

REGIONE MARCHE  
PROVINCIA DI PESARO E URBINO  
**COMUNE DI FANO**



**OGGETTO**

INTEGRAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA, IN ADEGUAMENTO ALLE  
N.T.C., PER IL PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE DELL'HOTEL REGINA DA  
DESTINARE A STRUTTURA SANITARIA IN LOC. CARIGNANO TERME, VIA  
BEVANO N° 48/A

**RELAZIONE GEOLOGICA  
(Integrazione)**

Fano, 05 Febbraio 2010



**STUDIO GEOLOGICO**

**UNIGEO**

Dott. Geol. Longhini Vittorio

Dott. Geol. Longhini Marco

Via San Lazzaro, 6/H - 61032 Fano (PU)

Tel / Fax 0721.809980 - Cel.3384233755

E-mail : studio.unigeo@libero.it

C.F. e P.IVA : 02372290417

**Dott. Geol. Vittorio Longhini**

**Dott. Geol. Marco Longhini**

**RICHIEDENTE:**

ASCLEPIO s.r.l.  
Associazione Cante di Montevicchio Onlus

**PROGETTISTA:**

Arch. Maria Elena Pierini



**STUDIO GEOLOGICO UNIGEO**

*Dott.Geol.Longhini Vittorio & Dott.Geol.Longhini Marco*

Via San Lazzaro, 6/H - 61032 Fano (PU)  
Tel. & Fax 0721809980 - Cel. 3384233755  
E-mail: studio.unigeo@libero.it  
C.F. e P.IVA :02372290417

Fano, 05 Febbraio 2010

## **PREMESSA**

Conseguentemente all'entrata in vigore, il 01 Luglio 2009, delle N.T.C. di cui al D.M. 14.01.2008, in ottemperanza a quanto richiesto dal Servizio 4.4. della Provincia di Pesaro ed Urbino si è reso necessario adeguare alla normativa attualmente vigente la precedente nostra relazione geologica, del 15 Novembre 2008, relativa al progetto di ristrutturazione dell'ex Hotel Regina, in località Terme di Carignano (Fano), da destinare a struttura sanitaria poliambulatoriale con reparto degenti ed un centro congressi.

Pertanto, la presente relazione geologica integra ed aggiorna la precedente in particolare nelle parti riguardanti la classificazione del sottosuolo fino a 30 m di profondità, la stima della pericolosità sismica sulla base della ubicazione geografica del sito, della categoria di sottosuolo, della categoria topografica, della classe dell'edificio e della sua durata di vita nominale, per la determinazione dei parametri sismici locali necessari per la definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica.

Vengono inoltre forniti, come richiesto, gli estratti della Carta delle pericolosità geologiche, della Carta degli scenari di pericolosità sismica, della Carta idrogeologica e della Carta delle zone di rispetto dei pozzi (art. 94 del D.Lgs. 152/2006) allegate al P.R.G.

Si evidenzia che la Relazione Geologica, secondo i dettami delle N.T.C./2008, è finalizzata solo alla definizione del modello geologico, che è comunque imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte dell'opera geotecnica.

## INDAGINI SUPPLETIVE EFFETTUATE

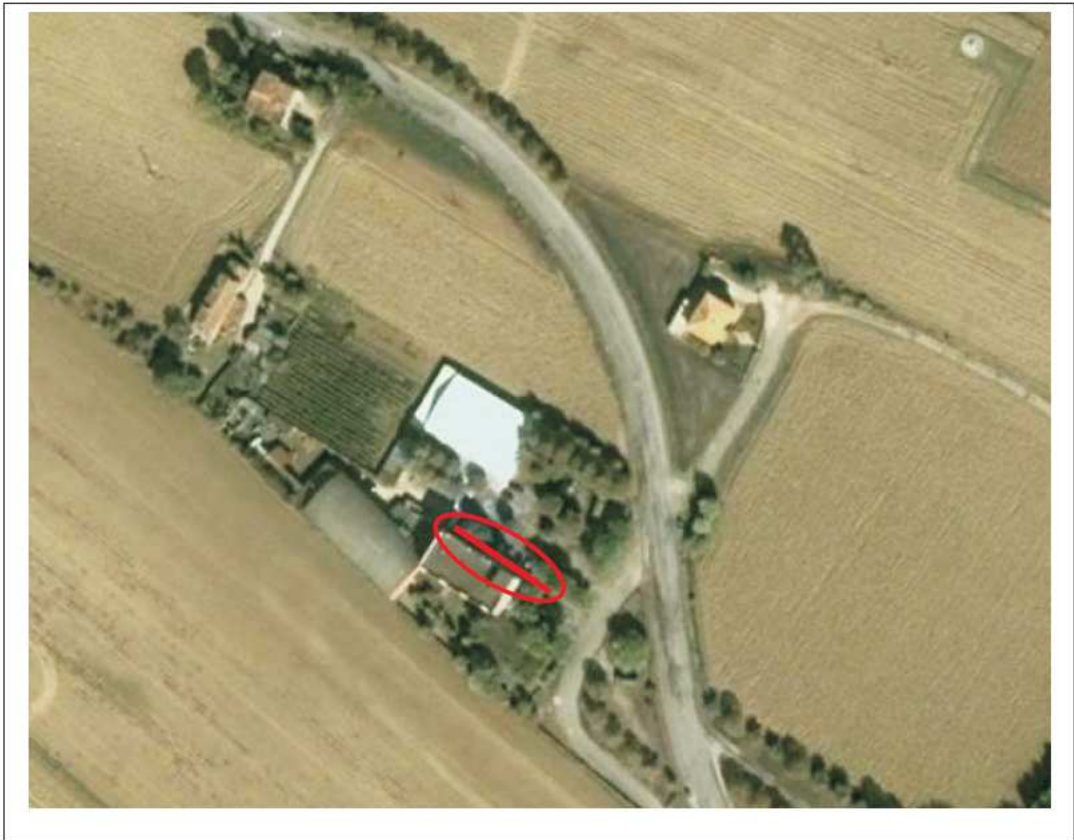
Al fine di integrare ed aggiornare le conoscenze acquisite nel corso della precedente indagine si è, in particolare, fatto riferimento a quanto previsto dalla seguente normativa:

- C.S. LL. PP. Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale 27.07.2007
- D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni
- C.S. LL. PP. Istruzioni per l'applicazione delle N.T.C. Circ. 02.02.2009

Pertanto, in aggiunta alle precedenti indagini geognostiche (per gli esiti delle quali si rimanda alla precedente relazione geologica) rappresentate da 3 sondaggi con sonda a rotazione,  $\phi$  22 cm, atta al prelievo di campioni semidisturbati, prove in situ con pocket-penetrometer e scissometro sui campioni di terreno estratti e 5 prove penetrometriche statiche C.P.T. con attrezzo Pagani TG 73 (200 kN), è stata svolta un'indagine geofisica in situ, MASW, per la determinazione della velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 metri di profondità (Vs30), necessaria per la classificazione del sottosuolo.

L'indagine è stata effettuata dalla Ditta Methodo di Falconara Marittima (AN) e la relativa relazione tecnica viene di seguito riportata.

# INDAGINE MASW



LEGENDA:



Ubicazione prova MASW

# 1 - DATI SPERIMENTALI

Nome del file delle tracce ..... rec0895.sg2  
Numero di ricevitori ..... 24  
Numero di campioni temporali ..... 3.26787e-312  
Timestep di acquisizione ..... 1ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 24  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a ..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 1024ms

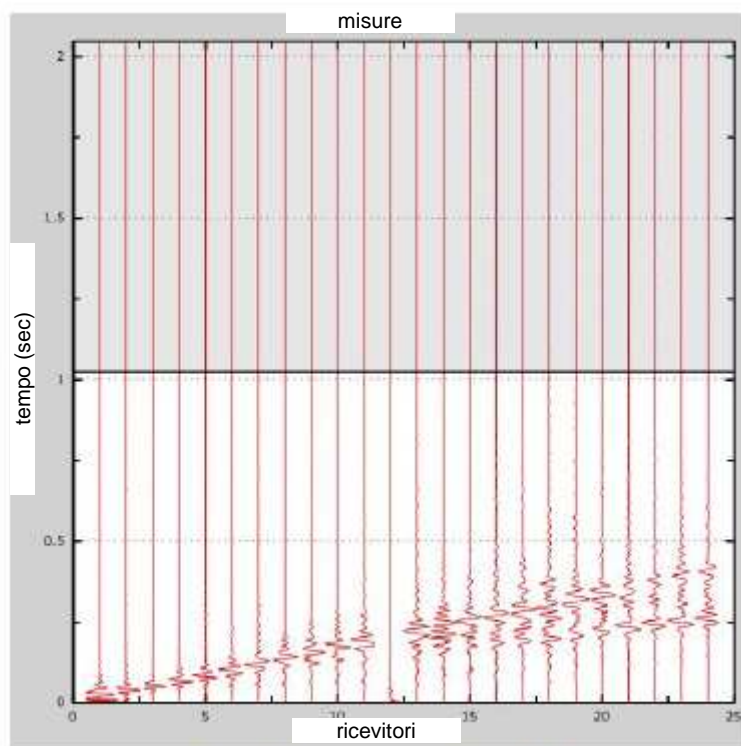


Figura 1:Tracce sperimentali

## 2 - RISULTATI DELLE ANALISI

Frequenza finale ..... 40Hz  
Frequenza iniziale ..... 5Hz

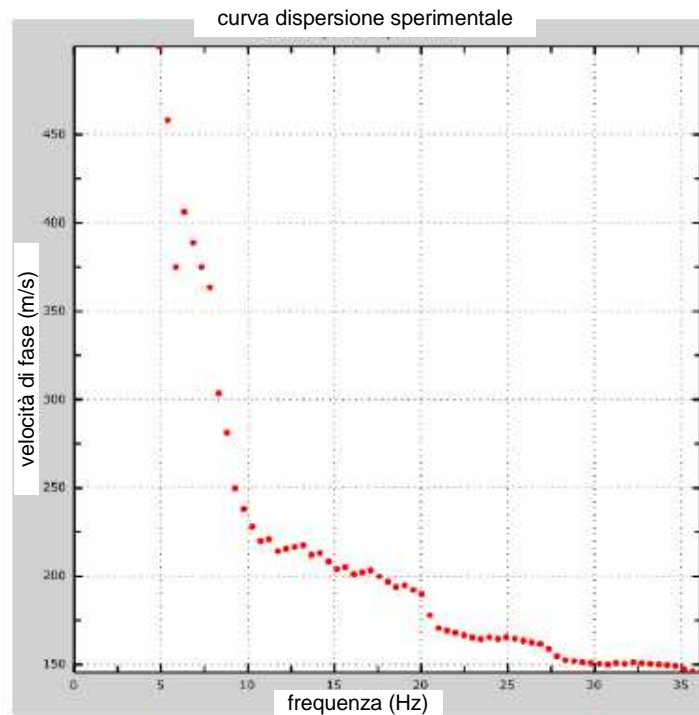


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - CURVA DI DISPERSIONE

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
6.78439	388.679	368.241	409.116
8.38947	304.572	285.707	323.437
9.34249	250.334	232.255	268.414
10.6968	219.679	201.6	237.758
12.352	214.962	200.814	229.111
15.4619	203.172	191.381	214.962
19.7755	183.987	168.981	198.993
21.7317	171.839	161.12	182.558
24.2898	165.441	153.651	177.232
26.8981	160.725	149.721	171.73
28.453	152.865	142.646	163.083
32.1648	152.079	140.288	163.869
36.0772	146.576	134.786	158.367

Tabella 1: Curva di dispersione

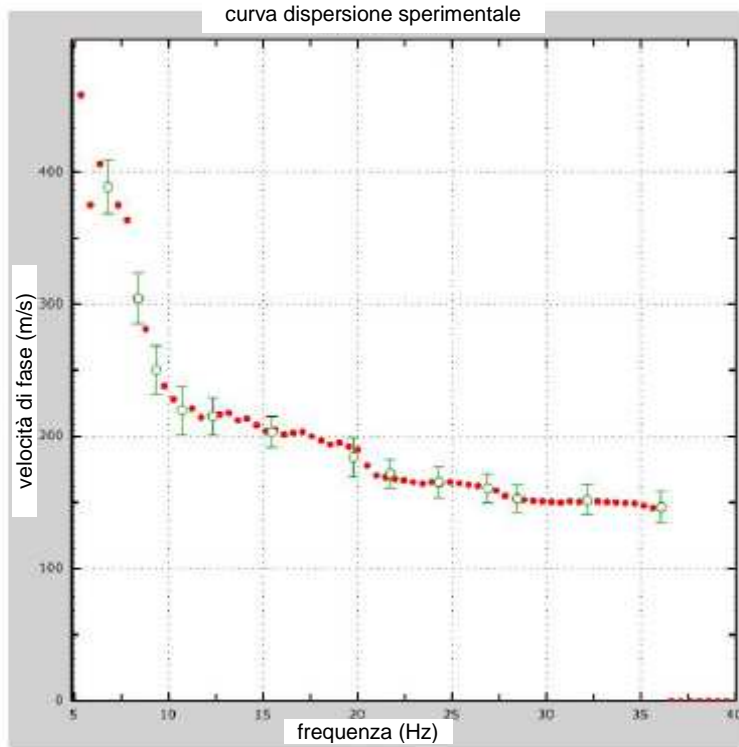


Figura 3: Curva di dispersione



## 4 - PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio) .....	7
Spaziatura ricevitori [m] .....	2m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi.....	5
Numero iterazioni.....	5
Massimo errore [%] .....	5

### Strato 1

h [m] .....	1
z [m] .....	-1
Vs fin.[m/s].....	135

### Strato 2

h [m] .....	4
z [m] .....	-5
Vs fin.[m/s].....	160

### Strato 3

h [m] .....	3
z [m] .....	-8
Vs fin.[m/s].....	225

### Strato 4

h [m] .....	4
z [m] .....	-12
Vs fin.[m/s].....	280

### Strato 5

h [m] .....	4
z [m] .....	-16
Vs fin.[m/s].....	350

### Strato 6

h [m] .....	5
z [m] .....	-21
Vs fin.[m/s].....	410

### Strato 7

h [m] .....	0
z [m] .....	-∞
Vs fin.[m/s].....	431



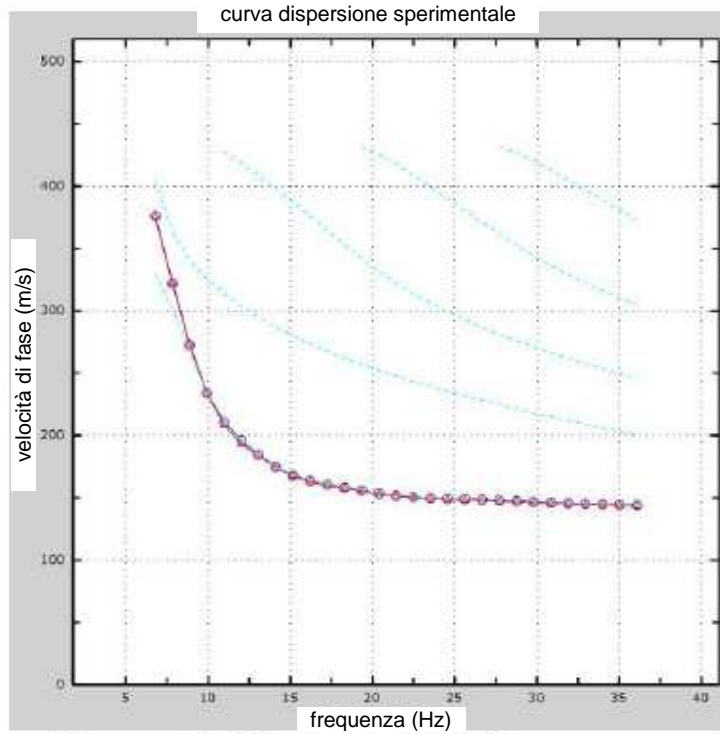


Figura 4: Velocità numeriche – modi di Rayleigh (blu), Curva apparente (red), curva numerica (cyan)

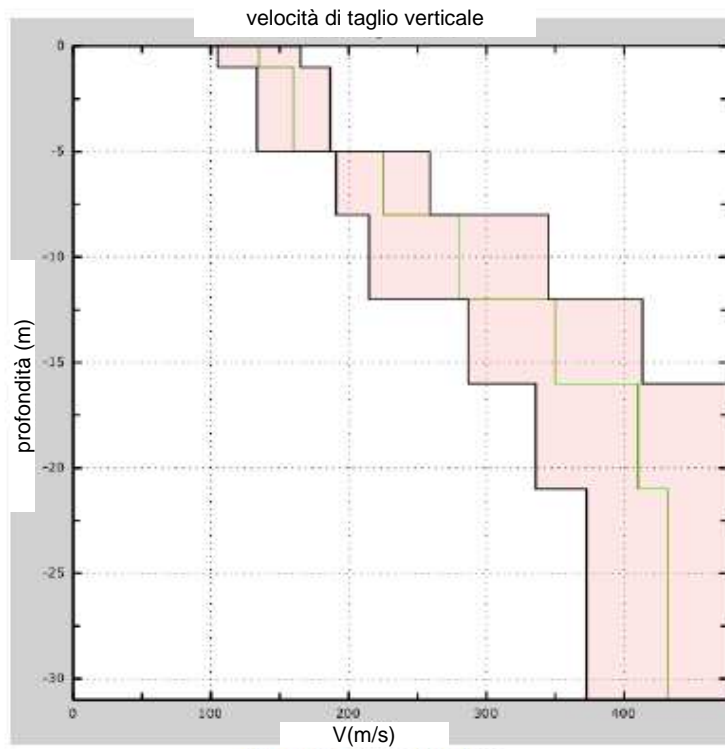


Figura 5: Velocità

## 5 - RISULTATI FINALI

Vs30 [m/s]..... 287

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

**Possibile tipo di suolo\*** ..... C  
(sulla base del modello medio)

Ai sensi del D.M.14 gennaio 2008 (N.T.C.), poiché il progetto prevede la realizzazione di un piano interrato, per cui il piano fondale verrà a porsi a circa - 3,0 m rispetto alla quota dello stendimento MASW, sulla base della relazione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i/V_i}$$

si ricava:

CALCOLO VS30  
dal piano fondale

STRATO	h (m)	Vs (m/s)		H <sub>i</sub> /V <sub>i</sub>
1	0	135		0
2	2	160		0,0125
3	3	225		0,0133
4	4	280		0,0143
5	4	350		0,0114
6	5	410		0,0122
7	12	431		0,0278
	30		Vs30 (m/s)	328

che conferma l'appartenenza del sottosuolo alla Categoria C.

## SISMICITA'

Il territorio comunale di Fano ai sensi del D.M. 19.03.1982 era classificato sismico di II Categoria, caratterizzata da un coefficiente di intensità sismica  $(S-2)/100=0,07$  e il grado di sismicità  $S=9$ , mentre in epoca storica la massima magnitudo risulta essere stata pari a 5,0.

Sulla base del Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003, che riclassifica l'intero territorio nazionale, attualmente il territorio comunale ricade in Zona Sismica 2

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25	0,35
-2-	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene, come noto, definita mediante un approccio "sito dipendente" e non secondo un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

I risultati dell'indagine sismica MASW hanno permesso di stabilire per il sito in esame la **Categoria di sottosuolo C**, secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008.

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

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

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$C_c$ = coeff. F(categ. Sottosuolo)



## Condizioni topografiche

Essendo l'area completamente pianeggiante, sulla base della Tab. 3.2.IV sotto riportata:

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 $i > 30^\circ$

il sito in esame è attribuito alla **Categoria Topografica T1**

## Stima della pericolosità sismica

Per la valutazione di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento rigido) è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'area da verificare al fine, poi, sulla base della maglia di riferimento secondo le tabelle dei parametri spettrali fornite dal Ministero e, sulla base della maglia interessata, determinare i valori di riferimento del punto considerato come media ponderata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

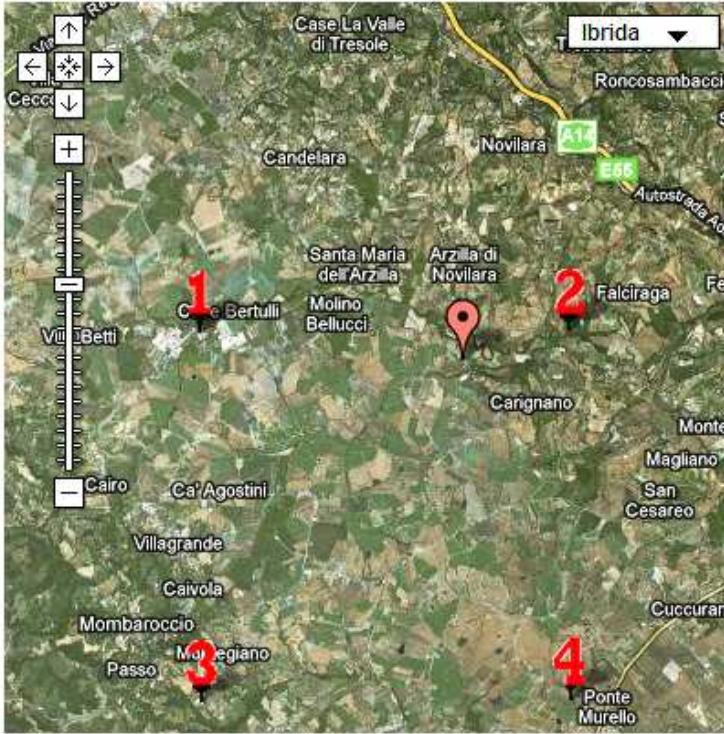
Per la determinazione delle coordinate del sito in esame (Lat. 43.82969347; Long. 12.91586101) e dei coefficienti sismici è stato utilizzato il programma *on line* "GeoStru PS Parametri sismici" reperibile nel sito [www.geostru.it](http://www.geostru.it) i cui risultati sono di seguito riportati:

**Posizione**

Via  n°   
 Comune  Cap   
 Provincia   
 Latitudine   
 Longitudine

**parametri sismici**

Lat.  Long.   
 Classe dell'edificio  
 III. Affollamento significativo...   
 Vita nominale   
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)



Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>s</sub> [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> [s]
Operatività (SLO)	45	0,062	2,515	0,279
Danno (SLD)	75	0,080	2,527	0,283
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,218	2,506	0,306
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,284	2,500	0,318
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

**Calcolo dei coefficienti sismici**

Muri di sostegno  Paratie  
 Stabilità dei pendii e fondazioni  
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)   
 us (m)   
 Categoria sottosuolo   
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,37	1,27
Cc* Coeff. funz categoria	1,60	1,59	1,55	1,53
St* Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]



Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,018	0,024	0,084	0,101
kv	0,009	0,012	0,042	0,050
Amax [m/s²]	0,907	1,176	2,926	3,534
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

## CONCLUSIONI

Considerate: la situazione litostratigrafica, le caratteristiche geomeccaniche dei terreni e le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche, **si conferma l' idoneità dell'area alla realizzazione del progetto in esame.**

Date le caratteristiche litologiche dei terreni di fondazione e l'assenza di falda acquifera entro una profondità influente **si esclude la possibilità del verificarsi di fenomeni di liquefazione o di addensamento in caso di sisma.**

L'edificio è ascrivibile al **Tipo 2** (N.T.C. 2008 – 2.4.1) con una **Vita nominale  $VN \geq 50$  anni**, ed appartiene alla **Classe d'Uso III** (N.T.C. 2008 – 2.4.2), cui corrisponde un **coefficiente d'uso  $CU = 1,5$ .**

Pertanto, il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta:  **$V_R = CU * VN = 1,5 * 50 = 75$  anni.**

**Il sottosuolo è classificato di Categoria C** (secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008), mentre la situazione morfologica fa attribuire l'area alla **Categoria Topografica T1.**

<b>TIPO DI COSTRUZIONE</b>		2
<b>VITA NOMINALE</b>	<b>VN</b>	$\geq 50$ ANNI
<b>CLASSE D'USO</b>		III
<b>COEFFICIENTE D'USO</b>	<b>CU</b>	1,5
<b>VITA DI RIFERIMENTO</b>	<b><math>V_R = VN * CU</math></b>	75 ANNI

Le fondazioni e le opere strutturali andranno verificate nei riguardi degli stati limite previsti dalle vigenti N.T.C., ed in particolare le opere fondali andranno verificate in relazione alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti e dei coefficienti sismici caratteristici del sito .



ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MAX	$a_g(g)$	STATO LIMITE
	0,218	<u>SLU</u> <b>SLV</b>
	0,284	<u>SLU</u> <b>SLC</b>
	0,062	<u>SLE</u> <b>SLO</b>
	0,080	<u>SLE</u> <b>SLD</b>
ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MAX <b>PER SLV</b>	$a_{max} = S \cdot a_g \cdot g =$ $S_s \cdot S_t \cdot a_g \cdot g =$	2,926 m/s <sup>2</sup>
COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE	$K_h = \beta_s \cdot a_{max} / g =$	0,084

In considerazione anche della realizzazione di un piano interrato, si conferma che **le fondazioni potranno essere di tipo diretto, continue nastriformi, con un incastro di almeno 1,0 m dal piano d'assise definitivo del nuovo fabbricato.**

Esse andranno ovviamente **dimensionate sulla base dei parametri geotecnici medi precedentemente forniti, tenendo inoltre conto dei parametri sismici derivanti dalla risposta sismica locale, secondo quanto previsto dalle N.T.C./2008.**

#### NOTE:

Come richiesto dal Servizio 4.4. della Provincia si producono, inoltre, estratti della Carta delle pericolosità geologiche e sismiche e della Carta idrogeologica del vigente PRG, con particolare riguardo, per quest'ultima, l'indicazione delle zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile, così come previsto dall'art. 94 del D.Lgs. 152/2006.

# PIANO REGOLATORE GENERALE

Studio UNIGEO: geol. V. LONGHINI, geol. L. LONGHINI

ing. arch. B. BENINI ing. P. PETROCCHI arch. R. ROMAGNOLI arch. A. GIANGOLINI  
arch. V. BOGINO geom. M. CALGATELLI dott.ssa P. MICCOLI s. g.a. D. VALENTINI

TAV.

**CARTA DELLE PERICOLOSITA'  
GEOLOGICHE**  
(fuori scala)

S1\_007

Oggetto

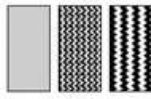


## Legenda



Area instabile

Area potenzialmente instabile

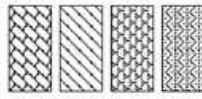


Area con pendenza > 30%

Area esondabile probabile

Area esondabile in eventi eccezionali

Pozzo o sorgente comunale

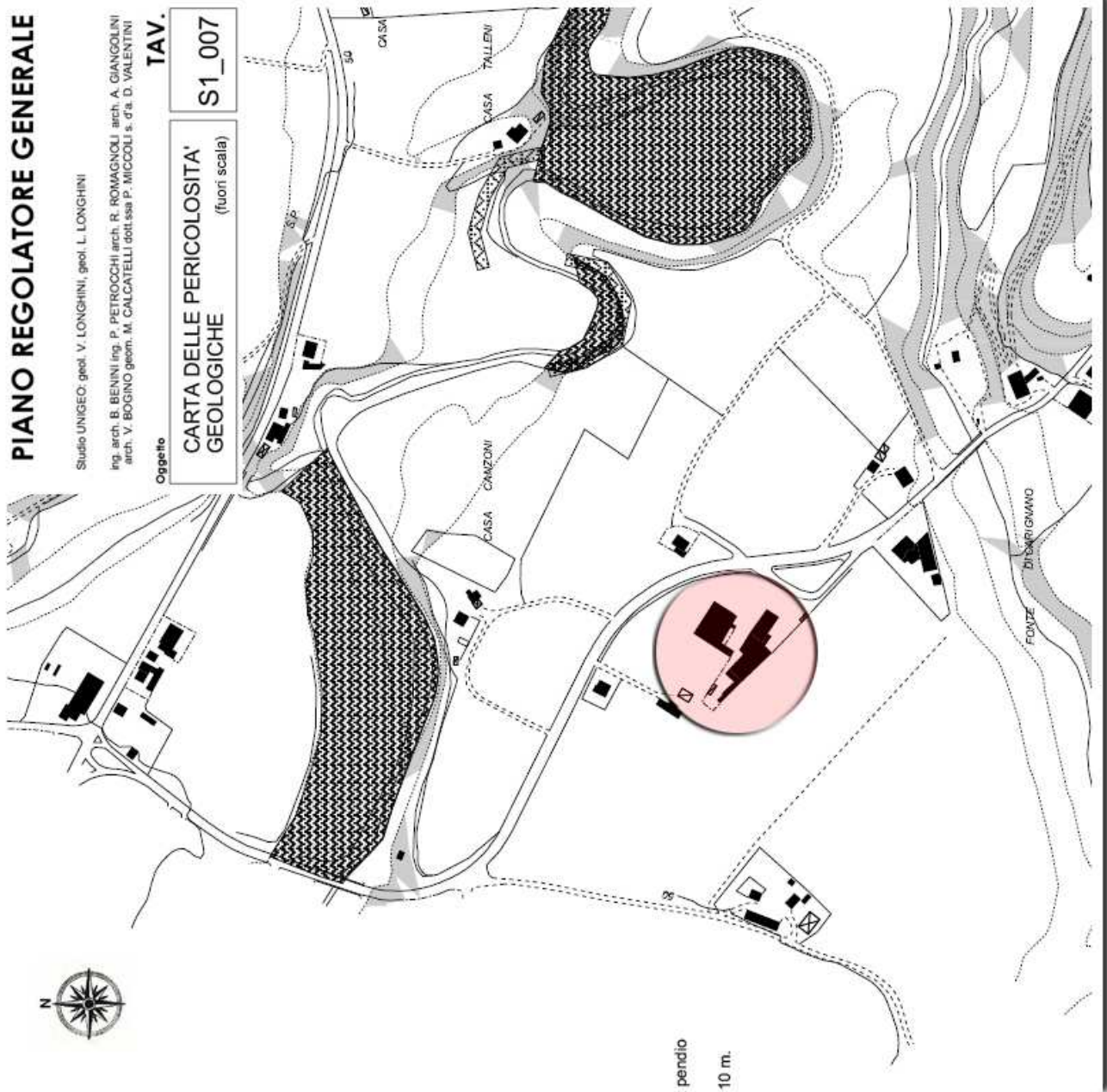


Area di rispetto dell'acquifero (200 m)

Area di protezione dell'acquifero

Area a valle di invaso artificiale in zona di pendio

Area a ridosso di scarpata con altezza > 10 m.



# PIANO REGOLATORE GENERALE

Studio UNIGEO: geol. V. LONGHINI, geol. L. LONGHINI

ing. arch. B. BENINI ing. P. PETROCCHI arch. R. ROMAGNOLI arch. A. GIANGOLINI  
arch. V. BOGINO geom. M. CALCATELLI dott.ssa P. MICCOLI s. dra. D. VALENTINI








Oggetto

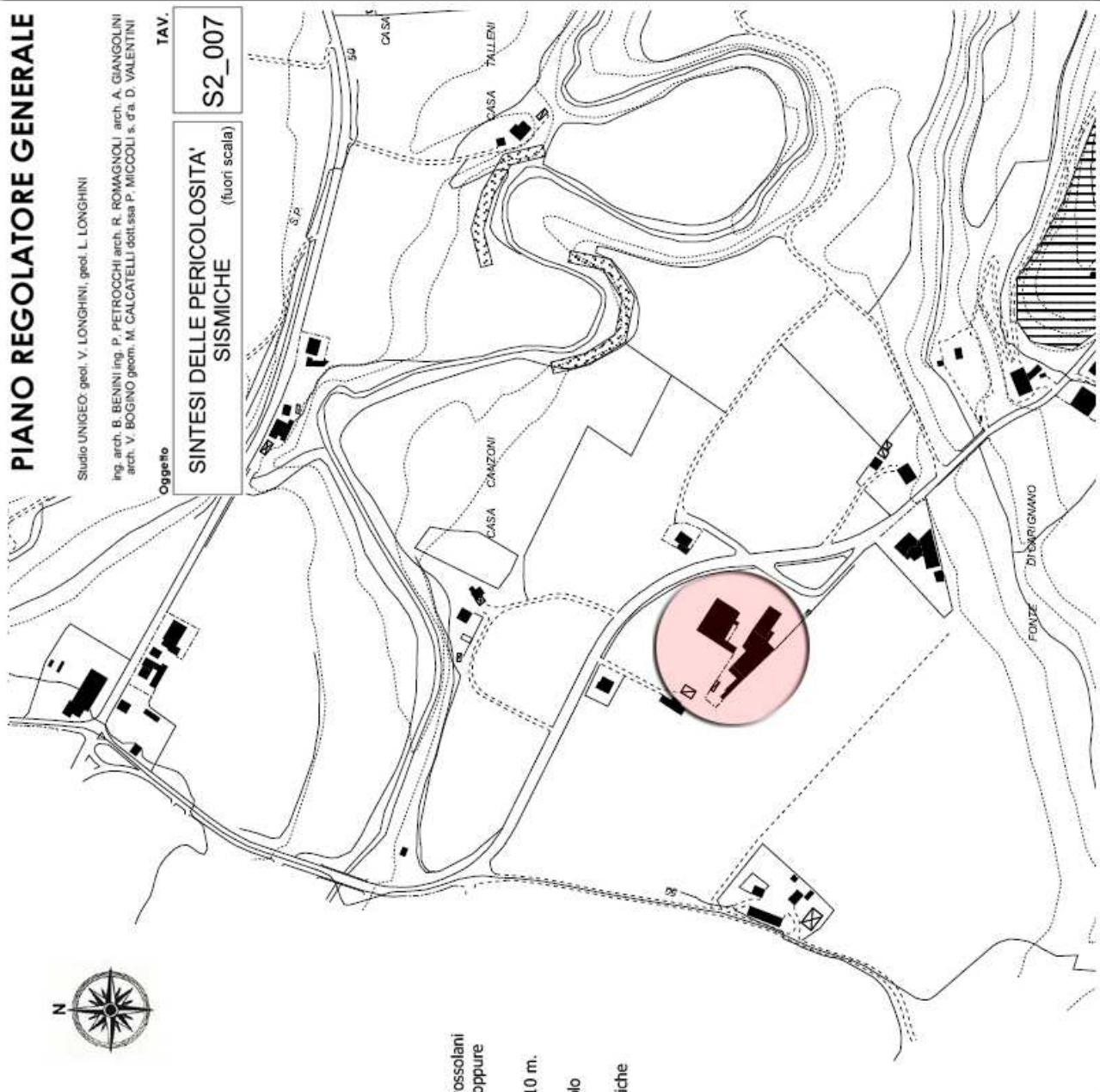
**SINTESI DELLE PERICOLOSITA'  
SISMICHE**  
(fuori scala)

TAV. S2\_007



## Legenda

-  Area instabile
-  Area potenzialmente instabile
-  Area con pendenza > 30%
-  Area caratterizzata da terreni granulari grossolani con falda acquifera a profondità  $\leq 5$  m. oppure da terreni granulari fini
-  Area a ridosso di scarpata con altezza > 10 m.
-  Area di cresta rocciosa, dorsale o cocuzzolo
-  Area di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse



# PIANO REGOLATORE GENERALE

Studio UNIGEO: geol. V. LONGHINI, geol. L. LONGHINI

ing. arch. B. BENINI ing. P. PETROCCHI arch. R. ROMAGNOLI arch. A. GANGOLINI  
arch. V. BOSINO geom. M. CALCATELLI dott.ssa P. MICCOLI s. gra. D. VALENTINI

Oggetto

CARTA IDROGEOLOGICA

(fuori scala)

A3.1

TAV.



## LEGENDA

Corso d'acqua superficiale



Canale artificiale



Invaso artificiale



Limite di bacino imbrifero



Area esondabile probabile



Area esondabile in eventi eccezionali



Presenza di falda acquifera a profondità minore di 5m.



Terreno permeabile



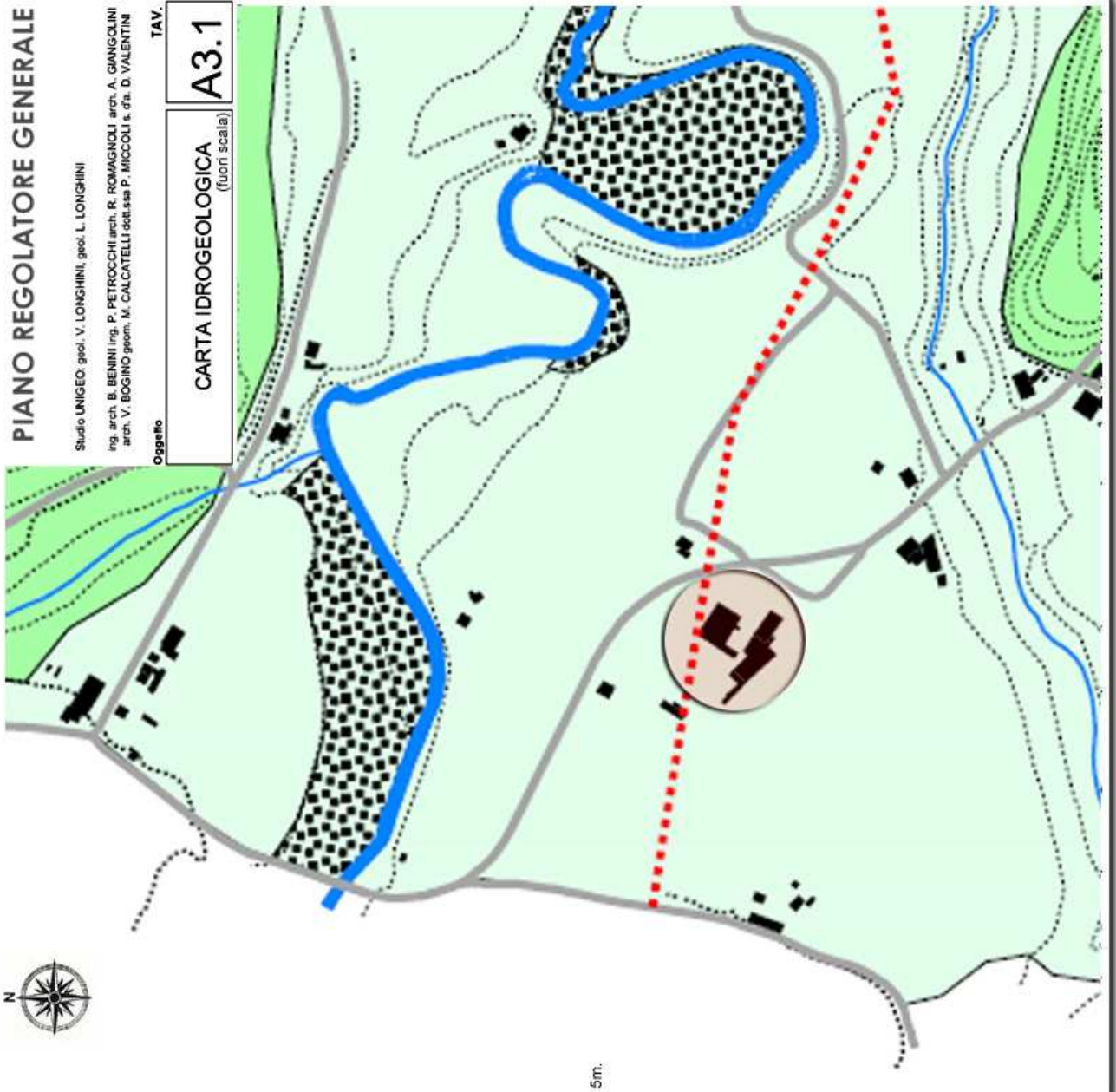
Terreno semipermeabile

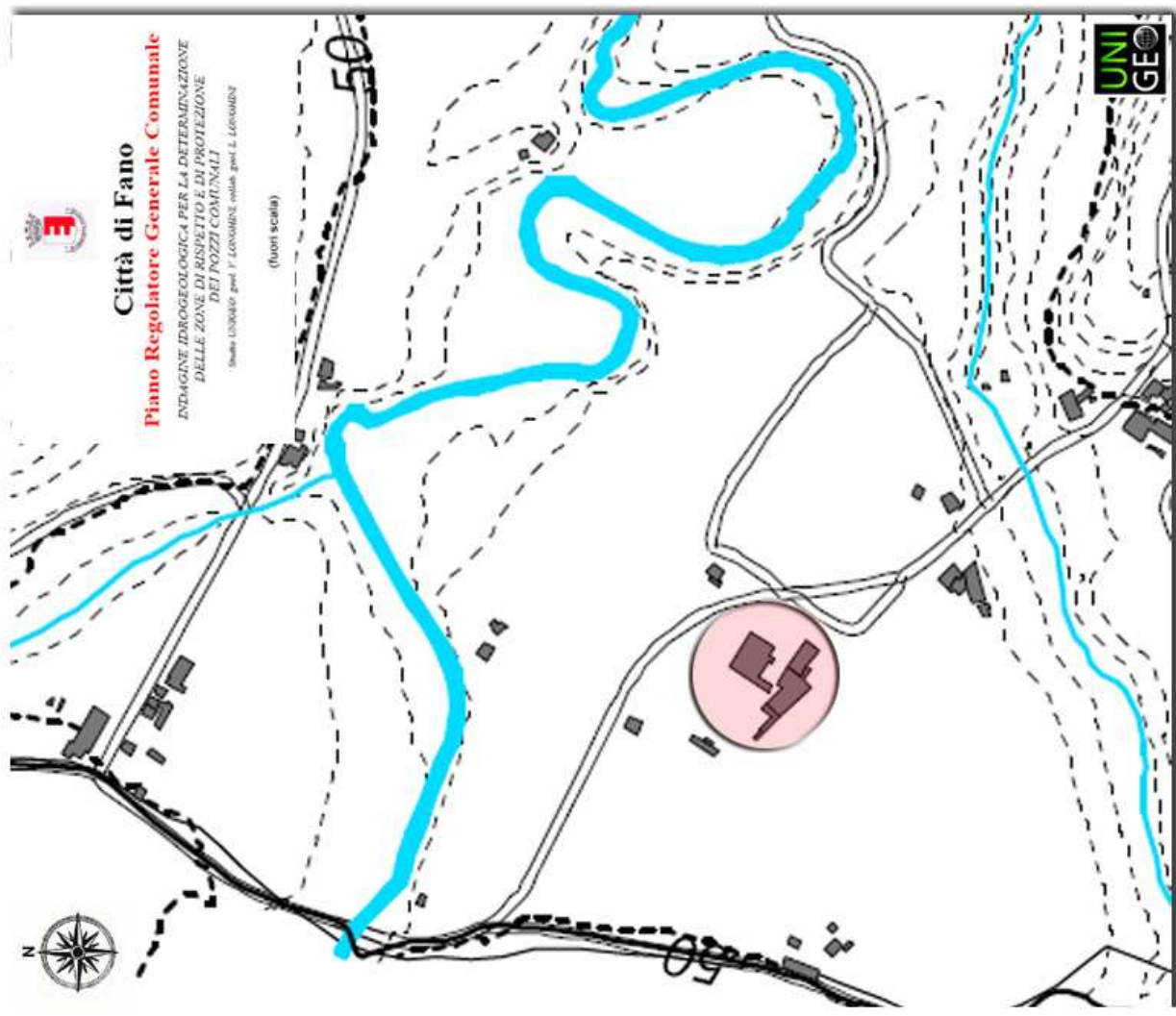
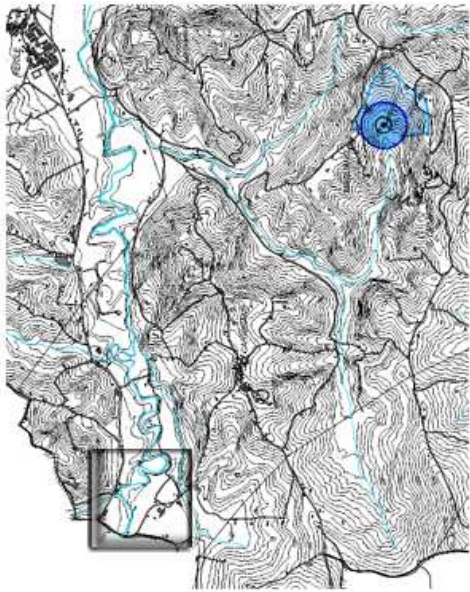


Terreno impermeabile









Pozzo o sorgente comunale





LEGENDA

-  Isofreatiche e loro quota s.l.m. (aprile 2000)
-  Isofreatiche e loro quota s.l.m. (luglio 2000)
-  Pozzo comunale
-  Punto di misurazione della falda s.l.m.
-  Zona di rispetto del pozzo comunale
-  Zona di protezione del pozzo comunale

