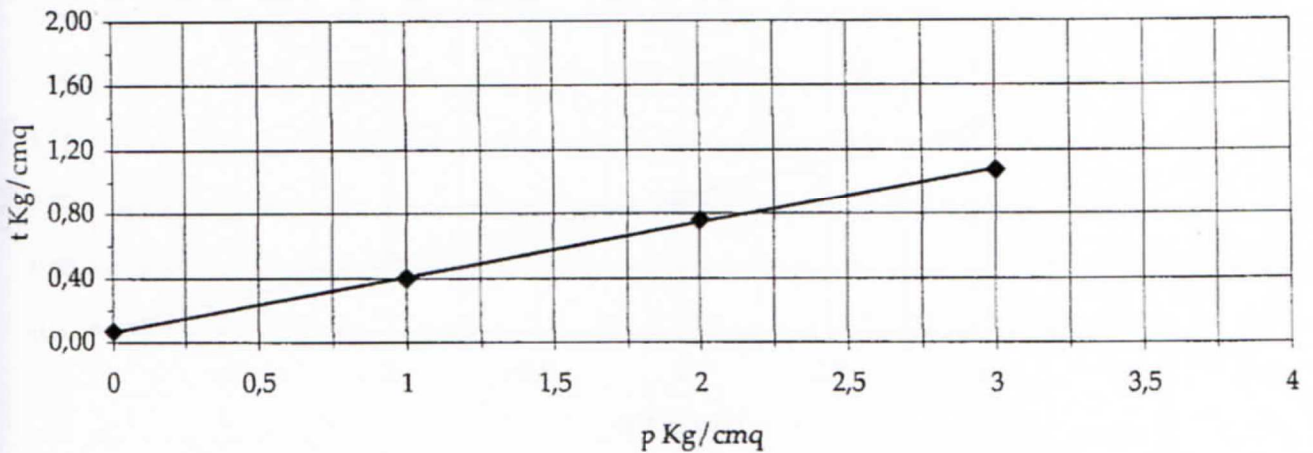
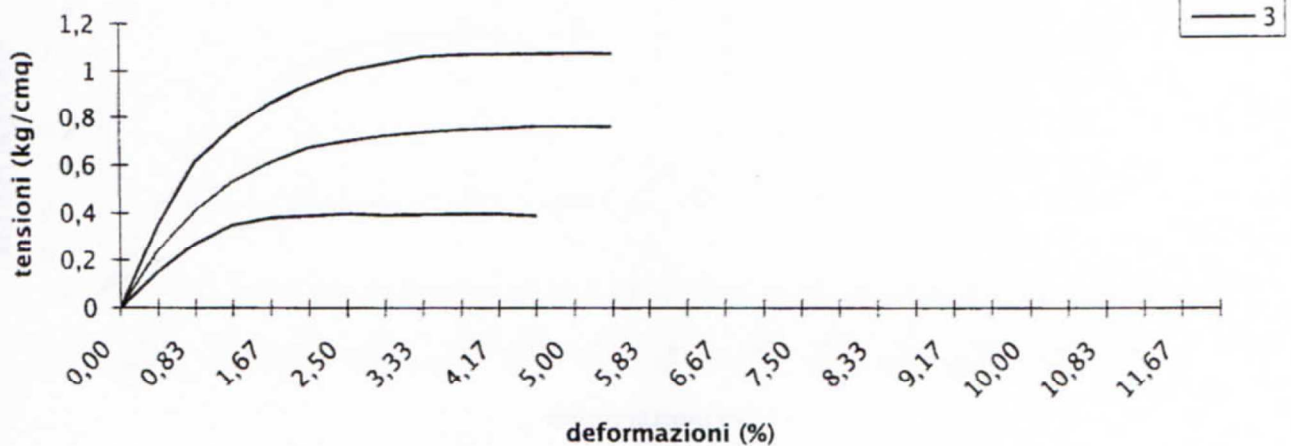


grafico tensioni/deformazioni



**PROVA DI TAGLIO**

Via Mongibello, 82 - 97100 RAGUSA -

**SONDAGGIO: 2**

**CAMPIONE: 1 r**

**PROFONDITA': 0,50**

**PROVENIENZA: Scikli Via Badiula (costruzione parcheggio)**

**COMMITTENTE: Comune di Scikli**

PROVINO N.	1	2	3
Peso di volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1,864	1,865	1,865
Contenuto naturale d'acqua (%)			
Pressione verticale (Kg/cm <sup>2</sup> )	1	2	3
Deformazione verticale a rottura (mm)	0,44	0,72	0,96
Deformazione trasversale a rottura (%)	2,92	4,17	4,17
Sollecitazione di taglio a rottura (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,449	0,841	1,298
Contenuto d'acqua finale (%)			

CARATTERISTICHE DELLA PROVA	
Velocità di deformazione (mm/min)	0,0016
Dimensione dei provini (cm)	6,00 x 3,10
Tipo di prova eseguita:	C.D.

Angolo d'attrito interno (°)	23,0°
Coesione (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,01

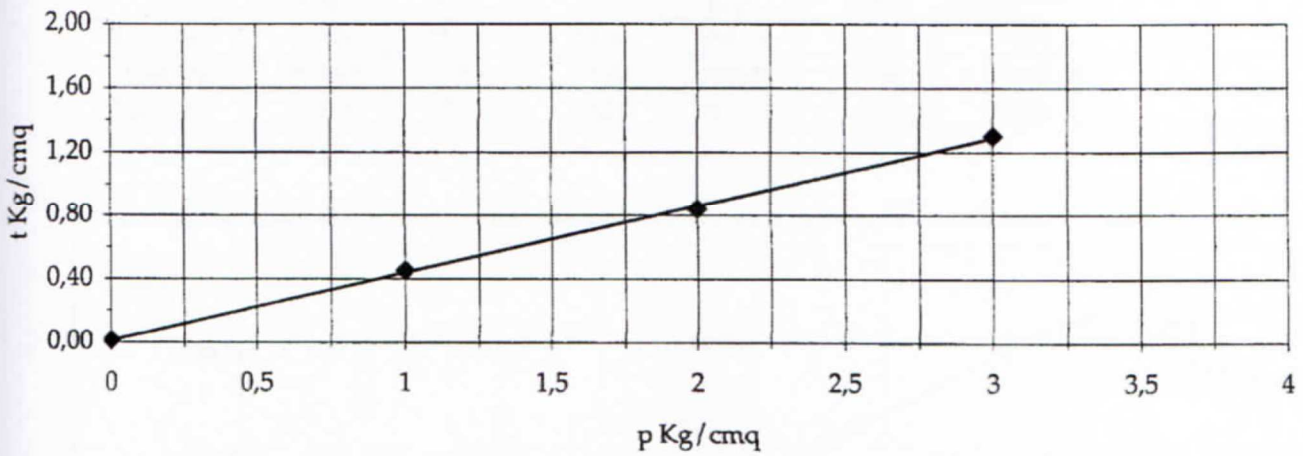


grafico tensioni/deformazioni

