



COMUNE DI PISTOIA  
SERVIZIO GOVERNO DEL TERRITORIO E EDILIZIA PRIVATA  
U.O. PROGETTAZIONE DEL TERRITORIO

## VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO PER LA LOCALIZZAZIONE DEL NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO IN LOCALITA' BOTTEGONE

ai sensi dell'art. 17 della L.R. 65/2014

**RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**  
ai sensi del DPGR 25/10/11 n. 53R



FOTO AEREA CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI VARIANTE

Pistoia, 27 marzo 2017

Dott. Geol. Gaddo Mannori

Mannori & Associati Geologia Tecnica  
Largo San Biagio, 149 – 51100 Pistoia

## 1 – PREMESSA

Su incarico del Comune di Pistoia è stato eseguito uno studio geologico per definire le condizioni di fattibilità degli interventi previsti nella Variante al Regolamento Urbanistico per la localizzazione del nuovo depuratore biologico in località Bottegone; la variante riguarda un'area posta al confine con il Comune di Quarrata presso il nucleo di Case Dogaia.

Scopi dello studio sono:

- l'inquadramento delle classi di pericolosità dell'area e delle condizioni di fattibilità degli interventi previsti dalla variante ai sensi del DPGR 25/10/11 n. 53/R;
- la verifica della compatibilità del progetto con le vigenti normative dell'Autorità di Bacino del F. Arno.

## 2 – DESCRIZIONE DELLA VARIANTE

L'area di variante interessa un'*Area Agricola Specializzata di Pianura* nelle immediate adiacenze del depuratore esistente; in particolare si tratta di un'area attualmente occupata in parte da impianti di vasetteria ed in parte da seminativo.

Con il progetto di variante l'intera area viene trasformata in **Zona per Impianti Tecnologici**, mirata alla realizzazione di un nuovo impianto di depurazione con maggior capienza rispetto a quello in essere e sistemi tecnologici più moderni (Fig. 1).

Il potenziamento del depuratore, associato ad un'estensione della rete di adduzione, amplierà l'area servita da fognatura fino a comprendere zone che attualmente scaricano tramite fosse biologiche individuali direttamente nel reticolo superficiale.

L'ampliamento delle aree servite verrà attuato in due fasi: una prima nel breve periodo, in cui l'incremento delle acque depurate in uscita aumenterà di appena 3.5 l/s; in una seconda fase (cronologicamente ipotizzabile in un periodo di tempi di 5 anni) in cui si avrà un incremento di circa 50 l/s.

Il corpo idrico ricettore delle acque depurate è, e rimarrà, il Fosso Dogaia.

## 3 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

### 3.1 – Acclività

L'area di variante è perfettamente pianeggiante; una leggera pendenza in direzione sud è rilevabile solo dalle carte topografiche di dettaglio. Secondo le quote rilevate dalla CTR 10K, la pendenza media lungo l'area interessata dalla variante è inferiore all'1%.

### **3.2 – Geologia e geomorfologia**

L'area di variante ricade nella fascia settentrionale dell'ampia pianura di Pistoia Prato Firenze che rappresenta l'evoluzione del bacino fluvio-lacustre formatosi nel Pleistocene inferiore: più in particolare l'area è collocata nella zona occidentale della pianura alluvionale formata dall'Ombrone. Non si rilevano anomalie morfologiche naturali o artificiali che possano influire sulla utilizzazione del suolo.

Il sottosuolo è costituito, fin dalla superficie, da depositi appartenenti prevalentemente al campo dei limi e delle argille depositi in ambiente di bassa energia; si tratta di sedimenti fluviolacustri di bassa pianura, lontano cioè dagli sbocchi dei principali corsi d'acqua che si immettevano nell'antico bacino Villafranchiano. L'ambiente deposizionale consisteva in specchi d'acqua più o meno continui e poco profondi, soggetti ad emersioni anche stagionali; questo dato è confermato dalla presenza di alternanze di depositi argilloso limosi di colore grigio di ambiente riducente e di colore marrone rossastro tipicamente di ambiente subaereo.

Secondo la carta delle isobate del substrato allegata allo studio di Microzonazione Sismica eseguito recentemente dagli scriventi, lo spessore della copertura è di circa 110 metri; il substrato prelacustre è costituito dalle formazioni "Liguri" con prevalenza di rocce argillitiche riconducibili alla Formazione di Sillano (Fig. 2).

### **3.3 – Idrologia e idrogeologia**

In termini idraulici, secondo lo studio Pagliara allegato al RU, l'area non risulta compresa tra le zone soggette ad allagamenti per Tr30, mentre è allagabile per Tr200 principalmente a carico dell'Ombrone e solo in misura minoritaria del Fosso Dogaia. I battenti attesi, ricavati dalla Tav. Qc H Tav.1 allegata al RU (Fig. 3), variano da un minimo di 0-30 cm nella parte nord occidentale dell'area di variante ad un massimo di 0.5-1.0 metri nella restante porzione.

Da una serie di sopralluoghi eseguiti sul territorio in accordo con i tecnici degli Uffici Comunali, è risultato che per tempi di ritorno ben inferiori a 200 anni gli allagamenti all'interno dell'area di variante dipendono dalle esondazione di acque della rete scolante campestre; nella Fig. 4 è stata indicata la rete scolante con evidenziati in rosso i tratti in condizioni di maggior criticità. Risulta chiaro che le difficoltà di deflusso derivano dalla prolungata mancanza di manutenzione che in certi casi ha causato il colmamento della sezione di scorrimento creando allagamenti diffusi in coincidenza di piogge anche non particolarmente prolungate.

Le carte di pericolosità idraulica del PGRA classificano l'area di variante in parte in Classe P2 – Pericolosità media, e per la restante porzione in Classe P3 – Pericolosità elevata (Fig. 5).

In termini idrogeologici al di sotto dell'area di variante non è presente un vero e proprio acquifero; infatti i terreni del sottosuolo, dalla superficie fino al substrato

roccioso presente ad oltre 100 metri, sono costituiti da depositi fini nel campo delle argille e dei limi.

Sporadici livelli di ghiaia e sabbia sono stati segnalati a varie profondità, ma si tratta di lenti discontinue con spessori inferiori al metro e con potenzialità, in termini di risorsa idrica, piuttosto modeste. In questa porzione di pianura infatti i pozzi sono piuttosto profondi, dell'ordine dei 60-100 metri e raramente hanno portate superiori agli 80-100 l/m. L'origine dell'alimentazione di queste lenti non è di facile interpretazione; data la presenza fin dalla superficie di terreni fini, non si tratta di un'alimentazione diretta per infiltrazione; più probabilmente il modello è quello di una parziale connessione con il conoide dell'Ombrone, presente al di sotto della città.

Misure freatiche eseguite recentemente dai tecnici di Publiacqua in quest'area indicano soggiacenze del livello statico della falda a profondità di circa 2 metri.

In sintesi la risorsa idrica è di modesto interesse, almeno ai fini acquedottistici, e risulta comunque ben protetta da una copertura fine che ne riduce il rischio di contaminazione dalla superficie.

### **3.4 - Carta geologico tecnica**

Questa carta è stata ripresa dagli studi di Microzonazione Sismica recentemente eseguiti dall'Amministrazione Comunale. Per l'elaborazione di questa carta si è tenuto conto dei numerosi dati di sottosuolo disponibili e dell'analisi della morfologia di superficie (Fig. 6); in particolare, secondo le ICMS per la Microzonazione Sismica, in questa porzione di pianura è presente un solo litotipo costituito da **(ML) Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose e argillose, limi argillosi di bassa plasticità riferibili ad una sedimentazione palustre lontano dagli sbocchi in pianura dei principali immissari. A varie profondità sono segnalati livelli con spessori generalmente submetrici di ghiaia con percentuale variabile di matrice. Questi livelli, di modesta importanza anche in termini idrogeologici, sono discontinui e non presentano cementazione.**

Come detto al di sotto dei depositi alluvionali il substrato è costituito dalle argilliti del Complesso di Base (Formazione di Sillano) che è stato classificato come **ALS (Alternanza di litotipi con stratificazione).**

Nella Carta è riportata anche l'ubicazione dei punti di sottosuolo utilizzati per la definizione del modello geologico. Per ciascun dato è riportata la profondità massima o la profondità del substrato, qualora sia stato intercettato durante la perforazione.

## **4 – CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITA'**

### **4.1 – Pericolosità geomorfologica**

La definizione delle classi di pericolosità ha seguito i criteri imposti dal regolamento 53/R, utilizzando i precedenti rilievi geologici e litotecnici allegati al R.U. ed i nuovi studi eseguiti in occasione degli studi di Microzonazione Sismica.

Come si vede l'intera area di variante ricade in classe G1 (pericolosità geologica bassa) riferibile ad aree in cui le caratteristiche litologico giacitureali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

La zonazione di pericolosità geomorfologica è riportata in Fig. 7.

#### 4.2 – Pericolosità idraulica

Per quanto riguarda la zonazione di pericolosità idraulica si è tenuto conto dello studio idraulico da cui ha avuto origine il PGRA secondo cui l'area risulta compresa in parte tra le aree allagabili per Tr30 (la zona in P3 di Fig. 5) ed in parte in Tr30-200, (zona in P2).

In sintesi vale la seguente trasposizione

Zonazione di pericolosità PGRA	Zonazione di pericolosità ex regolamento 53/R
Classe P2 Pericolosità media	Classe I3 Pericolosità elevata
Classe P3 Pericolosità elevata	Classe I4 Pericolosità molto elevata

In base al 53/R l'area ricade quindi in parte in **Classe I3** ed in parte in **Classe I4** (Fig. 8). I battenti attesi, riportati in Fig. 3, variano da un minimo di 0-30 cm nella parte nord occidentale ad un massimo di 0.5-1.0 metri nella restante porzione.

#### 4.3 – Microzonazione e pericolosità sismica

##### 4.3.1 – Microzonazione Sismica

Come detto il Comune di Pistoia ha eseguito uno studio di Microzonazione Sismica che ancora non è entrato a far parte degli strumenti urbanistici; si tratta di uno studio completo per il quale è stato affinato il modello geologico e geotecnico del sottosuolo tarato sulla base di numerose indagini sismiche specificamente eseguite secondo criteri concordati con gli uffici regionali preposti alla Prevenzione del Rischio Sismico.

Oltre alla Carta Geologico Tecnica, di cui si è già trattato nei paragrafi precedenti, fanno parte della Microzonazione la Carta delle Frequenze e la Carta delle MOPS.

La Carta delle Frequenze riporta l'andamento delle frequenze naturali del terreno ricavato dall'esecuzione di misure di rumore H/V; i punti di indagine sono concentrati nelle aree con maggiore densità abitativa, e in questa porzione di pianura sono state eseguite due sole misure, comunque sufficienti a fornire un quadro esaustivo (Fig. 9).

Si osserva:

- I valori dei picchi di frequenza sono compatibili con la profondità del substrato ricavata dalla carte delle isobate; in altre parole nel sottosuolo è presente un unico passaggio litologico in grado di fornire un contrasto di impedenza apprezzabile, ed è costituito dal contatto copertura/substrato.

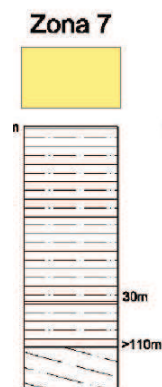




- Le misure presenti nei dintorni dell'area di variante presentano ampiezze dei picchi di frequenza  $2 < A < 3$ , a conferma di una certa attenuazione del contrasto di impedenza a causa dell'elevata profondità del substrato.
- L'area di variante ricade al di fuori dell'intervallo 1-10 Hz, considerato critico per la gran parte degli edifici per il fenomeno della doppia risonanza.

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di Fig. 10 (MOPS) riporta la classificazione del territorio interessato dall'area di variante.

La stesura di questa carta ha tenuto conto della situazione stratigrafica (profondità del substrato e composizione della copertura) e della Carta delle Frequenze, con particolare riferimento all'intervallo 1-10Hz.

Come si vede (Fig. 10) l'area di variante ricade all'interno delle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ed in particolare nella Zona 7 che comprende le aree di affioramento dei terreni prevalentemente argilloso-limosi (ML) con substrato molto profondo costituito da ALS.



-  **ML – Limi inorganici localmente argillosi da mediamente consistenti a molto consistenti**
-  **ALS – Substrato stratificato costituito da un'alternanza di argilliti, siltiti e marne; presenti in subordinate livelli di calcari silicei**

Data la situazione litologica, ed in particolare la presenza di depositi costituiti da argille e limi, viene esclusa la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione.

#### 4.3.2 – Carta della pericolosità sismica

La carta di Fig. 11 riporta la classificazione di pericolosità sismica ex 53/R, redatta sulla base della carta delle MOPS e di quella delle frequenze. Secondo la norma, e tenendo conto dell'interpretazione comune, le *Aree stabili suscettibili di*

*amplificazione locale* ricadono in pericolosità S2 se, pur presentando un contrasto di impedenza, sono caratterizzate da picchi di frequenza al di fuori dell'intervallo 1-10 Hz;

Sulla base di questi criteri l'area di variante è stata classificata in **Classe S2 (pericolosità sismica media)**.

## 5 –FATTIBILITA'

Come risulta dalle carte delle pericolosità discusse ai paragrafi precedenti, l'area di variante ricade in:

- Classe G1 = pericolosità geomorfologica bassa
- Classe I3/I4 = pericolosità idraulica elevata/molto elevata
- Classe S2 = pericolosità sismica locale media

Nella tabella che segue viene definita la classificazione di fattibilità in considerazione del grado delle pericolosità e della vulnerabilità degli interventi previsti, secondo quanto indicato dal 53/R.

### Classi di fattibilità

	<b>Fattibilità geomorfologica</b>	<b>Fattibilità idraulica</b>	<b>Fattibilità Sismica</b>
	<i>Pericolosità geomorfologica</i>	<i>Pericolosità idraulica</i>	<i>Pericolosità sismica</i>
	<b>G1</b>	<b>I3/I4</b>	<b>S2</b>
Zona per Impianti Tecnologici	F 1g	F 4i	F 1s

## 6 – PRESCRIZIONI PER LE AREE DI VARIANTE

### 6.1 – Condizioni generali

#### **CLASSE F 1g: Fattibilità geomorfologica senza particolari limitazioni**

Per gli interventi compresi in questa classe le indagini dovranno essere svolte nella fase di progetto esecutivo per ogni singolo intervento ed avranno come obiettivo la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo. Nel dimensionamento e nella scelta dei tipi di indagine si dovrà fare riferimento a quanto riportato nel D.M. 14.1.08 e nel Regolamento 36/R/2009.

#### **CLASSE F4i: Fattibilità idraulica limitata**

Tenendo conto anche delle indicazioni di cui all'art. 108 delle NTA del vigente RU, l'attuazione degli interventi oggetto di variante è vincolata alle seguenti prescrizioni:

- Tutte le opere legate alla messa in sicurezza idraulica devono essere contestuali all'attestazione delle trasformazioni previste e condizioneranno l'agibilità dei locali.
- Eventuali vani interrati che si rendessero necessari in qualità di locali tecnici all'interno dell'impianto di depurazione, dovranno essere protetti dagli eventi alluvionali mediante rialzamento delle aree contermini fino alla quota di sicurezza.
- Dovrà essere garantita la messa in sicurezza per  $Tr = 200$  anni senza che venga aumentato il pericolo nelle aree circostanti. Per la valutazione dei battenti idraulici attesi dovranno essere utilizzati i risultati dello studio idraulico Pagliara considerando lo scenario con  $Tr = 200$  anni (vedi Fig. 3 e Tav. Qc H Tav.1 allegata al RU approvato).
- La quota di messa in sicurezza dovrà tener conto, oltre alla valutazione dei battenti per  $Tr200$ , di un franco di sicurezza aggiuntivo che sarà pari a 30 cm per le aree con battente fino a 30 cm e di cm 50 per battenti superiori.
- Per quanto riguarda l'impermeabilizzazione del suolo, occorrerà garantire la trasparenza idraulica, intesa come non aggravio delle acque di ruscellamento nelle zone circostanti a seguito della riduzione delle aree a verde.
- La previsione di un nuovo depuratore è funzionale ad un'estensione della rete fognaria e quindi all'incremento delle unità abitative servite dalla pubblica fognatura. Questo comporterà un incremento rispetto all'attuale delle acque reflue raccolte dalle reti fognarie e restituite dopo il trattamento al Fosso Dogaia. Quando il nuovo depuratore sarà a pieno regime, si prevede un incremento degli scarichi di acque depurate di circa 50 l/s rispetto alla situazione attuale. Data la criticità idraulica dell'area oggetto di variante è necessario che le nuove infrastrutture garantiscano l'invarianza idraulica rispetto allo stato attuale. In altre parole il nuovo sistema *rete/impianto di depurazione* non dovrà alterare negativamente il regime idrologico idraulico dell'area di variante e di quelle contermini.

In sintesi il progetto definitivo delle opere in previsione dovrà prevedere una cassa di accumulo dimensionata per contenere:

- l'incremento di deflusso derivante dalle nuove superfici impermeabilizzate;
- i volumi idrici dovuti all'espansione in caso di allagamento;
- l'incremento dei reflui depurati nel Fosso Quadrelli in occasione di eventi piovosi critici per i quali vi sia rischio di esondazione da parte del Quadrelli stesso.

Da una verifica speditiva eseguita dai tecnici di Publicacqua, risulta che:

- la quota di scarico del reticolo idraulico superficiale in questa zona (base alveo del Fosso Dogaia) risulta a circa 3 metri rispetto al p.c.;



- la soggiacenza della falda risulta a circa 2 metri.

Considerando la superficie complessiva dell'area di variante e la possibilità di eseguire opere in scavo senza interferire con la falda freatica, l'esecuzione di una cassa di accumulo in grado di soddisfare le prescrizioni di natura idraulica risulta fattibile rimanendo all'interno dei limiti dell'area stessa.

Oltre a quanto sopra, occorrerà comunque migliorare il deflusso dei fossi campestri che determinano allagamenti dell'area di variante in occasione di piogge anche non prolungate. A questo proposito la risagomatura dei fossi campestri principali, il ripristino delle sezioni e delle pendenze per i fossi in condizioni maggiormente critiche indicati in Fig. 4, risulta indispensabile per ricostituire la situazione originaria del deflusso campestre.

#### **CLASSE F 1s: Fattibilità sismica senza particolari limitazioni**

Ricadono in questa classe le destinazioni urbanistiche in pericolosità media per le quali non sono necessarie condizioni di fattibilità specifiche per la valida formazione del titolo abilitativo alla attività edilizia. Il rispetto delle norme indicate nel DM 14/1/08 e nel Regolamento regionale 36/R/2009, garantiscono di fatto il rispetto di quanto richiesto dal 53/R al punto 3.5 lettera "e" per le zone stabili suscettibili di amplificazione locale caratterizzate da un elevato contrasto di impedenza sismica.

Pistoia 27 marzo 2017

Dott. Geol. Gaddo Mannori

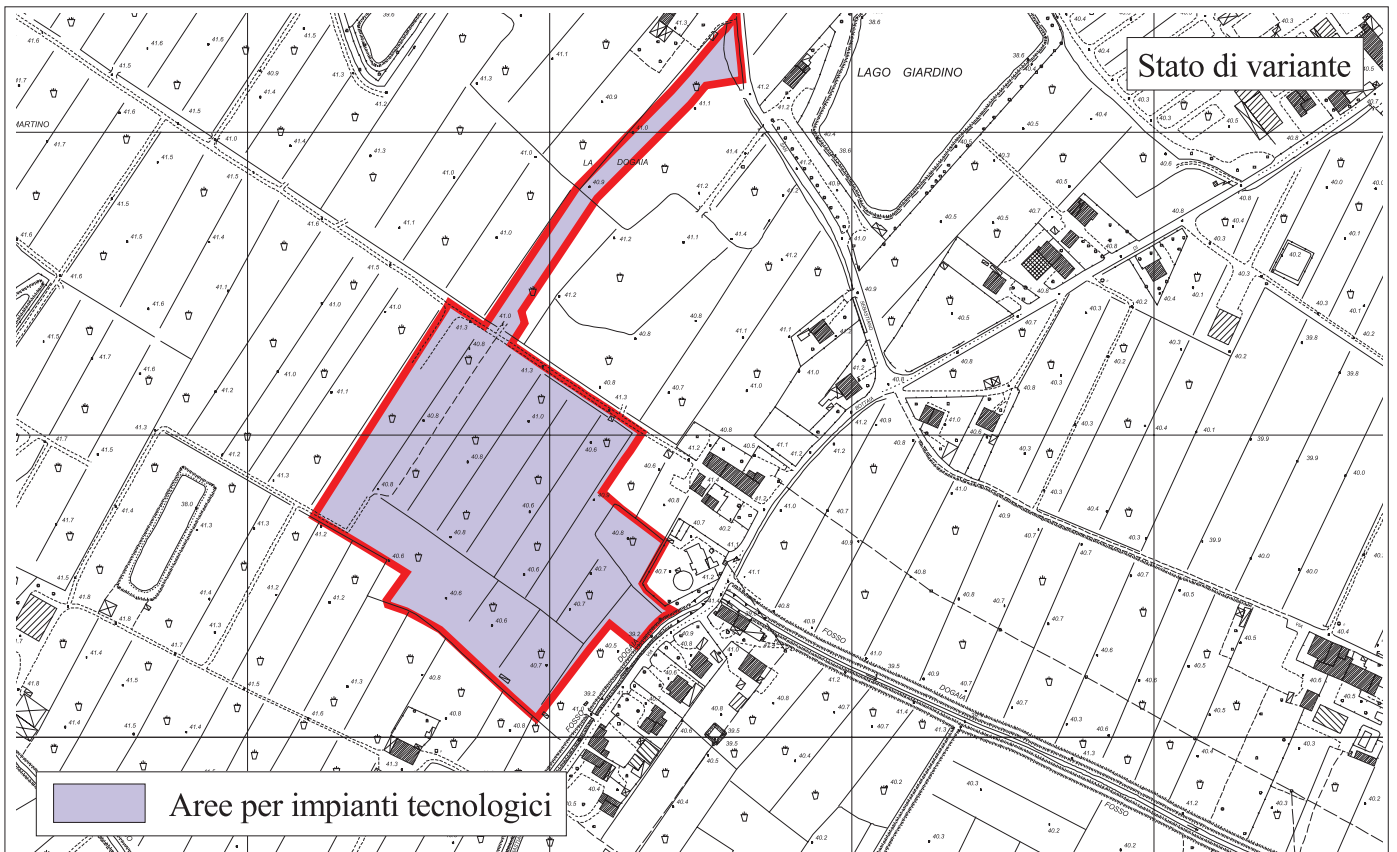
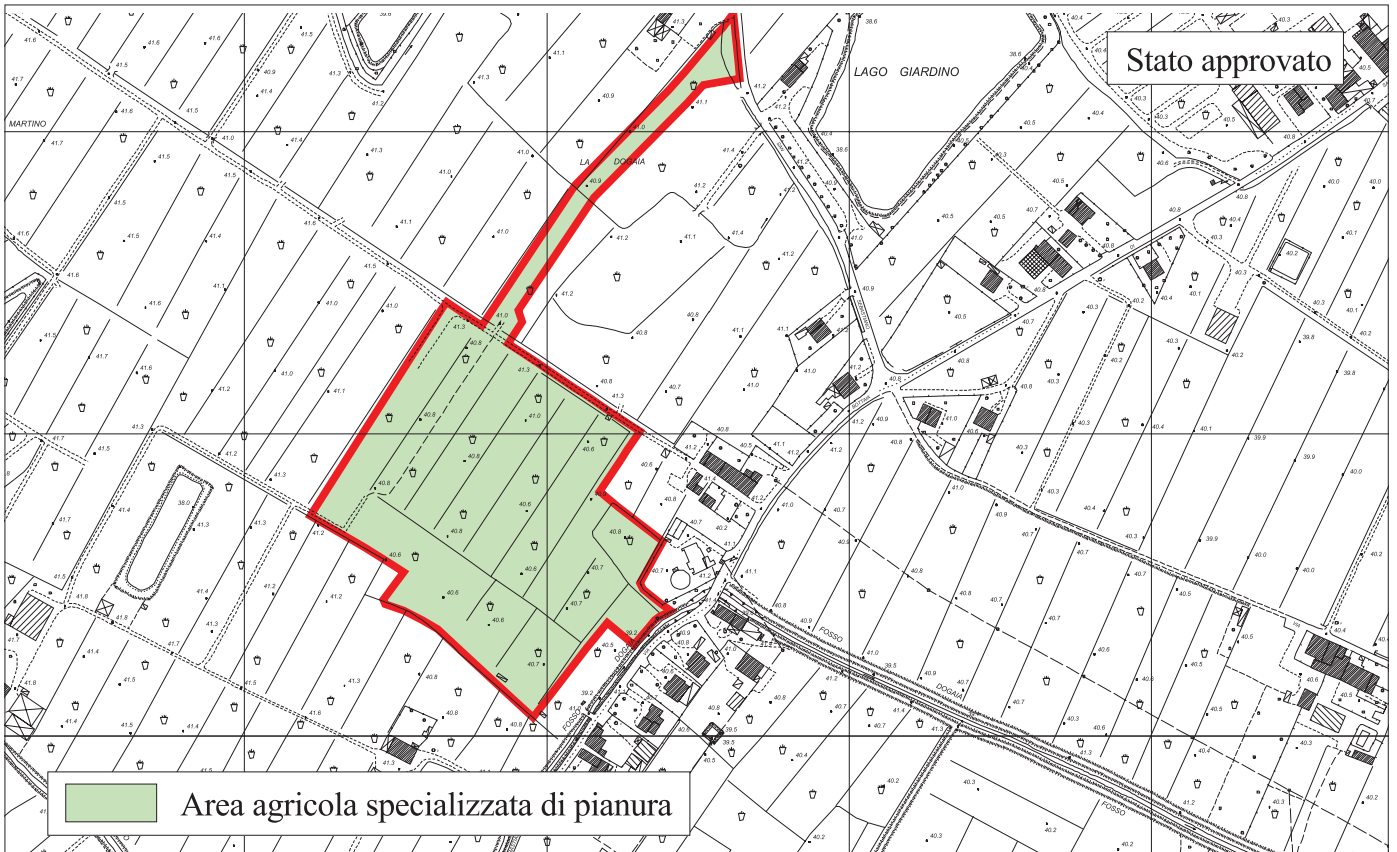


## Appendice

### Figure

- Fig. 1– Area di variante
- Fig. 2– Isobate del substrato
- Fig. 3 – Carta dei battenti idraulici per Tr200
- Fig. 4 – Carta del reticolo idrografico
- Fig. 5 – Carta di pericolosità del PGRA
- Fig. 6 – Carta Geologico Tecnica
- Fig. 7 – Carta della Pericolosità Geomorfologica
- Fig. 8 – Carta della Pericolosità Idraulica
- Fig. 9 – Carta delle Frequenze
- Fig. 10 – Carta delle MOPS
- Fig. 11 – Carta della Pericolosità Sismica

Fig. 1  
Area oggetto di variante  
Scala 1:5000





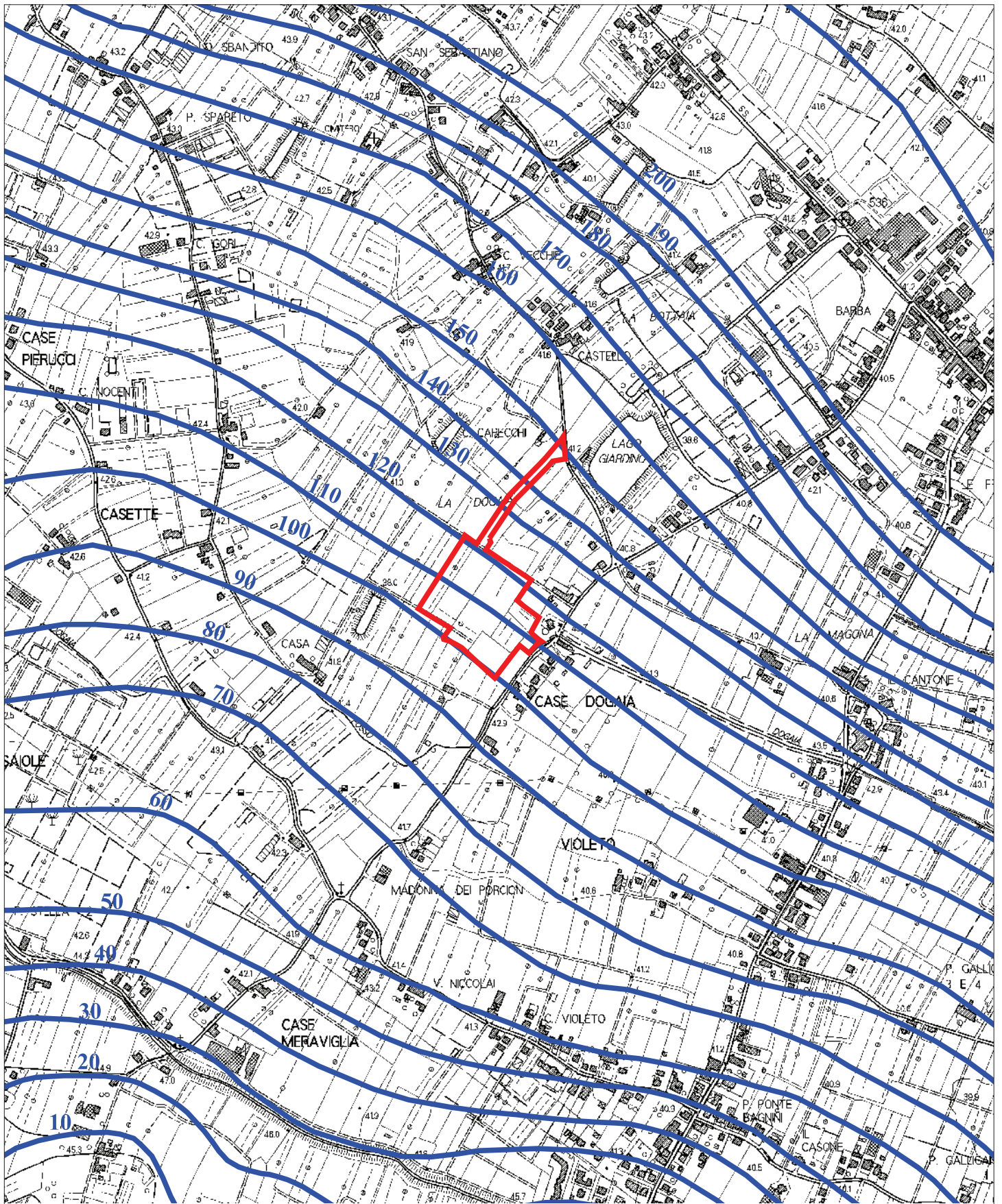


Fig. 2  
 Andamento delle isobate del substrato  
 Scala 1:10.000



Curve di ugual profondità del substrato dalla superficie

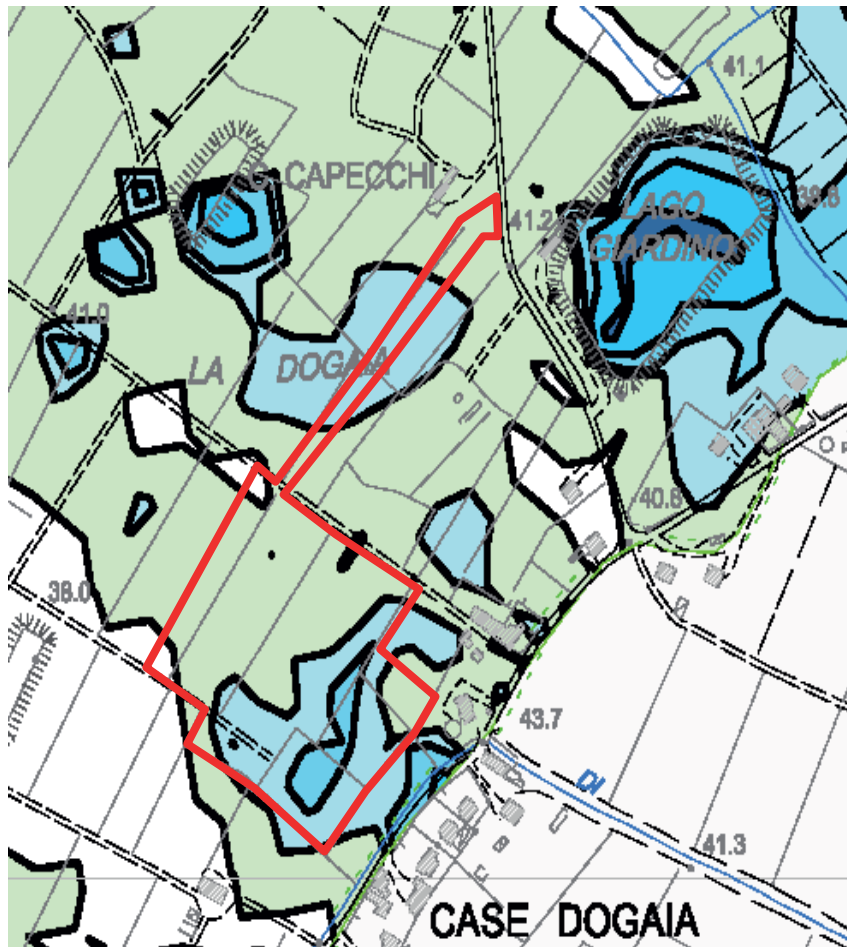


Fig. 3  
Carta dei battenti per  $Tr=200$  anni

(Estratto della carta di *Inviluppo delle acque di esondazione per tr. 200 anni* allegata al Regolamento Urbanistico del Comune di Pistoia)

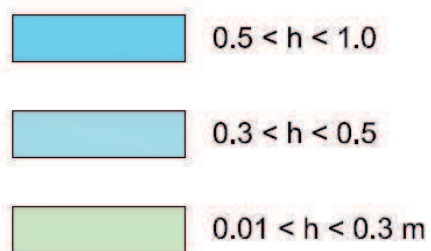
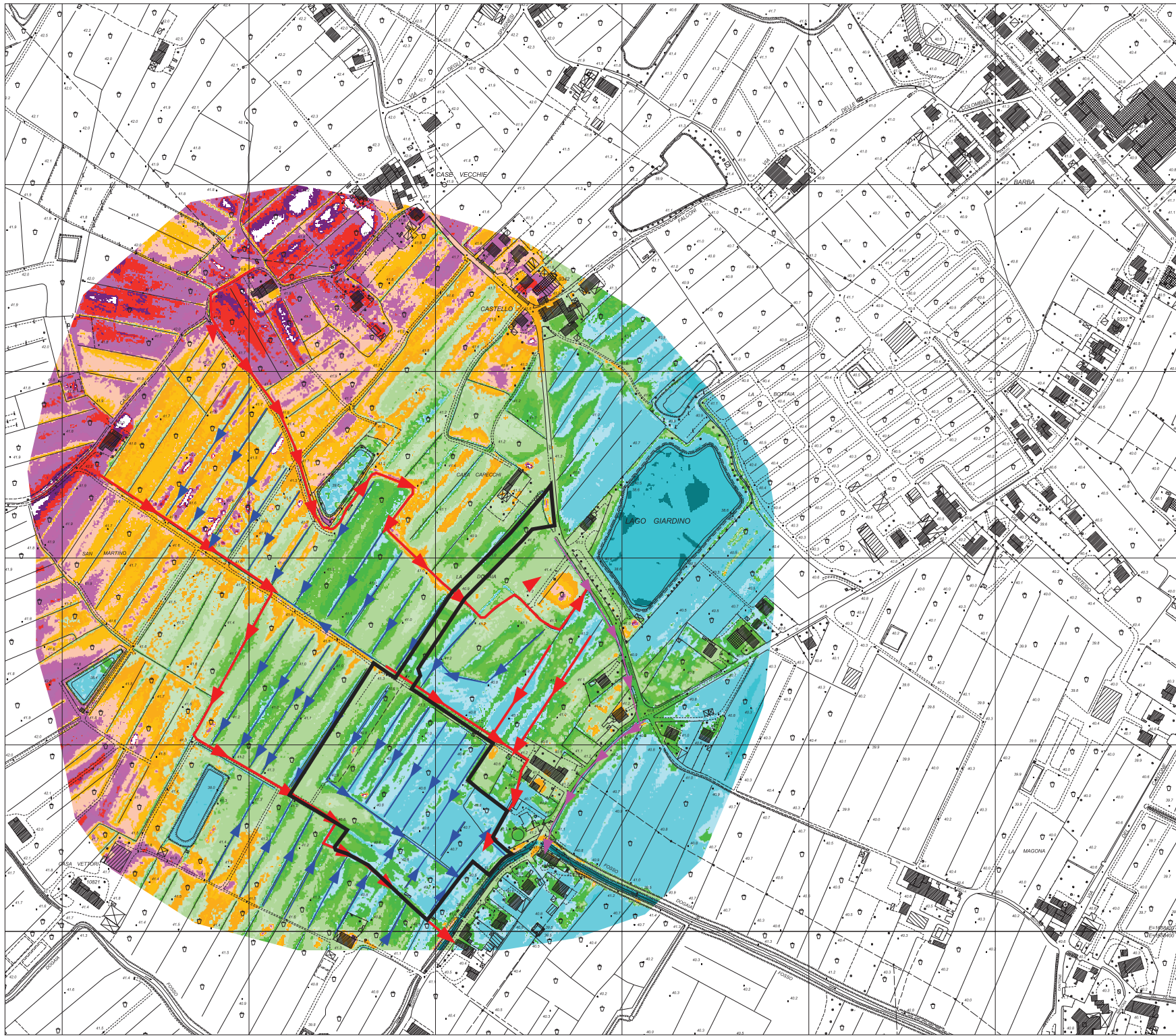
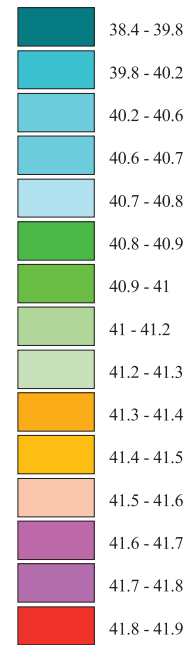








Fig. 4  
 Sistema di drenaggio della zona di variante  
 e delle aree contermini  
 scala 1:4000



Quote da Lidar (m slm)



Linee di deflusso

-  Reticolo campestre
-  Tratti di reticolo in condizioni critiche
-  Fosso stradale
-  Area di variante

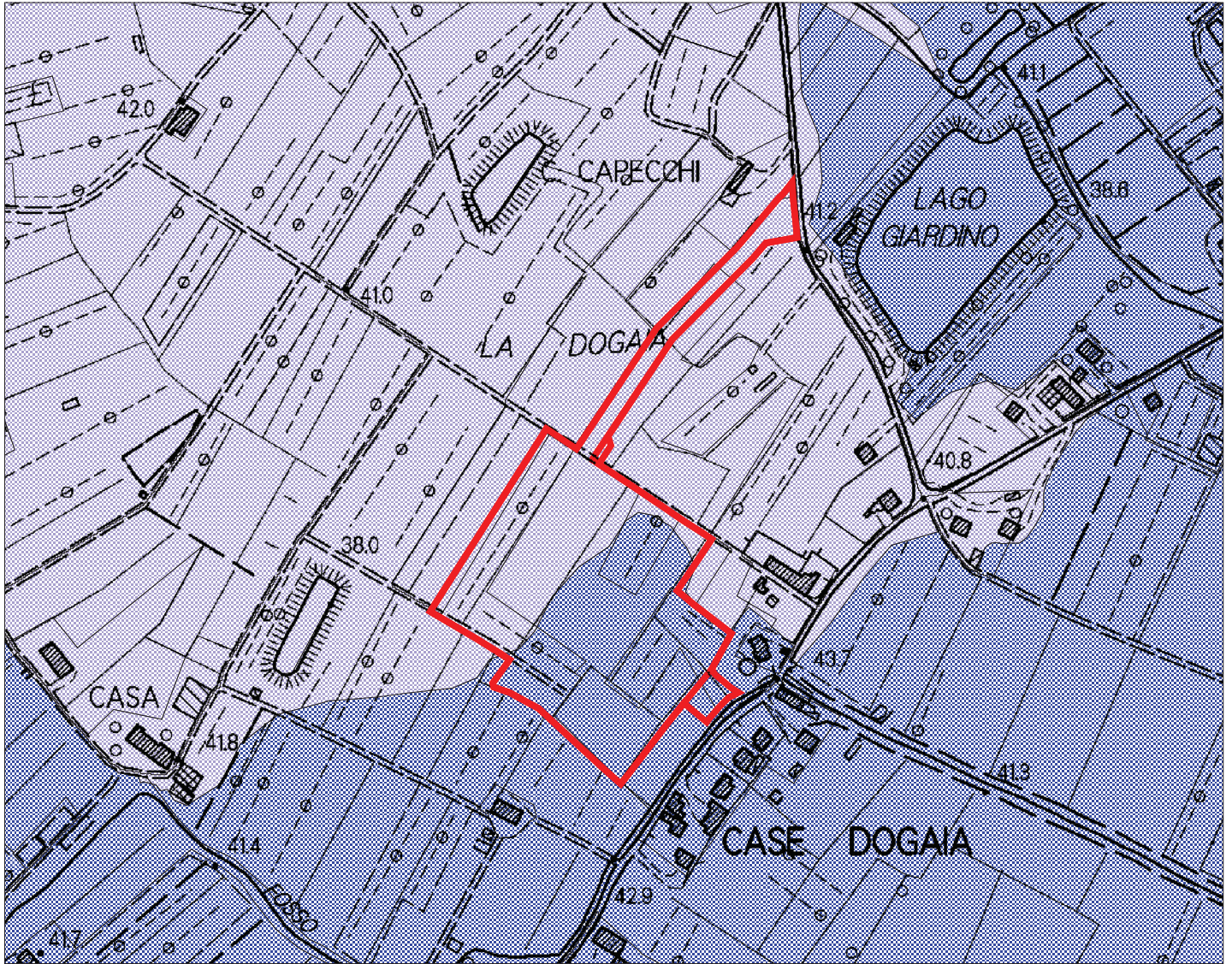





Fig. 5  
Carta di pericolosità idraulica del Piano di Gestione  
Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del F. Arno  
Scala 1:5.000

Legenda

-  P1 - Pericolosità bassa
-  P2 - Pericolosità media
-  P3 - Pericolosità elevata



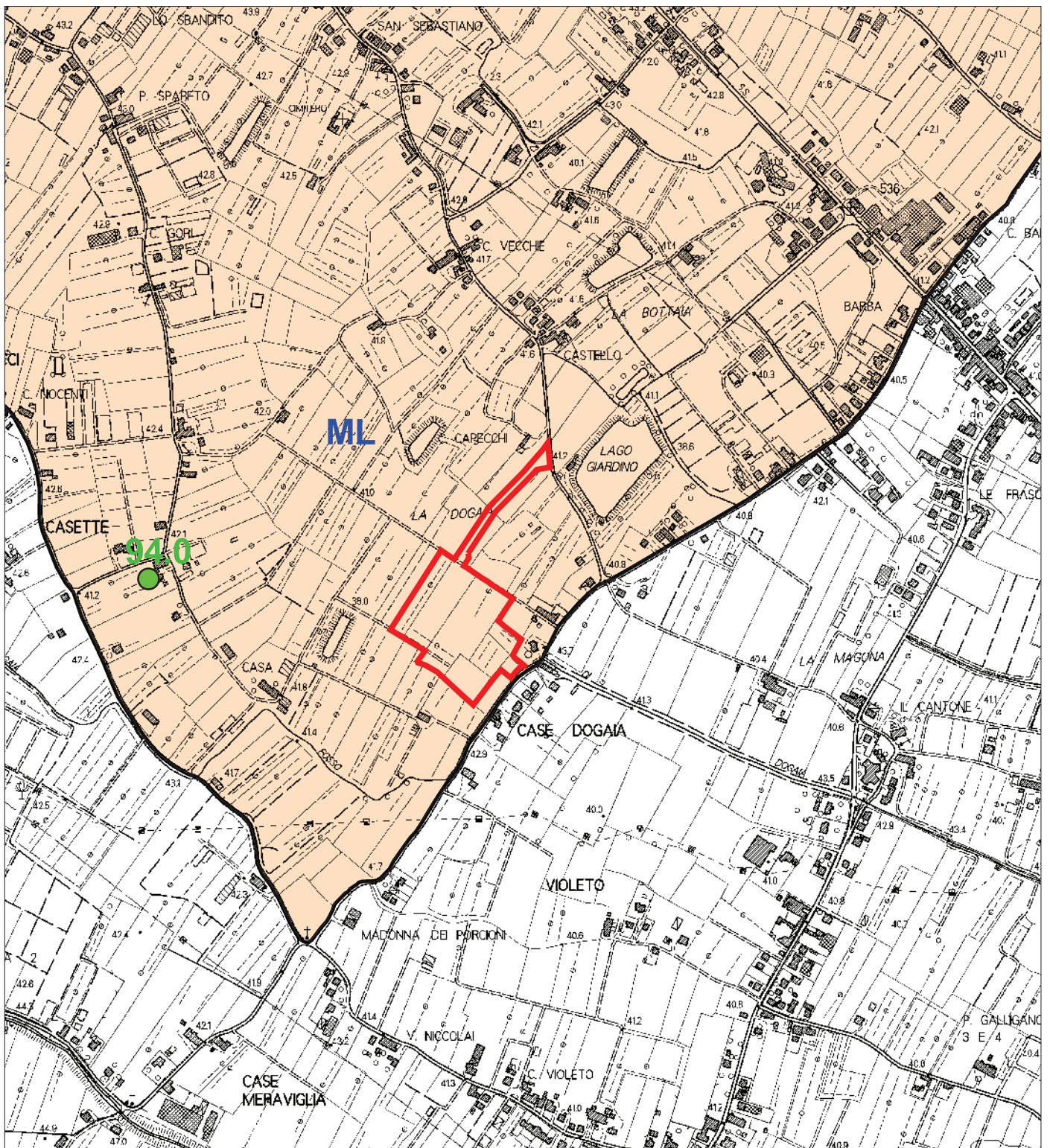


Fig. 6  
 Carta geologica  
 Scala 1:10.000

- ML - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- Sondaggio che ha raggiunto il substrato rigido (il valore indica la profondità del substrato)

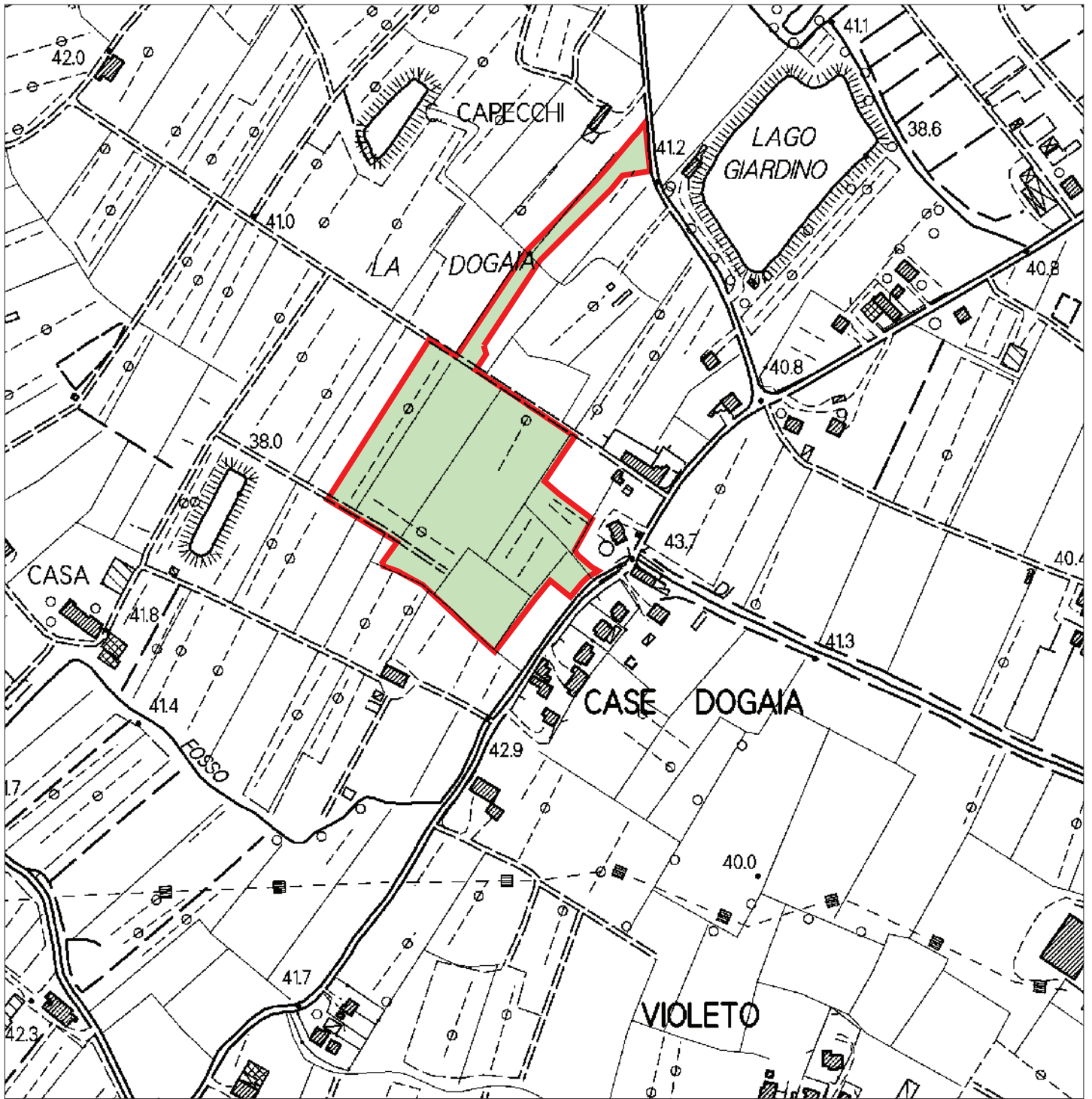


Fig. 7  
Carta di pericolosità geomorfologica  
Scala 1:5.000

 Classe G1 - Pericolosità geomorfologica bassa

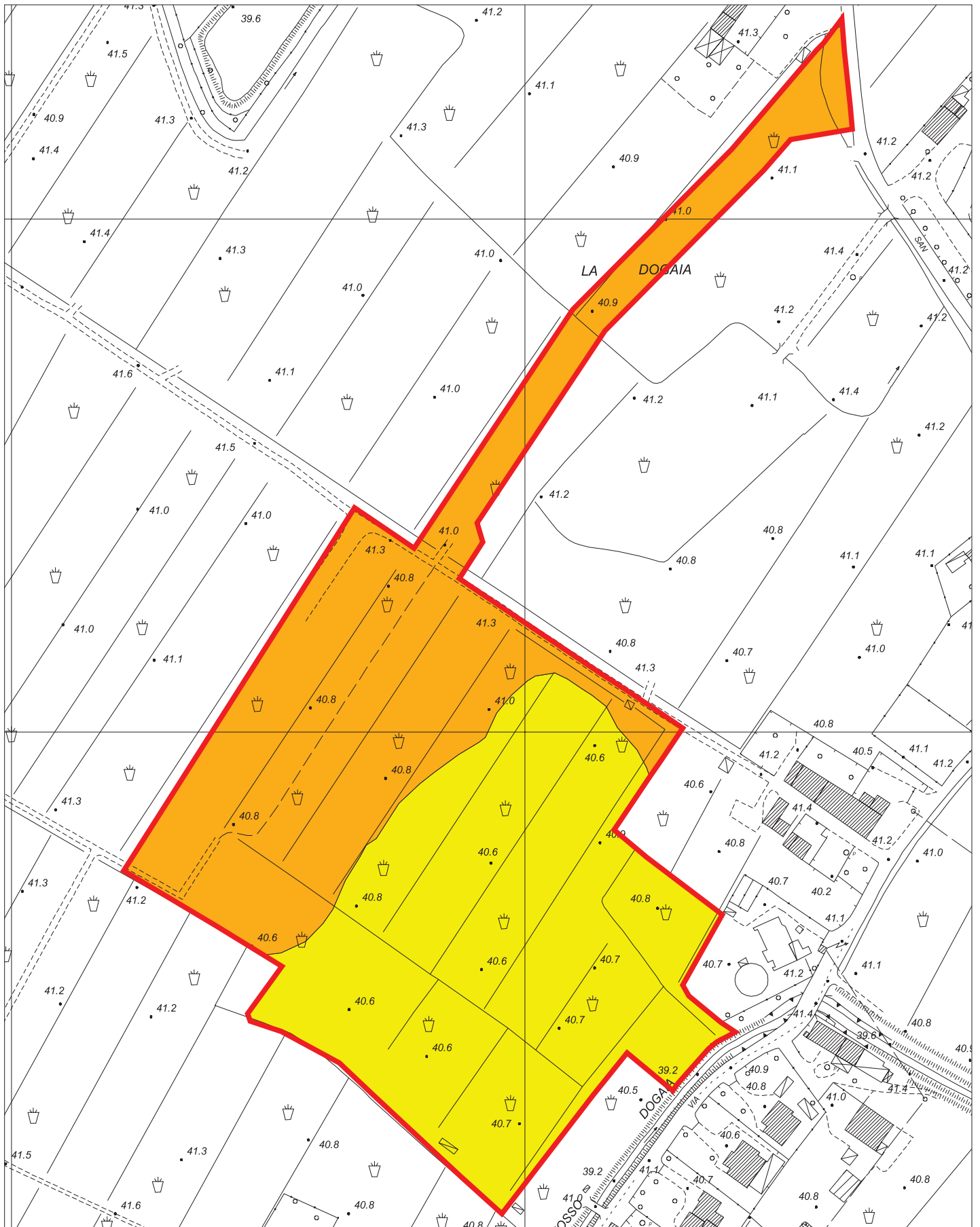


Fig. 8  
 Carta di pericolosità idraulica  
 Scala 1:2.000

- Classe I3 - Pericolosità elevata
- Classe I4 - Pericolosità molto elevata





Fig. 9  
 Carta delle frequenze naturali dei depositi  
 Scala 1:15.000



Misure HVSR con ampiezza compresa fra 2 e 3

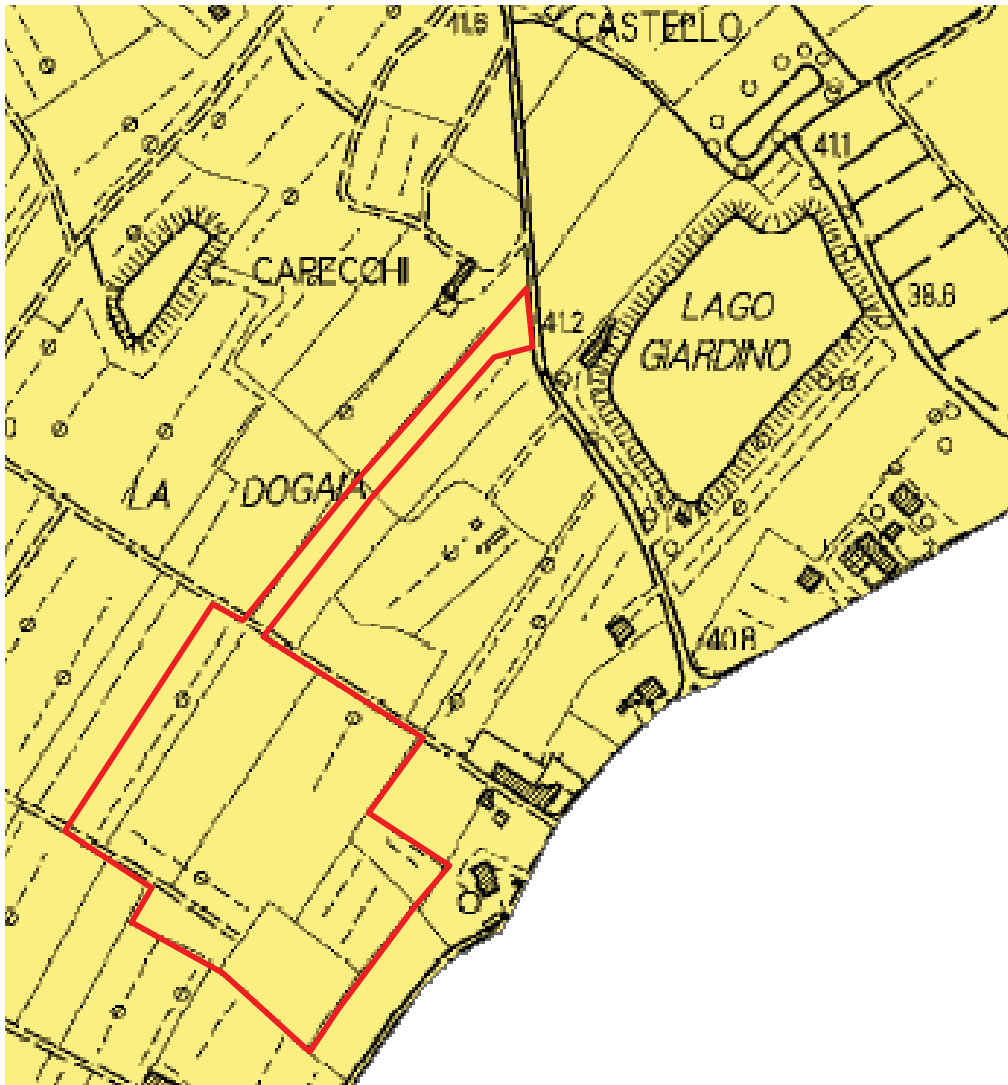


Misure HVSR con ampiezza > 3

**2.3**

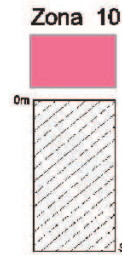
Valore della frequenza  $f_0$  di picco (in Hz)

Fig. 10  
 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica  
 Scala 1:5.000

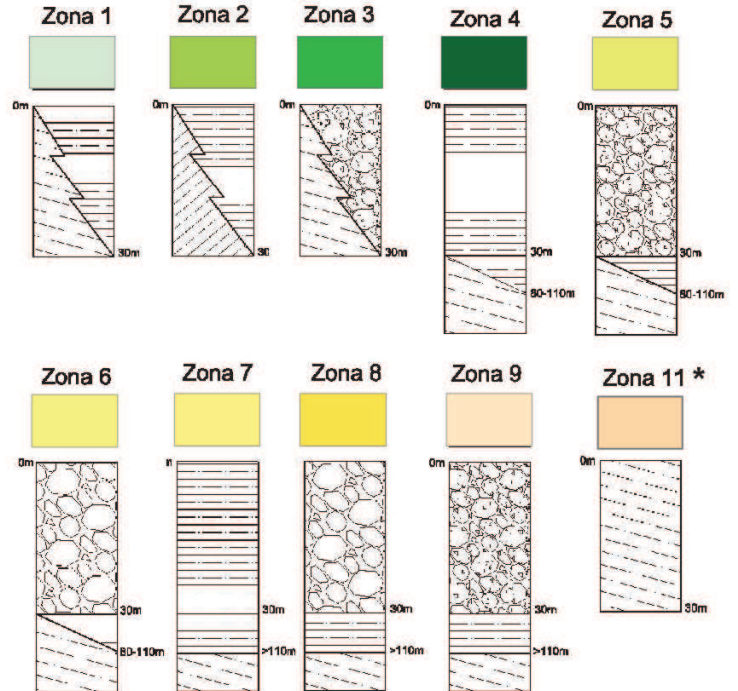


Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Effetti topografici

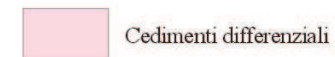


Effetti litostatigrafici



\* Questo litotipo, pur affiorante, è stato considerato suscettibile di amplificazione in quanto risulta sempre coperto da uno spessore di alterazione caratterizzato da Vs confrontabili con quelle di una coltre detritica

Zone suscettibili di instabilità



Litologia

- ML - Limi inorganici localmente argillosi da mediamente consistenti a molto consistenti
- GP - Ghiaie pulite addensate con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
- GM - Ghiaie da addensate a molto addensate con abbondante matrice limosa
- LPS - Substrato Lapideo stratificato
- ALS - Substrato stratificato costituito da un'alternanza di argilliti, silti e marne; presenti in subordinate livelli di calcari silicei



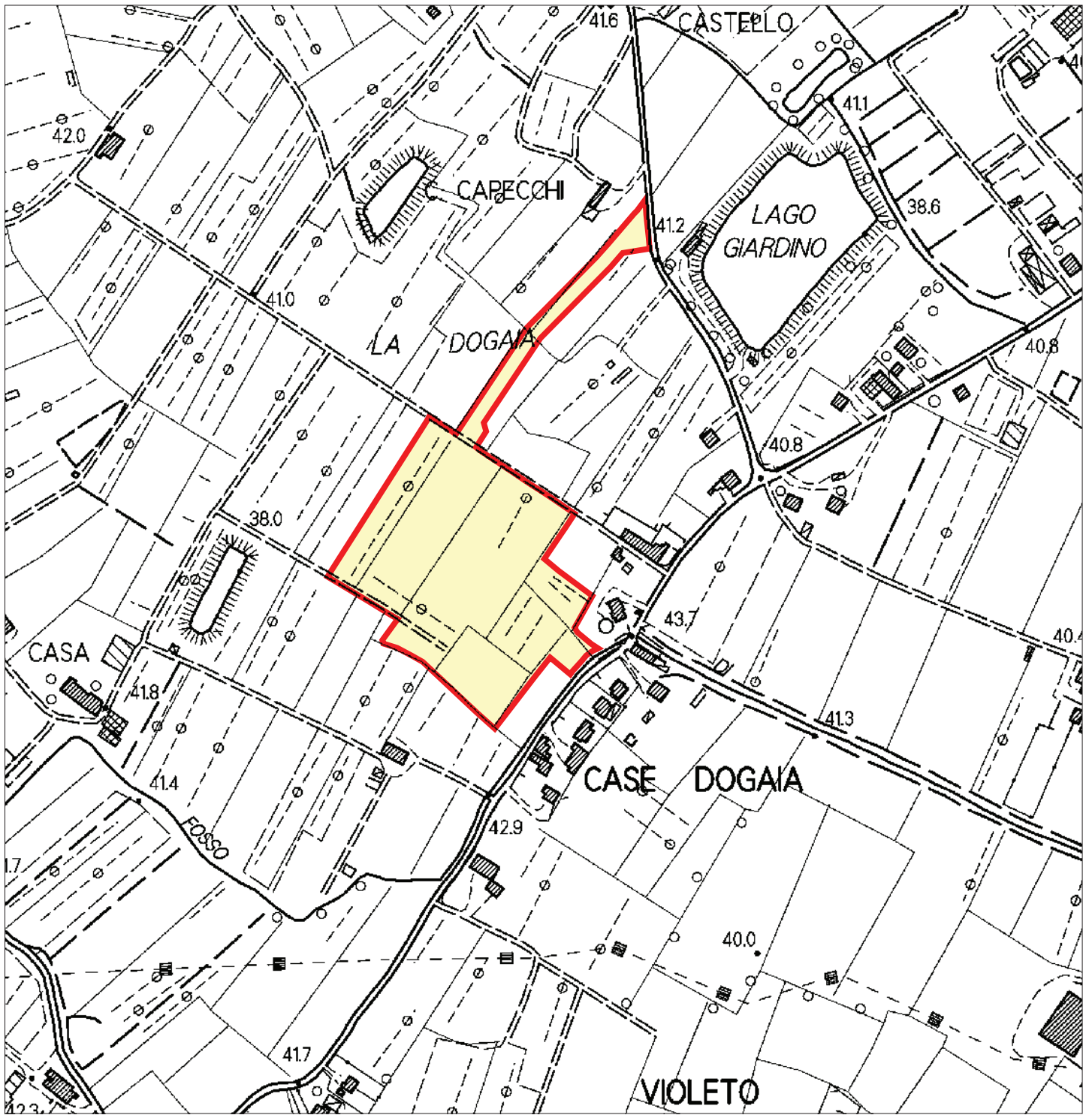


Fig. 11  
Carta di pericolosità sismica  
Scala 1:5.000

 Classe S2 - Pericolosità sismica media