



# Piano Strutturale Comune di Barga

Provincia di Lucca

# approvazione

Sindaco: Rag. Marco Bonini

Assessore all'Urbanistica: Av. Alberto Giovannetti

Garante della Comunicazione: Dott.ssa Clarice Poggi

*Ufficio di Piano: Area Assetto del Territorio*

Responsabile Area : Ing. Daisy Ricci

Responsabile del Procedimento: Arch. Michela Ceccarelli

Ing. Francesca Francesconi

Geom. Alessandra Orsi

Sig.ra Maria Renucci

Sig.ra Paola Tazzioli

*Indagini geologico tecniche:*

*Geol. Paolo Sani, Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati*

## G.1

**QUADRO CONOSCITIVO/PROPOSITIVO**

*La struttura del territorio*

G. Elaborati geologici di supporto alla formazione del Piano Strutturale

RELAZIONE ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOLOGICHE



## INDICE

PREMESSA.....	5
PARTE I - SINTESI DELLE CONOSCENZE .....	6
1. RACCOLTA DELLA DOCUMENTAZIONE .....	6
1.1. Dati esistenti a livello comunale .....	7
1.2. Il Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (PIT) .....	7
1.3. Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca.....	8
1.4. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del F. Serchio .....	9
1.5. Il progetto CARG della Regione Toscana.....	10
1.6. CISS (Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana).....	10
PARTE II – ANALISI E APPROFONDIMENTI .....	12
2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	12
2.1. Generalità .....	12
2.2. Geologia .....	14
2.2.1 Stratigrafia .....	14
2.2.2 Tettonica .....	21
2.3. Geomorfologia.....	23
3. CARTA DELL'ACCLIVITA' .....	26
4. CARTA LITOTOLOGICO-TECNICA.....	27
4.1. Prove penetrometriche statiche .....	28
4.2. Prove penetrometriche dinamiche .....	28
4.3. Prospezioni sismiche a rifrazione.....	28
4.4. Sondaggi geognostici .....	29
4.5. Rilievo geomeccanico .....	29
4.6. Le Unità Litotecniche.....	31
5. IDROGEOLOGIA .....	33
5.1. Gli acquiferi.....	33
5.2. Il grado di vulnerabilità .....	36
5.3. Pozzi e sorgenti .....	37
5.4. Le aree di salvaguardia di sorgenti e pozzi ad uso idropotabile .....	39
5.5. Aree con problematiche idrogeologiche .....	40

6. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA.....	41
6.1. La pericolosità geomorfologica secondo il Regolamento 26/R .....	41
6.2. Pericolosità da dinamica torrentizia .....	45
7. LA PERICOLOSITÀ SISMICA E LA CARTA DELLE ZMPSL.....	47
8. LA CARTA DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO .....	51
8.1. Generalità .....	51
8.2. Aree indagate.....	56
8.3. Le categorie di sottosuolo .....	57
9. PERICOLOSITA' IDRAULICA.....	62
9.1. Le verifiche idrauliche .....	62
9.2. La carta delle aree allagabili .....	63
9.3. La Carta della pericolosità idraulica secondo il Regolamento 26/R.....	63
9.4. La carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali.....	64
10. BIBLIOGRAFIA .....	66

## **ELENCO ELABORATI GEOLOGICI**

- G1 - Relazione illustrativa Indagini geologiche*
- G2 – Carta geologica*
- G2.1 – Sezioni geologiche*
- G3 – Carta dell’acclività*
- G4 – Carta geomorfologica*
- G5 - Carta litologica – tecnica*
- G6 –Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi*
- G7 – Carta della pericolosità geomorfologica*
- G8 – Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale*
- G9 - Carta delle categorie di sottosuolo*
- G10 – Carta delle aree allagabili*
- G11 – Carta della pericolosità idraulica*
- G12 – Carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali*

\*\*\*\*\*

## **ELENCO ALLEGATI**

- ALL. GEO 1 - PROVE GEOGNOSTICHE
- ALL. GEO 2 – RELAZIONE ILLUSTRATIVA PROSPEZIONI SISMICHE 2008
- ALL. GEO 3 – STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO DEI CORSI D’ACQUA MINORI
- ALL. GEO 4 – STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T.ANIA
- ALL. GEO 5 – STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T.LOPPORÀ

## PREMESSA

Per incarico dell'Amm.ne Comunale di Barga - Provincia di Lucca, sono state effettuate indagini geologico-tecniche di supporto alla redazione del nuovo Piano strutturale.

Il Piano strutturale vigente, approvato dal Comune di Barga ai sensi della L.R. n° 5/95 (Norme per il governo del territorio), risulta supportato da indagini geologico-tecniche redatte a norma della D.C.R.T. n° 94/85; lo stesso S.U. è stato adeguato successivamente al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca (PTCP), approvato con D.C.P. di Lucca n° 189/00, ma non al Piano di Bacino del F. Serchio, salvo che per alcune aree per le quali sono state approvate, nel corso degli anni, varianti o piani attuativi.

Il quadro conoscitivo a suo tempo svolto a corredo dello strumento urbanistico generale vigente è stato quindi rielaborato ed integrato sulla base delle disposizioni vigenti, nel rispetto delle direttive previste dall'ALL. A del Regolamento regionale 27 aprile 2007 n. 26/R (in seguito Regolamento 26/R) in attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio).

Ha collaborato alle presenti indagini il Dr. Francesco Caredio per la parte geologica e l'Ing. Elena Sani per la parte idraulica..

# PARTE I - SINTESI DELLE CONOSCENZE

## 1. RACCOLTA DELLA DOCUMENTAZIONE

Il territorio comunale di Barga si colloca sul versante appenninico dell'area della Garfagnana che da tempo è oggetto di approfonditi studi di tipo geologico, strutturale e idrogeologico; le prime cartografie che interessano almeno in parte il Comune di Barga risalgono infatti alla fine del 19° - inizio del 20° secolo ad opera di COCCHI, 1873, DE STEFANI, 1878, SACCO, 1895, ZACCAGNA, 1899 e ZACCAGNA, 1926. Si tratta essenzialmente di cartografie geologiche a piccola scala (da 1: 25.000 fino a 1: 250.000), generalmente con sezioni, che rappresentano i rapporti formazionali senza contenere informazioni strutturali o tettoniche che al tempo non erano ancora sviluppate. Successivamente si assiste ad una stasi della ricerca scientifica fino all'inizio degli anni 60, quando riprendono ad opera della "scuola di Pisa" con NARDI, 1961; TONGIORGI & NARDI, 1962; GIANNINI & NARDI, 1965; NARDI, 1965 con lavori che trattano invece più compiutamente l'aspetto strutturale, seguendo le nuove teorie che indicavano le varie serie impilate in falde da una tettonica compressiva a formare la catena appenninica, in seguito interessate da una fase distensiva che avrebbe portato all'individuazione della vallata del Serchio. Più recentemente, dagli anni 80 in poi inizia un rilevamento di dettaglio dell'area di tipo geologico-geomorfologico, finalizzato alla redazione di carte di stabilità dei versanti (NARDI & ALII, 1985-1989), che in seguito verrà ripreso ed ampliato dall'Autorità di Bacino del F. Serchio.

Un completo studio a carattere idrogeologico, ma che contiene anche considerazioni geologiche e strutturali, è quello redatto nel 1973 per conto dell'Amministrazione comunale da PETROGEO (*Valutazione idrogeologica del territorio del Comune di Barga (LU). Rapporto conclusivo*), nel quale oltre alla distribuzione e caratterizzazione degli acquiferi e al censimento dei punti d'acqua viene ricostruita la geologia del territorio con relative sezioni.

Per la redazione della carta geologica di base, sono state quindi raccolte informazioni da queste cartografie, per quanto atualizzabili, oltre a quelle presenti nel precedente Piano Strutturale e nelle relative varianti e nei piani di dettaglio.

La raccolta dei dati si è inoltre rivolta a quanto presente nei Piani sovraordinati (Regione Toscana, Provincia di Lucca, Autorità di Bacino del F. Serchio) e alla cartografia geologica del Progetto CARG.

## 1.1. Dati esistenti a livello comunale

Si ricordano in particolare quelli relativi alla formazione del Piano Strutturale vigente (LO JACONO F.: *Studio geologico-tecnico del territorio comunale di supporto alla redazione del regolamento urbanistico*. Barga, apr. 1991-giu. 1999.) e alle successive revisioni ed adeguamenti (DEL GRANDE E.: *Revisione della cartografia geologica redatta a supporto del Piano Strutturale e adeguamento della stessa alle U.T.O.E. di nuova acquisizione*. Barga, ott. 2001; DEL GRANDE E.: *Formazione del P.R.G. – Adeguamento del supporto geologico-tecnico al Piano Territoriale di Coordinamento*. Barga, 2003.).

Trattasi di studi impostati secondo la normativa della L.R. 94/84, che quindi contengono la caratterizzazione geologica del territorio per la definizione delle classi di pericolosità.

Sono poi stati consultati anche altri e più recenti studi di supporto a Varianti parziali e a Piani Attuativi, dai quali sono per lo più state estratte informazioni di dettaglio riguardanti le caratteristiche stratigrafiche e la caratterizzazione dei terreni. Un'altra fonte di dati di dettaglio è stata rinvenuta nelle relazioni realizzate a supporto della bonifica dei movimenti franosi seguiti agli eventi alluvionali del novembre 2000.

L'elenco completo degli studi consultati è comunque riportato in bibliografia: emerge un quadro conoscitivo sufficientemente completo ed esaustivo dal quale si è partiti per la nuova cartografia del Piano Strutturale, realizzata in ambiente *GIS*, che quindi potrà essere gestita dal Sistema Informativo dell'U.T.C. per una più semplice, e allo stesso tempo più completa, divulgazione all'utenza.

## 1.2. Il Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (PIT)

Nel quadro conoscitivo del PIT (validità 2005-2010) è presente come **allegato al testo n. 4**, l'elenco dei corsi d'acqua principali da considerare ai fini del corretto assetto idraulico. In particolare sono segnalati per il territorio comunale di Barga i seguenti corsi:

- Torrente Ania e Iserone (codice: LU2449)
- Torrente Corsonna (LU2559)
- Torrente Loppora (LU2674)
- Torrente Loppora di Tiglio (LU2675)

- Rio di Montebuono (affluente del T. Corsonna) (LU2224)
- Fosso di Rivilese (affluente del T. Corsonna) (LU2410)
- Fiume Serchio (LU747)
- Canale Zinepri o della Fredda (LU693) che però risulta localizzato nel Comune di Galliciano e, quindi, non preso in considerazione

### 1.3. Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca

Il territorio comunale risulta interessato dalla cartografia relativa alla "Integrità fisica del territorio".

In particolare sono presenti elementi nella **Tav. A.1** - Carta della fragilità geomorfologica, riguardanti le aree vulnerate da frane attive e da frane quiescenti. La maggior parte delle frane individuate dal P.T.C. sono state confermate anche nella cartografia realizzata a supporto del nuovo P.S.; per poche di esse, particolarmente nella zona nord, è stata definita invece una nuova interpretazione.

Sono presenti elementi riferibili al territorio comunale anche nella **Tav. A.2** - Carta della fragilità idraulica, limitatamente alle aree di pertinenza fluviale (art. 60) suddivise in

- alveo fluviale ordinario in modellamento attivo
- alveo di naturale esondazione

Risultano inoltre censite due modeste aree vulnerate da esondazioni (art. 23, 1.a), latitanti al F. Serchio in loc. Mologno, mentre non si rinvencono aree vulnerate da fenomeni di ristagno (art. 23, 1.b).

La **Tav. A.3** indica invece gli ambiti di salvaguardia dei corsi d'acqua ai sensi dell'art. 60. Sono segnalati i tratti di corsi d'acqua dotati di ambito "B" di cui alla D.C.R.T. n.230/94 e già ricompresi nell'elenco allegato al P.I.T. del 2000.

Sono indicati inoltre i tratti di corsi d'acqua dotati di fascia di naturale pertinenza, già elencati al par. 2.2 degli allegati alle Norme di Piano sui quali svolgere le delimitazione delle aree di pertinenza fluviale, in aggiunta a quelli presenti nell'elenco allegato al P.I.T. Tali corsi sono:

- T. Ania
- T. Corsonna
- T. Loppora
- R. Latrani



- F. Serchio

La **Tav. A.4** indica infine le aree ad elevata vulnerabilità intrinseca potenziale di cui all'art. 27 delle Norme di Piano. Sono inserite in elevata vulnerabilità per alta/elevata permeabilità primaria, le aree dei conoidi e delle alluvioni di fondovalle, mentre in elevata vulnerabilità per alta/elevata permeabilità secondaria le aree di affioramento dei complessi carbonatici.

#### **1.4. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del F. Serchio**

Il P.A.I. del F. Serchio definisce, all'interno del territorio comunale, problematiche di tipo geomorfologico e di tipo idraulico.

In particolare interessano il Comune di Barga la tav. 7 e la tav. 9 della "*Carta della Franosità del bacino del F. Serchio*", più un elemento (Coreglia) relativo all'area tra Tiglio e Seggio ed inserita nella tav. 11.

Più recentemente (dicembre 2007) è stato pubblicato l'ampliamento a tutto il bacino del Serchio della cartografia della pericolosità da frana che ha interessato anche il territorio di Barga; sono quindi attualmente disponibili anche i fogli 250030, 250070 e 250110 che coprono la parte montuosa del territorio comunale. Con Decreto del Segretario Generale n. 3019 del 29 settembre 2006 è stata inoltre ripermetrata un'area in frazione di Castelvecchio Pascoli, sulla base di studi geomorfologici di dettaglio.

Tali cartografie pur evidenziando in particolare la propensione al dissesto forniscono anche dati geologici e strutturali di base.

La "*Carta di riferimento delle normative di Piano nel settore del rischio idraulico*" individua invece sul territorio la vincolistica delle Norme di PAI dovuta alla pericolosità idraulica e la perimetrazione delle aree da destinare ai principali interventi idraulici.

Le tavole che interessano il comune di Barga sono la 7.13 (alta vallata del T. Corsonna e del T. Ania), 7.18 (F. Serchio e bassa vallata del T. Corsonna e del T. Loppora), 7.19 (T. Ania tra loc. Fraia e Filecchio), 7.23 (F. Serchio e confluenza T. Loppora e T. Ania), 7.24 (modesto tratto di valle del T. Ania).

Gli elementi individuati sono i seguenti, con il riferimento agli articoli delle Norme di Piano: aree destinate ai principali interventi idraulici (art. 20); alveo fluviale (art. 21); aree allagate e/o ad alta probabilità di inondazione (art.

22); aree a moderata probabilità di inondazione e aree di pertinenza fluviale (art. 23); aree di pertinenza fluviale, collocate oltre rilevati infrastrutturali (rilevati stradali, ferroviari, etc.), o morfologicamente più elevati (art. 23), quest'ultime come variate con Decreto del Segretario Generale n. 3432 del 24/10/2008.

### **1.5. Il progetto CARG della Regione Toscana**

Sono state visionate ed utilizzate le cartografie geologiche di base redatte all'interno del Progetto CARG dalla Regione Toscana; in particolare le sezioni 250030, 250070 e 250110.

Tali cartografie, realizzate dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pisa, completano la copertura del territorio comunale nell'area montuosa. La legenda utilizzata è conforme a quella richiesta dall'ALL. A del Regolamento regionale 26/R.

### **1.6. CISS (Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana)**

In attuazione del D.Lgs 152/99 e della DGRT 225/2003 la Regione Toscana, avvalendosi dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR, ha provveduto a perimetrare e caratterizzare sulla base della nuova Carta Geologica alla scala 1:10.000 i CISS.

Relativamente all'area in studio viene individuato il CISS denominato Acquifero dell'alta e media valle del Serchio (codice 12SE020), comprendente sia l'acquifero alluvionale olocenico del Serchio e degli affluenti maggiori nel tratto compreso tra il Corsonna a Nord e la loc. il Piaggione a Sud, sia gli affioramenti, a monte, dei più antichi depositi pleistocenici e villafranchiani. Tale perimetrazione – conseguenza della mancanza nel D.Lgs. 152/99 di veri e propri criteri per il riconoscimento della significatività di un acquifero - appare invero abbastanza discutibile, dato che accorpa un acquifero sicuramente significativo (quello alluvionale olocenico del Serchio), con altri sicuramente molto meno significativi, per caratteristiche fisiche, potenzialità ed utilizzo.

Di questo CISS viene di fatto però caratterizzato – con la ricostruzione delle isobate del letto dell'acquifero – solo l'acquifero olocenico, in quanto, come asserito nella scheda monografica descrittiva dell'acquifero in questione: *«I dati a disposizione non hanno consentito, nel settore di acquifero a monte, la ricostruzione della superficie di base dei conglomerati pleistocenici*

*(Conglomerati di Barga); complessivamente, la superficie di letto ricostruita è quella alla base delle alluvioni. »*

La caratterizzazione, esclusivamente di tipo geologico, risulta comunque, almeno per il territorio del Comune di Barga, alquanto approssimativa, considerato che i punti a stratigrafia nota (sondaggi e pozzi) utilizzati sono quasi tutti concentrati nel tratto finale del fondovalle dell'Ania e solo due ricadono nel tratto alluvionale del Serchio compreso tra il T.Ania ed il T. Corsonna.

Premesso quanto sopra la perimetrazione del CISS rimane a tutt'oggi un elemento conoscitivo privo di una disciplina normativa collegata interferente con la pianificazione urbanistica.

## **PARTE II – ANALISI E APPROFONDIMENTI**

### **2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA**

I caratteri geologici e geomorfologici del territorio comunale, definiti a supporto del Piano Strutturale vigente redatto nel 1999 sono stati considerati per lo più ancora attuali, salvo aggiornamenti tratti da studi comunali ed altri di iniziativa privata a supporto di varianti, piani attuativi, particolareggiati, etc.; alle conoscenze di cui sopra, come già detto, si aggiungono poi quelle contenute negli elaborati redatti da Regione Toscana, Autorità di Bacino del F. Serchio e Amministrazione Provinciale di Lucca. Sono state inoltre recepite le segnalazioni di dissesti presenti presso l'U.T.C. ed eseguiti approfondimenti d'indagine nelle aree urbanizzate mediante sopralluoghi diretti. Sono state infine effettuate le integrazioni previste dall'ALL. A del Regolamento 26/R.

#### **2.1. Generalità**

Il Comune di Barga è situato nella media valle del F. Serchio ed ha una superficie di circa 66,3 kmq. Il territorio comunale è in gran parte montuoso, con quote che raggiungono i 1.988 m s.l.m del M. Giovo; la zona a sud, più urbanizzata, si sviluppa invece su di ampi conoidi torrentizi che raggiungono quote massime intorno ai 400 m s.l.m. e lungo le alluvioni recenti del F. Serchio.

Nell'area montuosa si trovano solo i piccoli centri di Renaio, Bebbio, Tiglio e Sommocolonia: la metà più a nord del territorio è comunque pressoché disabitata e raggiungibile solo con piste forestali. Più a sud, oltre al capoluogo Barga si trovano i centri di Catagnana, Albiano, Castelvecchio Pascoli, Filecchio, Mologno, Fornaci di Barga e Ponte all'Ania.

L'idrografia è caratterizzata dalla presenza di due corsi d'acqua maggiori, il T. Corsonna e il T. Ania e due minori, il Fosso di Confine e il T. Loppora. I corsi d'acqua suddetti scorrono con un reticolo pressoché subparallelo in direzione nordest-sudovest e confluiscono nel F. Serchio il quale segna il confine comunale sul lato ovest-sudovest. Altri corsi d'acqua minori sono il Rio Fontanamaggio, che attraversa il centro di Barga per confluire direttamente nel F. Serchio, il Rio Lotrani, il Rio Sartoiani e il Rio Zanesi che fanno capo invece al T. Loppora.

Per la caratterizzazione del clima si possono utilizzare i dati della stazione ARSIA - Regione Toscana di Barga (q. 300 m s.l.m.; periodo 1993-1999) che seguono.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperature minime medie (°C)	1,3	-0,5	2,0	4,4	8,8	12,6	12,6	13,6	9,5	7,8	3,3	0,9
Temperature massime medie (°C)	10,5	12,1	15,1	17,4	23,8	26,6	29,3	29,9	24,4	19,1	12,8	10,4
Temperature medie medie (°C)	5,6	5,8	8,9	10,4	15,7	18,7	20,9	21,5	16,5	12,5	8,0	5,0
Escursione termica media (°C)	9,2	12,6	13,1	13,0	15,0	14,0	16,7	16,3	14,9	11,3	9,5	9,5
Pioggia media (mm)	135,2	58,6	67,6	178,6	82,2	42,2	21,4	31,8	171,4	136,5	195,5	156,4
Pioggia massima (mm)	58,0	42,5	41,5	47,0	26,0	43,5	22,5	34,5	91,5	73,5	116,0	74,5
Velocità media mensile del vento (m/s)	0,4	0,7	0,8	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
Velocità massima media del vento (m/s)	3,7	5,6	6,2	6,6	5,5	4,6	4,6	4,5	4,1	3,9	4,6	3,8
Radiazione solare media mensile (W/mq/h)	70	99	141	160	215	242	265	226	169	105	68	54
Radiazione media giornaliera massima (W/mq/h)	170	189	219	278	314	403	459	350	253	197	209	290

Il territorio di Barga rientra nella regione temperata perumida, caratterizzata da inverni freddi, estati calde e secche, anche se con qualche precipitazione, da primavere ed autunni piovosi. Secondo RAPETTI E VITTORINI, 1994, la temperatura media annua varia tra  $< 7^{\circ}\text{C}$  nelle zone di crinale fino ad oltre  $20^{\circ}\text{C}$  nelle aree di fondovalle. Secondo i dati ARSIA le temperature maggiori, alla stazione di rilevamento di Barga, si hanno nei mesi di luglio e agosto (oltre i  $29^{\circ}$ ), mentre le minime tra dicembre e febbraio (intorno a  $0^{\circ}$ ). Le piogge risultano distribuite lungo l'anno con minimi nei mesi estivi e a febbraio-marzo. La radiazione solare è massima a luglio e minima a dicembre, mentre la ventilazione è prevalentemente primaverile.

## 2.2. Geologia

### 2.2.1 Stratigrafia

Il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza delle formazioni più recenti della Successione Toscana, che costituiscono l'ossatura principale dei rilievi appenninici. Su di queste, nelle zone di fondovalle, si ritrovano, più o meno estesamente rappresentate, porzioni di sedimenti lacustri e fluviali, corrispondenti ai cicli del bacino di Barga-Ghivizzano (cfr. § 2.2.2), di età pliocenica e pleistocenica.

L'evoluzione di questo bacino è stata dettagliatamente ricostruita da D'AMATO AVANZI & PUCCINELLI (1988), secondo i quali il lago di Barga occupava una conca di forma allungata in direzione NW-SE tra M. Perpoli a nord e Calavorno a sud e dimensioni di circa 10 km per 5 km. All'interno di questo lago si gettava, già allora, la Turrîte di Gallicano con un bacino di alimentazione caratterizzato da formazioni appartenenti sia alla Successione Toscana non metamorfica che metamorfica. Il fronte opposto è caratterizzato invece dalla predominanza dell'arenaria Macigno.

Secondo gli Autori citati, dopo il parziale riempimento del lago con depositi fini (argille e sabbie), si verifica l'innalzamento del massiccio apuano, dal quale giunge un forte apporto di ghiaie e conglomerati calcarei. Successivamente una fase di innalzamento del crinale appenninico produce un deposito a prevalenti ciottoli di Macigno, che forma una ampia conoide appoggiata stavolta sui rilievi orientali, successivamente incisa e terrazzata. Questa ultima fase di innalzamento presenterebbe evidenze di attività anche recente, con dislocazioni anche all'interno dei depositi pleistocenici.

LANDI & Al. (2003) evidenziano invece, in diverse posizioni stratigrafiche, le interazioni tra due sistemi di corsi d'acqua che, durante il Villafranchiano, scorrevano longitudinalmente e trasversalmente (alimentati sia dal margine apuano che da quello appenninico). In questa ricostruzione, la soglia di M. Perpoli di PUCCINELLI (1987) invece che limite tra il lago di Barga con quello di Castelnuovo, assume il ruolo di *by-pass* sedimentario fin dall'impostazione dei due bacini.

Come meglio rappresentato nella Carta Geologica (elaborato G2) e nelle relative Sezioni geologiche (elaborato G2.1), nel territorio comunale di Barga affiorano le seguenti formazioni (le sigle formazionali utilizzate sono quelle previste dal Regolamento 26/R, che rimanda alla legenda della cartografia

regionale, alle quali sono affiancate, in corsivo, le sigle formazionali utilizzate dall'Autorità di Bacino del F. Serchio):

## SUCCESSIONE TOSCANA NON METAMORFICA

**Maiolica (MAI-*mac*)** - Si presentano come calcari a grana fine bianchi e grigi e calcareniti grige, gradate, a liste e noduli di selce, talora con aspetto brecciato. In prossimità del contatto con la formazione superiore possono essere presenti livelli di argilliti o un membro calcarenitico-ruditico. Questa formazione affiora nelle vallate del Rio Loppora e del T. Ania, all'altezza di Tiglio Basso. Lo spessore è compreso genericamente tra 50 ed oltre 300 m; in affioramento in parete raggiunge i 230 m. Età: Titanico sup. - Neocomiano.



**Fig.1: Calcare "maiolica" nella valle del T. Ania**

**Scaglia toscana (STO-*sc*)** - Formazione costituita da più litofacies non distinguibili cartograficamente, comprendenti una litofacies pelitica di colore variabile dal rosso vinaccia al verde grigiastro (prevalente), una calcareo pelitica, una calcareo-silicea; è stato distinto invece, quando predominante, un membro calcarenitico-ruditico (**Calcareniti di Montegrossi - STO3; Calcareniti a Nummuliti - Nu**). L'affioramento è ristretto ad una fascia orientata NO-SE che va

dal Ciocco fino a Tiglio Basso, e che si insinua brevemente anche nelle vallate principali. Un affioramento isolato, messo a giorno da una faglia, è rilevato nella valle del T. Ania in loc. Fraia. Età: Cretaceo inf. p.p. - Oligocene.



**Figura 2: scaglia rossa a sud di Tiglio basso**

**Macigno (MAC-mg)** - Si presenta come un'arenaria quarzoso feldspatica, micacea, torbiditica con strati gradati, caratterizzati da una granulometria più grossolana alla base e più fine al tetto per la presenza di livelli argillitici, siltitici, siltitico-marnosi; sono presenti alla base degli strati controimpronte dovute sia a corrente sia a carico. Il colore dell'arenaria è grigio-chiaro su superfici fresche, giallo-rossiccio su quelle alterate. Affiora estesamente e con continuità sulla porzione montuosa del territorio comunale fino al crinale. Al tetto della formazione si rinvencono localmente lenti e strati di litofacies argillitico-calcaree, pelitico-arenacee, calcareo-marnose, calcaree e clastiche del Cretaceo inf.-medio (**Olistostroma di M. Modino OMM-ol**) e di marne e marne calcaree grigio verdi o verdi a frattura scagliosa con livelli di areniti manganeseferi (**Marne di Marmoreto - MMA; Marne di Pontecchio - fP**). Età: Oligocene sup.- Miocene inf.





**Fig. 3 . arenaria Macigno presso Mulino Lucignani**

#### DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI AUCCT. DEL BACINO DI BARGA

**Argille, sabbie e conglomerati di Fornaci di Barga (AFB-arg)** - Si tratta in genere di argille, argille sabbiose bluastre e sabbie da grigie ad ocracee (depositi fini di tracimazione fluviale) con sottili livelli lenticolari di conglomerati minuti poligenici dispersi in matrice sabbiosa e orizzonti pedogenizzati e a luoghi lignitifere. All'interno dei livelli argillosi e limo-argillosi si rinvengono resti di gasteropodi, bivalvi e ostracodi. Tracce di lignite, per lo più rappresentate da lenti isolate, si trovano nell'argilla a vari livelli lungo il T. Corsonna, in Val di Lago, al Pradaccio sotto a Seggio ed alla Fontana del Valico lungo l'Ania. L'unica zona - oggetto nel passato di lavori di esplorazione - dove la lignite costituisce banchi continui di un certo spessore alla base della formazione è quella in loc. Le Fornaci alla foce della Loppora. Sia lateralmente che superiormente le argille passano a termini clastici, prevalentemente conglomerati calcarei, talvolta ad elementi di arenaria. Affiorano essenzialmente lungo la porzione inferiore del conoide di Barga, lungo le incisioni torrentizie, con uno spessore massimo valutato da Calistri (1974) in circa 30 m. Età: Pliocene medio (?) sup. - Villafranchiano



**Fig4: Sabbie argillose in loc. Fornaci di Barga**

**Conglomerati di Barga (PLB-cg).** Trattasi di depositi alluvionali conoidali ad alimentazione prevalentemente apuana, costituiti da una alternanza, irregolare per spessore e continuità laterale, di conglomerati con ciottoli embricati e conglomerati ricchi di matrice con sporadiche intercalazioni siltoso-sabbiose, a cui talvolta si associano paleosuoli e rari livelli di accumulo organico (PERILLI N. & Al, 2004). Il deposito è poco classato ed i ciottoli, provenienti da formazioni appartenenti alla Successione Toscana Metamorfica e non, sono spesso prevalentemente calcarei. Le dimensioni dei ciottoli sono variabili da 1,5÷2,0 cm a 15÷20 cm. Il deposito presenta normalmente un buon grado di cementazione o, in assenza di questa, un buon grado di addensamento. Le caratteristiche deposizionali indicano un sistema fluviale a “prevalente trasporto al fondo” (LANDI & Al., 2003). Lo spessore massimo della formazione è stimato, secondo vari Autori, in circa 120 - 170 metri. La quota raggiunta dal deposito nei pressi del Duomo di Barga (410 m s.l.m.) è da attribuirsi a sollevamenti tettonici post deposizionali. Età: Villafranchiano.



**Fig. 5: Ghiaie e conglomerati in loc. Loppia di Sopra**

**Depositi alluvionali terrazzati antichi (bn2-at, ct/mg).** Depositi prevalentemente conoidali costituiti da ciottoli provenienti quasi esclusivamente dalla formazione del “Macigno” – ovvero di derivazione appenninica - immersi in una matrice sabbiosa di colore variabile dal giallo ocra al ruggine. Tali depositi formano le estese spianate di Castelvecchio, S.Pietro in campo, Pian Grande, Pian di Gragno e di Filecchio. “Brandelli” residuali di questa formazione si ritrovano comunque anche a quote più elevate, come nei pressi di Sommocolonia e Tiglio Alto. All’interno della formazione, recentemente (LANDI & Al., 2003), è stata operata una distinzione tra una unità litostratigrafiche composte esclusivamente (U3) o prevalentemente (U4) da clasti di “Macigno” e localizzabili rispettivamente in prossimità dei rilievi appenninici e presso le scarpate lungo la piana del Serchio. Le dimensioni dei ciottoli sono molto variabili (da alcuni cm a qualche dm, fin oltre il metro), ma in genere grossolani, con forma da ellissoidale ad appiattita, da sub-arrotondati ad arrotondati. Nel complesso il grado di addensamento è scarso, suggerendo un meccanismo deposizionale tipo *debris-flow*. Lo spessore del deposito è variabile (da pochi metri a circa 40 m). Età: sulla base di valutazioni indirette (PUCCINELLI, 1987), Pleistocene medio-sup.



**Figura 6: ciottoli di macigno nei pressi di Barga**

## DEPOSITI QUATERNARI

**Depositi antropici (h5-*rp*).** Rappresentano i riporti di terreno effettuati per la realizzazione del piano di imposta di edifici ed infrastrutture ed accumuli di discariche di inerti. I maggiori esempi si riscontrano lungo il F. Serchio a costituire i rilevati stradali e ferroviario e qualche deposito di inerti a sud di Mologno.

**Depositi alluvionali attuali e recenti (b-*all2*).** Ghiaie eterometriche, talora debolmente embricate, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica. Questi depositi sono presenti sul fondovalle del F. Serchio e dei suoi affluenti principali (Corsonna, Loppora ed Ania).

**Depositi detritici (aa-*dt*).** Accumuli di frammenti litici eterometrici, frequentemente monogenici, con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa, in quantità variabile; possono essere organizzati in falde. Sono localizzati essenzialmente lungo i versanti montuosi delle valli del T. Corsonna e del T. Ania, dove il substrato arenaceo risulta maggiormente tettonizzato e degradato.

**Depositi alluvionali terrazzati attuali (bn1-all,all1,at,ct).** Ghiaie, sabbie e limi di composizione poligenica. Questi depositi, in genere sopraelevati da alcuni decimetri a diversi metri sulle sottostanti alluvioni attuali, si ritrovano più estesamente per lo più lungo il F. Serchio, in corrispondenza degli abitati di Mologno e Fornaci, ed in subordine lungo i tratti terminali degli affluenti maggiori.

Frequenti, in corrispondenza dello sbocco dei solchi minori sulle principali aste vallive del F. Serchio e del T. Corsonna, sono i conoidi alluvionali relativamente recenti, con la tipica forma a ventaglio in conseguenza di una rapida e per lo più caotica deposizione di materiale fluitato a seguito di una repentina diminuzione di pendenza. Tutte le conoidi censite risultano attualmente inattive e talora in fase di reincisione.

### 2.2.2 Tettonica

L'assetto tettonico dell'area in esame è legata alla successione di due importanti eventi deformativi di cui il primo - databile fra l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore - avente carattere compressivo ed il secondo - con inizio databile al Miocene medio - caratterizzato da un carattere distensivo.

Più in particolare la prima fase deformativa polifasata (fase *sin-nappe*), conseguente alla chiusura del bacino oceanico ligure - piemontese, alla successiva collisione continentale ed all'innescarsi di una zona di taglio ensialica, ha portato all'accavallamento della Successione Toscana sul Dominio Toscano Esterno, producendo il metamorfismo di grado più alto del Complesso Apuano.

Con la seconda fase deformativa (fase *post-nappe*), connessa con l'apertura dell'area tirrenica, ha luogo una tettonica di tipo distensiva che produce, con inizio dalla Toscana meridionale in estensione verso nord - nord/est, ampi bacini neogenici fino a formare le depressioni tettoniche della Toscana settentrionale, fra le quali anche la fossa tettonica del Serchio.

Tale fossa corrisponde ad una stretta depressione tettonica allungata in direzione NO-SE: un sistema di faglie appenniniche, fra di loro parallele, immerge infatti verso est e caratterizza il lato occidentale della depressione, mentre sul lato orientale si allinea con la stessa direzione una serie di faglie immergenti verso occidente. Alcune dislocazioni trasversali alle precedenti individuarono invece soglie tettoniche, che funzionarono come sbarramento dei bacini lacustri (di Castelnuovo e di Barga-Ghivizzano) che, a partire dal Villafranchiano si

impostarono nella fossa tettonica; la soglia del lago di Barga-Ghivizzano risulta in particolare ubicabile nell'area di Calavorno, mentre quella del lago di Castelnuovo in Monteperpoli. Questi bacini furono comunque soggetti ad un colmamento relativamente rapido (dal Pliocene al Pleistocene medio superiore), in conseguenza dei cospicui apporti provenienti dall'erosione dei rilievi in sollevamento.

Questa ultima fase di innalzamento presenterebbe evidenze di attività anche recente, con dislocazioni anche all'interno dei depositi pleistocenici.

I depositi villafranchiani si appoggiano su di un'ampia anticlinale fagliata sul lato di valle, che attraversa il territorio comunale in direzione nordovest-sudest appena a monte di Barga e che porta in affioramento la successione Toscana fino alla "maiolica" nei fondovalle più incisi.

In prossimità del crinale appenninico (v. anche la sezione geologica riportata nell'elaborato G2.1) la disposizione degli strati di arenaria rivela la presenza di una piega coricata con vergenza verso NE, coinvolta anch'essa dalla successiva tettonica distensiva.

La relazione PETROGEO (op. cit.) individuava, i seguenti motivi strutturali principali:

- un asse di anticlinale, già citata, di direzione nordovest-sudest sull'allineamento Tiglio-Albiano, al cui nucleo arriva ad affiorare il "calcare maiolica";
- un asse anticlinale fagliato sempre a direzione nordovest-sudest che tra Scalpello si spingerebbe fino a Montebono (dove, nella altra cartografia consultata e durante i rilievi non è però stata trovata testimonianza);
- a monte di questo, verso il crinale, una sinclinale con frequenti pieghe coricate verso nordest e fianchi talvolta rovesciati, interessata da fagliature con spostamenti relativi delle rocce sui due lati fino a 1.000 m.

Per quanto riguarda la sismicità l'area della Garfagnana è riconosciuta come ad elevata sismicità, con epicentri che si localizzano nell'ambito di una fascia sismogenetica di larghezza ~ 30 km per lunghezza ~ 150 km, compresa fra Varzi e la Val di Lima. I sismi vengono associati a "movimenti tensivi con

componenti di trascorrenza lungo superfici di frattura profonde, parallele all'asse appenninico.

### 2.3. Geomorfologia

La morfologia, come sovente accade, è strettamente connessa con le caratteristiche geologiche del territorio ed è ripartibile anch'essa in tre zone principali:

- l'area collinare-montuosa, caratterizzata da pendenze elevate e da profonde vallate, talvolta incassate tra i versanti, talvolta sovralluvionate a formare ampi rasai nel fondovalle;
- la fascia pedecollinare delle conoidi, caratterizzata da pendenze blande verso O-SO sulle spianate, limitate a loro volta da scarpate ad elevata pendenza;
- la fascia della piana del Serchio che descrive un'ampia semicurva, prima verso sud poi verso SE, intorno alle conoidi suddette.

I fattori morfoevolutivi di maggior rilievo sono, come del resto in tutti i sistemi climatici temperati, quelli legati all'azione gravitativa lungo i versanti e all'azione delle acque correnti superficiali. Sono quindi presenti dal punto di vista geomorfologico essenzialmente dissesti di versante, principalmente lungo le scarpate delle conoidi e, nell'area montuosa, nelle aree a maggior tettonizzazione e processi e depositi legati all'azione fluviale.

Le aree interessate da frana coprono una superficie totale di 593 ha, delle quali 116 ha riferibili a frane attive per una percentuale del 1,7 % sul totale del territorio comunale. La maggior parte delle frane rilevate sono di modesta estensione e si sviluppano sulle coperture detritiche (classificabili per lo più come frane di *scorrimento rotazionale* o talvolta di *scorrimento traslazionale* quando la superficie di scorrimento passa al contatto con la roccia sottostante).

La Carta Geomorfologica (elaborato G4) è stata realizzata seguendo la legenda ed i criteri di rappresentazione dei dati previsti dalla Carta geomorfologica del territorio regionale.

Lo sfondo della cartografia è definito sulla base di Classi Litogeomorfologiche, individuate mediante opportuni raggruppamenti delle formazioni geologiche:

- depositi alluvionali;
- depositi terrazzati;
- sabbie, sabbie argillose e conglomerati neogenico-quadernari;
- argille e complessi caotici a dominante argillosa
- flysch arenacei, calcarei e calcareo-marnosi;
- calcari “massicci” e marmi

L’elaborazione del DTM regionale in funzione del parametro acclività, restituito in trasparenza sotto forma di sfumature di grigio, permette la rappresentazione delle forme del paesaggio, dove ai toni più chiari corrispondono le aree sub-pianeggianti, mentre a quelli più scuri le aree più acclivi.

Tra le forme e i depositi gravitativi di versante sono stati segnalati:

- **Depositi di frana:** sono distinguibili, rispetto allo *stato di attività*, sulla base sia delle evidenze di campagna e/o fotointerpretative, sia di ricerche storiche e di archivio, in:
  - *attivi*, quando riferiti tanto a processi in atto al momento del rilevamento quanto a processi non in atto ma ricorrenti, per evidenze o testimonianze varie, con frequenza stagionale;
  - *quiescenti*, quando riferiti a processi avvenuti nell'attuale sistema morfoclimatico e suscettibili di riattivazione con frequenza pluriennale.

Rispetto alla *geometria del movimento*, in frane:

- *di scorrimento*, quando il movimento si sviluppa lungo una superficie piana o concava;
- **Orlo di scarpata di frana:** anch’esse distinte in attive e quiescenti sono state riportate in cartografia quando ben distinguibili sul terreno.
- **Deformazione gravitativa profonda di versante:** si tratta di movimenti unitari di porzioni di versante in aree ad elevata energia di rilievo, con superfici di scorrimento profonde e legate generalmente ad discontinuità preesistenti (fratturazioni, faglie, giunti di stratificazione) che tendono a plasticizzarsi verso la base. Alcuni esempi si trovano in prossimità del crinale



nella alta valle del T. Ania. Nella cartografia del PAI tutte queste forme geomorfologiche vengono comunque classificate “presunte”.

- **Deposito di versante:** costituiti da detriti di varia forma e dimensioni accumulati senza una particolare genesi lungo i versanti;
- **Conoide di origine mista:** costituito prevalentemente per cause gravitative, ma anche da materiali fluitati in eventi di dinamica torrentizia.

Tra le forme e i depositi dovuti all'azione dei processi fluviali si ricordano:

- **Conoidi alluvionali:** sono da segnalare alcuni modesti conoidi in corrispondenza dello sbocco dei solchi minori sulle principali aste vallive del F. Serchio e del T. Corsonna. Sono il prodotto di una rapida e per lo più caotica deposizione di materiale fluitato a seguito di una repentina diminuzione di pendenza. Tutte le conoidi censite risultano attualmente inattive e talora in fase di reincisione
- **Superficie di terrazzo alluvionale:** sono stati distinti, ove possibile, sei ordini di terrazzi, individuati a quote decrescenti, in cui quelli più antichi sono rappresentati dalle conoidi pleistoceniche erose, mentre i terrazzamenti più recenti dovuti all'azione del Serchio, sono pressoché pianeggianti. I terrazzi alluvionali della conoide di Barga sono stati quindi reincisi a più riprese, in un susseguirsi di fasi erosive e di nuovo deposito.
- **Orlo di terrazzo:** limite di valle di una spianata alluvionale o di erosione fluviale.
- **Area a calanchi:** morfologie dei terreni su versanti acclivi, causate dall'azione delle acque dilavanti, localizzati in particolare ad est della loc. Renaio su substrato arenaceo molto alterato.

Tra i depositi antropici sono presenti:

- **Terreni di riporto:** accumuli eterogenei di materiale generalmente addensati, come già descritti nel par.2.2.1

Sono stati inoltre riportati in cartografia (v. anche par. 5.3):

- **Sorgenti:** sono state riportate tutte le sorgenti conosciute, libere o regimate, presenti sul territorio comunale. Quando note, nel database di Arcview sono riportate la denominazione e i valori di portata.
- **Zone di ristagno d'acqua:** si rinvengono generalmente in prossimità del contatto tra le argille e i depositi sovrastanti, più permeabili (risorgenze e stillicidi).

La Carta geomorfologica segnala infine le faglie (v. anche par. 2.2.2) e le caratteristiche delle superfici di stratificazione dei complessi rocciosi.

### 3. CARTA DELL'ACCLIVITA'

I caratteri clivometrici del territorio, già visualmente presentati nella Carta geomorfologica, sono ancor meglio evidenziati nella Carta dell'acclività (cfr. Elaborato G3).

Per le finalità dello studio presente, sono state considerate, in conformità alle indicazioni della normativa vigente, le seguenti classi di acclività:

<i>Classe di pendenza</i>	<i>Angolo medio di pendio</i>
<b>1</b>	<b>0 ÷ 5%</b>
<b>2</b>	<b>5 ÷ 10%</b>
<b>3</b>	<b>10 ÷ 15%</b>
<b>4</b>	<b>15 ÷ 25%</b>
<b>5</b>	<b>25 ÷ 35%</b>
<b>6</b>	<b>&gt;35%</b>

Le pendenze percentuali sopra riportate sono state ricavate in automatico dalla cartografia digitale (C.T.R. Regione Toscana - Scala 1: 10.000) tramite programma Arcview. Con tale metodo tutto il territorio viene suddiviso in una fitta rete irregolare di triangoli (TIN) i cui vertici sono appoggiati su punti a quota nota: in tal modo di ogni triangolo viene individuata la pendenza locale.

#### 4. CARTA LITOTOLOGICO-TECNICA

La Carta Litologico-tecnica (Elaborato G5) contiene la suddivisione dei terreni e delle rocce affioranti in gruppi e unità litotecniche; contiene inoltre la localizzazione delle prove penetrometriche, delle prospezioni sismiche a rifrazione in superficie e in foro (downhole), dei sondaggi geognostici, delle stazioni sclerometriche e strutturali utilizzate per la classificazione suddetta. Le prove e le indagini riportate sono conformi alle “Istruzioni tecniche per le indagini geologico-tecniche, indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana” (LR 56/97). Tutte le prove utilizzate - esistenti o all’uopo effettuate – sono raccolte nell’ALL. GEO 1- PROVE GEOGNOSTICHE

Le indagini esistenti raccolte comprendono in particolare:

- *indagini geognostiche puntuali svolte per conto di privati.* Comprensive di: sondaggi a carotaggio continuo; prove penetrometriche super pesanti (peso del maglio maggiore di 60 kg; DPSH), SPT; prove penetrometriche statiche CPT.
- *indagini geognostiche puntuali svolte nel corso degli studi del VEL e del DOCUP.* Comprensive di: sondaggi a carotaggio continuo; prove penetrometriche DPSH; prove SPT e indagini sismiche in foro di tipo downhole.
- *indagini sismiche svolte per conto di privati.* Comprensive di prospezioni sismiche a rifrazione con onde P e SH (con dromocrone ed interpretazione geologica).
- *indagini sismiche svolte nel corso degli studi del VEL e del DOCUP.* Comprensive di prospezioni sismiche a rifrazione con onde P ed SH (con dromocrone ed interpretazione geologica).

Per ulteriori dati geotecnici di dettaglio (es. indagini di laboratorio) raccolti nel corso degli studi del VEL e del DOCUP, si rimanda al sito ufficiale della Regione Toscana (<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/garfagnana/barga/barga.htm>), dal quale è possibile accedere al database del Servizio Sismico Regionale.

#### **4.1. Prove penetrometriche statiche**

Le prove penetrometriche statiche consistono nell'infissione a pressione nel terreno di una punta d'acciaio chiusa di forma conica con l'obiettivo di misurare: la forza necessaria all'avanzamento della punta ( $Q_c$ ), l'attrito laterale tra il terreno ed il manicotto d'acciaio (posto al di sopra della punta,  $Q_s$ ), e talvolta anche la pressione della fase liquida nei pori delle litologie attraversate ( $u$ , prove CPTU). Mediante tali parametri è possibile ricavare i valori: della densità relativa ( $D_r$ ); angolo di resistenza al taglio ( $\phi'$ ), resistenza al taglio non drenata ( $S_u$ ) dei terreni a grana fine, modulo di taglio elastico a piccole deformazioni ( $G_0$ ) ecc.

Sono stati riportati i dati relativi a n° 3 prove penetrometriche statiche, ottenuti mediante penetrometro statico P200-SM e n° 3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica-piezocono (CPTU) eseguite presso la Scuola Materna di Fornaci di Barga.

#### **4.2. Prove penetrometriche dinamiche**

In generale le prove penetrometriche dinamiche si dividono in: leggere (DPL, con peso del maglio  $M$  minore uguale a 10kg), medie (DPM, con  $10 < M \leq 40$ kg), pesanti (DPH,  $40 \leq M < 60$ kg), superpesanti (DPSH,  $M \geq 60$ kg). Esiste poi una tipologia di prove penetrometriche superpesanti che si effettua durante l'esecuzione di un sondaggio, oppure in fori appositamente costruiti (prova SPT).

Sono stati riportati i dati relativi a n° 9 prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite per studi privati, n° 4 svolte per la Regione Toscana e n° 1 per il Comune di Barga presso la Scuola Materna di Fornaci.

#### **4.3. Prospezioni sismiche a rifrazione**

La prospezione sismica a rifrazione consiste nel generare un'onda sismica di compressione nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica, cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

In base alla posizione dei geofoni e della sorgente energizzante si possono avere differenti geometrie di ricezione, in particolare quelle raccolte sono caratterizzate da una geometria superficiale o profonda (*Down-Hole*). In entrambi i casi, come detto in precedenza, è stato scelto di utilizzare solo indagini svolte secondo le linee guida proposte dal VEL, per cui tutte le prospezioni proposte raggiungono il bedrock.

Nel caso di geometrie superficiali sia la stesa dei geofoni che la sorgente energizzante sono posizionati in superficie. Con questa tipologia di indagine, sono stati raccolti n° 5 prospezioni eseguite per privati e n° 17 per la Regione Toscana.

Nel caso di geometria *Down-Hole* la sorgente energizzante è posta in superficie mentre i geofoni sono posti all'interno di un foro di sondaggio. Con questa tipologia di indagine, sono stati raccolti n° 8 prospezioni svolte per la Regione Toscana (i cui risultati sono mostrati assieme alle schede dei logs dei sondaggi associati, per consentire una comprensione più immediata dei risultati raccolti).

#### **4.4. Sondaggi geognostici**

Sono riportati i dati relativi a n° 17 sondaggi geognostici effettuati a rotazione con carotaggio continuo di cui n° 7 eseguiti per privati e n°10 per la Regione Toscana.

La profondità di indagine varia tra i 13-25 m per i sondaggi svolti per privati e tra i 30-130 m per quelli svolti per conto della Regione Toscana. I sondaggi sono mostrati con i loro logs comprensivi sia della ricostruzione stratigrafica di dettaglio, che di dati relativi alle prove in situ eseguite sui campioni prelevati. In particolare assieme ai logs sono proposti anche i risultati delle prove SPT e delle prove *Down-Hole*.

#### **4.5. Rilievo geomeccanico**

Data l'importanza che rivestono le condizioni tettoniche sulle caratteristiche morfologiche e di stabilità dell'area, è stato effettuato anche un rilievo geomeccanico di dettaglio. Questo ha compreso il rilievo delle discontinuità dell'ammasso roccioso ed il saggio con il martello di Schmidt.

Sono state quindi esaminate le caratteristiche delle discontinuità dell'ammasso roccioso, in particolare la spaziatura, ovvero la distanza tra una discontinuità e la successiva omologa, e le condizioni fisiche delle discontinuità, ovvero grado di apertura, scabrezza, eventuale riempimento delle fratture e le condizioni idrauliche.

Su ogni affioramento di roccia sono state effettuate 15 letture al Martello di Schmidt, spostando il punto di carico di 5-10 cm; il valore più alto e quello più basso sono stati scartati per la determinazione del valore medio da utilizzare nei calcoli.

Una volta determinato il valore medio dell'indice di rimbalzo è stato calcolato il valore del peso di volume della roccia mediante analisi di laboratorio speditiva, pesando un campione significativo di roccia sia secco che durante l'immersione in acqua.

Il peso di volume  $P_v$  è dato dalla relazione:

$$P_v = \frac{P_c \times d_{H_2O}}{P_1 - P_2 + P_c}$$

dove:

$P_v$  = peso di volume del campione

$P_c$  = peso del campione a secco

$d_{H_2O}$  = densità dell'acqua (0.995 g/cm<sup>3</sup>)

$P_1$  = peso del contenitore colmo d'acqua

$P_2$  = peso del contenitore insieme al campione immerso

Una volta noto il peso di volume della roccia il valore della resistenza alla compressione uniassiale è stato individuato utilizzando l'apposito abaco.

Questi dati sono stati utilizzati per la classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski che suddivide gli ammassi rocciosi in cinque classi di qualità come da tabella seguente:

PARAMETRI	INTERVALLI VALORI				
	> 2500	1000 ÷ 2500	500 ÷ 1000	250 ÷ 500	0 ÷ 250
Resistenza comp. (Kg/cmq)	> 2500	1000 ÷ 2500	500 ÷ 1000	250 ÷ 500	0 ÷ 250
R1: valori parametro	15	12	7	4	2
R.Q.D. (%)	90 ÷ 100	75 ÷ 90	50 ÷ 75	25 ÷ 50	< 25
R2: valori parametro	20	17	13	8	3
Spaziatura discontinuità (m)	> 2	0.6 ÷ 2	0.2 ÷ 0.6	0.06 ÷ 0.2	< 0.06
R3: valori parametro	20	15	10	8	5
Condizioni discontinuità	Sup. molto rugosa, non alterata disc. chiuse non continue	Sup. rugose poco alterate Disc. poco aperte	Sup. rugose molto alterate Disc. poco aperte	Sup. lisce o riemp. < 5 mm o poco aperte	Riemp. molle o disc. continue aperte
R4: valori parametro	30	25	20	10	0
Condizioni idrauliche	Asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Venute d'acqua
R5: valori parametro	15	10	7	4	0
Compensazione (Markland Test)	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Valori Parametro	0	- 5	- 25	- 50	- 60

#### Classi di ammassi rocciosi:

R.M.R. corretto	100 ÷ 81	80 ÷ 61	60 ÷ 41	40 ÷ 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizioni	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Angolo di attrito (°)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

Fig. 1 - Tabella utilizzata per la classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (da Pozzi e Clerici, 1985, semplificato).

Le schede descrittive dei risultati ottenuti, relativi a 15 stazioni, sono riportate nell'ALL. GEO 1, mentre la localizzazione delle stazioni è indicata nella Carta Litologico-tecnica con apposita simbologia.

#### 4.6. Le Unità Litotecniche

In relazione alle caratteristiche litologico-tecniche, desunte anche dall'analisi delle prove geonostiche e dai risultati delle prove geomeccaniche, i terreni affioranti sono stati suddivisi in 5 unità litotecniche :

##### **UNITÀ LITOLOGICO TECNICA "B"**

***Materiale lapideo stratificato o costituito da alternanze di diversi litotipi.***

***B - Rocce stratificate e/o costituite da alternanze di litotipi diversi***

***Strutturalmente ordinati***

B2: la roccia si presenta massiva ma sono presenti frequenti giunti di stratificazione; comprende le formazioni dei “Calcari Maiolica” e delle “Marne di Pontecchio”.

B3: la roccia presenta intervalli ordinati argillitici o siltitici inferiore al 25% del totale; comprende le formazioni dell’ “Arenaria Macigno” e delle “Calcareniti a Nummuliti”.

B5: la roccia presenta intervalli ordinati lapidei inferiori al 25% del totale; comprende la formazione della “Scaglia Rossa Toscana”.

*Strutturalmente disordinati*

Bc: la roccia si presenta a struttura caotica con blocchi e strati lapidei dispersi nella matrice argillitica; comprende la formazione dell’“Olistostroma”.

## **UNITÀ LITOLOGICO TECNICA C**

### ***Materiali granulari cementati***

*C - breccie, conglomerati e sabbie con medio grado di cementazione*

C1: questa classe riunisce conglomerati e breccie clasto-sostenuti; comprende la formazione dei “conglomerati calcarei”.

C2: questa classe riunisce conglomerati e breccie matrice-sostenuti; comprende la formazione dei “conglomerati a ciottoli di macigno”

## **UNITÀ LITOLOGICO TECNICA D**

### ***Materiali coesivi consistenti***

*D - argille e limi*

Comprende la formazione delle “argille lacustri”.

## **UNITÀ LITOLOGICO TECNICA E**

### ***Materiali granulari non cementati o poco cementati***

*E – Sabbie, ghiaie e ciottoli*

E1: questa classe riunisce i depositi sciolti costituiti prevalentemente da ciottoli e blocchi e quindi detriti, riporti e alluvioni grossolane.



E3: questa classe riunisce i depositi sciolti costituiti prevalentemente da sabbie e quindi alluvioni a grana fine

## **UNITÀ LITOLOGICO TECNICA F**

### ***Materiali con consistenza limitata o nulla***

*F – limi e argille*

Comprende i terreni a struttura rimaneggiata e grana fine

## **5. IDROGEOLOGIA**

Nella Carta Idrogeologica (elaborato G6) sono indicati:

- i tipi di acquifero presenti riuniti in gruppi omogenei con relativa descrizione;
- il grado di vulnerabilità relativo ad ogni acquifero;
- la localizzazione delle sorgenti, distinte tra captate ed allacciate a pubblico acquedotto, e libere o captate ad uso privato; la localizzazione dei prelievi di acque superficiali e sotterranee concessionati; i pozzi individuati durante la apposita campagna di rilievo del settembre 2008.
- le aree di rispetto delle sorgenti e dei pozzi allacciati a pubblico acquedotto.

### **5.1. Gli acquiferi**

Dal punto di vista degli acquiferi e, più in generale, delle condizioni della circolazione idrica sotterranea, nel territorio comunale di Barga sono stati individuate su base essenzialmente litologica cinque tipologie di acquiferi:

- 1) falda acquifera libera in materiali alluvionali, da grossolani a medi, con scarsa o nulla copertura;
- 2) falda acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati;
- 3) rete acquifera in complessi carbonatici fratturati e con carsismo molto sviluppato;

- 4) rete acquifera in complessi carbonatici stratificati, interessati da un moderato carsismo o da interstrati argillitici e/o marnosi;
- 5) reti acquifere in arenarie fratturate.

I dati sui caratteri idrodinamici delle tipologie di falde sopra elencate sono – quando presenti - scarsi ed esclusivamente puntuali, ovvero insufficienti per una caratterizzazione generale delle falde medesime. Sugli acquiferi fessurati non si sono in particolare rinvenuti dati utili, mentre sugli acquiferi porosi – sui quali insistono vari pozzi – lo stato delle conoscenze, oltre che frammentario, è limitato dalla scarsità di dati sui caratteri costruttivi dei pozzi medesimi e delle falde da questi intercettate<sup>1</sup>. Quanto sopra non ha quindi consentito di ricavare elementi sufficienti per elaborare carte piezometriche che, peraltro, non risultano essere mai state elaborate nel passato, nemmeno sul Serchio nell'ambito del *“Progetto Life: Serchio river alimented well-fields integrated rehabilitation”*<sup>2</sup> il cui ambito di studio non investe il Comune di Barga.

Premesso quanto sopra gli acquiferi porosi più importanti sono quelli olocenici di subalveo del Serchio e degli affluenti maggiori (Ania, Loppora e Corsonna). Di questi solo sull'acquifero alluvionale T. Ania sono stati rinvenuti dati utili: nell'area industriale di Ponte all'Ania l'acquifero alluvionale grossolano presenta spessori variabili da 9 a 16 m circa, un valore medio di trasmissività di  $3 \times 10^{-3}$  mq/s (variabile da  $2 \times 10^{-2}$  a  $4 \times 10^{-4}$  mq/s) e un valore medio di coefficiente di immagazzinamento di  $3.2 \times 10^{-3}$ . Questo acquifero, avente come acquiclude basale i depositi sottili lacustri, è alimentato principalmente dalle acque del T. Ania ed in subordine dalle diffuse infiltrazioni provenienti dai depositi conoidali entro i quali la valle è incisa. Rilevazioni sistematiche dei valori di soggiacenza piezometrica non sono noti: gli unici dati rilevati sono riferiti ad una misurazione di livelli nei pozzi effettuata nel marzo 2004, la quale individuava valori di soggiacenza piezometrica variabili da 6 a 10 m circa.

Sull'acquifero del Serchio i dati sono molto scarsi: per quanto riguarda lo spessore i pochi dati puntuali attendibili indicano valori inferiori ai 10 m, mentre nella ricostruzione operata in sede di caratterizzazione dei CISS (cfr. §1.6) si ricavano invece spessori fino a 25÷30 m; assente qualsiasi dato per poter operare una caratterizzazione di tipo idrodinamico. A valle del territorio comunale, in situazioni idrogeologiche ragionevolmente analoghe – per spessori,

---

<sup>1</sup> Dalle ricerche svolte presso gli archivi della Provincia è risultato che la stragrande maggioranza dei pozzi concessionati – per lo più di vecchia data - è praticamente priva sia di stratigrafie, sia di altri dati riguardanti i caratteri idraulici dell'acquifero intercettato.

<sup>2</sup> Progetto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio – Autorità di Bacino del F. Serchio, 2005.

granulometria e permeabilità - a quelle del tratto barghigiano, l'acquifero alluvionale del Serchio presenta valori di trasmissività molto elevati ( $10E-1 \div 10E-2$  mq/s).

Le alluvioni terrazzate antiche della conoide di Barga costituiscono un modesto acquifero, intercettato per lo più da pozzi di grosso diametro e di profondità inferiore ai 10 m. E' alimentato principalmente dall'infiltrazione efficace delle acque meteoriche ed in subordine da apporti profondi provenienti dal sovrastante rilievo appenninico. L'acquiclude basale di questi depositi alluvionali - di spessore massimo intorno ai 40 m - è costituito dai depositi fluvio-lacustri.

Nel settembre 2008 è stata effettuata una apposita campagna di censimento e di misurazione di pozzi, mirata ad individuare l'assetto idrogeologico nell'area del conoide. Sono stati schedati complessivamente 19 pozzi dei quali 13 di tipo "romano" e 6 di tipo "trivellato". Di ogni pozzo è riportato il diametro, la profondità, la quota del p.c., la profondità dell'acqua e la data del rilievo, come da tabella seguente:

Pozzo n.	Frazione	Località	Tipo di pozzo	Profondità del pozzo	Quota del p.c.	Diametro del pozzo	Livello falda sett. 2008 (m dal p.c.)	Livello falda marzo 2007 (m dal p.c.)
1	Filecchio	Menchi di sopra	romano	7,00	214,90	1400	4,10	3,85
2	Filecchio	Menchi di sotto	romano	2,15	208,20	1000	0,88	0,62
3	Filecchio	C. Giannini	romano	5,80	200,00	1200	5,30	n.d.
4	Pian di Grano	Villa Biondi	romano	6,00	329,20	1200	4,30	n.d.
5	Pian di Grano	C. Sere	romano	14,80	321,00	1200	14,65	n.d.
6	Barga	S.Francesco	romano	6,00	352,00	1400	4,00	n.d.
7	S. Pietro in Campo	-	romano	12,40	220,50	1000	11,40	n.d.
8	S. Pietro in Campo	Scuole S.P. in Campo	piezometro	18,40	215,50	60	17,80	n.d.
9	Piano Grande	Alle serre	trivellato	56,00	275,00	150	n.d.	n.d.
10	Nebbianella	-	trivellato	50,00	273,50	150	28,42	n.d.
11	Nebbianella	-	romano	29,40	275,50	1200	28,50	n.d.
12	S. Piero in Campo	Diversi	trivellato	46,00	299,00	150	19,75	n.d.
13	Barga	Casa del lato	romano	7,70	328,00	1200	7,05	n.d.
14	Filecchio	Vicari	romano	5,00	210,50	1200	2,81	1,80
15	Castelvecchio	Cartiera	trivellato	25,00	266,50	120	7,80	n.d.
16	Pascoli	Casa Pascoli	romano	8,55	286,50	1100	6,70	n.d.
17	Filecchio	Fontana	romano	7,70	200,00	1200	5,73	n.d.
19	Filecchio	-	romano	7,80	230,00	n.d.	n.d.	6,80
18	S. Piero in Campo	Diversi	trivellato	130,00	290,00	n.d.	36,00	n.d.
20	Filecchio	-	romano	8,70	231,00	n.d.	n.d.	7,15
21	Filecchio	Vicari	romano	3,70	215,50	n.d.	3,20	2,20
22	Filecchio	Menchi di sopra	romano	9,30	213,50	1500	4,48	4,10

I valori di soggiacenza piezometrica sono risultati molto variabili, mentre l'oscillazione della falda – almeno per l'area di Filecchio dove sono stati reperiti alcuni dati piezometrici rilevati nel marzo 2007 – risulta modesta ( $\leq 1$  m).

## 5.2. Il grado di vulnerabilità

La vulnerabilità idrogeologica di un terreno rappresenta la possibilità che ha un inquinante di penetrarvi, di propagarsi e di contaminare le acque circolanti in esso.

Da questa definizione consegue immediatamente che il fenomeno è in correlazione diretta con la permeabilità intrinseca dei litotipi, sia primaria (o singenetica), che si esplica essenzialmente per porosità e viene influenzata dalla giacitura, sia secondaria (o acquisita), legata ai processi che hanno interessato la roccia successivamente alla sua formazione e che può essere dovuta sia a processi di deformazione con risposta fragile (fratturazione), sia a processi di degradazione per effetto solvente delle acque (carsismo).

Ad ogni tipo litologico, adottando la metodologia semplificata suggerita dal P.T.C., è stato associato un corrispondente grado di vulnerabilità intrinseca all'inquinamento.

In particolare nell'acquifero in materiali alluvionali la vulnerabilità risulta *estremamente elevata*, mentre in quello nei depositi a granulometria mista risulta *media*.

Le rocce calcaree fratturate presentano una vulnerabilità *estremamente elevata* a causa dei fenomeni di carsismo ai quali sono soggette. Le rocce arenacee, coinvolte nella tettonica polifasata appenninica, risultano quasi ovunque oggetto, come confermato anche dai rilievi geomeccanici effettuati, di forte tettonizzazione e fratturazione. La vulnerabilità risulta quindi *media*. Nei depositi argillosi o argilloso-sabbiosi e nei complessi argillitici la limitata possibilità di circolazione determina una vulnerabilità *bassissima*. Ai depositi detritici, da frana, di riporto e comunque a quelli di minima entità è stato assegnato il grado di vulnerabilità del substrato sottostante prevalente.

In conclusione si è realizzata la seguente distinzione:

<b>Grado di vulnerabilità</b>	<b>Tipo di acquifero</b>	<b>Formazioni geologiche</b>
<b>Estremamente elevata</b>	Falda acquifera libera in materiali alluvionali, da grossolani a medi, con scarsa o nulla copertura. Rete acquifera in complessi carbonatici fratturati con carsismo molto sviluppato.	Depositi alluvionali recenti ed attuali (all); calcare "maiolica" (mac).
<b>Alta</b>	Rete acquifera in complessi carbonatici stratificati, interessati da un moderato carsismo e da interstrati argillitici e/o marnosi.	Calcareniti a "Nummuliti" (Nu).
<b>Media</b>	Falda acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati; reti acquifere in arenarie fratturate con intercalazioni argillitiche e siltose, caratterizzate da una circolazione idrica in genere limitata e/o compartimentata sia in senso verticale che orizzontale.	Ghiaie e conglomerati (cg); depositi alluvionali terrazzati attuali (ct); ciottoli a prevalenti elementi di macigno (ct/mg); arenaria "macigno" (mg); depositi di conoide alluvionale.
<b>Bassissima</b>	Complessi argillitici con circolazione idrica sotterranea da assente a molto modesta; depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limoso-sabbiosi praticamente privi di circolazione idrica sotterranea.	Scaglia rossa (sc); argille e argille sabbiose (arg).

Nelle aree di fondovalle, ove affiorano le alluvioni recenti grossolane, la vulnerabilità risulta estremamente elevata; le litologie affioranti nelle aree collinari presentano invece un grado medio quando si presentano come depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati; presentano invece un grado di vulnerabilità basso nel caso di depositi prevalentemente argillosi o argilloso-sabbioso-limosi. Sui rilievi montuosi la vulnerabilità è generalmente media data la presenza di rocce arenacee fratturate.

### **5.3. Pozzi e sorgenti**

Sono state inserite tutte le maggiori sorgenti presenti sul territorio comunale e comunque tutte quelle allacciate agli acquedotti comunali come indicato dalle cartografie in possesso dell'U.T.C.

Molte delle sorgenti censite si collocano sulle sponde o alla base delle incisioni della conoide, alcune delle quali captate ad uso idropotabile. La portata

di queste sorgenti è in genere inferiore ad 1 l/s; solo nel caso della sorgente denominata "Fontanone 1" in loc Seggio di Sotto, in sponda destra dell'Ania, sono state misurate portate medie di  $2 \div 3$  l/s<sup>3</sup>.

L'Amministrazione Provinciale, U.O. Acque Pubbliche, ha invece fornito l'elenco (agg. dicembre 2007) di tutti i punti di prelievo per i quali è stata richiesta concessione per la derivazione di acque superficiali o sotterranee; il posizionamento in carta è legato alle coordinate fornite in tabella. Sono da segnalare in particolare i due pozzi in loc. Mocchia utilizzati ad uso potabile.

Sono disponibili dati forniti dal comune risalenti alla redazione della valutazione degli effetti ambientali del piano strutturale (Maggio 1998) riguardanti l'elenco degli acquedotti con indicazione dei valori massimi e minimi delle portate erogate.

Denominazioni Acquedotti	Sorgente di approvvigionamento	Portata lt/ sec	
		Massima	Minima
1 Acquedotto della Montagna	Le Fontane 4 Sorgenti ("Fontane 1", "Fontane 2", "Fontane3", "Angeloni 1")	5,80	2,70
2 Caldan del Tano	2 Sorgenti ("Mollebrena" e "Caldano")	40,00	16,00
3 Val di Corsonna	Sorgenti Mocchia Sorgente Maddaleni n. 2 Pozzi a Mocchia Sorgenti Le Robbie	19,00 5,00 10,00 2,50	16,00 3,00 7,00 0,50
4 Le Magnane	Le Magnane (n. 3 sorgenti) 3 Sorgenti	1,55	0,67
5 Sommocolonia	Sorgente Ai Vincenti	2,00	1,14
6 Riovillese	Complesso di 5 sorgenti ai Tuffi	8,70	5,50
7 Capannelle	Polle dei Tedeschi	1,50	0,83
8 Filecchio	Lapporetta di Tiglio Ferriera	2,00 4,00	0,75 3,00
9 Ponte Ania Pedona	Fontanone 1 e 2 Fondinelli	4,60 1,10	2,80 0,35

---

<sup>3</sup> Tecnistudio – Intervento sul sistema di distribuzione idropotabile nel Comune di Barga – Piano Tecnico - 1989

10 Mologno	Borghetto Mordini Colombaia Nebbianella	complessive 1,98	Complessive 1,20
11 Barga	Rupine	1,20	0,50
12 Campia	Fontanaccia	0,35	0,20

#### **5.4. Le aree di salvaguardia di sorgenti e pozzi ad uso idropotabile**

Per la delimitazione delle aree di salvaguardia delle fonti di approvvigionamento idropotabile sono state seguite le indicazioni riportate nell'art. 94 del D.Lgs. n. 152/06. Tale decreto suddivide l'area di salvaguardia in tre zone a diverso livello di attenzione.

- **Zona di tutela assoluta.** La zona di tutela assoluta consiste nella porzione di territorio intorno all'opera di captazione che deve essere adibita esclusivamente alle opere e infrastrutture di servizio della sorgente. Il criterio di delimitazione, come indicato anche dal D. Lgs. 152/06, è di tipo geometrico e consiste in un'area circolare di 10 m di raggio a partire dal punto di captazione. Tale area non è stata riportata in cartografia in quanto non risolvibile graficamente alla scala 1: 10.000
- **Zona di rispetto.** Per quanto riguarda la zona di rispetto, il D. Lgs. n. 152/06, all'art. 94, comma 6, stabilisce che "in assenza dell'individuazione, da parte della Regione, della zona di rispetto ai sensi del comma 1, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione". Nella cartografia sono stati quindi individuati i settori circolari compresi entro i 200 m dal punto di captazione.
- **Zona di protezione.** La zona di protezione, corrispondente all'area di ricarica della falda idrica sotterranea, coincide con la delimitazione del bacino idrogeologico di ciascuna sorgente ed è ovviamente comprensiva della zona di rispetto e della zona di tutela assoluta. Tale zona – in assenza delle necessarie indicazioni della Regione sui criteri identificativi - non è stata riportata in cartografia.

## 5.5. Aree con problematiche idrogeologiche

Alla luce del quadro conoscitivo esposto ai precedenti paragrafi nel territorio comunale di Barga non si individuano aree caratterizzate da particolari criticità indotte da sfruttamenti eccessivi della risorsa idrica sotterranea.

Aree critiche, in quanto caratterizzate da un basso grado di protezione della risorsa idrica, sono invece da considerare quelle perimetrate nella *Carta idrogeologica e di vulnerabilità degli acquiferi* (Elaborato G6) a vulnerabilità “*estremamente elevata*” ed “*alta*”.



## 6. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

La pericolosità geomorfologica dell’intero territorio è stata adeguata al punto 4 dell’ALL. A del Regolamento 26/R.

### 6.1. La pericolosità geomorfologica secondo il Regolamento 26/R

Le condizioni di pericolosità geomorfologica dell’area di variante sono state valutate e sintetizzate nell’elaborato G7 – “*Carta della pericolosità geomorfologica*” nel rispetto di quanto dettato dal Regolamento 26/R del 2007, il quale individua le seguenti 4 categorie di pericolosità:

- **Pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4):** *aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza.*
- **Pericolosità geomorfologica elevata (G.3):** *aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all’acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza.*
- **Pericolosità geomorfologica media (G.2):** *aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.*
- **Pericolosità geomorfologica bassa (G.1):** *aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.*

Tenuto tuttavia conto della necessità di produrre una cartografia che risultasse anche conforme al PAI e di riferimento ad un unico apparato normativo coerente tanto con le disposizioni regionali quanto con le disposizioni dell’Autorità di Bacino del Serchio, la Carta della Pericolosità geomorfologica comprende tutti gli elementi di pericolosità del PAI, variamente classificati come da tabella sotto riportata, la quale contempla anche la pericolosità da dinamica torrentizia direttamente mutuata dall’applicazione delle disposizioni del PTC.

## TABELLA DI CORRELAZIONE

Classificazione 26R	Pericolosità mutate dal PAI	Pericolosità mutate dal PTC
<b>G.4</b>	<b>P4</b> (art. 12) – Frane attive (A); aree soggette a franosità per erosione di sponda (C.4); aree in rocce coerenti e semicoerenti soggette a franosità per forte acclività - in particolare aree esposte a possibili fenomeni di crollo e di distacco di massi (C.5); aree al bordo di terrazzi fluviali soggette a possibili collassi o frane (C.6); aree interessate da deformazioni gravitative profonde certe (D.2a).	
<b>G.3</b>	<b>P3</b> (art. 13) – Frane quiescenti (B); aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillitici acclivi e/o con situazioni morfologiche locali che ne favoriscano l'imbibizione (C.1); aree soggette a franosità in terreni detritici acclivi (C.2); aree soggette a franosità in terreni acclivi argilloso sabbiosi e conglomeratici (C.3); masse rocciose dislocate unitariamente da movimenti franosi (D.1); aree interessate da deformazioni gravitative profonde presunte (D2b); aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche (E.1).	Aree potenzialmente vulnerabili da colate detritiche torrentizie, come individuate dalla classe 3d del PTC
<b>G.2</b>	<b>P2</b> (art. 14) - Aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche (E.2). <b>P1</b> (art. 15) - Aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche (E.3); Aree di media stabilità con sporadici e locali indizi di instabilità e aree stabili con assenza di frane attive e quiescenti (F).	
<b>G.1</b>	- (art. 15) - Aree di fondovalle e/o pianeggianti (G)	

Le correlazioni effettuate risultano in genere semplici ed obbligate, anche se in alcuni casi si traducono in un eccesso di cautela, come nel caso della classe G.4. - deputata dal 26/R a comprendere solo le aree interessate da fenomeni attivi - ma nella quale vengono forzatamente fatte confluire anche tutta una serie di aree interessate da fenomeni potenziali per coerenza con il PAI. Inoltre, sempre al fine di uniformarsi alle Norme di PAI, le aree di influenza delle frane attive non sono individuate graficamente in carta, ma definite *a posteriori* applicando lo stesso criterio geometrico e, a livello normativo, le stesse limitazioni previste per le aree in frana.

Con riferimento alle condizioni di pericolosità del territorio comunale di Barga, sono state conclusivamente inserite in classe **G.4** di pericolosità le seguenti aree:

- frane attive e relative aree di influenza. Tali aree, intese come zone di possibile evoluzione del dissesto, non sono di norma definite in cartografia, come previsto dalle Norme di PAI, ma la normativa è associata ad una fascia intorno al corpo di frana perimetrata pari ad un quarto della larghezza massima del corpo di frana stesso; l'ampiezza potrà localmente essere modificata, attraverso studi e verifiche di tipo geologico-tecnico finalizzati alla valutazione della stabilità del versante anche in relazione ad

una possibile evoluzione del dissesto, previo parere vincolante dell'Autorità di Bacino. Solo sulle frane attive significativamente pericolose, suscettibili di interessare direttamente o per effetto indotto elementi rilevanti esposti a rischio (centri urbani e unità territoriali organiche elementari potenzialmente interessate da previsioni insediative o infrastrutturali) è stata infatti operata, in conformità a quanto richiesto al punto B3 del regolamento 26R/2007, la seguente distinzione:

- Zona 1 – area in dissesto
- Zona 2 – area di influenza

In effetti, a seguito dell'analisi si rileva che gran parte delle frane attive si sviluppano sulle scarpate ai margini delle conoidi, dove, dai tempi storici, la saggezza popolare ha sconsigliato l'edificazione. In totale sono state individuate n. 3 situazioni di frana attiva la cui presenza può, direttamente od indirettamente, potenzialmente interessare insediamenti abitati od aree di futuro interesse insediativo o infrastrutturale. Tali aree sono ubicate:

- Loppia di sopra, a monte della Chiesa
- Barga capoluogo, via Zerboglio angolo via di Bella Vista
- Tiglio Basso, a nordovest del centro abitato

Premesso quanto sopra è tuttavia opportuno precisare che le NTA del Piano Strutturale hanno in toto recepito le disposizioni del PAI del bacino del Serchio, in base alle quali tutte le limitazioni fissate per la frana attiva sono estese anche ad una fascia di influenza<sup>4</sup> pari ad  $\frac{1}{4}$  della larghezza massima del corpo frana.

- aree soggette a franosità per erosione di sponda;
- aree in rocce coerenti e semicoerenti soggette a franosità per forte acclività, in particolare aree esposte a possibili fenomeni di crollo e di distacco di massi;
- aree al bordo di terrazzi fluviali, soggette a possibili collassi o frane ("fascia di rispetto" individuata a partire dall'orlo del terrazzo e di ampiezza pari all'altezza della scarpata del terrazzo stesso);
- aree in roccia fortemente tettonizzate e soggette a fenomeni di tipo calanchivo o denudante (area di Renaio);
- alveo attivo del fiume Serchio e degli altri maggiori corsi d'acqua.

---

<sup>4</sup> La perimetrazione delle aree di influenza direttamente mappate in carta è stata sempre estesa ad una fascia pari ad almeno  $\frac{1}{4}$  della larghezza massima della frana attiva.

A chiarimento degli elementi di pericolosità *alvei attivi* e *aree calanchive* è opportuno precisare che il loro inserimento nella classe G.4, piuttosto che nella classe G.3, nasce dall'aver ritenuto prevalente il carattere attivo rispetto a quello erosivo.

Sono state inserite in classe **G.3** le seguenti aree:

- frane quiescenti;
- aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillitici acclivi e/o con situazioni morfologiche locali che ne favoriscano l'imbibizione;
- aree soggette a franosità in terreni detritici acclivi;
- aree interessate da deformazioni gravitative profonde presunte;
- aree soggette a franosità in terreni acclivi argilloso sabbiosi e conglomeratici;
- aree potenzialmente vulnerabili da colate detritiche torrentizie, come individuate dalla classe 3d del PTC;
- "Aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche": aree di affioramento o sub affioramento" delle seguenti formazioni: Scaglia rossa, Olistostroma di M. Modino;
- le scarpate più acclivi della "conoide" di Barga, potenzialmente franose per caratteri clivometrici, litologici ed idrogeologici<sup>5</sup>.

Sono state inserite in classe **G.2** le seguenti aree:

- "Aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche": aree di affioramento o subaffioramento delle seguenti formazioni: Depositi alluvionali terrazzati antichi, Conglomerati di Barga, Argille, sabbie e conglomerati di Fornaci di Barga, Marne di Pontecchio, Arenaria macigno, Calcareniti a Nummuliti, Calcare maiolica, quando non sono presenti indicazioni di stabilità o condizioni morfologiche intrinseche che comportano una propria particolare classificazione in classe più elevata.

Sono state inserite in classe **G.1** le seguenti aree:

- "Aree di fondovalle o di conoide" pianeggianti o sub pianeggianti.

Ai depositi superficiali e alle formazioni geologiche con affioramenti esigui è stato di norma assegnata la pericolosità geomorfologica del contesto al contorno.

---

<sup>5</sup> Le scarpate della conoide sarebbero invero dovute ricadere, secondo la classificazione del PAI, in classe di pericolosità G2. Secondo gli scriventi risulta invece più corretto assegnare a tali scarpate – stanti anche i diffusi indizi di instabilità reale e potenziale presenti – una pericolosità G3.

## 6.2. Pericolosità da dinamica torrentizia

La pericolosità da dinamica torrentizia è una pericolosità da processi particolari - presentanti caratteristiche intermedie tra i movimenti di massa che si innescano sui versanti ed i deflussi torbidi di piena che si generano nella rete idrografica di ordine inferiore - richiesta dal PTC di Lucca e non contemplata né dal regolamento regionale 26/R, né dal PAI.

L'indagine ha seguito le indicazioni di cui al paragrafo 1.2 dell'Appendice 1 alle Norme del PTC ed ha riguardato i corsi d'acqua prospicienti centri abitati che presentavano le seguenti caratteristiche fisiche:

- superficie del bacino a monte compresa tra 0,5 e 20 kmq;
- pendenza dell'asta principale torrentizia pari almeno al 3%.

In particolare i corsi d'acqua studiati risultano i seguenti:

N.	Corso d'acqua	Località	Sup Bacino (Kmq)
1	Rio Orso	Castelvecchio Pascoli	0,58
2	Rio Fontana Maggio	Frascone	2,04
3	Rio della Giuvicchia	Fornaci di Barga nord	0,72
4	Rio Sartoiani	Loppia di Sotto	1,16
5	Torrente Loppora	Fornaci di Barga sud	10,84

I risultati sono evidenziati nella tabella seguente:

Corso d'acqua	Potenziale franosità	Pendenza alveo	Larghezza alveo	Variazioni morfologiche	Variazioni pendenza	Dislivello su alveo	Eventi storici	Danni	Totale	Classe
Rio Orso	12	6	9	8	0	15	0	0	50	<b>3d</b>
Rio Fontana Maggio	24	6	3	0	0	6	0	0	36	<b>1d</b>
Rio della Giuvicchia	24	3	3	0	0	15	0	0	45	<b>2d</b>
Rio Sartoiani	12	6	12	8	0	15	0	0	53	<b>3d</b>
T.orrente Loppora	6	6	9	8	0	15	0	0	44	<b>2d</b>

Nella tabella che segue sono indicate le classi di pericolosità corrispondenti ai punteggi totali, attribuiti dal P.T.C., convertiti nelle classi di pericolosità previste dal Regolamento 26/R, tenuto conto dell'esclusivo carattere potenziale del fenomeno analizzato:

Punteggio	Classe	Pericolosità PTC	Pericolosità 26/R
<40	<b>1d</b>	<b>IRRILEVANTE</b>	-
40-50	<b>2d</b>	<b>BASSA</b>	-
50-70	<b>3d</b>	<b>MEDIA</b>	<b>G3</b>

Nel caso della pericolosità di classe 3d le aree potenzialmente interessate sono state delimitate in via ragionata tenendo conto delle caratteristiche morfologiche locali e della capacità di trasporto solido del corso d'acqua. Nei casi delle classi 1d e 2d non si è proceduto ad alcuna perimetrazione, considerato che il PTC non associa alle aree ricadenti in tali classi alcuna limitazione o prescrizione di fattibilità degli interventi.

In particolare risultano potenzialmente soggetti ad eventi di dinamica torrentizia i seguenti corsi d'acqua:

- Rio Orso, nel tratto a monte dell'abitato di Caprona a causa dell'interferenza della strada comunale che può provocare un disalveamento con deposito del materiale trasportato;

- Rio Sartoiani, a monte della strada provinciale a causa dell'ampliamento della vallata e dell'interferenza della confluenza con il Rio cavo, che possono ridurre la capacità di trasporto solido delle acque con deposito del materiale trasportato.

## 7. LA PERICOLOSITÀ SISMICA E LA CARTA DELLE ZMPSL

Con l'entrata in vigore delle *Norme tecniche per le costruzioni* – D.M. 14 Gennaio 2008, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4.02.2008 suppl. ord. n° 30, non si può più considerare per tutto il territorio comunale di Barga (definito di Zona 2 “a media sismicità”) un unico valore dell'accelerazione di base  $a_g = 0.25$  come precedentemente indicato per i territori ricadenti in Zona 2, ma è necessario valutare caso per caso, tenuto conto anche delle possibili amplificazioni stratigrafiche e topografiche.

Infatti la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (ovvero caratterizzato da velocità delle onde sismiche trasversali  $V_s \geq 800$  m/sec), viene ora definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più “zona dipendente”: in altre parole, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra quattro dei 10751 punti della griglia di accelerazioni (calcolate per un tempo di ritorno di 475 anni) indicate nelle Mappe di Pericolosità Sismica Nazionale di cui all'Allegato A del D.M. 14 Gennaio 2008, e, tramite media pesata, ad esso competerà un valore specifico di accelerazione.

Nel Comune di Barga ricadono due nodi della griglia, con valori di accelerazione di base (espressi in g/10) compresi tra 1,937 (nodo 18716) e 2,019 (nodo 18494), mentre per il Capoluogo si calcola il valore 1,970: tenuto conto degli altri nodi ricadenti nei Comuni limitrofi, si può considerare che il territorio comunale sia compreso tra valori di circa 1,90 e 2,04 g/10, quindi con una sostanziale riduzione (dal 19,6 al 21 %) rispetto all'accelerazione massima precedentemente prevista per la Zona 2, che era come detto  $a_g = 0.25$  ovvero 2,5 g/10.

L'accelerazione di base da prendere in considerazione dipenderà inoltre dalle caratteristiche progettuali dell'opera: maggiore è l'importanza dell'opera, maggiore è il tempo di ritorno da prendere in considerazione secondo una stima probabilistica che si manifesti l'evento sismico, ed al tempo di ritorno è associato uno specifico valore dell'accelerazione di base. Tali dati sono facilmente ricavabili dal programma “Spettri – NTC” pubblicato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'accelerazione in superficie può tuttavia essere anche notevolmente amplificata dalle condizioni stratigrafiche e morfologiche di sito: dall'analisi e dalla valutazione integrata di tutti gli elementi geologico-stratigrafici e morfologici acquisiti e dalle indagini geofisiche e geotecniche disponibili o all'uopo eseguite, possono essere qualitativamente evidenziate le aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito.

La valutazione preliminare degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico consente di rappresentare:






1. I probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte;
2. la presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
3. i contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
4. l'accentuazione della instabilità dei pendii;
5. i terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
6. i terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali;

Tale valutazione viene rappresentata attraverso la realizzazione della cartografia delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) che individua qualitativamente gli elementi in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

E' stata quindi realizzata, solo per le aree interessanti i centri abitati definite secondo le istruzioni contenute nel progetto VEL della Regione Toscana, la carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL). Dato che il Comune è inserito nella Zona sismica 2 di cui alla Del GRT. 431 del 19/06/2006 sono stati indagati tutti i possibili scenari richiamati negli ALL.ti 1 e 2 alle Direttive del Regolamento 26/R di seguito riportati.



## ALLEGATO 1.

Simbologia	Tipologia delle situazioni	Possibili effetti
1	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
2A	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
2B	Zone potenzialmente franose <sup>1</sup>	
3	Zona caratterizzata da movimenti franosi inattivi	
4	Zone con terreni particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, riporti poco addensati)	Cedimenti diffusi
5	Zone con terreni granulari fini poco addensati, saturi d'acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5m dal p.c.	Possibili fenomeni di liquefazione
 6	Zona di ciglio H > 10m costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco, orli di terrazzo e/o di scarpata di erosione (buffer di 10m a partire dal ciglio)	Amplificazione sismica dovuta ad effetti topografici
 7	Zona di cresta rocciosa sottile (buffer di 20m) e/o cocuzzolo	
 8	Zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (buffer di 20m a partire dal contatto verso la valle)	Amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte
9	Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica
10	Zona con presenza di coltri detritiche di alterazione del substrato roccioso e/o coperture colluviali	
11	Aree costituite da conoidi alluvionali e/o con detritici	
 12	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (buffer di 20m)	Amplificazione differenziata del moto del suolo e dei cedimenti; meccanismi di focalizzazione delle onde
 13	Contatti tettonici, faglie, sovrascorimenti e sistemi di fratturazione (buffer di 20m)	

<sup>1</sup> versanti con giacitura a frangipoggio meno inclinata del pendio, versanti con giacitura a reggipoggio ed intensa fratturazione degli strati, pendii con pendenza media >25% (se con falda superficiale >15%) costituiti da sabbie sciolte, argille, limi soffici e/o detriti

## ALLEGATO 2

	Zone sismiche di riferimento*		
	Zona 2	Zona 3S	Zona 3
Movimenti franosi attivi (1)	S4	S4	S4
Movimenti franosi quiescenti (2A)	S3	S3	S3
Zone potenzialmente franose (2B)	S3	S3	S3
Movimenti franosi inattivi (3)	S2	S2	S2
Cedimenti diffusi in terreni particolarmente scadenti (4)	S3	S3	S3
Terreni suscettibili a liquefazione (5)	S4	S3	--
Amplificazione per effetti topografici (6, 7)	S2	S2	--
Amplificazione per morfologie sepolte (8)	S3	S3	S3
Amplificazione per effetti stratigrafici (9,10, 11)	S3	S3	S2
Contatti tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (12)	S3	S3	S3
Faglie e/o strutture tettoniche (13)	S3	S3	S3

Con riferimento ai citati Allegati ed agli elementi sopra riconosciuti e mappati a supporto del P.S., sono state attribuite le seguenti pericolosità sismiche:

<b>ELEMENTO</b>	<b>GRADO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>Possibili effetti</b>
Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi (1)	<b>Molto elevata S4</b>	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti (2A)	<b>Elevata S3</b>	
Zona di ciglio H > 10m costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco, orli di terrazzo e/o di scarpata di erosione (6)	<b>Media S2</b>	Amplificazione sismica dovuta ad effetti topografici
Zona di cresta rocciosa sottile e/o cocuzzolo (7)	<b>Media S2</b>	
Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti (9)	<b>Elevata S3</b>	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica
Zona con presenza di coltri detritiche di alterazione del substrato roccioso e/o coperture colluviali (10)	<b>Elevata S3</b>	
Aree costituite da conoidi alluvionali e/o con detritici (11)	<b>Elevata S3</b>	
Faglie (13)	<b>Elevata S3</b>	Amplificazione differenziata del moto del suolo e dei cedimenti; meccanismi di focalizzazione delle onde

In particolare non sono stati riconosciuti come esistenti e pertinenti gli elementi geomorfologici rappresentati da:

- (2B) zone potenzialmente franose
- (3) zone caratterizzate da movimenti franosi inattivi;
- (4) zone con terreni particolarmente scadenti;
- (5) zona con terreni granulari fini poco addensati saturi d'acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5 m dal p.c.;
- (8) zone di bordo della valle e/o zone di raccordo con il versante
- (12) zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;

Inoltre sono da riportare alcune notazioni:

- non sono stati individuati riporti poco addensati di spessore rilevante nelle aree dei maggiori centri abitati. Quindi i riporti presenti nelle aree abitate sono stati associati alla classe di sismicità dell'elemento geologico-morfologico sul quale insistono;

- tutta la "conoide" di Barga è stata considerata come "zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti (9)", in accordo alla precisazione, ancorché informale, del Servizio Sismico regionale, secondo la quale per "Depositati alluvionali granulari e/o sciolti" devono intendersi praticamente tutti i depositi "granulari sciolti, poco o mediamente addensati, molto addensati e depositi coesivi poco, mediamente e molto consistenti", depositi che, secondo il D.M. 14 Gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni, ricadono nelle categorie di suolo di fondazione B, C, D ed anche in E; si deve anche sottolineare che in alcune zone le argille ed i conglomerati di Barga, soprattutto questi ultimi, pur essendo depositi fluviolacustri che a rigore sono ricompresi nella tipologia (9), in virtù dell'elevato grado di sovraconsolidazione e/o di cementazione possiedono caratteristiche geomeccaniche e geofisiche tali da poter essere assimilabili ad un bedrock sismico. In tal caso possono verificarsi, qualora la copertura abbia spessore maggiore di 3 m e velocità inferiori a 360 m/sec, le condizioni amplificative più severe tipiche della categoria di sottosuolo E.

- benché tutte le informazioni di carattere sismico indichino un grado di addensamento notevole, non è escluso che alcuni tratti di scarpata del conoide di Barga possano essere riconducibili alla situazione 2B (zone potenzialmente franose). In ogni caso la pericolosità sismica risulterebbe S3, che è comunque già prevista dalla situazione 9 (zona con presenza di depositi alluvionali granulari).

## **8. LA CARTA DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO**

### **8.1. Generalità**

Ad integrazione della cartografia prodotta ed in particolare ad affinamento della carta delle ZMPSL è stata realizzata anche una Carta delle Categorie di Sottosuolo, al fine di agevolare, per le costruzioni di modesta entità, l'ottemperanza alle norme tecniche allegate all'O.P.C.M. n° 3274/03, successivamente assorbite dal D.M. 14 Gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*.

Infatti, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico causata dalle condizioni stratigrafiche del sito, nel D.M. 14 Gennaio 2008, che per quanto concerne le categorie di sottosuolo ha ripreso pressoché integralmente – con qualche modifica – i contenuti dell'O.P.C.M. n° 3274/03, viene evidenziato come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{sh}$  all'interno delle coperture.

Nel D.M. 14 Gennaio 2008 viene evidenziato che, “*ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi*” di risposta sismica locale: in mancanza di tali studi nelle *Norme tecniche per le costruzioni* si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) *categorie di sottosuolo* a diversa rigidezza sismica, caratterizzate da velocità  $V_{s30}$  (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti o da contrasti di rigidezza sismica particolari nei primi 20 m sotto la superficie del terreno (categoria E), che determinano diverse condizioni amplificative e diverse “deformazioni” dello spettro di risposta:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/sec, 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  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- 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 m/sec e 360 m/sec ( $15 < N_{spt30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

- D) ***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati, o 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  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/sec (ovvero  $N_{spt30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- E) ***Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m***, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s30} > 800$  m/sec).

In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 100 m/sec (ovvero  $10 < c_{u30} < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- S2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle classificazioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (1)$$

Senza entrare nel dettaglio, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito da quattro espressioni (periodi  $T$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ ,  $T_d$ ), ciascuna delle quali è funzione di alcuni parametri tra cui:

$a_g$  : l'accelerazione di base (che dipende dalla collocazione del sito);

$\eta$ : il fattore di alterazione dello spettro elastico;

$F_0$ : il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima (che dipende dalla collocazione del sito);

$T_c = C_c \times T_c^*$  il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (in cui  $C_c$  dipende dalla categoria di sottosuolo e  $T_c^*$  dipende dalla collocazione del sito);

S: il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione:

$$S = S_s * S_t \quad \text{in cui}$$

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica (che dipende dalla categoria di sottosuolo)

$S_t$  = coefficiente di amplificazione topografica (che dipende dalla posizione topografica del sito)

In mancanza di indagini di risposta sismica locale è quindi di primaria importanza l'individuazione della esatta categoria di sottosuolo, perché quest'ultima condiziona fortemente la forma dello spettro di risposta: è pertanto necessario misurare la velocità  $V_{s30}$ , cosa che può essere ottenuta sia con prospezioni sismiche a rifrazione con onde P e onde Sh, sia con prospezioni sismiche in foro tipo downhole o crosshole, sia infine, indirettamente dal numero di colpi della prova SPT in fori di sondaggio. Quest'ultima metodologia è comunque fortemente sconsigliata, sia nello stesso D.M. 14 Gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*, sia anche dal Servizio sismico della Regione Toscana, in quanto i valori di correlazione  $N_{spt}/V_s$  sono alquanto dispersi.

Per la misura delle velocità  $V_{s30}$  e la definizione delle categorie di sottosuolo del territorio comunale si è utilizzata la metodologia sperimentata e adottata nell'ambito del Programma V.E.L. (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana in Garfagnana, Lunigiana e Valtiberina, basata su misure sistematiche degli spessori delle coperture e delle velocità delle onde sismiche trasversali con sismica a rifrazione con onde di taglio SH e prove downhole, rigidamente codificate da specifici capitolati. La lunghezza della linea per ottenere informazioni certe su uno spessore di 30 m è dell'ordine di 120 m.

Sono state pertanto reperite dai dati esistenti ed integrate con nuove un certo numero di prospezioni distribuite sul territorio comunale in modo da avere una copertura sufficientemente estesa in relazione alle caratteristiche litologico-stratigrafiche del terreno ed alle previsioni urbanistiche.

In base alle velocità  $V_{s30}$  rilevate i vari siti indagati sono stati classificati in una delle 5 tipologie previste dalle *Norme tecniche per le costruzioni*: la classificazione è stata poi estesa alle aree per le quali viene redatta la carta delle ZMPSL, interpolando i dati puntuali ottenuti dalle prospezioni

sismiche ed integrandoli con altri dati stratigrafici desumibili dalle banche dati regionali e da quelle degli scriventi.

Nella cartografia allegata l'attribuzione certa della categoria di profilo stratigrafico è limitata ad un intorno significativo dell'area indagata, mentre il rimanente è presunto sulla base delle informazioni stratigrafico-geotecniche disponibili. E' evidente che tale metodologia si adatta bene ai territori di pianura ed in generale laddove esistono informazioni geologiche e geotecniche sufficienti a garantire l'uniformità di comportamento dei depositi e delle varie formazioni geologiche sotto il profilo sismico, e quindi l'estrapolabilità del dato sismico rilevato agli intorni significativi: il processo diviene ovviamente più critico nelle aree collinari e montuose, dove le eterogeneità stratigrafiche e di rigidità sismica dei terreni possono essere elevate, specie in presenza di coperture detritiche di spessore difficilmente valutabile a priori, in assenza di indagini specifiche.

La Carta delle Categorie di Sottosuolo proposta non costituisce pertanto una Carta di Microzonazione Sismica: questa infatti necessita di approfondimenti sismologici e sismici di impegno economico ben più elevato, con definizione dell'accelerogramma di riferimento (terremoto di progetto), effettuazione di indagini geotecniche dinamiche per la valutazione del fattore di smorzamento del terreno e degli altri parametri geomeccanici, misura della velocità delle onde S ed infine valutazione dell'amplificazione locale con modelli monodimensionali o bidimensionali tipo Proshake, Onda, Quad etc.. Essa, unitamente alla carta delle ZMPSL, può essere equiparata alla Microzonazione sismica di 1° Livello prevista dagli *“Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”*, che sono attualmente in corso di definizione da parte del Dipartimento della Protezione Civile e della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome.

In ogni caso la “Carta delle Categorie di Sottosuolo” rappresenta un elemento di supporto alla redazione di cartografie adeguate alle normative regionali e provinciali (LR 26/R e P.T.C.P.), e, soprattutto, costituisce per gli Amministratori ed ai Progettisti uno strumento di lettura del territorio immediato in relazione alle prescrizioni del D.M. 14 Gennaio 2008 - *Norme tecniche per le costruzioni*.

Le misure di Vs eseguite per il presente lavoro potranno in ogni caso essere utilizzate per valutazioni del reale fattore amplificativo locale, ovvero a supporto di indagini di risposta sismica locale più approfondite, cioè per confrontare il reale spettro di risposta al sito con quello previsto dalla normativa in base alla categoria di sottosuolo rilevato.

Ovviamente lo studio sismico e la relativa cartografia non possono essere considerati esaustivi, basandosi su un limitato numero di profili sismici in

ambiti ritenuti geologicamente omogenei: l'indagine costituisce quindi un primo screening territoriale che potrà essere via via integrato ed aggiornato attraverso l'acquisizione di nuovi dati derivanti dalle indagini di supporto ai Piani Urbanistici Attuativi o da progetti di privati. In quest'ottica appare auspicabile un aggiornamento almeno annuale della cartografia.

## 8.2. Aree indagate

Sono state realizzate appositamente n. 5 prospezioni sismiche, elencate nella tabella A, tutte ubicate nelle zone di prevista espansione urbanistica o di completamento indicate dall'Amministrazione. Le prospezioni sono state eseguite dalla Geoprove di Pietro Barsanti, Alessandro Petroni & C. S.a.s.: per la metodologia esecutiva e di elaborazione si rimanda allo specifico rapporto di cui all'ALL. GEO 2.

TABELLA A

<b>SIGLA</b>	<b>Località</b>
<b>ST1 2008</b>	Pian Grande
<b>ST2 2008</b>	Nebbianella
<b>ST3 2008</b>	Fornaci di Barga
<b>ST4 2008</b>	Castelvecchio Pascoli
<b>ST5 2008</b>	Cestoni

A queste vanno aggiunte le prospezioni effettuate nelle seguenti aree per conto del Comune di Barga o di privati, oppure ancora nell'ambito dei progetti di valutazione del rischio sismico della Regione Toscana (V.E.L. Garfagnana o DOCUP):

TABELLA B

<b>SIGLA</b>	<b>Località</b>
<b>ST1</b>	Barga
<b>ST2</b>	Renaio
<b>ST3</b>	Tiglio Alto
<b>ST4</b>	Bebbio
<b>ST1</b>	Villa Gherardi
<b>ST6VEL</b>	Fornacetta
<b>ST7VEL</b>	Fornacetta
<b>ST8VEL</b>	Fornacetta
<b>ST9VEL</b>	S. Piero in Campo
<b>ST10VEL</b>	S. Piero in Campo



<b>ST11VEL</b>	Mologno
<b>ST12VEL</b>	Orsucci
<b>ST13VEL</b>	PIP Chitarrino
<b>ST14VEL</b>	Fornaci di Barga
<b>ST15VEL</b>	Piano delle Pedone
<b>ST16VEL</b>	Bardani
<b>ST17VEL</b>	Menchi di Sotto
<b>ST18VEL</b>	Ponte all'Ania
<b>ST19VEL</b>	Loppia Sopra
<b>ST20VEL</b>	Ospedale S. Francesco
<b>ST21VEL</b>	Ospedale S. Francesco
<b>ST22VEL</b>	Scuola media Mordini

### 8.3. Le categorie di sottosuolo

Per quanto concerne il calcolo di  $V_{s30}$ , effettuato secondo la relazione (1), si è considerato che la fondazione sia appoggiata un metro sotto la superficie attuale del terreno. In base ai risultati ottenuti si sono desunte le seguenti categorie di sottosuolo:

<b>Località</b>	<b>Categoria di sottosuolo</b>	<b>Velocità media <math>V_{s30}</math></b>
Pian Grande	<b>B</b>	<b>751÷800</b>
Nebbianella	<b>B</b>	<b>757÷788</b>
Fornaci di Barga	<b>B</b>	<b>493÷552</b>
Castelvecchio Pascoli	<b>B</b>	<b>762÷784</b>
Cestoni	<b>B</b>	<b>622÷656</b>

Per le prospezioni effettuate in precedenza e riferite a lavori diversi dal presente, si ha invece:

<b>SIGLA</b>	<b>Categoria di sottosuolo</b>	<b>Velocità media <math>V_{s30}</math></b>
<b>ST1</b>	<b>A=&gt;B</b>	<b>677-884</b>
<b>ST2</b>	<b>E</b>	<b>450-629</b>
<b>ST3</b>	<b>B=&gt;A</b>	<b>762-780</b>
<b>ST4</b>	<b>A</b>	<b>792-838</b>

<b>ST6VEL</b>	<b>B</b>	<b>701-717</b>
<b>ST7VEL</b>	<b>B=&gt;A</b>	<b>717-762</b>
<b>ST8VEL</b>	<b>B</b>	<b>521-535</b>
<b>ST9VEL</b>	<b>B</b>	<b>580-610</b>
<b>ST10VEL</b>	<b>B</b>	<b>494-618</b>
<b>ST11VEL</b>	<b>B=&gt;A</b>	<b>675-806</b>
<b>ST12VEL</b>	<b>B=&gt;E</b>	<b>592-759</b>
<b>ST13VEL</b>	<b>B</b>	<b>420-476</b>
<b>ST14VEL</b>	<b>B</b>	<b>400-609</b>
<b>ST15VEL</b>	<b>B</b>	<b>396-506</b>
<b>ST16VEL</b>	<b>B</b>	<b>458-624</b>
<b>ST17VEL</b>	<b>B</b>	<b>532-586</b>
<b>ST18VEL</b>	<b>B</b>	<b>554-588</b>
<b>ST19VEL</b>	<b>B</b>	<b>590-653</b>
<b>ST20VEL</b>	<b>B</b>	<b>506-523</b>
<b>ST21VEL</b>	<b>B</b>	<b>448-494</b>
<b>ST22VEL</b>	<b>B</b>	<b>634-661</b>

Per maggiori specifiche tecniche riguardo i dati acquisiti si rimanda all' ALL. GEO 2 dove sono riportate le elaborazioni delle prospezioni sismiche.

<b>Sondaggio</b>	<b>Località</b>	<b>Categoria di sottosuolo</b>	<b>Velocità media Vs30</b>
<b>S1</b>	<b>Scuola Elementare Barga</b>	<b>B</b>	<b>550</b>
<b>S2</b>	<b>Scuola Elementare Fornaci di Barga</b>	<b>B</b>	<b>464</b>
<b>S3</b>	<b>Scuola Media Fornaci di Barga</b>	<b>C</b>	<b>288</b>
<b>S4</b>	<b>Scuola Materna Fornaci di Barga</b>	<b>C</b>	<b>311</b>
<b>S5</b>	<b>Scuola Elementare Filecchio</b>	<b>B</b>	<b>422</b>
<b>S6</b>	<b>Scuola Magistrale Barga</b>	<b>B</b>	<b>540</b>
<b>S7</b>	<b>Scuola Materna – Elem, Filecchio</b>	<b>B</b>	<b>628</b>
<b>S8</b>	<b>Mologno</b>	<b>B</b>	<b>752</b>
<b>S13</b>	<b>Loppia</b>	<b>B</b>	<b>543</b>

Ove disponibili i dati di prove downhole eseguite nei sondaggi realizzati nell'ambito dei progetti VEL e DOCUP della Regione Toscana, si è ovviamente fatto riferimento al valore di  $V_{s30}$  desunto da questo tipo di prove, maggiormente attendibile.

In sostanza il territorio del Comune di Barga contempla i seguenti profili stratigrafici:

1. **Categoria di sottosuolo tipo A**, corrispondenti alle zone di versante con affioramento o subaffioramento del bedrock sano, caratterizzate da velocità  
 $V_{s30} \geq 800$  m/sec (nessuna amplificazione del moto sismico);
2. **Categoria di sottosuolo tipo B**, corrispondenti alle zone caratterizzate da potenti coltri alluvionali recenti o antiche o di origine fluviolacustre o da coltri di alterazione del substrato con velocità delle  $V_{s30}$  comprese tra 360÷800 m/sec (media amplificazione del moto sismico).
3. **Categoria di sottosuolo tipo C**, corrispondenti alle zone caratterizzate da potenti coltri alluvionali recenti o antiche o di origine fluviolacustre o da coltri di alterazione del substrato con velocità delle  $V_{s30}$  comprese tra 180÷360 m/sec (media amplificazione del moto sismico). Questa categoria di sottosuolo è stata rilevata esclusivamente nella zona delle Scuole Elementare e Materna di Fornaci di Barga.
4. **Categoria di sottosuolo tipo E**, corrispondenti alle zone di versante o di fondovalle caratterizzate da coltri di alterazione, detritiche o alluvionali a bassa velocità delle  $V_{sh}$  (inferiore a 360 m/sec), di spessore compreso tra 3 e 20 m, sovrastanti il bedrock ad elevata velocità delle  $V_{sh}$  ( $\geq 800$  m/sec) (medio-alta amplificazione del moto sismico). Si tenga presente che le fasce tipo E cartografate al contatto tra gli affioramenti rocciosi dei rilievi collinari ed i depositi alluvionali e/o fluviolacustri non hanno un significato geometrico preciso: stanno semplicemente ad indicare la possibilità di una laminazione del deposito alluvionale o fluviolacustre al di sopra del bedrock fino a rientrare nello spessore critico (5÷20 m), con passaggio dalla categoria tipo B o C alla categoria tipo E. Sono state attribuite alla categoria E anche le coperture detritiche e le frane quiescenti, anche se in molti casi si potrebbe eccedere lo spessore massimo di 20 m indicato per questa categoria di suolo.

La categoria di sottosuolo B interessa la maggior parte della zona sud del territorio comunale: si aggiunga che, escludendo il settore nordorientale del

territorio, in cui affiora l'arenaria "macigno", tutte le indagini sismiche eseguite (VEL, DOCUP e le prospezioni realizzate per il presente studio) escludono la presenza del substrato roccioso lapideo entro i primi 100÷130 m, mentre localmente i depositi fluviolacustri conglomeratici, qualora caratterizzati da  $V_s \geq 800$  m/sec, possono rappresentare il bedrock sismico già a piccole profondità.

Per quanto attiene invece la vecchia normativa sismica (applicabile fino al 30 giugno 2009) ed il coefficiente di fondazione  $\varepsilon$ , volendo tener conto delle indicazioni a suo tempo fornite dal Servizio Sismico della Regione Toscana nell'ambito dei progetti di adeguamento sismico degli edifici definiti "strategici" (scuole etc.), si consiglia di adottare la seguente correlazione tra il coefficiente stratigrafico  $S_s$  del D.M. 14 Gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni* ed il coefficiente  $\varepsilon$  del D.M. 16/01/96:

Categorie di sottosuolo	Fattore amplificativo $S_s$	Coefficiente di fondazione $\varepsilon$
A	1,0	1,0
B	1,0÷1,2	1,15
C	1,0÷1,5	1,15
E	1,0÷1,6	1,3

Per quanto concerne invece l'amplificazione sismica causata da fattori topografici, nelle *Norme tecniche per le costruzioni* è specificatamente prevista, per situazioni topografiche semplici, la seguente classificazione:

Categoria Topografica	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 $15^\circ \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$

I coefficienti di amplificazione topografica  $S_T$  assumono di conseguenza i seguenti valori:

Categoria Topografca	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del pendio	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nella vecchia normativa (D.M. 16/01/1996) non si fa riferimento alle condizioni morfologiche del sito: pertanto si raccomanda per le costruzioni su pendio l'adozione di coefficienti di fondazione adeguatamente maggiorati.

In merito al potenziale di liquefazione dei terreni sotto scuotimento sismico, fenomeno che può verificarsi in terreni sabbiosi monogranulari sotto falda limitatamente ai primi 10÷15 m dalla superficie del terreno a causa della progressiva riduzione delle tensioni efficaci, può in prima analisi essere definito, salvo accertamenti specifici in sede di intervento diretto, da basso a nullo nei territori caratterizzati dalla Categoria di sottosuolo tipo B, sia in base al criterio granulometrico, sia in base al criterio dello stato di addensamento. Negli eventuali depositi tipo C ed E è comunque necessaria una valutazione puntuale del potenziale di liquefazione. Ad esempio lo studio specifico effettuato dall'Ing. Diego Lo Presti del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Pisa nella zona delle Scuole Elementare e Materna di Fornaci di Barga, dove deve essere realizzato il nuovo complesso scolastico, zona caratterizzata da terreni di mediocri caratteristiche geomeccaniche (vedi prove CPTU n° 29÷31 e sondaggi VEL S3 ed S4 – categoria di sottosuolo C), si conclude come segue: “ sono da escludere, sulla base delle indagini eseguite, il verificarsi di fenomeni di vera liquefazione generalizzati su tutta l'area; non è possibile escludere il verificarsi di fenomeni minori di liquefazione (getti d'acqua, rammollimenti e cedimenti localizzati)”.

Analogamente non si ravvedono situazioni litologico-stratigrafiche (terreni prevalentemente sabbiosi a granulometria eterogenea molto sciolti e/o depositi di terreni con caratteristiche fisico-meccaniche particolarmente scadenti) tali da poter determinare apprezzabili cedimenti del suolo per fenomeni di addensamento sotto scuotimento sismico: sono invece possibili modesti cedimenti differenziali nei casi in cui si passi dal bedrock rigido ad una copertura detritica e/o alluvionale molto sciolta (fascia tipo E precedentemente descritta). In sede di intervento diretto sarà quindi necessaria una valutazione accurata dello spessore e della consistenza della copertura, con eventuale spostamento del fabbricato in progetto o l'adozione di tipologie fondazionali particolari.

## 9. PERICOLOSITA' IDRAULICA

### 9.1. Le verifiche idrauliche

Molti dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale sono stati oggetto di studi idrologico-idraulici.

Studi precedenti alla formazione del presente P.S. risultano essere stati condotti sui seguenti corsi d'acqua:

- F. Serchio (Autorità di Bacino F. Serchio)
- F. Serchio (Amministrazione Provinciale di Lucca)
- T. Ania (Comune di Barga)
- T. Loppora (Comune di Barga)
- R. Fontanamaggio (Comune di Barga)
- Rio Giuvicchia (Comune di Barga)
- Rio Caterozzo (Comune di Barga)
- Rio del Chitarrino (Comune di Barga)
- Rio del Chitarrino (Amministrazione Provinciale di Lucca)

A supporto del P.S. sono state inoltre condotte verifiche idrauliche su una serie di corsi d'acqua minori (tutti comunque sottendenti bacini di estensione  $\geq 0.2$  kmq), al fine di verificare lo stato di pericolosità lungo i tratti finali attraversanti centri abitati. I corsi d'acqua minori presi in considerazione sono: Rio Fontana Maggio, Rio della Giuvicchia, Rio Zanesi, Rio Orso, Rio del Caterozzo, Rio di Nebbiana, Rio del Chitarrino, Rio Sartoiani, Solco di S. Maria e Rio delle Romite.

La metodologia di studio ed i risultati emersi sono contenuti in apposita relazione (V. ALL. GEO 3). Con riferimento a questo studio nella tabella che segue si elencano brevemente i corsi d'acqua le cui modellazioni idrauliche hanno evidenziato una qualche criticità in termini esondativi.

## ESONDAZIONE

CORSO D'ACQUA	Tr 20	Tr 30	Tr 200
Rio Fontana Maggio	no	no	si
Rio della Giuvicchia	no	no	si
Solco di Santa Maria	si	si	si
Rio delle Romite	si	si	si
Rio di Nebbiana	si	si	si

Gli studi recentemente svolti per conto dell'A.C. sui torrenti Ania e Loppora sono riportati negli allegati ALL. GEO 3 e ALL. GEO 4 .

### **9.2. La carta delle aree allagabili**

Sulla base dei dati forniti dagli studi esistenti, implementati con le nuove verifiche effettuate, è stata realizzata la Carta delle aree allagabili (Elaborato G10).

Sono state indicate le aree di fondovalle raggiungibili dalla piena con tempo di ritorno pari a 30 anni e da quella con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Dato che per i corsi d'acqua maggiori non esiste una perimetrazione ufficiale relativa alle aree allagabili per eventi con tempo di ritorno pari a 20 anni (Tr20), vista la ristrettezza dei tratti vallivi interessati che limita fisicamente le differenze tra allagamenti di diversa portata, si può assumere in via cautelativa che, per i fini normativi, le aree interessate dalla piena con Tr 20 corrispondano a quelle indicate per la piena con Tr30.

### **9.3. La Carta della pericolosità idraulica secondo il Regolamento 26/R**

La Carta della pericolosità idraulica (Elaborato G11) è stata redatta nel rispetto del Regolamento 26/R del 2007, il quale individua le seguenti 4 categorie di pericolosità:

- ⊖ **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** rientrano nella pericolosità idraulica molto elevata le aree, esterne all'alveo fluviale, interessabili da allagamenti per eventi con  $Tr \leq 30$  anni indotti dal Serchio o dai suoi affluenti.
- **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** rientrano nelle aree a pericolosità idraulica elevata le aree, esterne all'alveo fluviale, interessate dall'involuppo degli allagamenti da eventi con  $30 < Tr \leq 200$  anni indotti dal Serchio o dai suoi affluenti.
- **Pericolosità idraulica media (I.2):** rientrano nelle aree a pericolosità idraulica media le aree di fondovalle interessabili da allagamenti con  $Tr > 200$  anni. Nelle zone non coperte da studi idraulici, sono state inserite in questa classe le aree di fondovalle per le quali non erano noti eventi esondativi o di ristagno, salvo quelle caratterizzate da alveo mobile, già inserite in apposita classe
- **Pericolosità idraulica bassa (I.1):** rientrano nelle aree a pericolosità idraulica bassa le aree collinari prospicienti la pianura prive di notizie storiche di inondazione e poste in situazione di alto morfologico. Sono state inserite in classe di pericolosità II le aree collinari, montuose e quelle situate sui conoidi maggiori in quanto ben differenziabili dal fondovalle dal punto di vista altimetrico.

Per conformità con le cartografie dell'Autorità di Bacino del Serchio tanto all'alveo attivo dei principali corsi d'acqua quanto alle aree destinate a casse di espansione non sono state attribuite specifiche categorie di pericolosità. Questi elementi territoriali sono stati, infatti, semplicemente assoggettati alle disposizioni previste dal Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.).

#### 9.4. La carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali

Nell'elaborato G12 sono riportati gli ambiti e le aree di pertinenza dei corsi d'acqua principali. Più in particolare gli elementi presenti in carta sono:

- **alveo fluviale in modellamento attivo ( $a_0$ ):** comprende la porzione dell'alveo raggiungibile dalle piene stagionali, che quindi non necessariamente corrisponde al letto di magra, ma che risulta comunque attualmente in modellamento attivo. Tale ambito è stato individuato per i seguenti corsi d'acqua: F. Serchio, T. Corsonna, Fosso di Rivilese, Rio Montebuono, Rio Latrani, T. Loppora, T. Loppora di Tiglio, T. Ania.e Iserone. Per il fondovalle del F. Serchio e degli affluenti principali è



stata utilizzata la nuova perimetrazione effettuata dall'Autorità di Bacino sulla base di recenti rilievi laser scanner;

- **aree di naturale esondazione e di tutela dei caratteri ambientali dei corsi d'acqua (a<sub>e</sub>):** aree essenzialmente di fondovalle caratterizzate da indicatori idrogeomorfologici naturali, riconoscibili in loco o da fotointerpretazione, nelle quali il legame con il corso d'acqua è ancora evidente, a prescindere dalla presenza di interventi antropici e dalle condizioni di pericolosità idraulica derivanti tanto dai dati storici quanto da verifiche idrauliche. Tali aree sono state individuate lungo i seguenti corsi d'acqua: F. Serchio, T. Corsonna, T. Loppora, Rio Latrani, T. Ania. Anche in questo caso si è ritenuto di riprendere la nuova perimetrazione effettuata dall'Autorità di Bacino;
- **aree di pertinenza fluviale collocate oltre rilevati infrastrutturali o morfologicamente più elevate (P2a):** comprendono le aree di naturale esondazione collocate oltre rilevati ferroviari o stradali, oppure situate in posizione morfologica più elevata rispetto alle altre, perimetrata nella cartografia del PAI, come variate con Decreto del Segretario Generale n. 3432 del 24/10/2008 ("*Carta di riferimento delle normative di Piano nel settore del rischio idraulico*");

In questa carta è presente anche il censimento delle opere idrauliche presenti lungo il F. Serchio ed i suoi affluenti, che rappresenta la sintesi delle conoscenze ad oggi disponibili, derivate dalla consultazione delle seguenti fonti, in parte bibliografiche e in parte interpretative: vecchio Piano Strutturale del Comune di Barga (aprile 1996); documentazione della Comunità Montana/Consorzio di Bonifica; ortofoto dei maggiori tratti vallivi fornite dall'Autorità di Bacino del F. Serchio; immagini da satellite (Google Earth).

Le opere idrauliche sono state distinte in tre categorie: difese radenti di sponda, difese trasversali sporgenti e difese trasversali non sporgenti. In particolare laddove dai dati raccolti è stato possibile, tale suddivisione è stata raffinata specificando nel dettaglio la tipologia di opera di intervento (indicata nel campo "tipo" della tabella dello shapefile relativo). Di seguito si propone, per maggiore chiarezza, la descrizione delle varie tipologie di opere censite:

**Difese radenti di sponda.** Sono opere disposte parallelamente all'andamento del corso d'acqua e lungo la sponda da difendere o da ricostruire, con lo scopo di sostituire al terreno naturale una struttura resistente all'azione erosiva della corrente. Nel dettaglio le difese radenti di sponda che sono state segnalate nella carta sono state le seguenti: muro di sponda, arginatura.

**Difese trasversali sporgenti** Sono opere disposte trasversalmente al corso d'acqua che possono attraversare totalmente o parzialmente la sezione del corso d'acqua, con l'obiettivo di proteggere le sponde o l'alveo dall'azione erosiva della corrente secondo differenti modalità. Nel dettaglio le difese trasversali sporgenti che sono state segnalate nella carta sono state le seguenti: pennelli o repellenti, briglie, controbriglie, traverse.

**Difese trasversali non sporgenti.** Le difese trasversali non sporgenti sono opere che attraversano totalmente la sezione dei corsi d'acqua. Tra queste, nel dettaglio sono state censite le soglie.

## 10. BIBLIOGRAFIA

### ***PUBBLICAZIONI CITATE O CONSULTATE***

- AUTORITÀ DI BACINO DEL F. SERCHIO: *Carta della franosità del Bacino del F. Serchio (scala 1:10.000); Carta dei fenomeni franosi e della pericolosità geomorfologica (scala 1:25.000); Carta delle aree di pertinenza fluviale e lacuale (scala 1:50.000); Carta degli interventi per la riduzione del rischio idraulico (scala 1:10.000); Carta di riferimento delle norme di Piano nel settore del rischio idraulico (scala 1:10.000).*
- AUTORITÀ DI BACINO DEL F. SERCHIO: *Riperimetrazione di un'area posta in Comune di Barga, frazione di Castelvechio Pascoli. Decreto Segretario Generale prot. 3019 del 29 settembre 2006.*
- AUTORITÀ DI BACINO DEL F. SERCHIO: *Riperimetrazione di un'area posta in Fornaci di Barga (Comune di Barga) cartografata come P2a nella "carta di riferimento delle norme di Piano nel settore del rischio idraulico" allegata al piano di bacino stralcio "Assetto Idrogeologico". Decreto Segretario Generale prot. 3432 del 24 ottobre 2008.*
- BALDACCI F.: *Schema idrogeologico del sistema acquifero carbonatico. Bacino del F. Serchio chiuso alla sezione di Borgo a Mozzano. Mem. Soc. Geol. It., vol. XII, 1993*
- BIENIAWSKI Z.T.: *Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley & Sons, New York, 1989*

- CALISTRI M.: *Il Pliocene fluvio-lacustre della conca di Barga*. Mem. Soc. Geol.It., 13, 1974
- COCCHI I.: *Carta Geologica delle Alpi Apuane*. Scala 1: 50.000, Castelnuovo di Garfagnana, 1873
- COLTORTI M. & PIERUCCINI P.: *The record of Plio-Pleistocene Uplift and Mountain Building in the fluvial sequence of Barga Basin (Northern Apennines, Tuscany)*. *Quaternary International - Proceedings of the International Meeting & apos; FLAG-SEQS 2004"*. Siena, set. 2004.
- D'AMATO AVANZI G. & PUCCINELLI A.: *La valle villafranchiana della Turrite di Gallicano (Val di Serchio) e le sue implicazioni neotettoniche*. Suppl. Geogr. Fis. Din. Quat. Vol. 1, 1988.
- DE STEFANI C.: *Carta Geologica di parte delle Alpi Apuane*. Scala 1:75.000, 1878
- LANDI E., RAVANI S. SARTI G. & SODINI M.: *The Villafranchian deposits of the Castelnuovo Garfagnana and the Barga Basin (Lucca, Tuscany, Italy): facies analysis and paleoenvironmental reconstruction*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem,108, 2002-2003.
- NARDI R.: *Carta geologica della zona tra Pania della Croce, Gallicano e Castelnuovo di Garfagnana (Alpi Apuane)*. Boll. Soc. Geol. It vol.LXXX fasc.2, scala 1:25.000, 1961.
- NARDI R.: *Schema geologico dell'Appennino Tosco-emiliano tra il M. Cusna e il M. Cimone*. Boll. Soc. Geol. It vol. LXXXIV fasc.5, scala 1:100.000, 1965.
- NARDI R., POCHINI A., PUCCINELLI A.: *Carta geologica e geomorfologica della Garfagnana (Lucca) con indicazioni di stabilità*. Elementi vari - in: Progetto di Terremoto in Garfagnana e in Lunigiana. C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti e Regione Toscana. 1985-1989.
- PERILLI N., PUCCINELLI A., SARTI G. & D'AMATO AVANZI G. : *Villafranchian deposits of the Barga and Castelnuovo Garfagnana basin (Tuscany, Italy): lithostratigraphy and sedimentary features: Il Quaternario*, 17 (2/1), 2004.

- POZZI R. & CLERICI A.: *Una proposta di descrizione degli ammassi rocciosi*. Le strade, n. 1219, 1985.
- PROVINCIA DI LUCCA: *Carta della fragilità geomorfologica* (scala 1:25.000); *Carta della fragilità idraulica* (scala 1:25.000); *Carta degli ambiti di salvaguardia dei corsi d'acqua* (scala 1:25.000); *Carta della fragilità degli acquiferi* (scala 1:25.000); *Repertorio e schedatura delle cave*; *Repertorio e schedatura delle sorgenti*; *Repertorio e schedatura delle emergenze geologiche*.
- PUCCINELLI A.: *Un'esempio di tettonica recente nella Valle del Serchio: il sollevamento di M. Perpoli*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Ser. A, 94, 1987.
- RAPETTI F. & VITTORINI S.: *Carta climatica della Toscana centro-settentrionale*. Scala 1: 250.000, Ed. Pacini, Pisa, 1994.
- REGIONE TOSCANA: *Banca dati geologici su web. Elementi 250030, 250060, 250070, 250080, 250100, 250110, 250130, 250140, 250150*.
- SACCO F.: *La Toscana centrale ed occidentale. Abbozzo di carta geologica*. Scala 1: 100.000, Carte geologiche Torino, 1895.
- TONGIORGI M., NARDI R.: *Schema geologico-tettonico della regione compresa tra Montecreto, l'alta Val di Lima, il Passo delle Radici e l'alta Valle del Torrente Corsonna*. Boll. Soc. Geol. It vol.LXXI fasc.3, scala 1: 100.000, 1962.
- ZACCAGNA D.: *Carta geologica delle Alpi Apuane e regioni limitrofe*. Scala 1:250.000, Regio Ufficio geologico, 1899
- ZACCAGNA D.: *Carta geologica delle Alpi Apuane*. Scala 1: 25.000, 1926
- ZACCAGNA D.: *Descrizione geologica delle Alpi Apuane*. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia. Vol. XXV, 1932.

**STUDI DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA  
COMUNALE CONSULTATI**

- BESSI R.: *Piano particolareggiato area per insediamenti produttivi in frazione Mologno – Loc. “Frascone”*. Capannori, mar. 2003
- BIAGIONI A.: *Indagini geologico-tecniche di supporto alla realizzazione di un piano di lottizzazione in Barga capoluogo – Via Colombaia “Lottizzazione Aurora”*. Barga, giu. 2005
- BIAGIONI A.: *Indagini geologiche di supporto alla realizzazione di un piano di lottizzazione in Fornaci di Barga*. Barga, mag. 2006
- BIAGIONI A.: *Indagini geologiche di supporto al progetto di Piano di Lottizzazione in frazione di Mologno “Residenze alla Terrazze”*. Barga, giu. 2008
- BIAGIONI A.: *Piano attuativo relativo alla realizzazione di azienda cinofila Intissar’s in località “Latriani”*. Barga, nov. 2008
- BISERNA A.: *Indagini geologiche e geologico-tecniche in attuazione del Piano di Edilizia Economico e Popolare -PEEP- in loc. Rio della Giuvicchia, fraz. Fornaci di Barga*. Lucca, feb. 2004.
- BISERNA A.: *Indagini geologiche e geologico-tecniche relative al Piano Particolareggiato: recupero e valorizzazione di Tiglio, Renaio, Bebbio*. Lucca, nov. 2005.
- BISERNA A.: *Indagini geologiche e geologico-tecniche a supporto del Piano di Recupero dell’area di Via del Giardino (Del. Cons. Com. n. 1 del 29/01/2008)*. Lucca, ott. 2008.
- BONALDI P.: *Indagini geologico-tecniche per la valutazione della fattibilità di un Piano di Lottizzazione di iniziativa privata per la costruzione di complessi immobiliari ad uso civile abitazione, loc. Caterozzo, fraz. Fornaci di Barga*. Castelnuovo di Garfagnana, feb. 2004
- COMUNE DI BARGA: *Proposta di perimetrazione di “Insediamento consolidato” ricadente all’interno delle fasce di pertinenza del F. Serchio, in loc. Fornaci di Barga – Comune di Barga (LU)*. Barga, Mag. 2003

- DEL CHECCOLO P., NIERI G.: *Piano Insediamento Produttivo frazione Fornaci di Barga località "Rio del Chitarrino". Opere di urbanizzazione – Progetto esecutivo.* Barga, Aprile 2002
- DEL GRANDE E.: *Revisione della cartografia geologica redatta a supporto del Piano Strutturale e adeguamento della stessa alle U.T.O.E. di nuova acquisizione.* Barga, ott. 2001.
- DEL GRANDE E.: *Formazione del P.R.G. – Adeguamento del supporto geologico-tecnico al Piano Territoriale di Coordinamento.* Barga, 2003.
- DEL GRANDE E.: *Indagini idrogeologiche di supporto al progetto di variante alla tavola "Mologno" del R.U.* Lucca, feb. 2004
- DEL GRANDE E.: *Valutazioni idrauliche nelle "Aree di pertinenza fluviale" in classe di fattibilità idraulica "4ae" come definita ai sensi del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca.* Lucca, giu. 2004.
- LO JACONO F.: *Studio geologico-tecnico del territorio comunale di supporto alla redazione del regolamento urbanistico.* Barga, apr. 1991-giu. 1999.
- LO JACONO F.: *Indagini geologico-tecniche piano particolareggiato area per insediamenti produttivi in località Mologno.* Lucca, set. 1999.
- MEI D.: *Piano Insediamento Produttivo frazione Fornaci di Barga località "Rio del Chitarrino". Verifica idraulica.* Lucca, feb. 2002
- MONI L.: *Piano particolareggiato di iniziativa privata de "Il Ciocco".* Barga, apr. 2006
- STUDIO DI GEOLOGIA GEODES: *Variante al Regolamento Urbanistico - Piano Particolareggiato. Località Pian Grande sud.* Castelnuovo Garf., set. 2008
- STUDIO DI GEOLOGIA LITOS: *Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica: Piano Insediamenti Produttivi Rio del Chitarrino, Fornaci di Barga.* Barga, feb. 2000

- STUDIO DI GEOLOGIA LITOS: *Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica: Piano di Recupero per la ristrutturazione edilizia di edifici ex cartiera in attività commerciali ed appartamenti posti in via Campia, Ponte all'Ania.* Barga, giu. 2005

#### **ALTRI STUDI DI INTERESSE COMUNALE CONSULTATI**

- BIAGIONI A.: *Progetto di adeguamento e messa in sicurezza infrastrutture viarie in località Ponte all'Ania, per il miglioramento delle condizioni di fruibilità della viabilità regionale e dei percorsi pedonali.* Castelnuovo di Garfagnana, ott. 2005
- DEL GRANDE E.: *Intervento per la messa in sicurezza idraulica e per la manutenzione straordinaria della destra orografica del Torrente Ania nel tratto che fiancheggia l'area industriale sita in località Ponte all'Ania. Indagini geologico-tecniche di supporto alla progettazione.* Lucca mar. 2006
- LO JACONO F.: *Indagini geologiche di supporto al progetto di consolidamento di un versante di frana in località Rio Fontana Maggio.* Lucca, nov. 2001
- PETROGEO: *Valutazione idrogeologica del territorio del Comune di Barga (LU). Rapporto conclusivo.* Pisa, dic. 1973
- PERUGINELLI A. & GALLI O.: *Nuovo ponte sul Serchio in località Fornaci di Barga (LU). Calcolo idraulico relativo alla tombatura del Rio del Chitarrino.* Lucca, feb. 1994
- STUDIO ASSOCIATO SFERA: *Studio geologico, geomorfologico, geotecnico ed idraulico della porzione di valle del Rio Fontamaggio che interessa il centro abitato di Barga.* Lucca, giu. 2005.
- STUDIO CHINES: *Sistemazione movimento franoso rio Fontana Maggio – Via Circonvallazione, Comune di Barga e ripristino condutture. Indagini geologiche, geognostiche e geotecniche di supporto al progetto di sistemazione dei dissesti.* Lucca, feb. 2002.
- STUDIO CHINES: *DOCUP misura 3.9. Sistemazione movimento franoso in località "Fontanamaggio".* Comunità Montana Media Valle del Serchio, nov. 2006.

- STUDIO DI GEOLOGIA GEODES: *Indagini geologico tecniche di supporto al progetto per la realizzazione del nuovo centro trasfusionale. Presidio ospedaliero S. Francesco. Castelnuovo di Garfagnana, lug. 2006*
- STUDIO DI GEOLOGIA LITOS: *Schede interventi connessi ai fenomeni franosi o ai fenomeni alluvionali – ottobre/novembre 2000. Barga, 2001*
- STUDIO DI GEOLOGIA LITOS: *Relazione geologico-tecnica per la sistemazione di un versante e la realizzazione di muro a monte della strada comunale di S. Pietro in Campo in loc. Fontana e S. Antonio. Barga, dic. 2001.*
- STUDIO DI GEOLOGIA LITOS: *Relazione geologico-tecnica per la messa in sicurezza della viabilità nei pressi della chiesa di S. Felice. Barga, dic. 2001.*
- STUDIO DI GEOLOGIA LITOS: *Relazione geologico-tecnica di supporto al progetto di ripristino viabilità e realizzazione nuovo muro con modellazione del versante in località Seggio. Barga, dic. 2001.*
- STUDIO DI GEOLOGIA LITOS: *Relazione geologico-tecnica di supporto al progetto di ripristino viabilità e modellazione versante in loc. Seggio Alto. Barga, dic. 2001.*
- STUDIO INGEO: *Regione Toscana Area Difesa del Suolo – Schede interventi connessi ai fenomeni franosi. Lucca, 2001*
- STUDIO INGEO: *Sistemazione delle opere di captazione: Realizzazione di briglie. Consolidamento parete rocciosa. Sistemazione morfologica del versante. Esecuzione di canne drenanti. Campagna geognostica – Località Ponte di Catagnana. Lucca, dic. 2001*
- STUDIO INGEO: *Regimazione acque superficiali; rimodellazione del versante in località Buvicchia. Lucca, dic. 2001*
- TECNISTUDIO: *Intervento sul sistema di distribuzione idropotabile nel Comune di Barga. Piano tecnico. Firenze, nov. 1989.*



- TECHNO INGEGNERIA: *Studio idrologico-idraulico del Torrente Loppora nel tratto compreso tra l'immissione del Rio Zanesi e il ponte della S.S. n°435 della Garfagnana.* Capannori, giu. 2004
- TECHNO INGEGNERIA: *Progetto per la messa in sicurezza idraulica e per la manutenzione straordinaria della destra orografica del T. Ania nel tratto che fiancheggia l'area industriale di Ponte all'Ania.* Capannori, mar. 2006

\*\*\*\*\*

Lucca, febbraio 2009

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI SANI & SANI

Dr. Paolo Sani