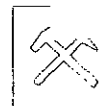


ALLEGATO: 6

Dott. Laura Fossati  
Geologo



Studio via Fiumetto, 1177  
55047 - Querceta (LU)  
tel. - fax: (+ 39) - 0584 - 74 30 81  
cell: 338 - 3388741  
e-mail: l.fossati@email.it

**COMUNE DI FORTE DEI MARMI**  
**PROVINCIA DI LUCCA**

Studio di Fattibilità geologica di supporto al  
Piano Attuativo relativo all'ambito AT3-C facente  
parte del Piano Complesso di Intervento

- Relazione tecnica
- Allegati cartografici

Dott. Geol. Laura Fossati



Gennaio 2012

PREMESSA.....	2
METODOLOGIA .....	2
1. SINTESI DELLE CONOSCENZE SULL'AREA IN OGGETTO.....	3
1.1 Inquadramento geologico e geomorfologico.....	3
1.2 - Inquadramento idrogeologico.....	4
1.3 Normativa vigente in materia di impermeabilizzazione superficiale.....	4
1.4 Normativa vigente in materia di rischio idraulico.....	5
1.5 Modellazione sismica.....	5
1.5.1 Analisi della sismicità storica dell'area .....	6
2. ANALISI ED APPROFONDIMENTI .....	7
2.1 Indagini geognostiche.....	7
2.2 Indagini geofisiche.....	7
2.2.1 Definizione della categoria del suolo di fondazione .....	7
2.2.2 Valutazione dell'azione sismica .....	8
3. VALUTAZIONI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ.....	10
3.1 Pericolosità geologica.....	10
3.2 Pericolosità da subsidenza .....	10
3.3 Pericolosità idraulica.....	10
3.4 Pericolosità sismica locale.....	11
3.5 Definizione del grado di esposizione degli interventi.....	11
3.6 - Fattibilità delle previsioni .....	11



Sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici relativi all'area in oggetto:

- Carta Geologica (fig. 2)
- Cartografia catastale (fig. 3)
- Carta della Pericolosità (fig. 4)
- Carta di Fattibilità (fig. 5)

b) Nella presente relazione viene fornito un inquadramento geologico, geomorfologico sismico ed ingeologico generale e vengono descritte le varie carte prodotte.

I dati stratigrafici e sismici locali sono dedotti dalle risultanze di indagini condotte in precedenza sull'area di interesse.

## 1. SINTESI DELLE CONOSCENZE SULL'AREA IN OGGETTO

### 1.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

La piana versiliese deve la sua situazione geomorfologica attuale all'azione di lineamenti tettonici (faglie) distensivi, che hanno portato il margine occidentale della catena apuana ad abbassarsi progressivamente di diverse centinaia di metri. Successivamente, a partire dal Miocene, nella piana costiera versiliese si sono succedute fasi deposizionali continentali, lacustri e marine, che hanno dato origine ad una stratigrafia complessa, sinteticamente riassumibile come segue:

- nella fascia pedecollinare, a quote più elevate della rimanente pianura, si rinvengono depositi di origine continentale – fluviale, rappresentati da alluvioni a granulometria prevalentemente grossolana;
- nella zona centrale pianeggiante prevalgono di terreni di colmata, di origine continentale lacustre o palustre, con sedimenti prevalentemente fini, torboso – limosi;
- nell'area costiera, fino a comprendere la più interna duna costiera relitta, sono presenti depositi di origine marina ed eolica a granulometria di sabbie.

L'area di intervento che si trova a circa 1700 metri dalla linea di costa ed ad una quota assoluta di ca. 2.6 m, si colloca alla transizione tra la fascia costiera e l'area di deposizione fluviale del Fiume Versilia, in sponda sinistra di quest'ultimo, e risulta caratterizzata dalla presenza superficiale di depositi alluvionali e di colmata di origine continentale, costituiti da alternanze di limi più o meno argillosi e limi sabbiosi con livelli di torbe, di scarsa consistenza. Al di sotto di questo primo orizzonte a comportamento prevalentemente coesivo,



si osserva la presenza di sabbie marine ed eoliche in differenti stati di addensamento, e, a profondità maggiori, di orizzonti di sabbie e ghiaie di origine fluviale.

### 1.2 - Inquadramento idrogeologico

In occasione dell'esecuzione delle indagini di cui alla premessa, il livello della falda libera è stato rinvenuto a -1.9 m dal p.c. in fase di magra. Essendo l'area in oggetto posta ad una quota assoluta di circa 2.6 m, risulta che il pelo della falda freatica si trova a circa 0.7 m s.l.m. Questa situazione conferma il quadro geologico e geomorfologico già esposto.

Le caratteristiche idrogeologiche degli orizzonti litotecnici presenti nell'area si possono così sintetizzare, dall'alto:

- limi e limi argillosi debolmente sabbiosi risultano *limitatamente permeabili per porosità* primaria, con un coefficiente di Darcy (K) valutabile nell'ordine dei  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  m/sec. con un grado di permeabilità dipendente dall'assortimento granulometrico. Tale orizzonte è pertanto in grado di assorbire quantitativi limitati di acque meteoriche per trasferirle in falda.
- sabbie e sabbie limose, sono dotate di una *buona permeabilità primaria* per porosità, con un coefficiente di Darcy (K) valutabile nell'ordine dei  $10^{-2}$ - $10^{-3}$  m/sec. e risultano sede della falda freatica permanente.
- sabbie e ghiaie sono anch'esse dotate di una *buona permeabilità primaria* per porosità, con un coefficiente di Darcy (K) valutabile nell'ordine dei  $10^{-1}$ - $10^{-2}$  m/sec.

### 1.3 Normativa vigente in materia di impermeabilizzazione superficiale

- *Piano di Intervento Territoriale Regionale-PIT*
- *Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca-PTC*
- *Regolamento 09 febbraio 2007, n. 2/R*

Nel rispetto delle disposizioni delle normative richiamate, la costituzione della viabilità e delle aree di sosta a servizio dell'intervento, dovranno essere realizzati adottando modalità costruttive che consentano l'infiltrazione o la ritenzione anche temporanea delle acque meteoriche.

Inoltre, dato che la trasformazione prevista dal presente PA prevede la realizzazione di superfici impermeabili o parzialmente permeabili in quantità non superiore a 3000 metri quadrati, sarà da prevedere lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dai manti di copertura dell'edificio e dalle altre superfici totalmente impermeabilizzate o semi-permeabili, ed in subordine, il loro convogliamento in pubblica

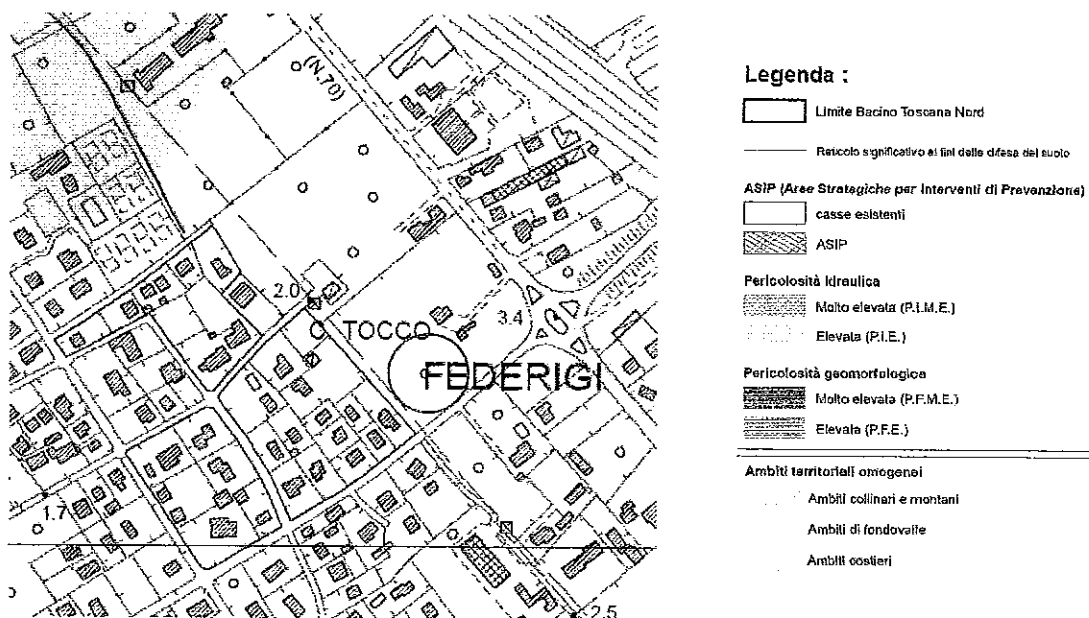


fognatura. In questo ultimo caso, le portate scaricate andranno contenute nella loro entità media, ad esempio mediante la realizzazione di vasche volano entro il limite massimo coincidente con quello fornito dall'area prima dell'intervento valutato tenendo conto di una pioggia oraria con tempo di ritorno ventennale.

#### 1.4 Normativa vigente in materia di rischio idraulico

- Piano Assetto Idrogeologico Bacino Toscana Nord

Secondo la cartografia del Piano dell'Assetto Idrogeologico (Bacino Toscana Nord, 2010), l'area (evidenziata con segno rosso in carta) risulta esterna a quelle classificate a pericolosità idraulica elevata (PIE) o molto elevata (PIME):



#### 1.5 Modellazione sismica

In base all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri no. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica (G.U. no. 105 del 08/05/2003)" il territorio del Comune di Forte dei Marmi viene inserito in zona sismica 3.

In ottemperanza al D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed alla relativa circolare di istruzioni del C.S.LL.PP. del 02/02/2009, viene fornita una modellazione sismica dell'area.



### 1.5.1 Analisi della sismicità storica dell'area

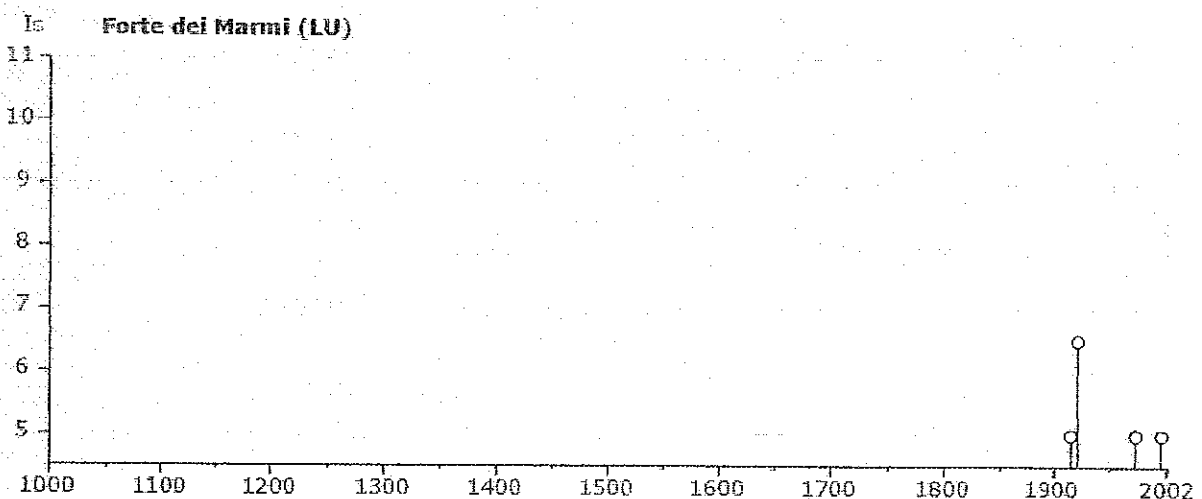
L'analisi della sismicità storica del Comune di Forte dei Marmi è basata sui dati contenuti nel Database Macrosismico Italiano (DBMI04) utilizzati per la compilazione del Catalogo Parametrico dei terremoti italiani versione 2004 (CPTI04) curato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Da tale database si possono ricavare gli eventi storici registrati (qua filtrati per  $I_s \geq 4$ ) che hanno interessato la località in oggetto, riassunti nella seguente tabella

#### Storia sismica di Forte dei Marmi

Intensità al sito (scala MCS)	anno	mese	giorno	area epicentrale	Intensità massima epicentrale (scala MCS)	Magnitudo momento
4	1846	08	14	Orciano Pisano	8-9	5.71
7	1914	10	27	Garfagnana	7	5.79
7	1920	09	7	Garfagnana	10	6.48
5	1972	10	25	Passo Cisa	5	4.95
NF	1980	11	23	Irpinia-Basilicata	10	6.89
4	1983	11	09	Parnense	6-7	5.10
4	1985	01	23	Garfagnana	6	4.69
4	1995	10	10	Lunigiana	7	5.04

Dati da INGV Database Macrosismico Italiano (DBMI04) utilizzati per la compilazione del Catalogo Parametrico dei terremoti italiani versione 2004 (CPTI04)

Tale serie storica è riassunta nel seguente Diagramma della storia sismica Comune di Forte dei Marmi



con i picchi che evidenziano gli eventi per data ed intensità al sito.

## 2. ANALISI ED APPROFONDIMENTI

### 2.1 Indagini geognostiche

Indagini geognostiche condotte in occasione di precedenti studi nell'intorno dell'area in oggetto, hanno permesso di individuare per il sito la seguente stratigrafia indicativa:

profondità dal piano di campagna (m)	litotipo:
0.0 - 0.4	Terreno vegetale e di riporto artificiale
0.4 - 3.5	Limo argilloso con livelli torbosi
3.5 - 4.4	Limi sabbiosi e sabbie scarsamente addensate
4.4 - 7.9	Sabbie mediamente addensate con livelli di limi

### 2.2 Indagini geofisiche

#### 2.2.1 Definizione della categoria del suolo di fondazione

Dalla misura diretta della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh), la metodologia MASW (Multichannel analysis of surface waves) permette di ottenere un modello verticale di propagazione delle onde sismiche trasversali. In particolare, nell'area in esame è stata possibile la ricostruzione della Vs nei primi trenta metri dal piano di campagna grazie all'esecuzione di una stesa sismica.

Da tale modello, si è ottenuto un valore di Vs variabile lungo la sezione indagata tra 164 e 587 m/sec, con velocità media di propagazione delle onde di taglio calcolata nei primi 30 m pari a  $V_{s30} = 314$  m/sec.

Pertanto, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, il suolo di fondazione nei primi 30 m dal piano di campagna è classificabile in categoria:

C- Depositi 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  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{spt} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).



### 2.2.2 Valutazione dell'azione sismica

#### Accelerazione orizzontale massima convenzionale

Alla classe 3 di zonazione sismica è associato un valore di accelerazione orizzontale massimo  $A_g$  (espresso come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ ) pari a:

$$A_g = 0.15 g$$

#### Sito in esame.

latitudine: 43,9702911279761

longitudine: 10,1802933994226

#### Caratteristiche delle opere in progetto

Classe: II

Vita nominale: 50

#### Siti di riferimento (nodi)

Sito 1ID: 18933 Lat: 43,9877 Lon: 10,1548 Distanza: 2809,503

Sito 2ID: 18934 Lat: 43,9896 Lon: 10,2241 Distanza: 4113,182

Sito 3ID: 19156 Lat: 43,9396 Lon: 10,2268 Distanza: 5049,797

Sito 4ID: 19155 Lat: 43,9377 Lon: 10,1575 Distanza: 4058,725

#### Parametri sismici di sito e di progetto

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente  $c_u$ : 1

#### Parametri sismici riferiti agli stati limite

##### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30[anni]

$a_g$ : 0,041 g





Fo: 2,562  
 Tc\*: 0,228[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50[anni]  
 ag: 0,051 g  
 Fo: 2,539  
 Tc\*: 0,248[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475[anni]  
 ag: 0,126 g  
 Fo: 2,383  
 Tc\*: 0,290[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975[anni]  
 ag: 0,162 g  
 Fo: 2,395  
 Tc\*: 0,292[s]

*Coefficienti Sismici riferiti agli stati limite*

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax (m/sec <sup>2</sup> )	II
SLO	1,500	1,700	1,000	0,012	0,006	0,637	0,180
SLD	1,500	1,660	1,000	0,015	0,007	0,795	0,180
SLV	1,500	1,580	1,000	0,048	0,024	1,942	0,240
SLC	1,460	1,570	1,000	0,060	0,030	2,438	0,240



### *Pericolosità sismica del sito e fattori di amplificazione locale*

Nell'area considerata, si evidenziano come fattori di pericolosità sismica e di amplificazione locale potenziale i seguenti fattori:

- presenza di terreni granulari saturi d'acqua, con falda superficiale, nei primi 5 metri dal p.c. per possibili fenomeni di liquefazione a seguito di evento sismico.

## **3. VALUTAZIONI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ**

Alla luce di quanto esposto nei paragrafi precedenti, si attribuiscono all'area in esame le seguenti classificazioni di pericolosità (Fig. 4).

### 3.1 Pericolosità geologica

Facendo seguito alla classificazione in classe di pericolosità geologica 3ag (medio-bassa) data all'area dal Piano Strutturale comunale, al dispositivo del PTC e DPGR 53/R del 25/10/2011, si classifica l'area in classe di pericolosità geologica G2 (*media*), in quanto area pianeggiante con assenza di forme e processi geomorfologici attivi.

### 3.2 Pericolosità da subsidenza

Facendo seguito alla classificazione in classe di pericolosità da subsidenza 3s (aree potenzialmente soggette a fenomeni di subsidenza) data all'area dal Piano Strutturale comunale, si classifica l'area in classe di pericolosità da subsidenza G3 (*elevata*), in quanto sono presenti nei primi metri dal piano di campagna terreni limosi o argilloso-limosi con torbe con caratteristiche litotecniche mediamente scadenti.

### 3.3 Pericolosità idraulica

A seguito della classificazione esterna alle aree PIE e PIME data dal Piano Assetto Idrogeologico – Bacino Toscana Nord, della classificazione in classe di pericolosità idraulica 2i (*bassa*) data all'area dal Piano Strutturale comunale e per quanto disposto dal DPGR 53/R del 25/10/2011, l'area viene classificata in Pericolosità idraulica I2 (*media*).



### 3.4 Pericolosità sismica locale

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dalle conoscenze di tipo geologico e geomorfologico e dalle risultanze delle indagini geofisiche e geognostiche, dato che il terreno di fondazione dell'intervento oggetto del presente P.À. è rappresentato da terreni potenzialmente suscettibili di fenomeni di liquefazione, all'area va assegnata una classificazione di Pericolosità sismica locale S3 (*elevata*).

### 3.5 Definizione del grado di esposizione degli interventi

Per le aree a verde, di parcheggio e di transito si considera un *grado di esposizione "basso"* e se ne traslascia la classificazione, da intendersi sempre nella classe più bassa rispetto a tutti gli aspetti di fattibilità esaminati (geologico, sismico, idraulico, subsidenza). Per i beni in previsione, limitatamente ai fabbricati, si considera invece un grado di esposizione "*alto*".

### 3.6 - Fattibilità delle previsioni

La classificazione di fattibilità degli interventi si ottiene dalla sovrapposizione della classificazione di pericolosità (geologica-geomorfologica, sismica ed idraulica) dell'area e del grado di esposizione degli interventi previsti nel Piano Attuativo.

Essa rappresenta la finalità di tutto il presente lavoro ed indica la compatibilità dello strumento attuativo con le caratteristiche naturali dell'area.

Associando al grado di esposizione dei beni e/o soggetti esposti le diverse valutazioni di *fragilità* (pericolosità) dell'area sopra discusse, si ottengono nei vari casi le seguenti limitazioni e prescrizioni (fattibilità), rappresentate congiuntamente nella tavola di Fig. 5:

- Per Fragilità Geomorfologica e classe di **pericolosità G2** "media":

**Fattibilità con prescrizioni (G3).** Indagini di approfondimento richieste a supporto della successiva progettazione dell'intervento diretto, estese all'ambito geomorfologico significativo.

Riguardo ai contenuti della relazione geologica di supporto alla progettazione esecutiva dei singoli interventi diretti, ci si atterrà al rispetto delle norme tecniche emanate dal D.M. 11/3/1988 e dalle NTC 2008.



- Per Fragilità da Subsidenza e classe di **pericolosità G3 "elevata"**:

**Fattibilità con prescrizioni (G3)**. Indagini di approfondimento richieste a supporto della progettazione dell'intervento diretto, estese all'ambito geomorfologico significativo.

Riguardo ai contenuti della relazione geologica di supporto alla progettazione esecutiva dei singoli interventi diretti, ci si atterrà al rispetto delle norme tecniche emanate dal D.M. 11/3/1988 e dalle NTC 2008, con particolare riguardo alla valutazione del rischio effettivo e a supporto della progettazione di opere volte alla mitigazione o all'annullamento dello stesso (accorgimenti costruttivi, fondazioni speciali etc).

- Per Fragilità Idraulica e classe di **pericolosità idraulica I2 "media"**:

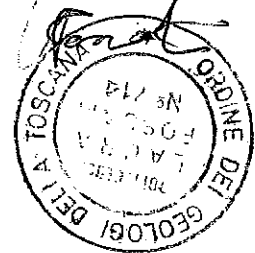
**Fattibilità con nessuna limitazione (I2)**: nessun approfondimento di indagine richiesto.

- Per Fragilità Sismica e classe di **pericolosità sismica locale S3 "elevata"**:

**Fattibilità con prescrizioni (S3)**: sono prescritte in fase di progettazione esecutiva specifiche valutazioni finalizzate alla valutazione del grado di suscettibilità alla liquefazione dinamica dei terreni interessati.

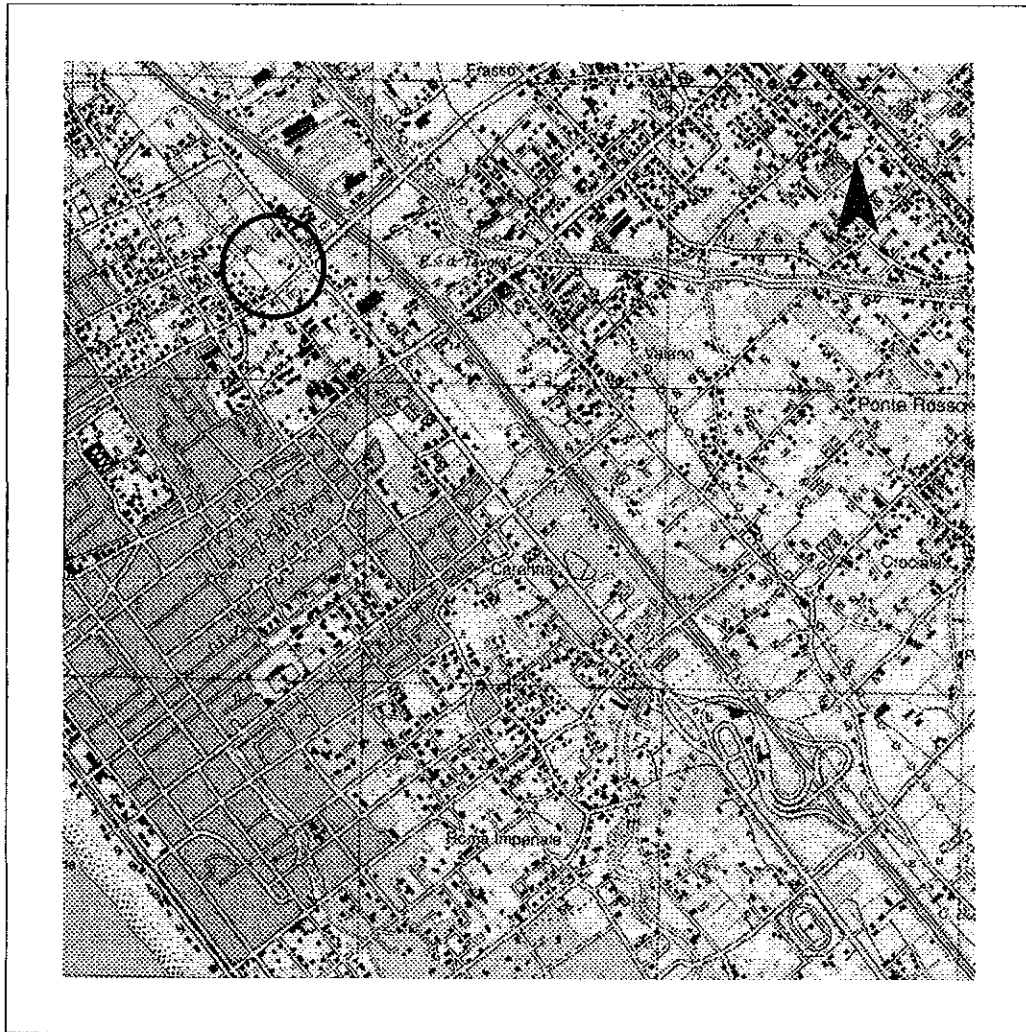
Querceta, 12/01/2012

Dott. Geol. Laura Fossati



E:\Archivio 12(1-VII)\Lavori Laura 2012 al Piano Attuativo Giannotti SCEF\piano attuativo Giannotti SCEF.doc



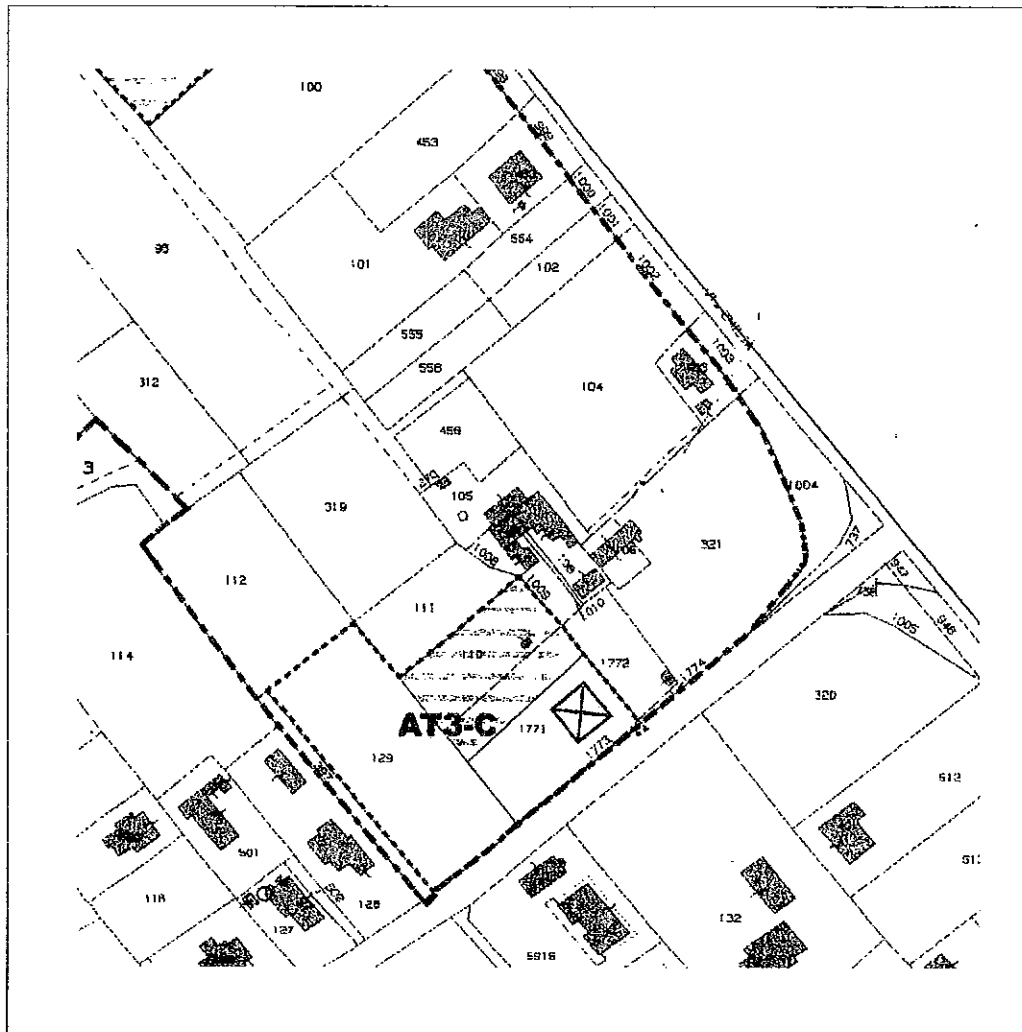


**LEGENDA**



Ubicazione del Piano Attuativo

**Fig. 1:** Corografia generale dell'area indagata (scala 1:25000)

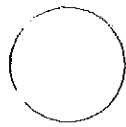
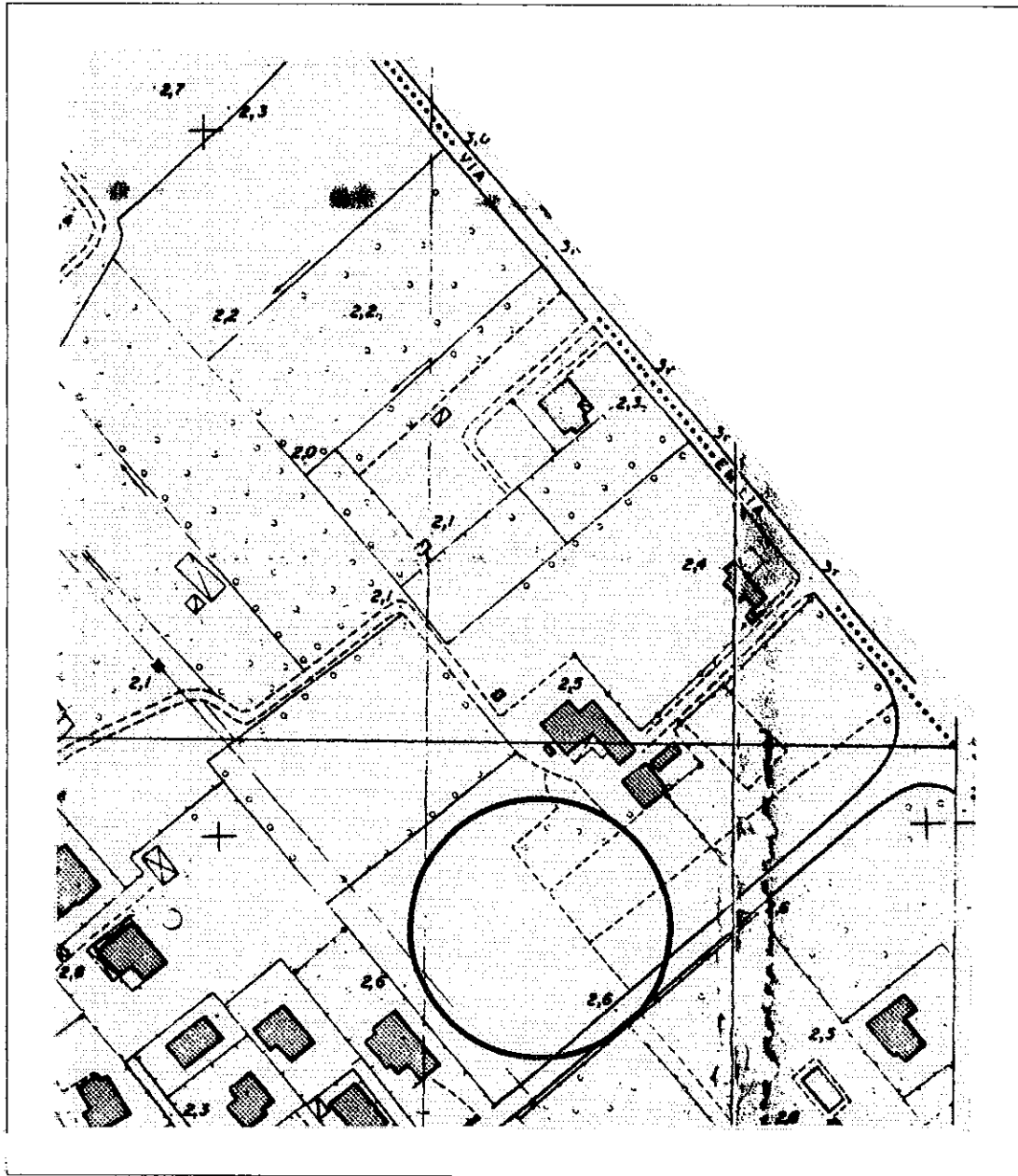


**Fig. 2:** Stralcio della planimetria catastale Ambito At3-C, Foglio 7, mappali 129, 110, 1771, 1773 (scala 1:2000)

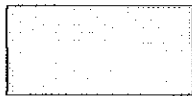


**Dott. Geol. Laura Fossati**  
 Studio via Fiumetto, 1177 - 55046 Querceta (LU)

tel. 0584 / 743081 cell. 338/3388741  
 e-mail: lafos@iol.it



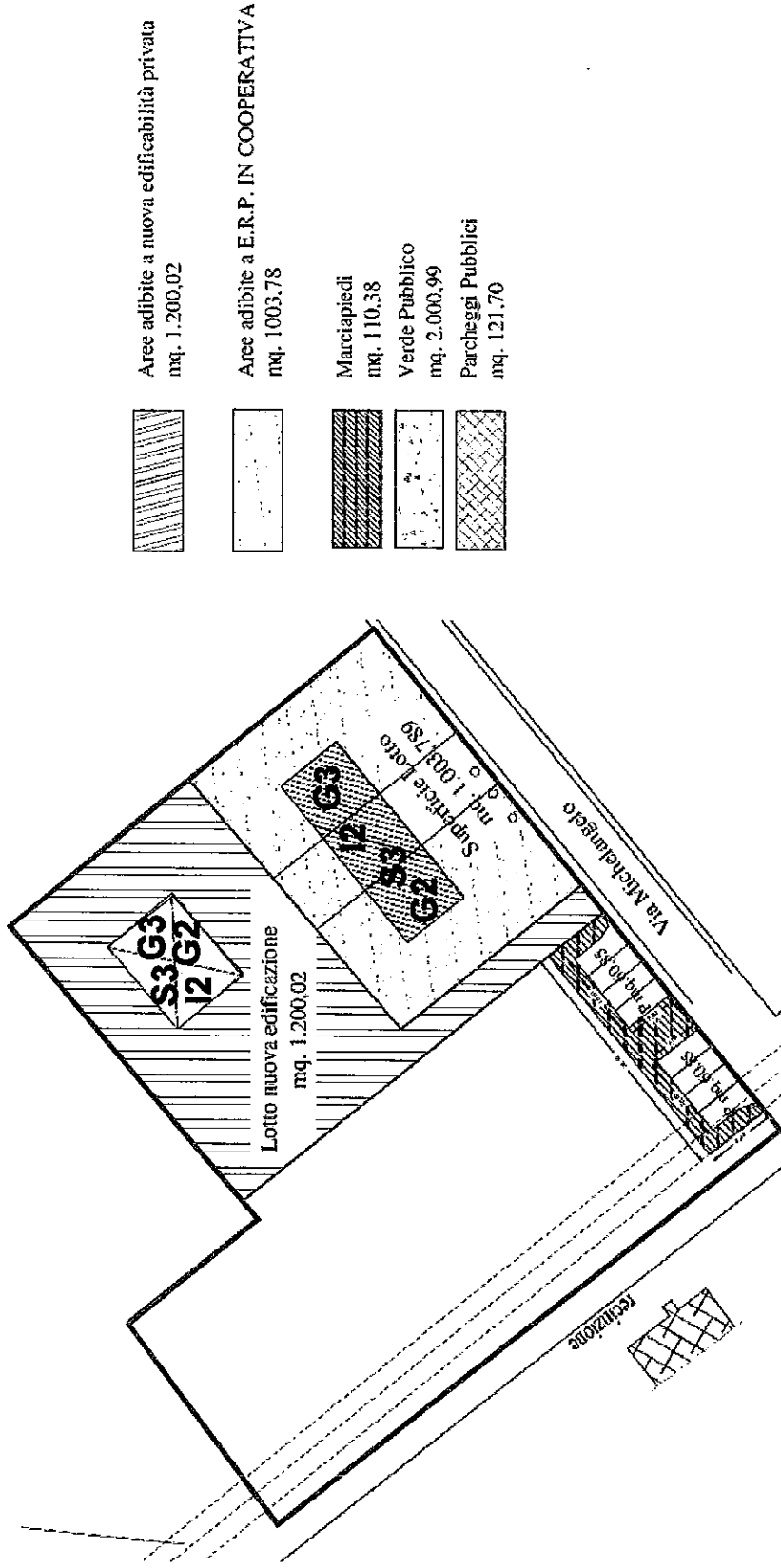
Area di Piano Attuativo

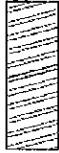
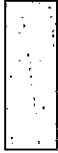





Limi argillosi con livelli torbosi

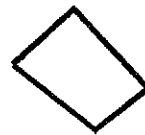
**Fig. 2:** Carta geologica - scala 1:2000





	Aree adibite a nuova edificabilità privata mq. 1.200,02
	Aree adibite a E.R.P. IN COOPERATIVA mq. 1003,78
	Marciaipiedi mq. 110,38
	Verde Pubblico mq. 2.000,99
	Parcheeggi Pubblici mq. 121,70

**LEGENDA**



Area interessata da Piano Attuativo



Volumetrie di progetto

**G2 Pericolosità geologica media**

**G3 Pericolosità da subsidenza elevata**

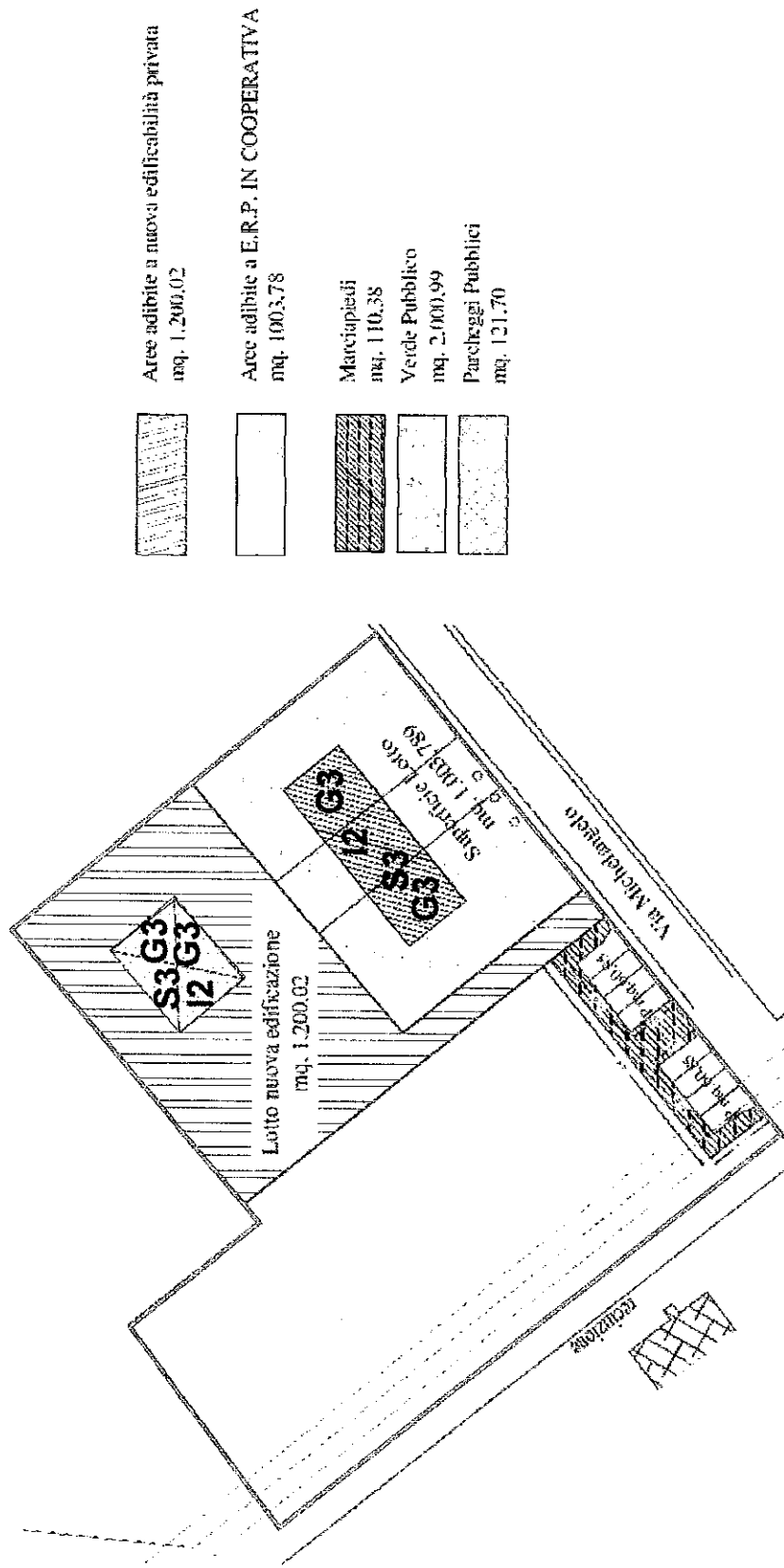
**I2 Pericolosità Idraulica media**

**S3 Pericolosità sismica elevata**

**Fig. 4:** Carta della Pericolosità (fuori scala)

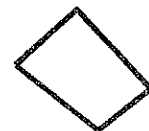






	Arree adibite a nuova edificabilità privata mq. 1.200,02
	Arree adibite a E.R.P. IN COOPERATIVA mq. 1003,78
	Marcia piedi mq. 110,38
	Verde Pubblico mq. 2.000,99
	Pareleggi Pubblici mq. 121,70

**LEGENDA**



Area interessata da Piano Attuativo



Volumetrie di progetto

**G3 Fattibilità geologica con prescrizioni**

**G3 Fattibilità da subsidenza con prescrizioni**

**I2 Fattibilità Idraulica con nessuna limitazione**

**S3 Fattibilità sismica con prescrizioni**

**Fig. 5:** Carta della Fattibilità (fuori scala)



Dott. Geol. Laura Fossati  
Studio via Fiumetto, 1177 - 55046 Querceta (LU)

tel. 0584 / 743081 cell. 338/3388741  
e-mail: lafos@iol.it