

# STUDIO DI GEOLOGIA

*Dottor Gabriele Borghini*

*Largo Altiero Spinelli , 58 - 54016 Masero di Licciana Nardi (MS)*

*Tel/Fax 0187 408258*

*studioborghini@alice.it*

REGIONE TOSCANA  
PROVINCIA DI MASSA CARRARA  
COMUNE DI LICCIANA NARDI

RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA ALL'INTERVENTO DI  
RIPRISITNO DEL CORPO STRADALE IN CORRISPONDENZA  
DEL KM 6+100 DELLA S.P. 74

**LOCALITA' LICCIANA NARDI**

**II COMMITTENTE**

**Comune di Licciana Nardi**

**PROGETTISTA**

**Ing. Albertoni Fleana**

**II GEOLOGO**

**Dottor Gabriele Borghini**

# SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. UBICAZIONE E DATI GENERALI</b>	<b>3</b>
2.1 Ubicazione dell' intervento	3
2.2 Documentazione fotografica	8
2.3 Quadro normativo di riferimento (nazionale e regionale)	10
<b>3. VINCOLISTICA</b>	<b>11</b>
3.1 Vincoli Autorità di bacino Fiume Magra	11
3.2 Vincolistica ambientale e naturalistica	13
3.3 Vincoli legislativi, di salvaguardia ed ambientali	13
3.4 Vincolo Paesistico	13
3.5 Classificazione sismica	14
<b>4. INAQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO IDROGEOLOGICO</b>	<b>15</b>
4.1 Geologia	15
4.2 Geomorfologia	17
4.3 Analisi situazione idrogeologica	19
<b>5. CARATTERIZZAZIONE MODELLO GEOLOGICO</b>	<b>20</b>
5.1 Indagini geognostiche.	20
5.2 S1	21
5.3 DPSH	22
5.4 ST1	24
5.5 ST2	25
5.6 Carta geologica di dettaglio Scala 1:2.500	26
5.7 Sezioni geologico interpretative	27
5.8 Parametri geotecnici caratteristici	30
<b>6. CARATTERIZZAZIONE MODELLO SISMICO</b>	<b>31</b>
6.1 Definizione forme spettrali	31
6.2 Risposta sismica locale	31
6.3 Individuazione categorie di sottosuolo	32
<b>7. CONCLUSIONI</b>	<b>33</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione, realizzata su incarico del progettista, concerne i risultati dello studio: geologico, geomorfologico, sismico e l'assegnazione dei parametri geotecnici; relativi ai terreni siti nel comprensorio comunale di Licciana (MS).

Relazione redatta a supporto del progetto di ripristino del corpo stradale in corrispondenza del km 6+100 della Strada Provinciale num. 74.

## 2. UBICAZIONE E DATI GENERALI

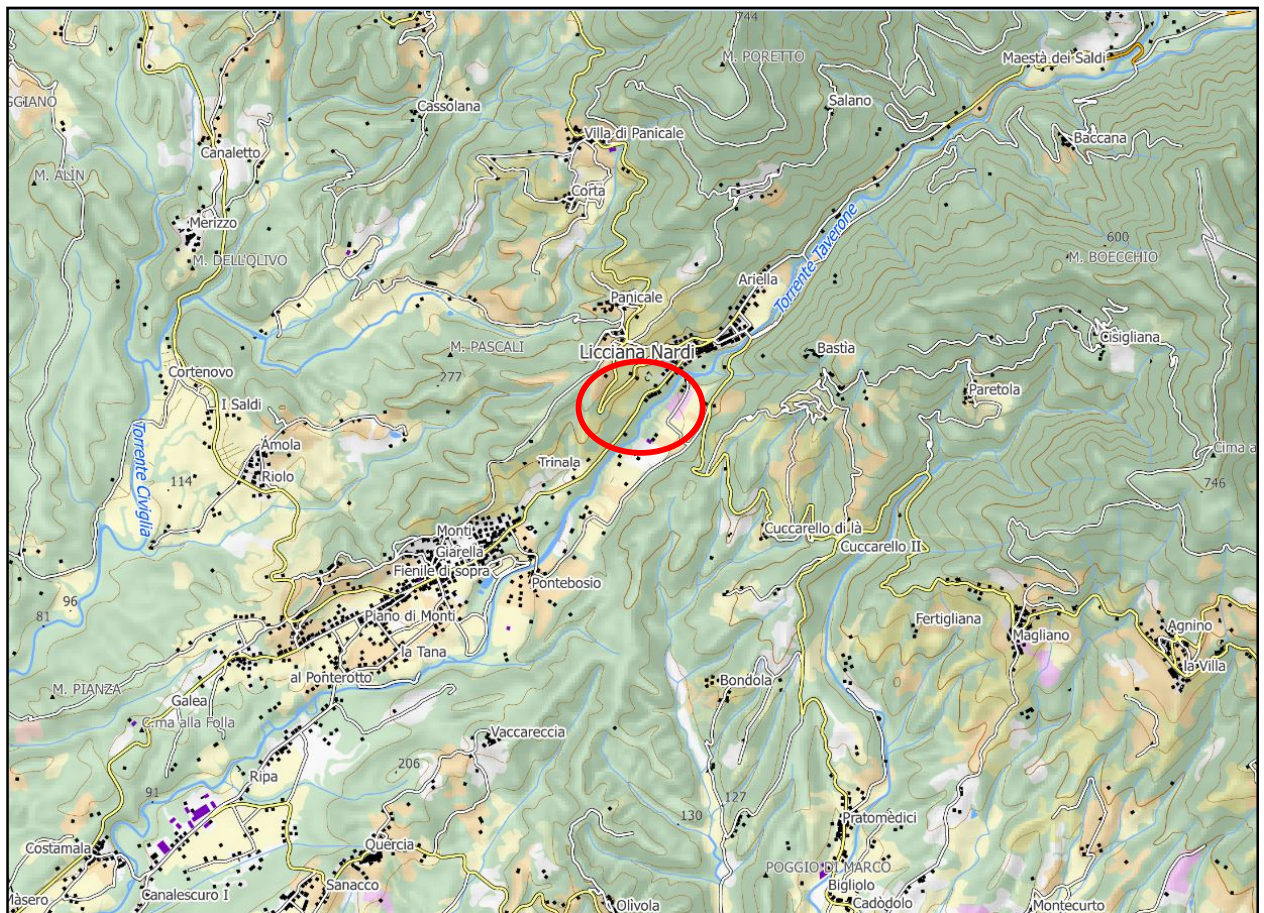
### 2.1 Ubicazione dell' intervento

L'area in esame è situata nel comprensorio provinciale di Massa Carrara, nel Comune di Licciana Nardi, nella parte finale di un pendio collinare esposto a sud - ovest; la zona è situata in particolare sulla sponda destra del Torrente Taverone.; ad una quota di circa 200m s.l.m. (*vedi elaborati grafici*).

Cartografia di riferimento: CTR – Regione Toscana

CTR – Foglio n. 234 – Fivizzano – Scala 1:50000

CTR – Sezione n. 234090- Licciana Nardi -scala 1:10.000



**Figura Stralcio Carta Topografica**

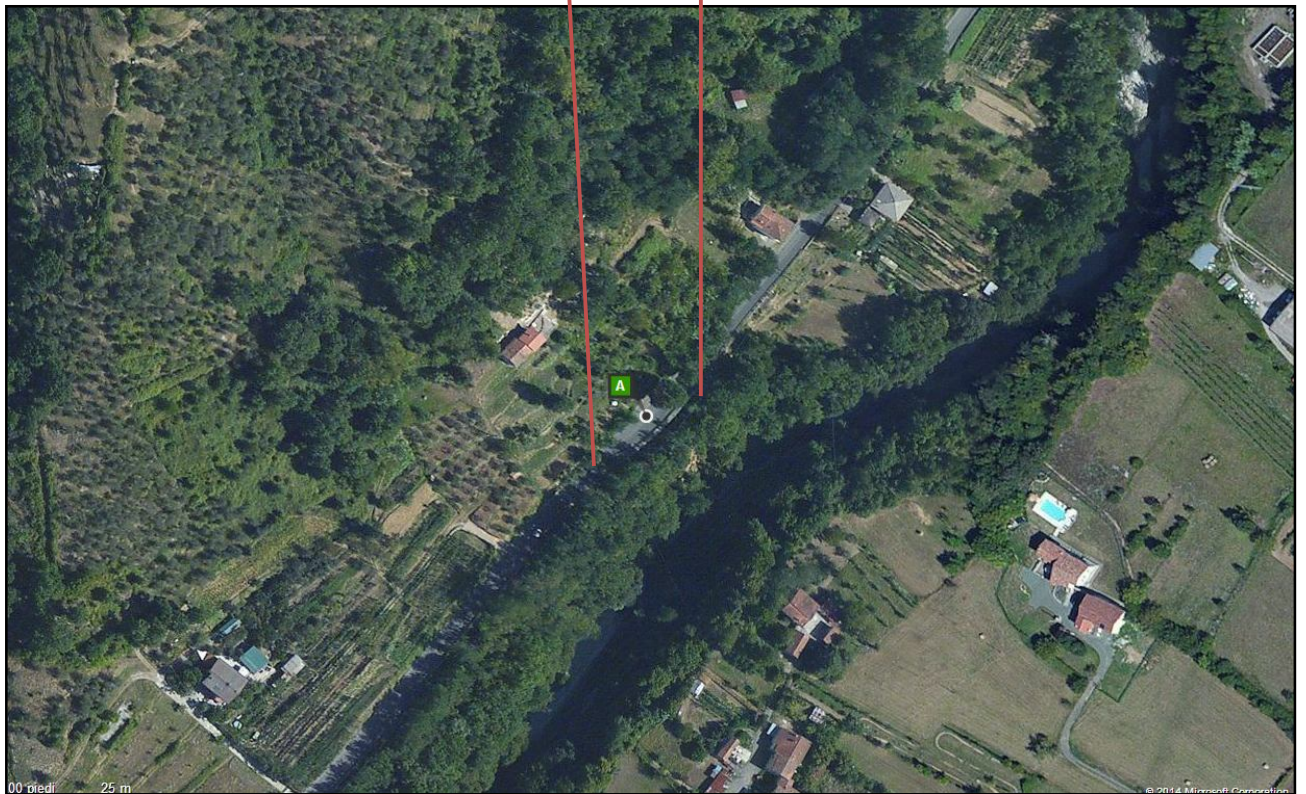
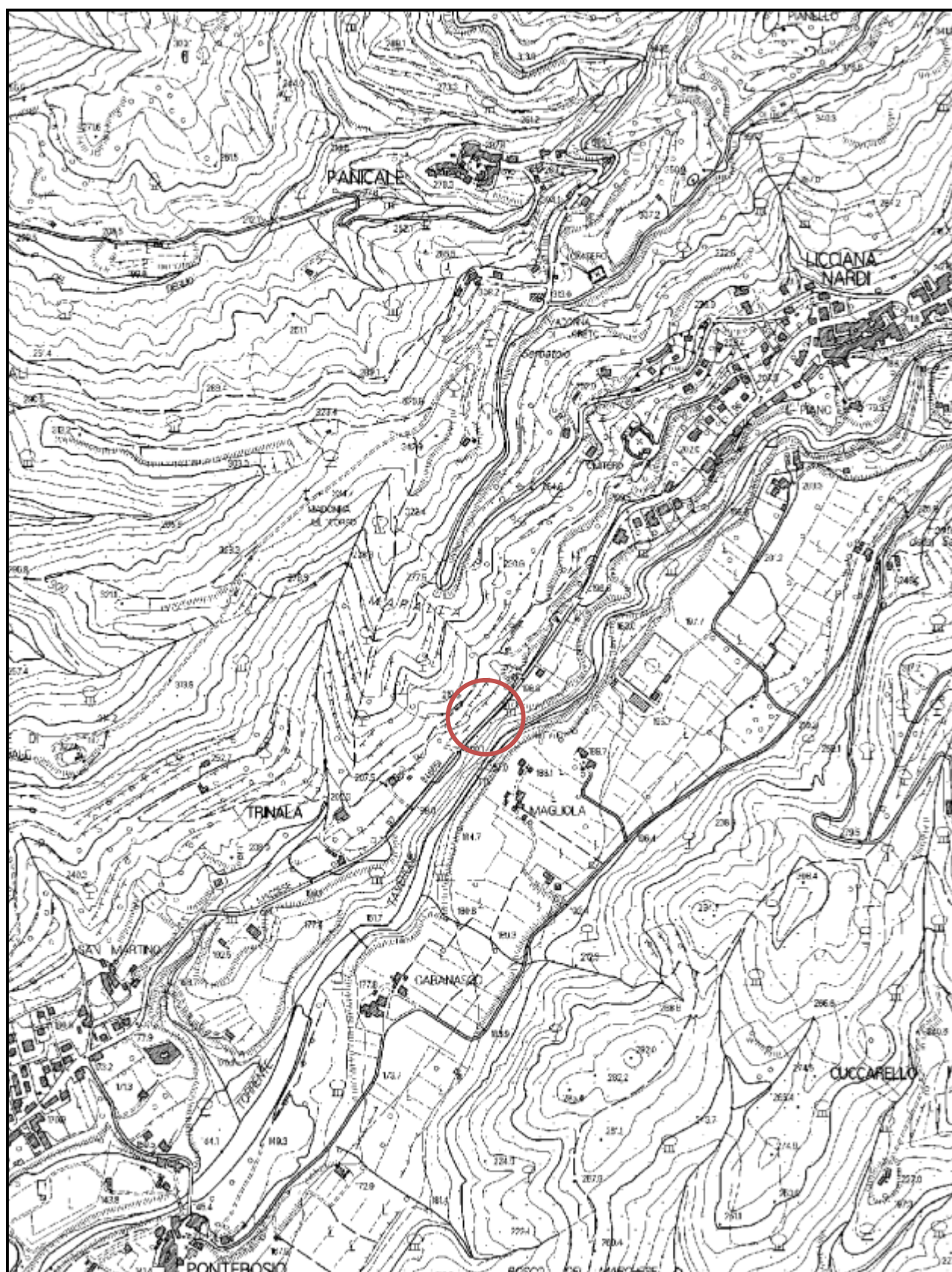


Figura Foto satellitare a vari dettagli



**Figura** Stralcio C.T.R. scala 1:10.000

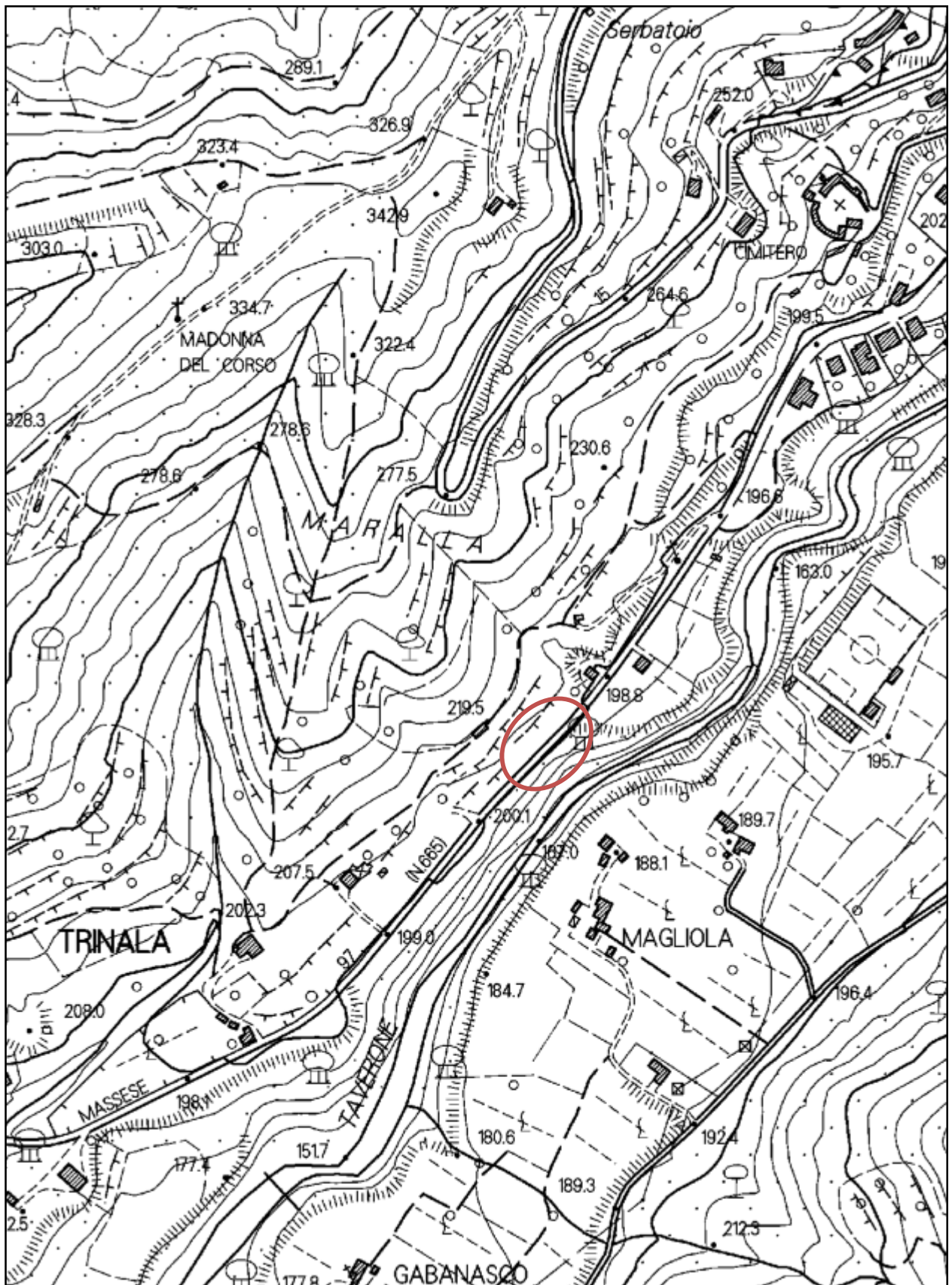
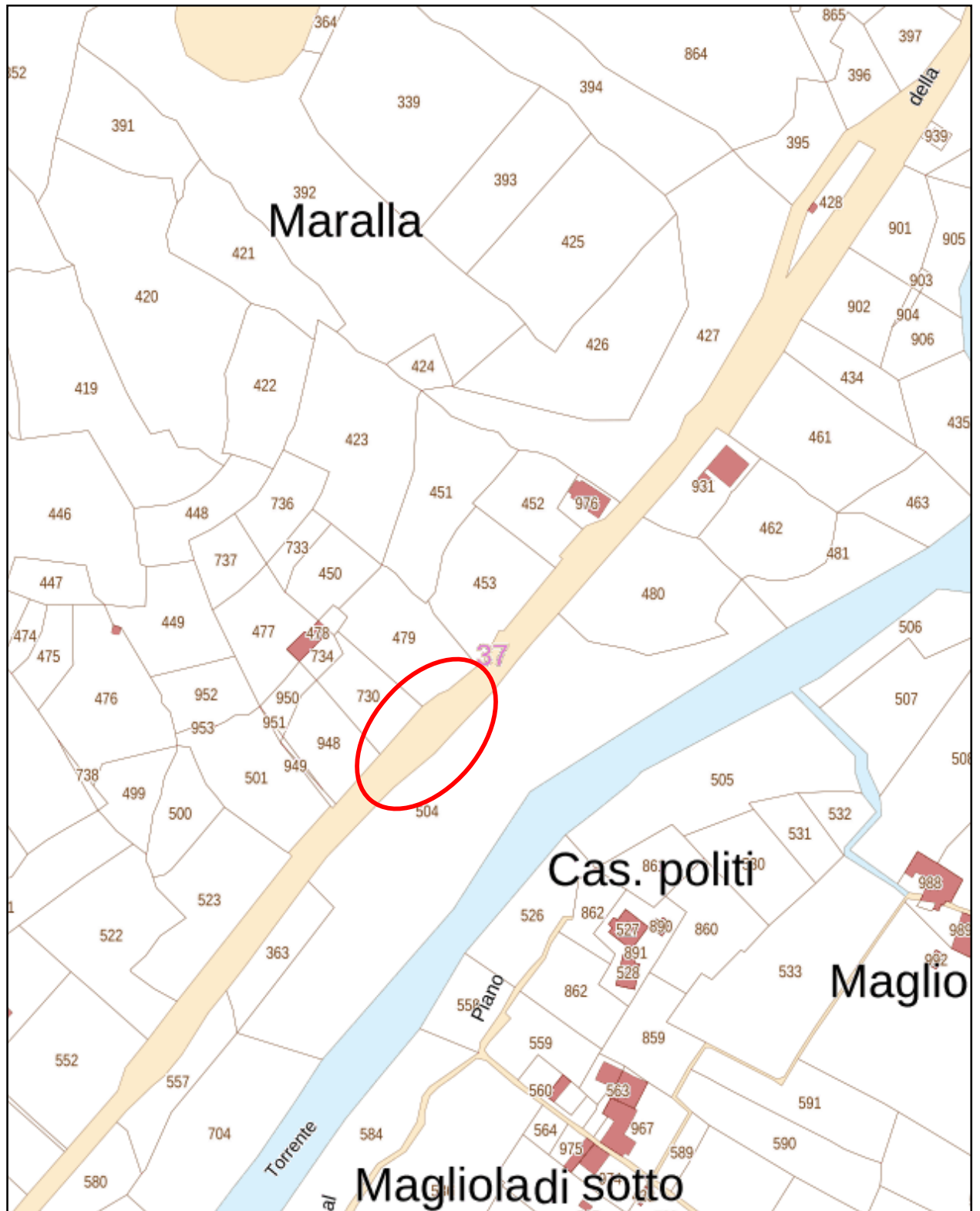


Figura Stralcio C.T.R. scala 1: 5.000



**Figura** Stralcio Carta Catastale Scala 1:2.000

## 2.2 Documentazione fotografica



Figura \_\_\_\_\_

Foto del muro con il dissesto  
sotto le fondazioni

Figura \_\_\_\_\_

Foto del muro con punto di  
presa dal piano stradale



Figura \_\_\_\_\_

Foto dissesto







**Figura \_\_\_\_\_**

**Foto frattura nel terreno**

**Figura \_\_\_\_\_**  
**Foto porzione in dissesto**



**Figura \_\_\_\_\_** **Foto del**  
**frattura nel piano viario**

### 2.3 Quadro normativo di riferimento (nazionale e regionale)

- L. 02/02/1974, n. 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. LL. PP. 11/03/1988 e Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24/09/1988, n. 30483: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione",
- L. 11/02/1994, n. 109 e succ. mod. e int. - Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici,
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche",
- Testo unico per l'edilizia – d.p.r. 380/01 e sue successive modifiche ed integrazioni,
- Legge 23/03/2001, n° 93 "Disposizioni in campo ambientale"
- O.P.C.M. del 20/03/2003 n. 3274 e succ. mod. e int.: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica",
- Eurocodice 8: "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture";
- D.lgs. n° 152 del 03-04-2006 "Norme in materia di Ambiente" Pubblicato su supplemento 96/L alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006;
- O.P.C.M. del 28/04/06 n. 3519 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- D.M. 14 Gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - NTC2008;
- OPCM 3907/2010 - Studi di Microzonazione Sismica. Approvazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica;

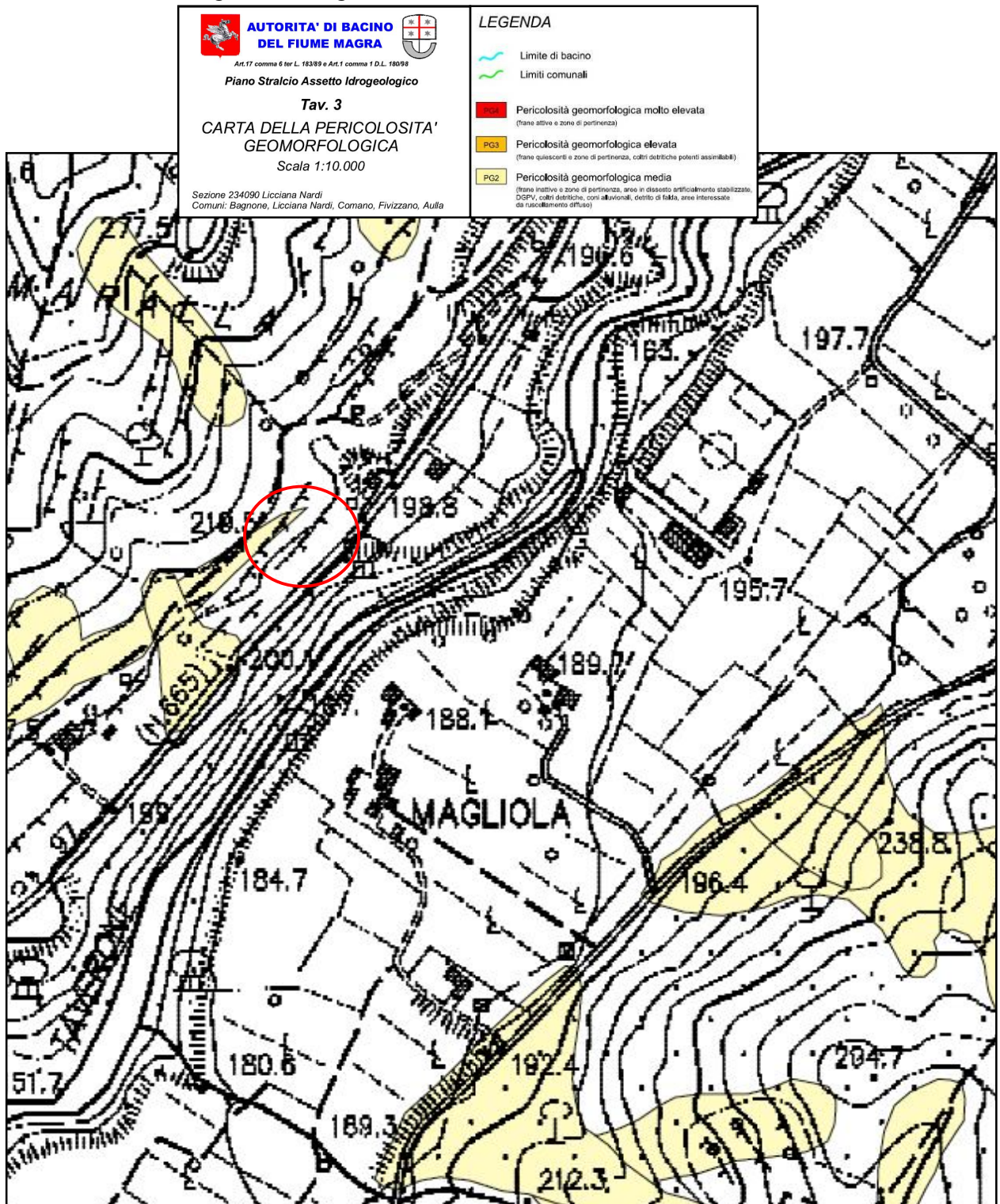
### Legislazione regionale

- L.R. 21/07/1995, n. 81 – Norme di attuazione L. 05/01/1994, n. 36: "Disposizioni in materia di risorse idriche",
- L.R. 21/03/2000 n. 39: "Legge forestale della Toscana";
- L.R. 03/01/2005, n. 1 "Norme per il governo del territorio" e successive modifiche ed integrazioni,
- D.G.R. n° 431 del 19-06-2006 Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ord. Pc:m: 3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. dell'11.05.2006
- D.P.G.R. n° 26R del 27-04-2007 "Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche"
- D.C.R. n° 72 del 24-07-2007 "Piano di Indirizzo Territoriale"
- D.G.R. n. 841 del 26/11/2007 "Nuova classificazione sismica della Toscana e zone a maggior rischio sismico";
- Del .G.R.T. n.261 del 18.04. 2011 – Approvazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica;
- D.G.R. n° 882 del 17-10-2011 Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. N. 1/2005 "Norme per il governo del territorio" in materia di indagini geologiche;
- D.P.G.R. n° 53R del 25-10-2011. "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della Legge regionale 3 gennaio 2005, n.1" (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

### 3. VINCOLISTICA

#### 3.1 Vincoli Autorità di bacino Fiume Magra

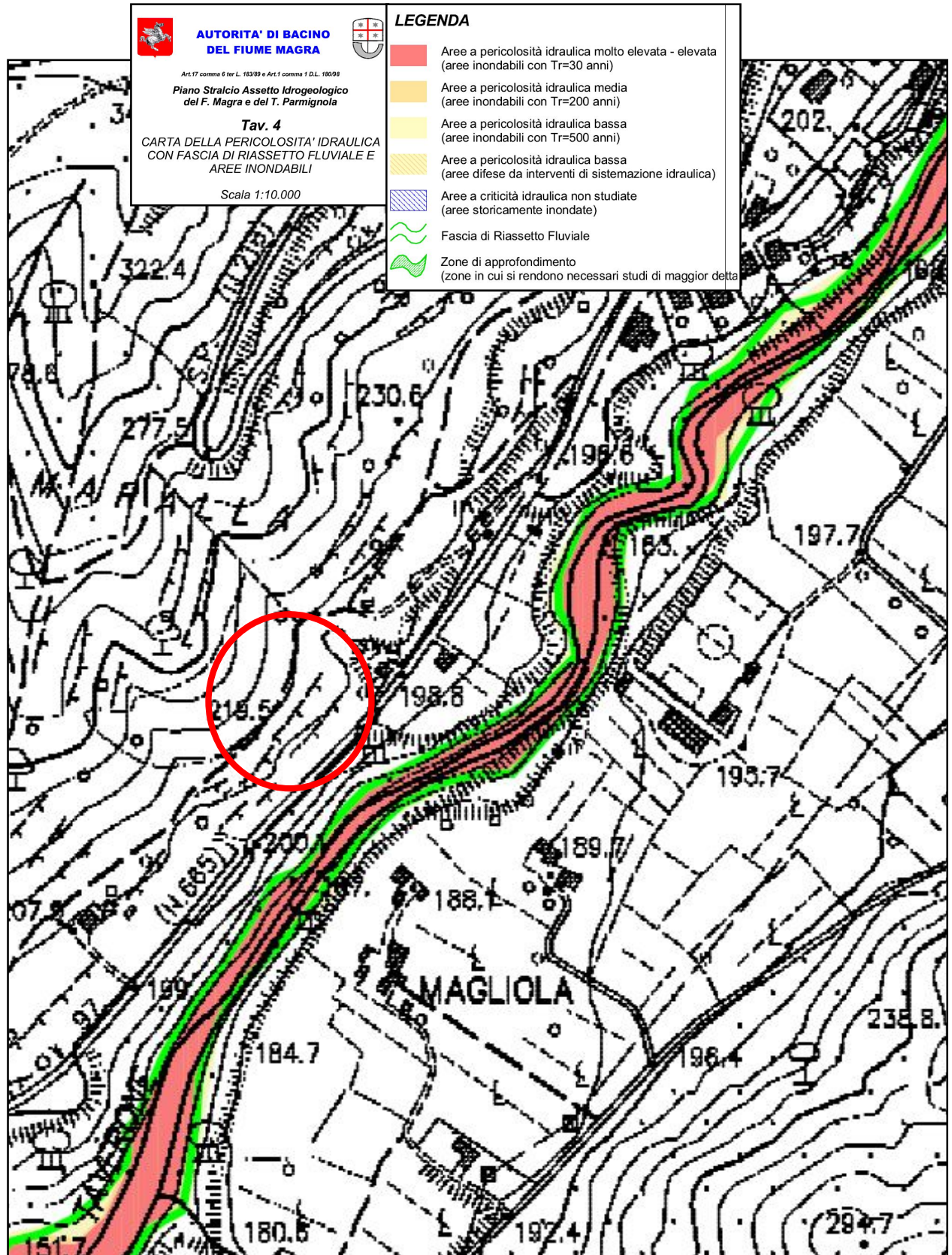
##### 3.1.1 Pericolosità geomorfologica



L'area studiata non ricade nelle aree individuate nella cartografia TAV. 3 Carta della Pericolosità Geomorfologica Sezione 234090 dell'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Magra. ART. 13. Disciplina dell'assetto geomorfologico

**Figura** Stralcio cartografia Piano di Bacino Fiume Magra

### 3.1.1 Pericolosità idraulica



L'area studiata non ricade nelle aree individuate nella cartografia TAV. 4 Carta della Pericolosità Idraulica dell'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Magra. ART. 13. Disciplina dell'assetto geomorfologico

**Figura Stralcio cartografia Piano di Bacino Fiume Magra**

### 3.2 Vincolistica ambientale e naturalistica

- Siti di interesse regionale (SIR)
- Parco dell'Appennino Tosco emiliano
- Parco delle Apuane

Il sito di indagine **non rientra** nelle suddette zone vincolate

### 3.3 Vincoli legislativi, di salvaguardia ed ambientali

- Vincolo ex art.142 Dlgs 42/2004
- Vincolo Idrogeologico- R.D. n 3267 del 30/12/1923
- Vincolo archeologico ex L. 1089/39

Il sito di indagine **non rientra** nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico

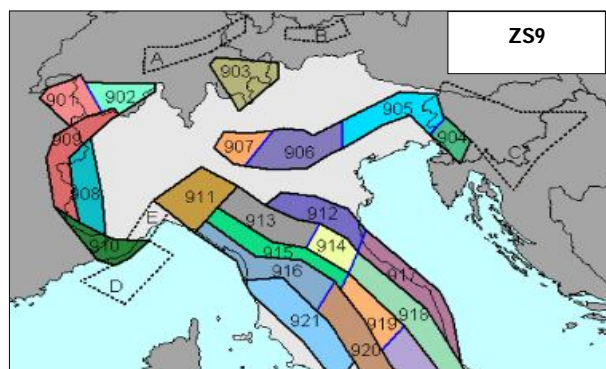
### 3.4 Vincolo Paesistico

Decreto Legislativo 22 Gennaio 2004 n. 42 - **Codice dei beni culturali e del paesaggio**, ai sensi dell'articolo 10 della Legge 6 luglio 2002, n. 13.

Il sito di indagine **rientra** in aree di specifico interesse paesaggistico.

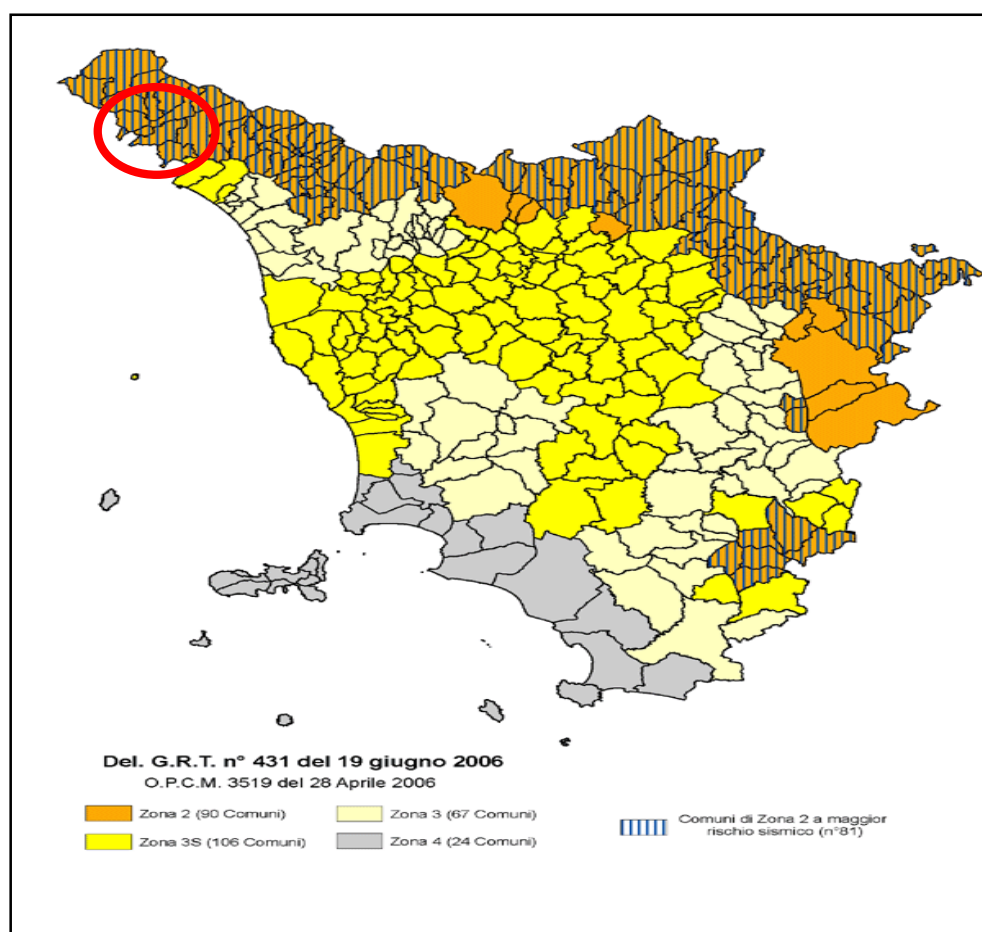
### 3.5 Classificazione sismica

Nella nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), l'area in esame si trova nella fascia 916 – 920 che comprende il settore in distensione tirrenica. In particolare l'area oggetto di studio rientra nella zona sismogenetica 916 che è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati con eventi meno frequenti che nella adiacente zona 920.



#### 3.5.1 Zonazione sismica

Il territorio del Comune di Licciana Nardi è considerato classe sismica 2

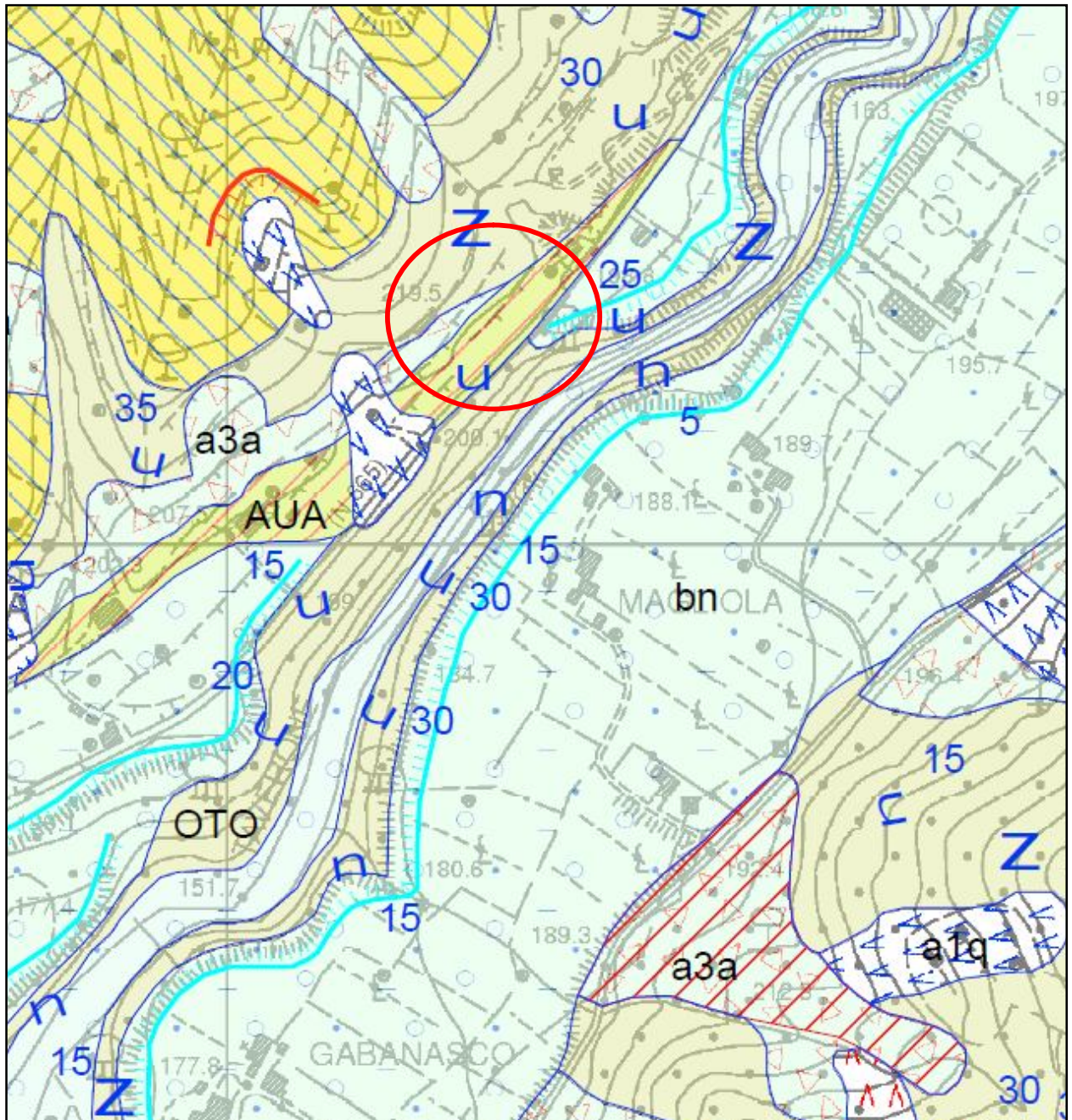


**Figura** Carta della zonazione sismica dei comuni della Regione Toscana

#### 4. INAQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO IDROGEOLOGICO

L'area in esame è ben documentata in bibliografia e rappresentata nella Carta Geologica alla scala 1:10000 della regione Toscana, alla quale si fa riferimento nell'inquadramento geologico e nella classificazione delle unità geologiche identificate. Si riporta inoltre la Carta Geomorfológica pubblicata dalla regione Toscana che implementa ulteriormente i dati della cartografia geologica già citata.

##### 4.1 Geologia



**Figura** Stralcio carta Geologica scala 1:5.000 C.A.R.G.

L'area di indagine si inserisce nel contesto geologico strutturale della fossa tettonica della Lunigiana in particolare sui rilievi collinari che insistono su di un substrato appartenente alla formazione del Flysch do Ottone, dell'Unità di Ottone Santo Stefano (Dominio Ligure Esterno). Localmente il substrato è sormontato da coperture formate da deposito Fluvio-Lacustri.

**LEGENDA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**  
**Carta Geologica Regionale della Regione Toscana**

**FRANE**

	a1a	Frana con tipo di movimento indeterminato attiva
	a1q	Frana con tipo di movimento indeterminato quiescente

**DEPOSITI OLOCENICI**

	aa	Depositi detritici
	b (GSL)	Depositi alluvionali attuali e recenti
	bn (GSL)	Depositi alluvionali terrazzati

**DOMINIO LIGURE ESTERNO**

	OTO	FLYSH DI OTTONE Torbiditi calcareo-marmose grigio - scure in strati da medi a molto spessi (talvolta a base calcarenitica), costituita da calcari mamosi e marne calcaree (prevalenti) a cui si intercalano marne siltose, argilliti e argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti. Campaniano Inf. - Maastrichtiano Inf.
	OTO1	FLYSH DI OTTONE Nella porzione inferiore e media del Flysh di Ottone sono intercalati lembi discontinui di paraconglomerati polimitici, breccie ed olistoliti con clasti di calcari silicei, di radiolariti o di ofioliti e più raramente di marne e graniti, matrice - sostenuti, di colore grigio - scuri e grigio - verdi, con matrice scagliosa argillitica - siltosa (più frequente) o siltose - arenitica; i clasti da subangolari a subarrotondati, hanno un diametro da centimetrico a metrico (Argilliti di Monte Veri). Campaniano inf - Maastrichtiano inf
	OTO1b	FLYSH DI OTTONE Breccie clasto - sostenute con la matrice siltose - arenitica a prevalenti elementi calcarei. CAMPANIANO INF. - MAASTRICHTIANO INF.
	OTO10	FLYSH DI OTTONE Breccie clasto - sostenute con la matrice siltose - arenitica a prevalenti elementi ofiolitici. CAMPANIANO INF. - MAASTRICHTIANO INF.
	A	Olistoliti di basalti CONIACIANO SUP. - CAMPANIANO INF
	CCV5	COMPLESSO DI CASANOVA Arenarie ofiolitiche (Arenarie di Casanova Auctt.) gradate grigio - verdi e, in subordine, quarzoso - feldspatico - micacee, in strati sottili e medi o più raramente grovache feldspatiche; al passaggio con il Flysh di Ottone si intercalano rare e spesse torbiditi calcareo marmose presenti. CONIACIANO SUP. - CAMPANIANO INF.
	CCV4	COMPLESSO DI CASANOVA Breccie clasto sostenute oligomitiche a prevalenti elementi ofiolitici. CONIACIANO SUP. - CAMPANIANO INF.
	CCV2	COMPLESSO DI CASANOVA Paraconglomerati polimitici (breccie di S. Maria Actt.) grigio scuri o grigio verdi matrice sostenuti o clasto sostenuti; i clasti, da subangolari a subarrotondati, da centimetri a metri, sono costituiti da calcari silicei (prevalenti), radiolariti, ofioliti e più raramente marne e graniti; la matrice pelitica è generalmente scagliosa. Conciano sup - Campaniano inf
	ap	COMPLESSO DI CASANOVA Lembi di successione molto deformati e riferibili alle Argille a Palombini. CONIACIANO SUP. - CAMPANIANO INF.
	sVL	Lembi di successione molto deformati riferibili agli Scisti della Val Lavagna. CONIACIANO SUP. - CAMPANIANO INF.

**DOMINIO SUBLIGURE**

	ARB	ARENARIE DI PONTE DI BRATICA Torbiditi arenacee grigio - verdi, costituite da una regolare alternanza di strati sottili e medi di arenarie fini micacee e siltiti (a luoghi predominanti) con rare e sottilissime intercalazioni di siltiti marmose e argilliti siltose spesso laminare; nella porzione sommatate della formazione le arenite diventano più grossolane e gli strati più spessi. Oligocene - Oligocene sup ? Miocene inf
	ACC	ARGILLE E CALCARI Argilliti grigio - scure o nere da fogliettate a scagliose a cui si intercalano strati medi e sottili di calcilutiti marmose o silicee grigio-chiare, calcareniti grigio - scure talora in strati spessi, areniti fini e siltiti; sono compresinotte strati medi e spessi di torbiditi calcaree o calcareo - marmose talvolta gradate, con base calcarenitica o ruditica ricca di bioclasti. La formazione, spesso scompagnata, è caratterizzata dalla presenza, prevalentemente nella parte alta, di lenti di torbiditi calcareo - marmose (CGV). Paleocene sup - Eocene medio
	CGV	CALCARI DI GROPPPO DEL VESCOVO Torbiditi calcareo o calcareo - marmose grigio - chiare in strati spessi e molto spessi a cui si intercalano calcilutiti e calcilutiti marmose, areniti fini, argilliti e argilliti marmose; gli intervalli pelitici sono a luoghi più frequenti e potenti; la base calcarenitica, o più raramente ruditica, delle torbiditi calcareo marmose e frequentemente ricca di bioclasti. La formazione è eteropica con la parte alta delle Argille e calcari. EOCENE INF. - MEDIO

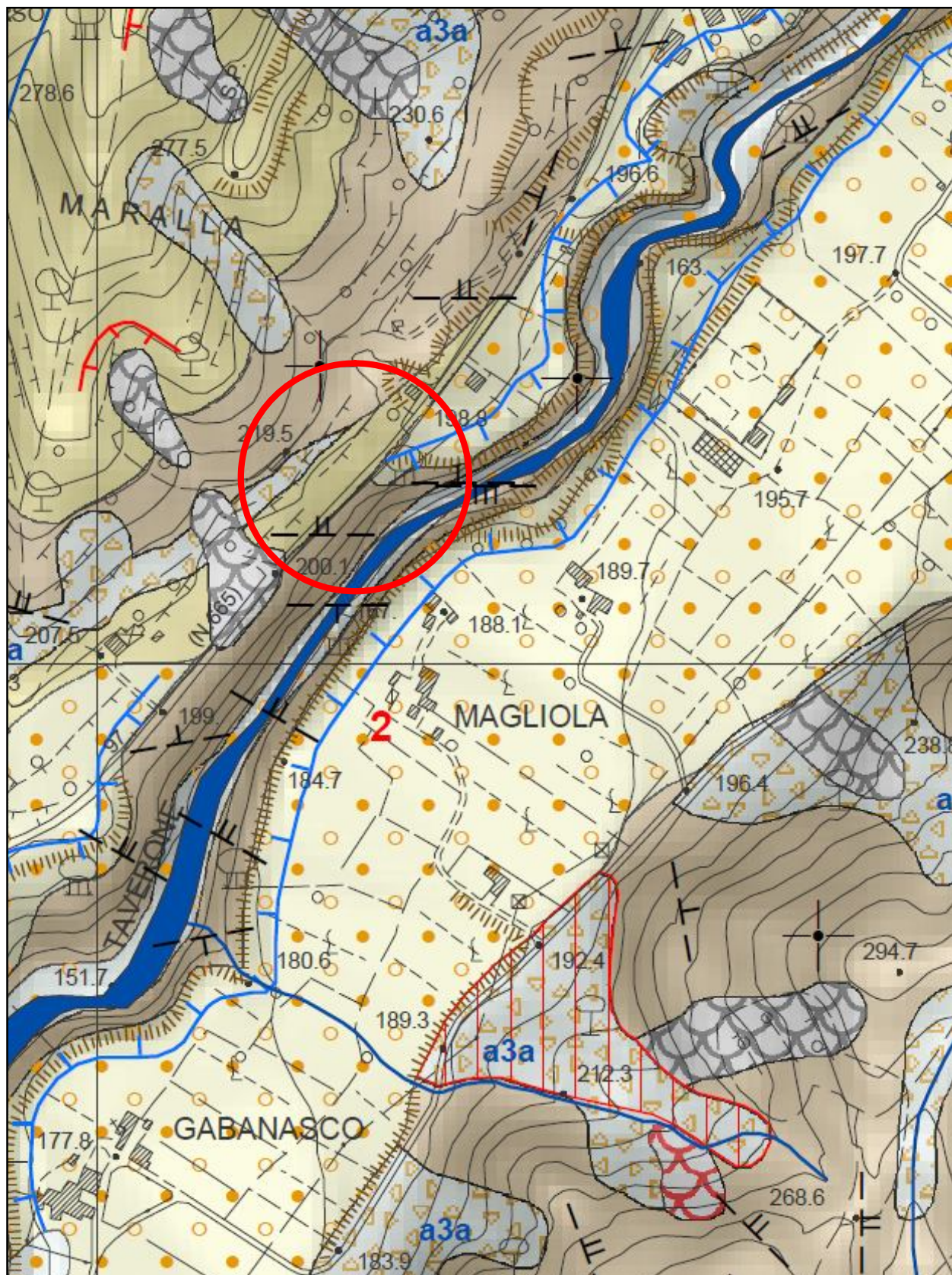
**DOMINIO TOSCANO**

	MAC	MACIGNO Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche grigio o grigio-verdi da medio fini a grossolane in strati da spessi a molto spessi, talvolta amalgamati, a cui si intercalano strati sottili di arenarie fini, siltiti, argilliti e argilliti siltose; nella parte superiore ai luoghi prevale una litofacies pelitico-arenaceo con strati da sottili a spessi; la formazione è caratterizzata in oltre dalla presenza a vari livelli di rare torbiditi calcaree a base calcarenitica, talvolta ricca di bioclasti. Nella porzione superiore sono presenti rari olistostromi costituiti da breccie matrice-sostenute con clasti calcarei e breccie calcaree. Oligocene sup - Miocene inf
--	-----	---

	Contatto stratigrafico e/o litologico
	Faglia
	Faglia diretta
	Faglia con plevalente componente trascorrente (destra)
	Faglia con plevalente componente trascorrente (sinistra)
	Sovrascorrimento principale
	Stratificazione orizzontale a polarità sconosciuta
	Stratificazione verticale a polarità sconosciuta
	Stratificazione rovesciata
	Stratificazione a polarità sconosciuta
	Orlo di scarpata di frana
	Trincea di frana o di deformazione gravitativa profonda di versante
	Orlo di terrazzo
	Conoide alluvionale



## 4.2 Geomorfologia



**Figura** Stralcio carta Geomorfologica Scala 1:5.000

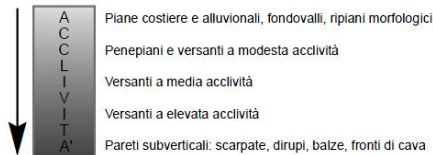
Dalla cartografia tematica di riportata, si evince che nell'area di studio non erano riportati corpi franosi, o coltri detritiche.

# Legenda:

## CLASSI LITOGOMORFOLOGICHE

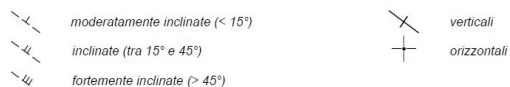
### A. DEPOSITI QUATERNARI DI FONDOVALLE, DEI BACINI INTRAMONTANI E DELLE PIANE ALLUVIONALI E COSTIERE

- 1 Depositi alluvionali, palustri, lacustri, torbosi e di colmata
- 2 Depositi terrazzati
- 3 Sabbie delle dune costiere
- 4 Depositi di spiaggia
- 5 Sabbie e sabbie argillose, arenarie, calcarenite e conglomerati neogenico-quadernari. Piroclastiti
- 6 Rocce saline solubili
- 7 Rocce stratificate a dominante argillosa
- 8 Argille e complessi caotici a dominante argillosa
- 9 Rocce filadiche, scistose, argillite e argilioscisti. Membri pelitici dei flysch
- 10 Flysch arenacei, calcarei e calcareo-marnosi
- 11 Rocce stratificate competenti
- 12 Cataclasti, calcari cavernosi e breccie carsiche, tettoniche e sedimentarie prevalentemente non argillose
- 13 Calcari "massicci" e marmi
- 14 Rocce magmatiche (ofoliti, vulcaniti, graniti, rocce filoniane...) Metabreccie e melaconglomerati prevalentemente non filadici



## ELEMENTI GEOLOGICI E STRUTTURALI

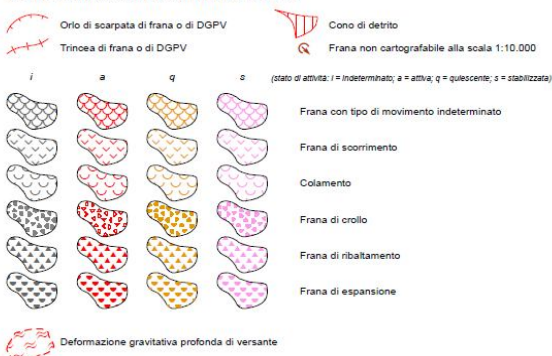
### Superfici di discontinuità (stratificazione, scistosità, clivaggio)



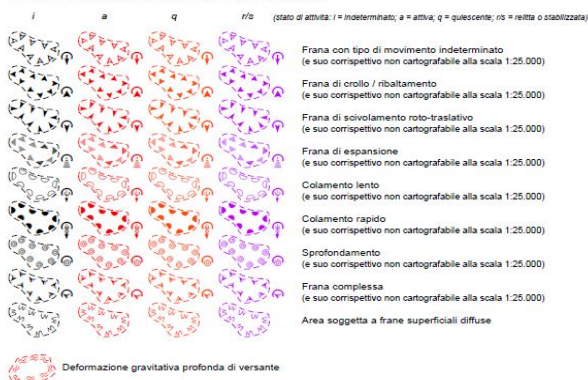
- Faglie e contatti tettonici
- Località fossilifera

## PROCESSI E FORME DI ORIGINE GRAVITATIVA

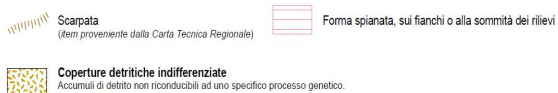
### A. BANCA DATI DEL SERVIZIO GEOLOGICO REGIONALE



### B. BANCA DATI IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)



## FORME E DEPOSITI DI ORIGINE INDETERMINATA

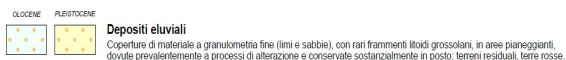


## ELEMENTI IDROGRAFICI



versante, dovute ai processi di trasporto limitati e generalmente tenui.

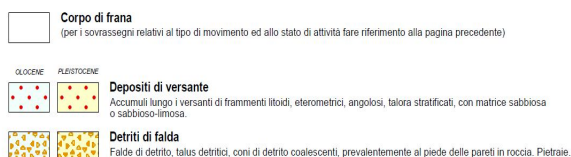
## DEPOSITI QUATERNARI DI VERSANTE DOVUTI A PROCESSI DI ALTERAZIONE IN SITU



## DEPOSITI QUATERNARI DI VERSANTE DI ORIGINE MISTA



## DEPOSITI QUATERNARI DI VERSANTE DI ORIGINE GRAVITATIVA



## FORME DOVUTE AI PROCESSI FLUVIALI



## PROCESSI EROSI, FORME E DEPOSITI QUATERNARI DI VERSANTE DOVUTI AL DILAVAMENTO



### 4.3 Analisi situazione idrogeologica

L'idrografia superficiale dell'area è dominata dal Torrente Taverone, il quale scorre immediatamente a valle della zona di indagine.

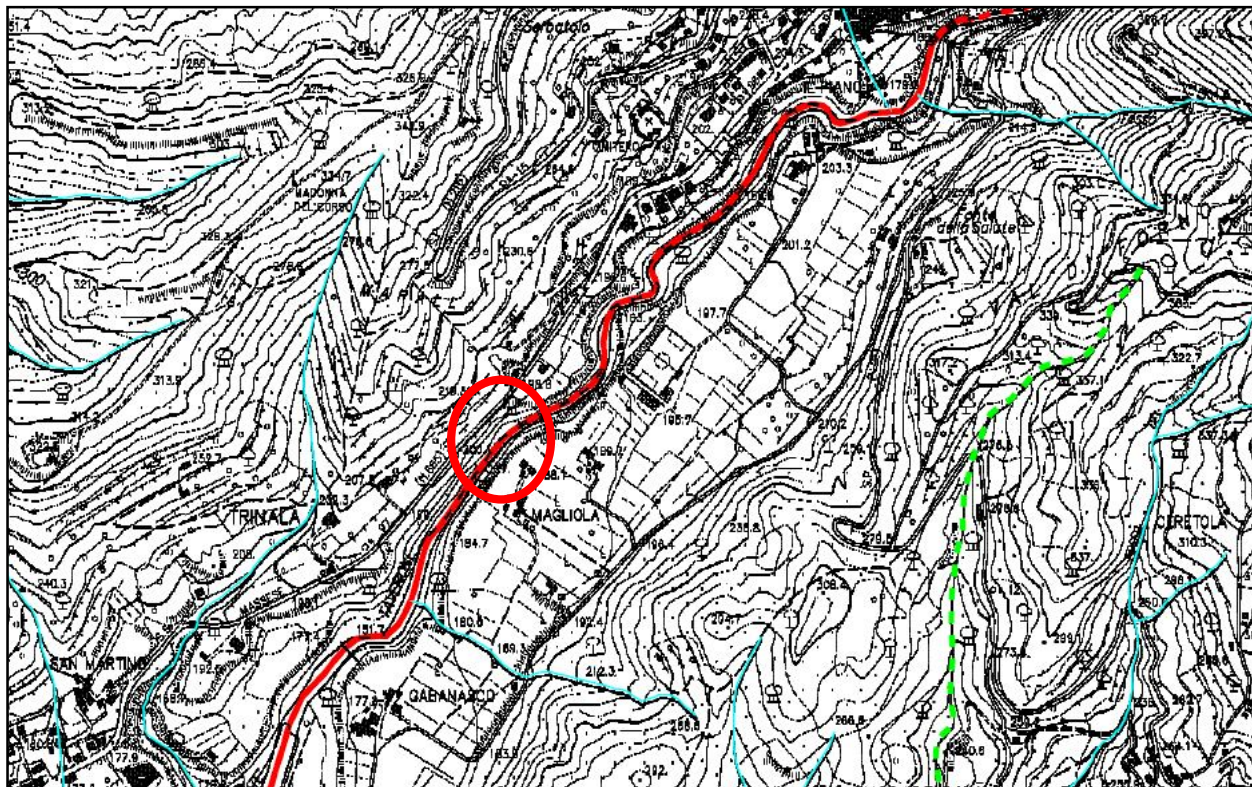
I corsi d'acqua si presentano in erosione per la maggior parte del percorso ed il loro regime pluviale è di tipo "sublitoraneo appenninico" con deflussi maggiori da Ottobre a Maggio.

Il tracciamento dei corsi d'acqua (vedi Carta Geomorfologica ed Idrogeologica) ha l'importanza di evidenziare l'interazione tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico.

#### 4.3.1 Idrogeologia

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, tessiturali, di addensamento e del tipo e grado di fratturazione si è proceduto alla valutazione del tipo e grado di permeabilità relativa dei terreni interessati:

- **litologie mediamente permeabili (MP:  $10^{-1} > k > 10^{-4}$  cm/sec):** *coperture detritiche superficiali* – la permeabilità all'interno di questa classe è determinata dalla percentuale, ampiezza e continuità dei pori; tali condizioni sono influenzate dalla frazione granulometrica presente; la permeabilità per porosità deriva da depositi ed accumuli di grana medio grossolana mista;
- **litologie scarsamente permeabili (SP:  $10^{-4} > k > 10^{-7}$  cm/sec):** *formazioni flyschoidi* – la permeabilità di tali ammassi rocciosi è determinata dal numero, dall'ampiezza e dalla continuità delle fratture e/o fessure. Comprende le aree interessate da associazioni lapidee a componente prevalentemente calcareo – marnosa, argillitica e siltitica con strutture stratificate. La permeabilità associata a questa classe rimane legata ad uno stato fessurato pervasivo sia originario con la stratificazione, sia tardivo causato dalle fasi tettoniche che i tipi litologici hanno subito, ma non continuo, né particolarmente diffuso nell'ammasso roccioso.
- **Litologie impermeabili (IMP:  $k < 10^{-7}$  cm/sec):** *argilliti* – l'impermeabilità di tali ammassi rocciosi è determinata dalle caratteristiche dell'insieme a prescindere dalle singole litologie costituenti la formazione.



**Figura Stralcio carta del reticolo idrografico scala 1:10.000**

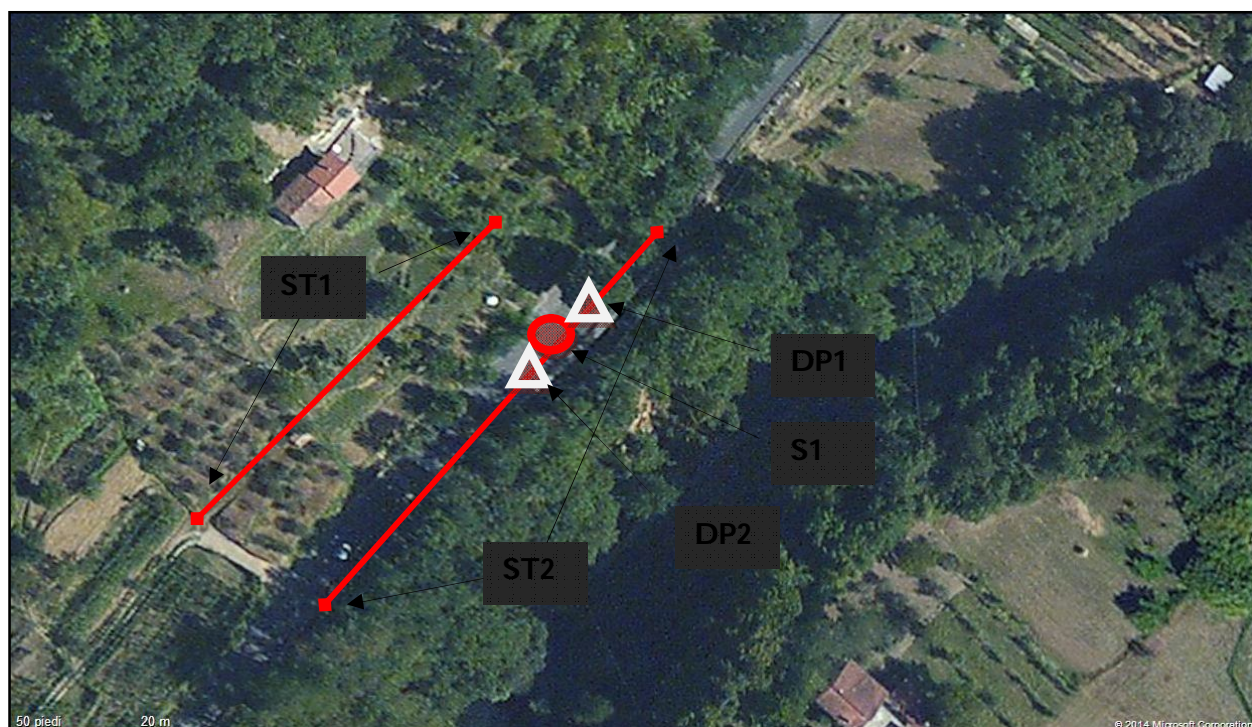
## 5. CARATTERIZZAZIONE MODELLO GEOLOGICO

### 5.1 Indagini geognostiche.

Per una corretta descrizione e definizione di un modello geologico della zona in oggetto, sono state analizzati i dati provenienti da una campagna geognostica esistente fornita dalla Stazione Appaltante; inoltre sono state realizzate indagini ex – novo.

In totale sono disponibili:

- Num. 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S1;
- Num. 2 Prove penetrometriche dinamica DPSH denominate DP 1 DP 2;
- Num. 2 Profili sismici tecnica a rifrazione, acquisizione onde P e SH, denominati ST1 e ST2.

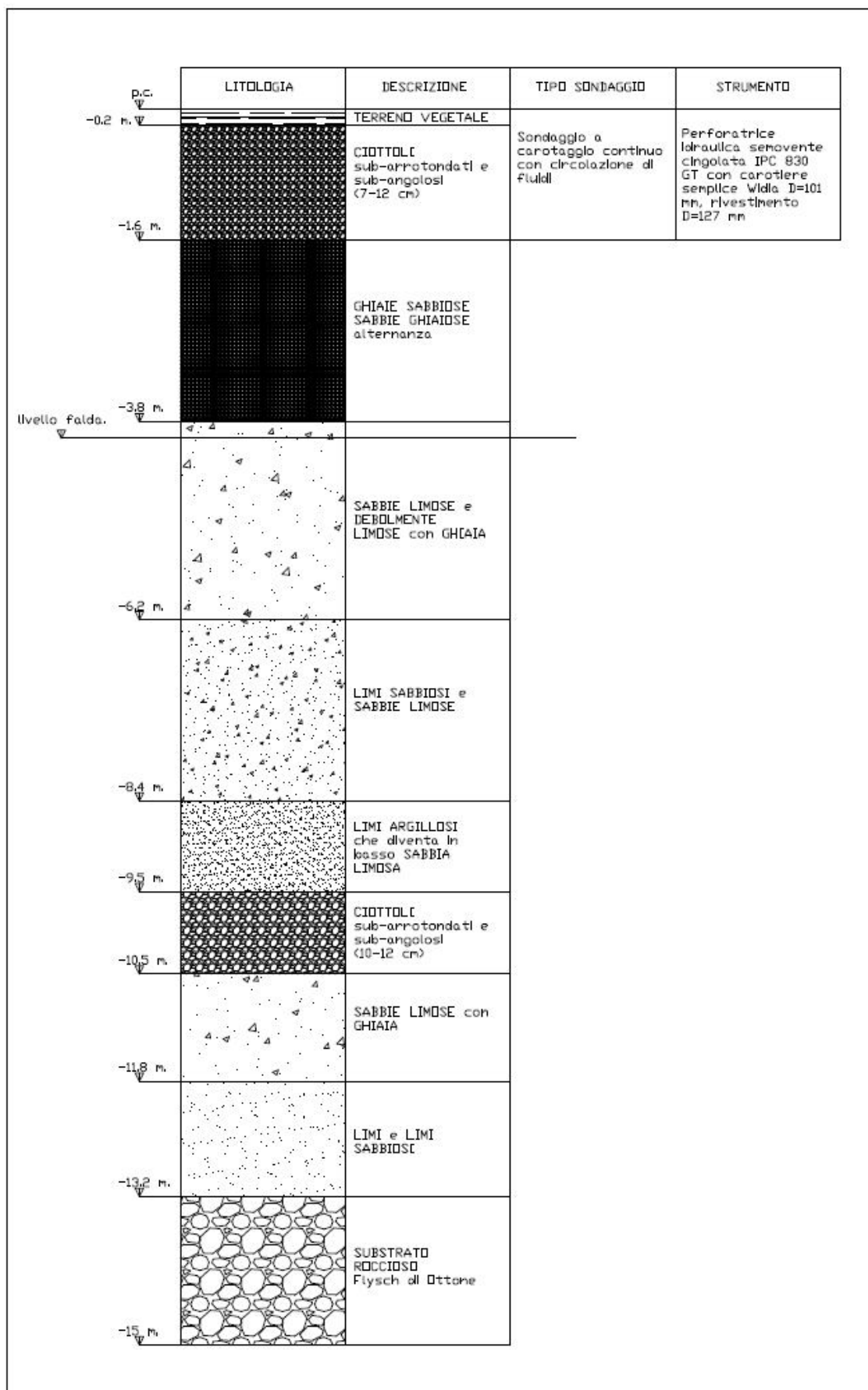


**Figura inquadramento indagini geognostiche**

**Figura Foto con vista del piano stradale oggetto di indagini**

## 5.2 S1

Al fine di ricostruire la stratigrafia è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo con circolazione di fluidi



**Figura Report stratigrafico sondaggio S1**

### 5.3 DPSH

Per una corretta valutazione del grado di addensamento dei terreni attraversati e della stratigrafia del terreno sono state utilizzate num. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti. Le prove penetrometriche sono state eseguite con strumento dalle seguenti caratteristiche:

peso del maglio:  $P = 63 \text{ Kg}$

altezza di caduta:  $h = 75 \text{ cm}$

punta:  $A = 20 \text{ cm}^2$

peso delle aste:  $p = 6 \text{ Kg}$

#### 5.3.1 DP1

GEOSTRU Software  
Via Lungo Ferrovia 22  
Tel 0039 0964 911624 FAX 0039 0964 992341 geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Stazione Appaltante comune di Liciana  
Cantiere: S.P.74 Km 6+100  
Località: Liciana Nardi

Data: 24/03/2014

Scala 1:24

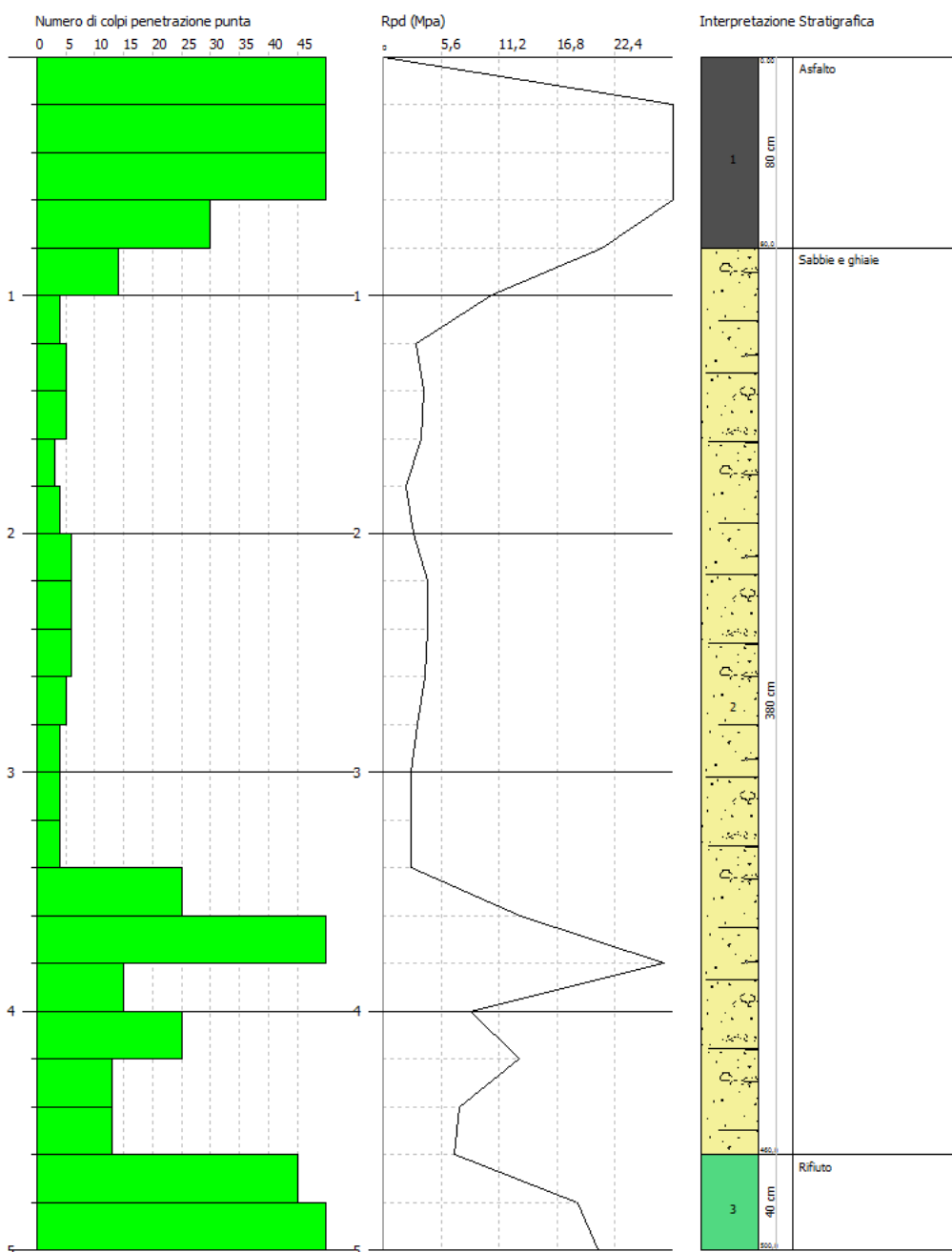


Figura Report DP1

**5.3.2 DP2**

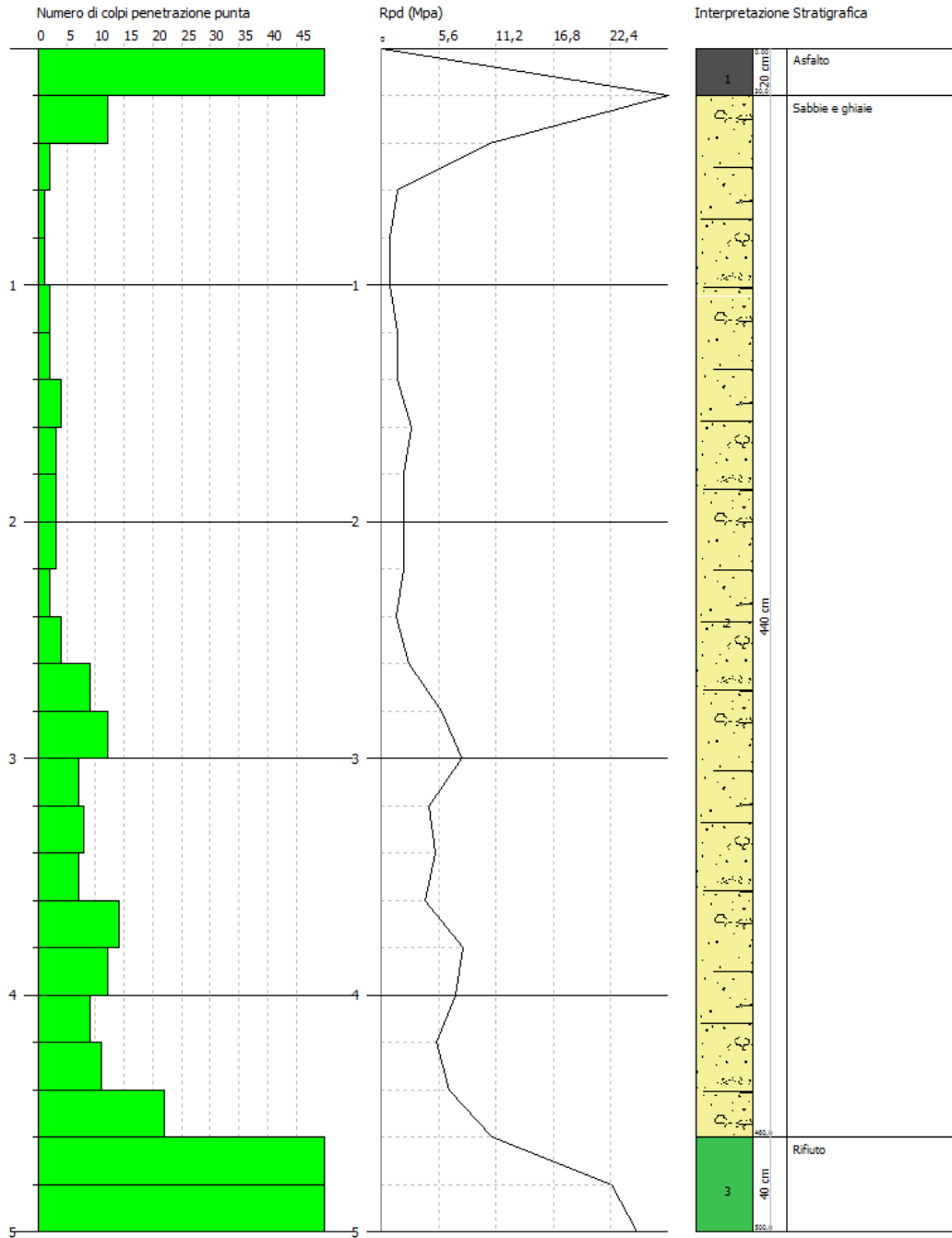
GEOSTRU Software  
 Via Lungo Ferrovia 22  
 Tel 0039 0964 911624 FAX 0039 0964 992341 geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP2  
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Stazione Appaltante comune di Licciana  
 Cantiere: S.P.74 Km 6+100  
 Località: Licciana Nardi

Data: 24/03/2014

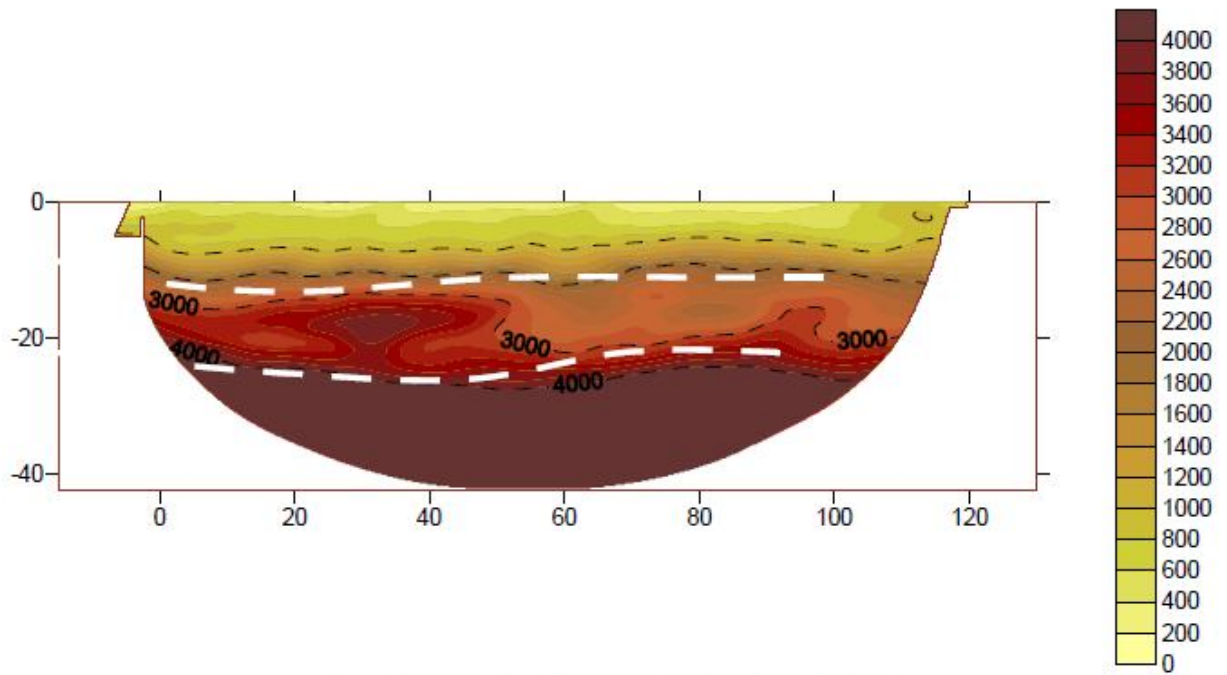
Scala 1:24



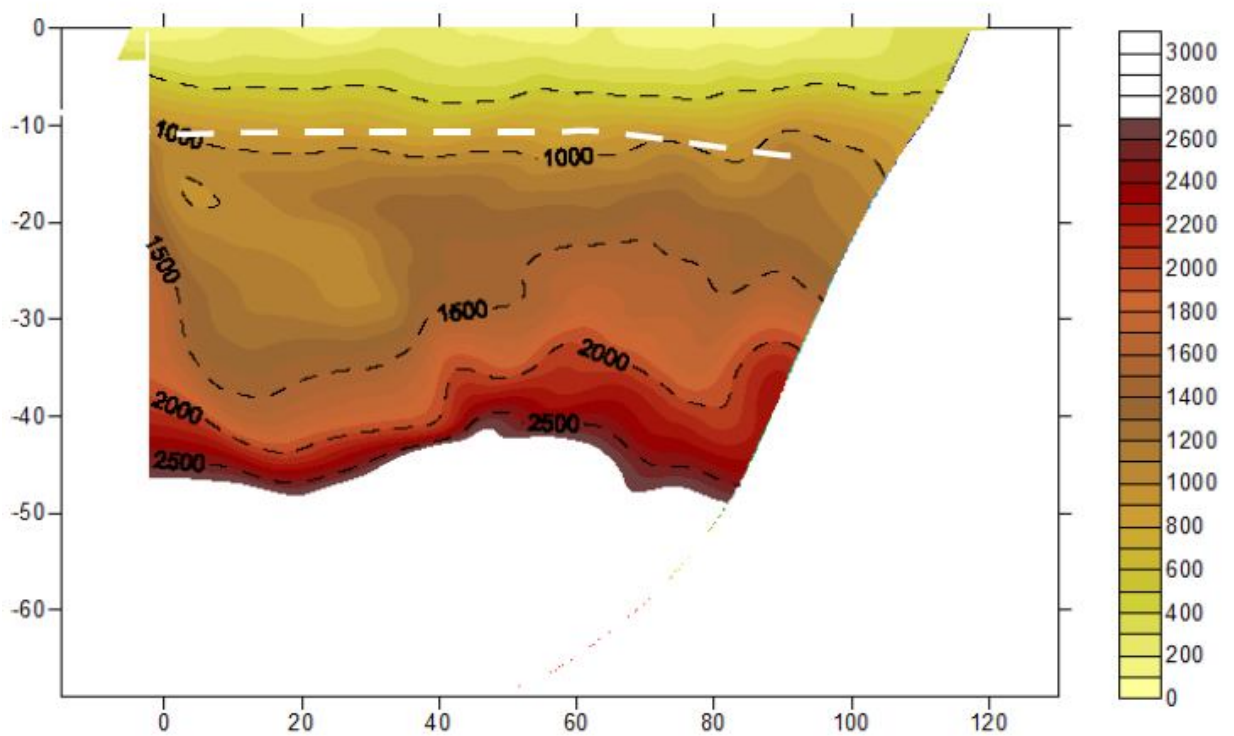
**Figura Report DP2**

## 5.4 ST1

**Linea 1 - ONDE P: SEZIONE TOMOGRAFICA**



**Linea 1 - ONDE P: GRADIENTE DI VELOCITÀ**

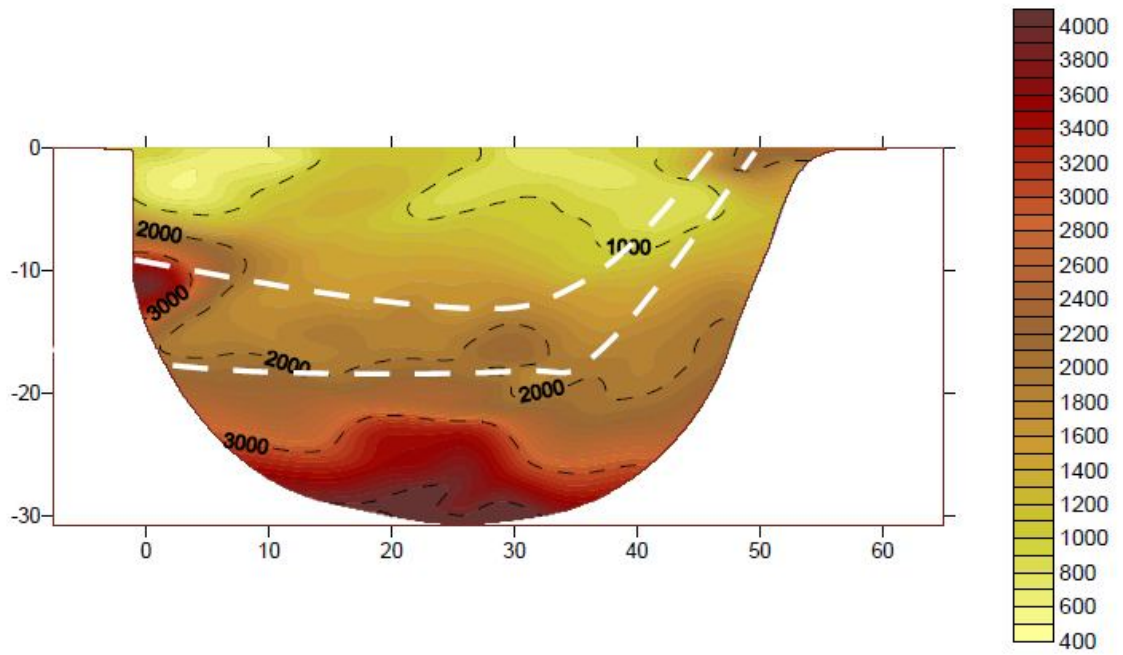


**Linea 1 - ONDE SH: GRADIENTE DI VELOCITÀ**

**Figura Report ST1**



5.5 ST2



LINEA 2 - ONDE P: GRADIENTE DI VELOCITÀ

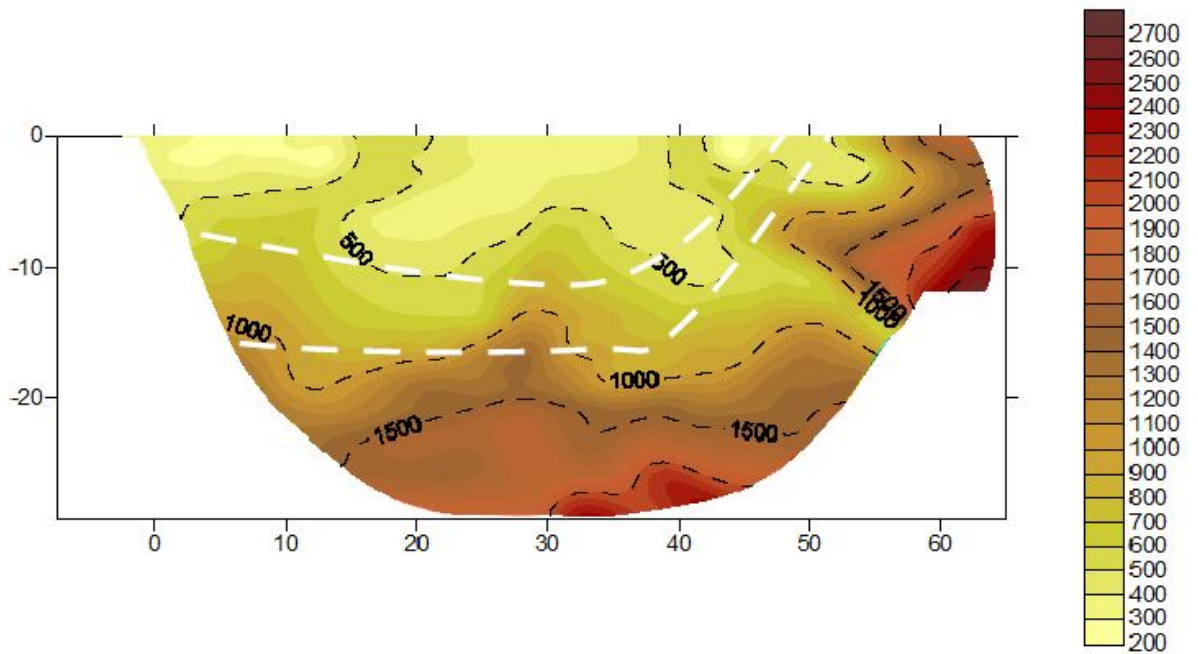
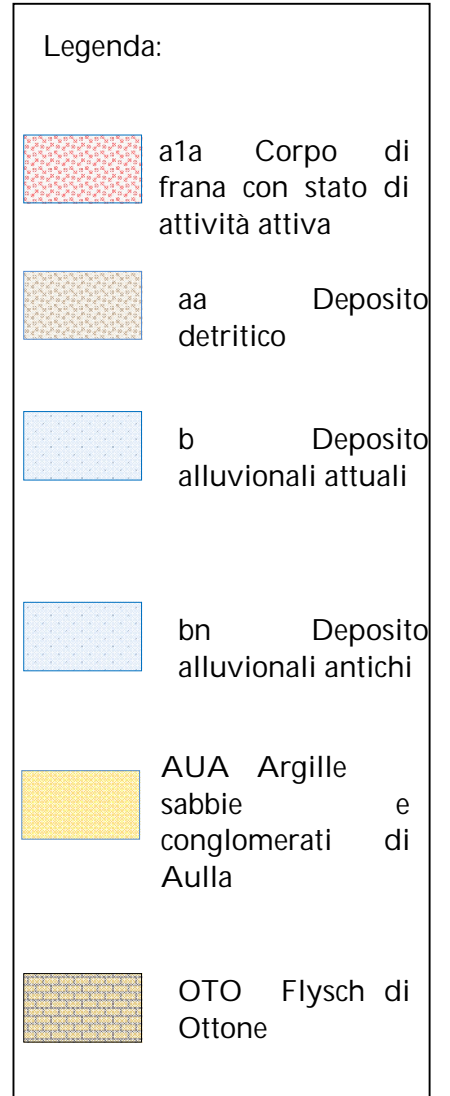
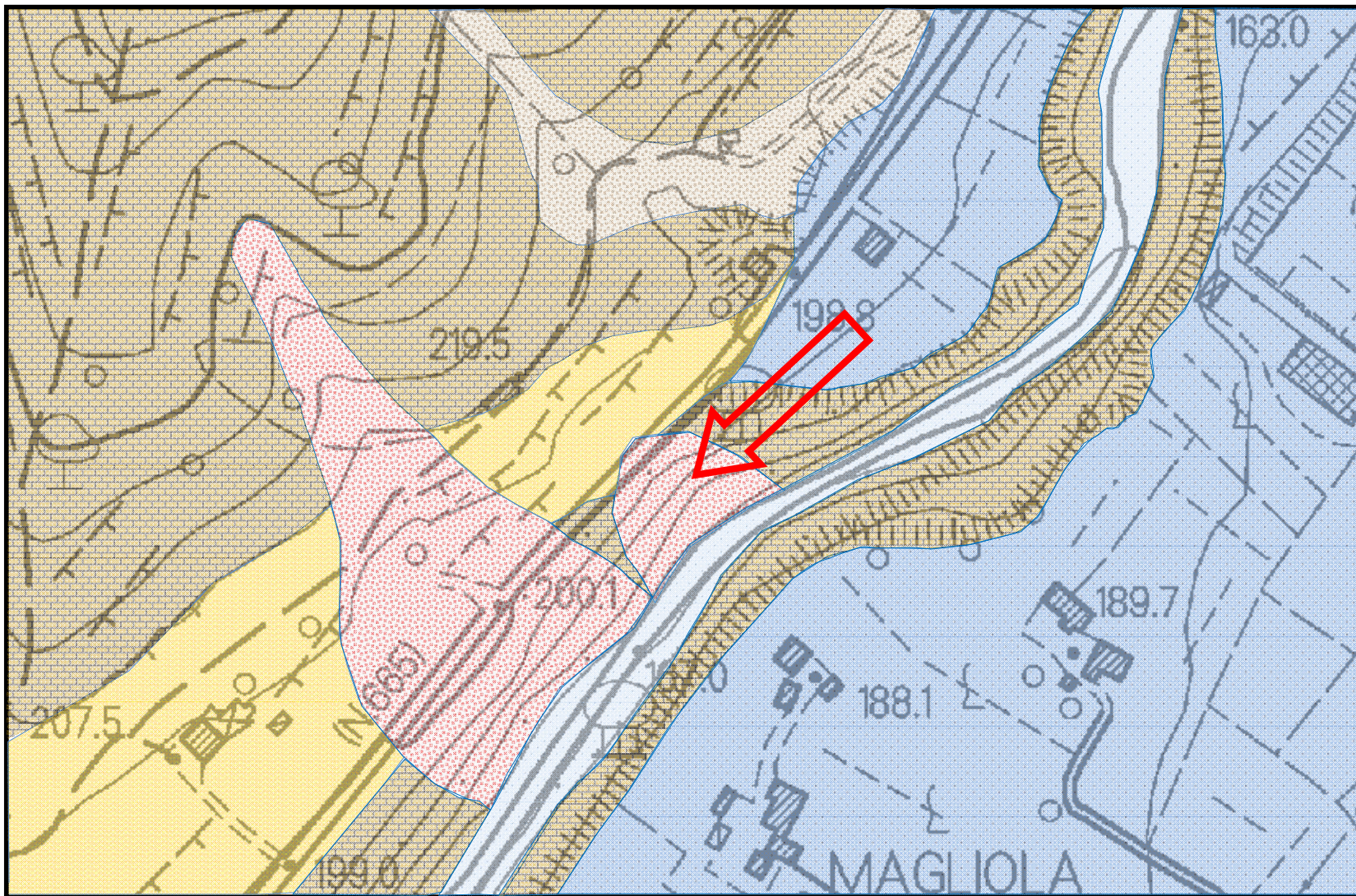
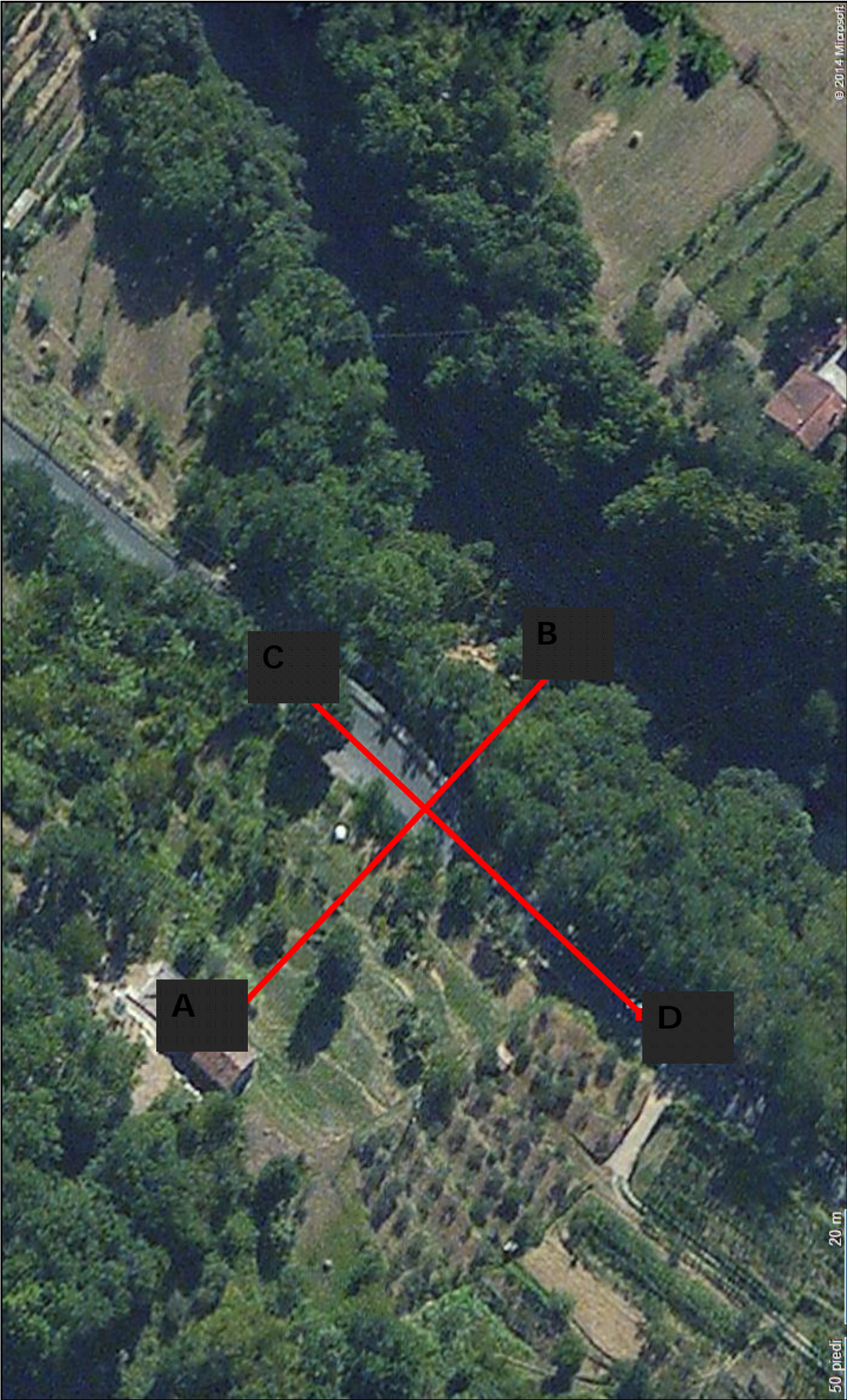


Figura Report ST2

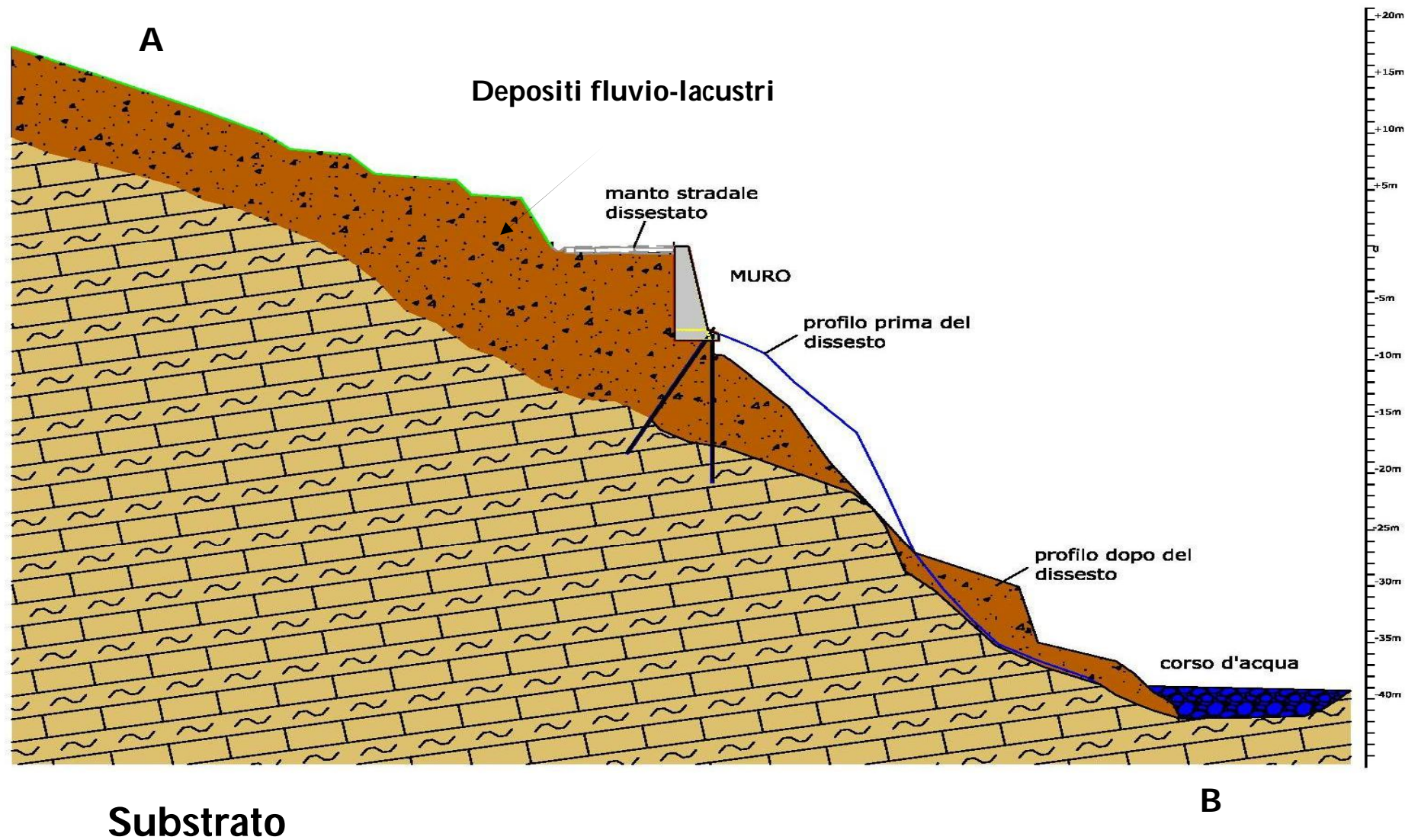
5.6 Carta geologica di dettaglio Scala 1:2.500



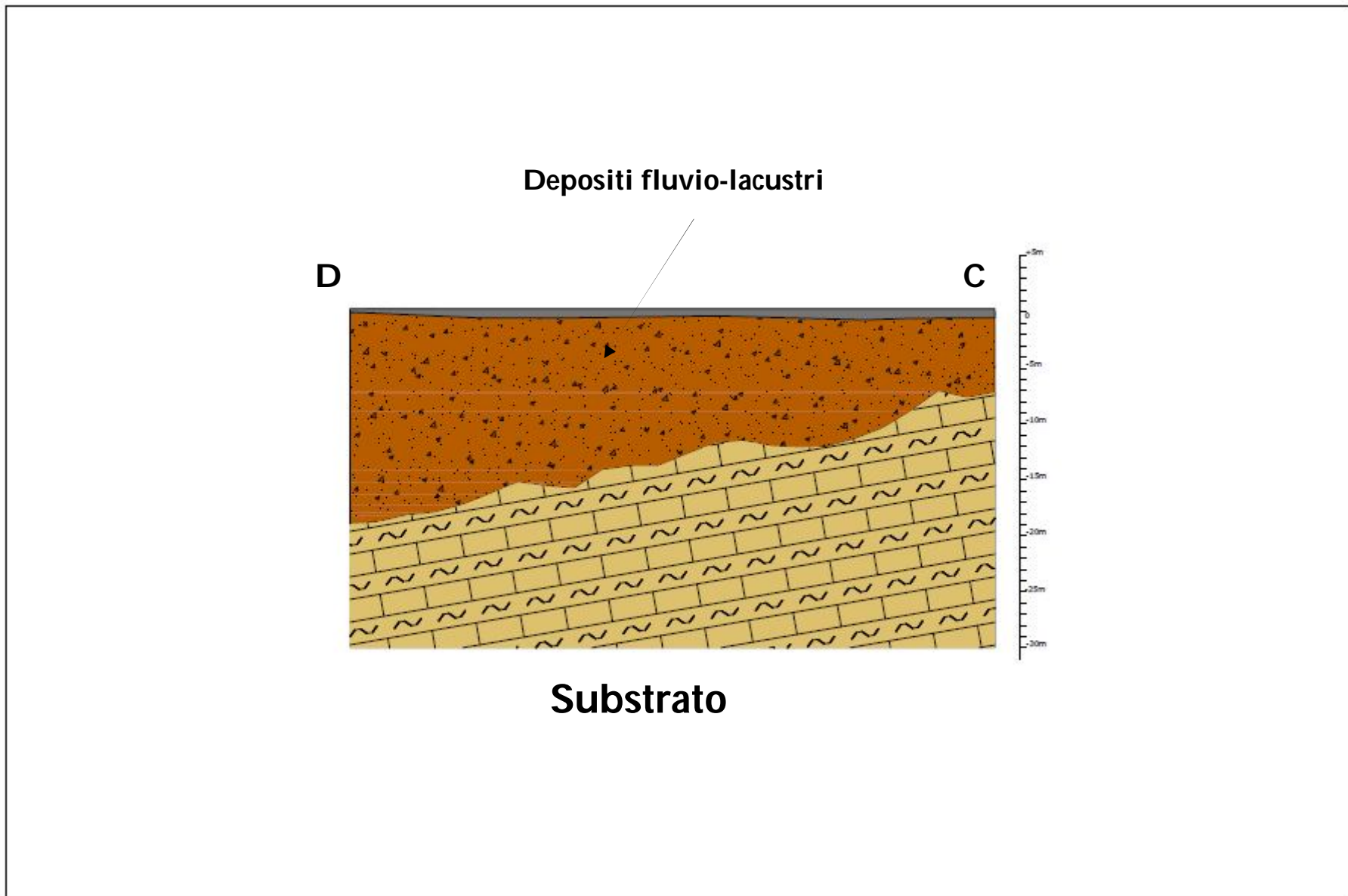
5.7 Sezioni geologico interpretative



5.7.1 Sezione geologico - interpretativa A-A' stato scala 1:500



5.7.2 Sezione geologico - interpretativa C-D stato di fatto scala 1:500



## 5.8 Parametri geotecnici caratteristici

I parametri geotecnici sono stati ricavati sia dalle prove penetrometriche eseguite ex-novo per questo progetto sia per progetti nelle immediate vicinanze e confrontate con altri provenienti da prove e progetti che interessavano le medesime litologie, nella parametrizzazione non si considera il primissimo orizzonte di terreno vegetale arativo. Nel caso in esame si consiglia:

St	Sp (m)	NSPT	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (°)	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	CU (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\nu$	Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dr (%)	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
1	Deposito fluvio lacustri	7	1.5	1.7	24	0	0.15	40	200	0.35	40	40	1.0
2	Substrato	>20	2.0	2.3	35	0.5		120	1300	0.33	190	85	4.8

St= Strato;  
 Sp= Spessore;  
 Nspt= Numero di colpi medio misurato nello strato;  
 $\gamma$  = Peso unità di volume;  
 $\gamma_s$ = Peso unità di volume saturo;  
 Qc= Resistenza alla punta media;  
 $\Phi$ = Angolo di attrito del terreno;  
 C= Coesione drenata;  
 Cu= Coesione non drenata  
 Ey= Modulo elastico (Young)  
 G= Modulo di deformazione al taglio  
 $\nu$ = Modulo di Poisson  
 Ed= Modulo edometrico  
 OCR= Grado di consolidazione del terreno  
 Dr= Densità relativa  
 Ko= Modulo di reazione di sottofondo

## 6. CARATTERIZZAZIONE MODELLO SISMICO

### 6.1 Definizione forme spettrali

#### Determinazione dei parametri sismici

(1)\* Coordinate WGS84  
 Lat.  ° Long.  °

(1)\* Coordinate ED50  
 Lat.  ° Long.  °

Classe dell'edificio  
 Cu = 2

Vita nominale  
 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub>	Tc* [s]
Operatività (SLO)	120	0,116	2,372	0,264
Danno (SLD)	201	0,142	2,394	0,272
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0,308	2,415	0,308
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0,334	2,410	0,319
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

#### Amplificazione topografica

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

- 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  $i > 30^\circ$

Le suesposte **categorie topografiche** si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza  $> 30$  m.

#### **Nel caso in esame il sito ricade nella categoria T2**

Tale categoria è dettata dalla morfologia che pone la zona di indagine in un pendio con pendenze superiori ai  $15^\circ$ .

#### 6.2.1 Fattore di amplificazione topografica ( $S_T$ )

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico **ST** in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	1,0	1,0
T2	<b>In corrispondenza della sommità del pendio</b>	1,2
T3	<b>In corrispondenza della cresta del rilievo</b>	1,2
T4	<b>In corrispondenza della cresta del rilievo</b>	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

Nel caso in esame **si dovrà incrementare** l'azione sismica di progetto ( $S_T = 1,2$ ).

### 6.3 Individuazione categorie di sottosuolo

La classificazione del terreno fondazionale viene basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_s$ , ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT}$  ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media  $C_u$ .

In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

- A. **Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** 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. **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  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- C. **Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente 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 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- D. **Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti**, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- E. **Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m**, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Il modello geologico è stato ricostruito, con il supporto delle indagini geofisiche eseguite, questo si struttura sostanzialmente in un pendio collinare, che termina nel Torrente Taverone; esso è costituito in superficie da depositi fluvio-lacustri e in profondità dal Flysch di Ottone;

**Per la scelta della categoria si classifica in classe:**

**E**



## **7. CONCLUSIONI**

La presente relazione geologica ha analizzato i risultati delle indagini, dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico; relativi all'area interessata dal progetto di sistemazione del corpo stradale in corrispondenza del km 6+100 della S.P. 74, in località Licciana Nardi (MS).

L'area è ubicata sotto l'aspetto geomorfologico alla base di un pendio collinare esposto a sud-est che termina direttamente nel Torrente Taverone.

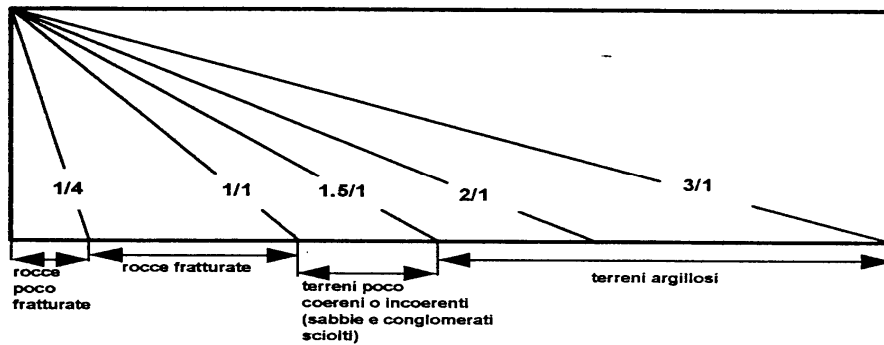
Il rilievo geologico unito alle indagini esistenti ed eseguite ex – novo, hanno portato alla redazione di un modello formato da un deposito di origine fluvio –lacustre sotto la sede stradale; al di sotto del quale insiste un substrato calcareo marmoso. Le indagini esistenti evidenziano uno spessore del deposito fluvio-lacustre rilevante; il quale è interessato da cedimenti che causano l'ammaloramento del corpo stradale. Il substrato calcareo che struttura nel complesso il pendio appare fratturato e disarticolato in bancate da medie a spesse; l'ammasso roccioso è iscrivibile alla formazione del Flysch di Ottone.

Sotto il profilo della dinamica geomorfologica i fenomeni di dissesto nel loro complesso appaiono causati da uno svuotamento di materiale subito dal deposito fluvio-lacustre presente sotto il piano stradale; tale svuotamento deve le sue origini ad una massiccia circolazione di acque d'infiltrazione, unite ad una probabile perdita della conduttività idrica presente.

Sotto l'aspetto della fattibilità geologico geotecnica, qualsiasi opera di sostegno prevista dal progettista dovrà necessariamente trasferire i carichi al substrato calcareo marmoso presente, inoltre particolare attenzione andrà posta alla circolazione sotterranea delle acque in modo da non far insorgere fenomeni di dilavamento concentrato già accaduti.

### **Prescrizioni da adottare in esecuzione d'opera:**

- Eseguire qualunque tipo di operazione in condizioni di meteorologiche tranquille, evitando di operare in prossimità, durante o dopo eventi meteorologici di una certa intensità.
- Nel caso durante gli scavi si rinvenissero lenti di terreno meno consistente si consiglia di provvedere ad una bonifica. Questa dovrà avvenire tramite asportazione di terreno superficiale sottostante la platea di fondazione e consolidamento tramite materiale appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 (secondo le norme (UNI 10006). Il riporto dovrà avvenire immediatamente al termine dello scavo, dopo la messa in opera di geotessuto sul terreno naturale; il materiale dovrà essere posato per strati successivi di 30-35 cm, raggiungendo un grado di costipamento tramite rullatura, pari ad almeno il 90% della densità AASHO Standard.
- Limitare le operazioni di scavo allo stretto necessario, evitando un'eccessiva movimentazione di materiale.
- Per gli sbancamenti di terreno si propongono, nella seguente figura, gli angoli di scarpa da conferire al fronte di scavo in funzione della tipologia del terreno per ottenere la sua stabilità.



- Il fronte di scavo dovrà rimanere aperto il tempo strettamente necessario alla buona realizzazione dell'opera.
- Nelle sezioni dove le opere di scavo raggiungono le profondità maggiori dovranno essere realizzate opere di sostegno atte a garantire la stabilità del fronte di scavo.
- Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi, prima della loro sistemazione, devono essere disposti in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque e non devono essere posti la di sopra di fronti di scavo, al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi.
- Durante tutte le fasi di lavoro andranno rispettate le norme dettate dal D. Lgs. 81/2008 relativamente ai cantieri temporanei.

Quanto sopra rientra nei criteri stabiliti dalla normativa specifica vigente: Si sottolinea che le indagini in fase di progetto, per quanto possano essere estese ed approfondite, non sono generalmente sufficienti a definire nei dettagli le reali situazioni geologiche e geomeccaniche e che quindi l'ipotesi progettuale può essere affinata in corso d'opera.

Si rammenta che tale relazione è stata redatta seguendo la normativa nazionale e i regolamenti regionali vigenti al momento della sua realizzazione, in caso di presentazione della pratica agli uffici competenti in un periodo successivo a questo, si ritiene necessaria la sua completa revisione a seguito di eventuali variazioni delle normative e dei regolamenti sopracitati.

Aulla, 13/03/2014

Il geologo  
Dott. Gabriele  
Borghini

---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Stazione Appaltante comune di Licciana Cantiere: S.P.74 Km 6+100 Località: Licciana Nardi	
---	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Signature 1

Signature 2



---

## 8. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

### 9. (DYNAMIC PROBING)

#### 10. DPSH – DPM (... scpt ecc.)

#### 11. Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	12. M $\leq$ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 $\leq$ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M $\geq$ 60	25

#### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

---

massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ),  
diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$  = peso massa battente;

$M'$  = peso aste;

$H$  = altezza di caduta;

$A$  = area base punta conica;

$\delta$  = passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandese

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );

---

e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );  
M = peso massa battente (altezza caduta H);  
P = peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60}$  con  $C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{vo})}$   $C_N < 1.7$   $Pa = 101.32 \text{ kPa}$  (Liao e Whitman 1986)

$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_f \times C_d$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

$C_s$ : Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

$C_d$ : Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

$C_f$ : Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

### Valutazioni statistiche e correlazioni

#### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

---

**Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $s_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

13.

**14. Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

15.

**16. Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

17.

**18. Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$N_{spt}$  corretto =  $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

19.

**20. Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck 1948-1967



---

### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### **Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

## **21. Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### **Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $Cu_{min-max}$ .
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu- $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975  $Cu$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $Cu$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $Cu$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_0$ )**

- 
- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
  - Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
  - Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
  - Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Qc/Nspt=1.5-2.0$ ).
  - Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $Nspt < 30$ ) medie e molli ( $Nspt < 4$ ) e argille sabbiose ( $Nspt=6-12$ ).

***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... DP1

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 24/03/2014  
 5.00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	50	0.655	343.92	525.36	17.20	26.27
0.40	50	0.651	341.89	525.36	17.09	26.27
0.60	50	0.647	311.97	482.17	15.60	24.11
0.80	30	0.743	215.05	289.30	10.75	14.47
1.00	14	0.790	106.62	135.01	5.33	6.75
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	5	0.833	40.16	48.22	2.01	2.41
1.60	5	0.830	36.96	44.55	1.85	2.23
1.80	3	0.826	22.09	26.73	1.10	1.34
2.00	4	0.823	29.34	35.64	1.47	1.78
2.20	6	0.820	43.85	53.47	2.19	2.67
2.40	6	0.817	43.69	53.47	2.18	2.67
2.60	6	0.814	40.46	49.69	2.02	2.48
2.80	5	0.811	33.60	41.41	1.68	2.07
3.00	4	0.809	26.79	33.13	1.34	1.66
3.20	4	0.806	26.70	33.13	1.34	1.66
3.40	4	0.803	26.61	33.13	1.33	1.66
3.60	25	0.701	135.54	193.39	6.78	9.67
3.80	60	0.598	277.74	464.13	13.89	23.21
4.00	15	0.746	86.56	116.03	4.33	5.80
4.20	25	0.694	134.15	193.39	6.71	9.67
4.40	13	0.741	74.56	100.56	3.73	5.03
4.60	13	0.739	69.74	94.34	3.49	4.72
4.80	45	0.587	191.72	326.56	9.59	16.33
5.00	50	0.585	212.27	362.85	10.61	18.14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.8	37.5	372.4004		0	0.0	0.0	0.0	1.47	55	Asfalto
4.6	4.97	42.62414	Incoerente - coesivo	0	1.86	1.9	0.35	1.47	7	Sabbie e ghiaie
5	46.25	335.6906		0	0.0	0.0	0.71	1.47	67	Rifiuto

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DP1**

**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	Shioi - Fukui (1982)	0.18

**TERRENI INCOERENTI I**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
-------------	------	------------------	----------------------------------	--------------	----------------------

[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Schultze & Menzenbach (1961)	56.98
-----------------------	---	------	---	------------------------------	-------

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Shioi-Fukuni (1982)	25.25

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	43.60

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Begemann (1974)	41.84

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Meyerhof ed altri	1.62

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	(A.G.I.)	0.34

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Ohsaki (Sabbie pulite)	404.86

#### Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - Sabbie e ghiaie	7	4.60	7	Navfac 1971-1982	1.44

PROVA ...DP2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 24/03/2014  
 Profondità prova 5.00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	50	0.655	343.92	525.36	17.20	26.27
0.40	12	0.851	107.27	126.09	5.36	6.30
0.60	2	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.41	0.48
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	2	0.836	16.13	19.29	0.81	0.96
1.40	2	0.833	16.06	19.29	0.80	0.96
1.60	4	0.830	29.57	35.64	1.48	1.78
1.80	3	0.826	22.09	26.73	1.10	1.34
2.00	3	0.823	22.01	26.73	1.10	1.34
2.20	3	0.820	21.92	26.73	1.10	1.34
2.40	2	0.817	14.56	17.82	0.73	0.89
2.60	4	0.814	26.97	33.13	1.35	1.66
2.80	9	0.811	60.48	74.54	3.02	3.73
3.00	12	0.809	80.37	99.38	4.02	4.97
3.20	7	0.806	46.73	57.97	2.34	2.90
3.40	8	0.803	53.23	66.25	2.66	3.31
3.60	7	0.801	43.37	54.15	2.17	2.71
3.80	14	0.748	81.05	108.30	4.05	5.41
4.00	12	0.796	73.89	92.83	3.69	4.64
4.20	9	0.794	55.26	69.62	2.76	3.48
4.40	11	0.791	67.34	85.09	3.37	4.25
4.60	22	0.689	110.04	159.65	5.50	7.98
4.80	54	0.587	230.07	391.87	11.50	19.59
5.00	60	0.585	254.73	435.42	12.74	21.77

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizi one
0.2	50	525.3578		0	0.0	0.0	0.0	1.47	73	Asfalto
4.6	3.91	32.93683	Incoerente - coesivo	0	1.76	1.88	0.39	1.47	5	Sabbie e ghiaie
5	55.5	402.7879		0	0.0	0.0	0.77	1.47	81	Rifiuto

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DP2**

**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	Shioi - Fukui (1982)	0.13

### TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Schultze & Menzenbach (1961)	47.37

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Shioi-Fukuni (1982)	23.66

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	32.00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	37.73

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Meyerhof ed altri	1.54

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	G
-------------	------	--------------	-------------------	--------------	---

---

		(m)	presenza falda		(Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Ohsaki (Sabbie pulite)	295.08

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \text{Sigma}_H / P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - Sabbie e ghiaie	5	4.60	5	Navfac 1971-1982	0.99