

il Piano Strutturale

Giugno 2015

QUADRO GEOLOGICO

QG.19

Relazione illustrativa
delle indagini geologiche



COORDINAMENTO GENERALE E RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Antonella Giannini

Dirigente settore Opere e Lavori Pubblici e Urbanistica

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Gilberto Bedini

Fabrizio Cinquini - Società Terre.it

con la collaborazione di

Michela Biagi - Società Terre.it

UNITÀ ORGANIZZATIVA 5.5 - STRUMENTI URBANISTICI

Carla Villa

responsabile unità organizzativa

Cristiana Cristiani, Monica Del Sarto

CONSULENZE ESTERNE

Studio Legale Elisa Burlamacchi

profili giuridici

Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati

indagini geologico-tecniche

Geoprove s.a.s. di Pietro Barsanti, Alessandro Petroni & Co.

studi di microzonizzazione sismica

Studio Ingeo ing. Paolo Barsotti, ing. Francesco Barsotti

studi idraulici

Università di Camerino

Scuola Architettura e Design Edoardo Vittoria

analisi diffusione insediativa

Scuola Superiore Sant'Anna

Istituto di Scienze della vita (Land Lab)

analisi territorio rurale

Francesco Lunardini

Claudia Canigiani

analisi territorio rurale

Università di Pisa

Dipartimento di Ingegneria Civile "Vie e Trasporti" L.A.S.T.

con la collaborazione di Simona Frediani

analisi flussi di traffico e mobilità

Lucense S.C.p.A.

analisi e simulazione scenari mobilità

Istituto Alti Studi Lucca (IMT)

documento programmatico di piano strategico e caratterizzazione
ed evoluzione del sistema economico locale

Rete Sviluppo s.c.

indagini socio economiche e demografiche

Ambiente s.c.

valutazione ambientale strategica

Processo partecipativo

Maria Rosaria Tartarico - Michela Guidi

ELABORAZIONI GRAFICHE E CARTOGRAFICHE

Roberta Bernardini, Francesca Furter

CON LA COLLABORAZIONE DI

Stefano D'Angelo, Alessio Sodini, Davide Tofanelli

GARANTE DELLA COMUNICAZIONE

Nicoletta Papanicolau

INDICE

PREMESSA.....	5
PARTE I - SINTESI DELLE CONOSCENZE	6
1. LO STATO DELLE CONOSCENZE	6
1.1. Dati esistenti a livello comunale.....	6
1.2. Il Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (PIT).....	9
1.3. Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca.....	10
1.4. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del F. Serchio.....	10
1.5. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del F. Arno.....	12
1.6. Il Piano di Gestione delle acque del Distretto Idrografico Pilota del F. Serchio	12
1.7. Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico Pilota del F. Serchio.....	13
1.8. Il progetto CARG della Regione Toscana.....	14
1.9. CIS (Corpi Idrici Sotterranei della Regione Toscana).....	14
1.10. Le Emergenze Geologiche della Provincia di Lucca	15
PARTE II – APPROFONDIMENTI ED AGGIORNAMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO	17
2. GENERALITA'	17
2.1. Gli approfondimenti.....	17
2.2. Gli aggiornamenti.....	17
3. GEOLOGIA	18
3.1. Generalità.....	18
3.2. Lineamenti geologico-strutturali	20
3.3. Stratigrafia.....	22
3.4. Geomorfologia	26
4. IDROGEOLOGIA E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	29

4.1. La falda sotterranea della piana lucchese	31
5. IDRAULICA: AREE ALLAGABILI E PERTINENZE FLUVIALI	40
5.1. La Carta delle aree allagabili	40
5.2. La Carta degli ambiti, delle pertinenze fluviali e delle aree destinate agli interventi di laminazione delle piene.....	40
PARTE III – CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'	42
6. LA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA.....	42
7. LA PERICOLOSITÀ DA DINAMICA TORRENTIZIA	45
8. LA PERICOLOSITÀ SISMICA E LA CARTA DELLE MOPS	46
8.1. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	47
8.2. Le carte delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 0,1-1,0Hz e 1,0-20,0Hz	53
8.3. La carta litologico-tecnica	65
8.4. La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	68
8.5 La carta delle categorie di sottosuolo	71
8.6. La carta della pericolosità sismica.....	76
9. PERICOLOSITA' IDRAULICA	78

ALLEGATI

- QG 01 Nord, centro e sud - Carta geologica*
- QG 02 Nord, centro e sud - Carta geomorfologica*
- QG 03 Nord, centro e sud - Carta litologica – tecnica*
- QG 04 Nord, centro e sud - Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi*
- QG 05 Nord, centro e sud - Carta delle aree a pericolosità geomorfologica*
- QG 06 Nord, centro e sud - Carta delle frequenze principali di risonanza del
sottosuolo nell'intervallo 0.1 – 1.0 Hz*
- QG 07 Nord, centro e sud - Carta delle frequenze principali di risonanza del
sottosuolo nell'intervallo 1.0 – 20 Hz*
- QG 08 Nord, centro e sud - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
(MOPS)*

- QG 09 – *Sezioni geologiche rappresentative del modello di sottosuolo*
- QG 10 *Nord, centro e sud - Carta delle categorie di sottosuolo*
- QG 11 *Nord, centro e sud - Carta della pericolosità sismica*
- QG 12 *Nord, centro e sud - Carta delle aree allagabili per tempo di ritorno 30 anni*
- QG 13 *Nord, centro e sud - Carta delle aree allagabili per tempo di ritorno 200 anni*
- QG 14 *Centro - Carta delle aree soggette a potenziale ristagno*
- QG 15 *Nord, centro e sud - Carta delle aree a pericolosità idraulica*
- QG 16 *Nord, centro e sud - Carta degli ambiti, delle pertinenze fluviali e delle aree destinate agli interventi di laminazione delle piene*
- QG 17 - *Dati geognostici*
- QG 18 – *Relazione illustrativa degli approfondimenti idraulici*

PREMESSA

Il Piano Strutturale ed il Regolamento Urbanistico vigenti, approvati dal Comune di Lucca ai sensi della L.R. n° 5/95 (Norme per il governo del territorio), risultano supportati da indagini geologico-tecniche redatte a norma della D.C.R.T. n° 94/85; lo S.U. vigente è inoltre adeguato al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca (PTCP), approvato con D.C.P. n° 189/00; non risulta, invece, adeguato al Piano di Bacino del F. Serchio - Variante al PAI, 1° aggiornamento (D.P.C.M. del 26 luglio 2013 di approvazione del «Piano di bacino, stralcio per l'assetto idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.) 1° Aggiornamento», pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.34 del 11-2-2014).

Nonostante il quadro conoscitivo a suo tempo svolto a corredo dello strumento urbanistico generale vigente sia sostanzialmente ancora oggi valido nei suoi dati di base, è stato ritenuto opportuno rielaborarlo ed integrarlo al fine di adeguarlo tanto al regolamento regionale D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R (in seguito regolamento 53/R), quanto al citato Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI).

PARTE I - SINTESI DELLE CONOSCENZE

1. LO STATO DELLE CONOSCENZE

Il territorio comunale di Lucca si colloca nell'area ovest della Piana di Lucca e lungo i rilievi circostanti che da tempo sono oggetto di approfonditi studi di tipo geologico, strutturale e idrogeologico; le prime cartografie che interessano almeno in parte il Comune di Lucca sono relative alla zona dei Monti Pisani e delle Alpi Apuane e risalgono al 19° - inizio del 20° secolo ad opera di SAVI, 1832; DE STEFANI, 1875; SACCO, 1895; LOTTI, ZACCAGNA, FOSSEN, 1908; MASINI, 1923; FUCINI, 1925; FUCINI, 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, al tempo non 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 GIANNINI & NARDI, 1965; TREVISAN & AL., 1969, RAU & TONGIORGI, 1974 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 Piana di Lucca. Segue uno studio di tipo stratigrafico ed idrogeologico della Piana di Lucca, NARDI & AL., 1987. Più recentemente, l'area è interessata solo marginalmente dal rilievo della media Valle del Serchio di tipo geologico-geomorfologico, finalizzato alla redazione di carte di stabilità dei versanti (NARDI & AL., 1985-1989), che in seguito verrà ripreso ed ampliato dall'Autorità di Bacino del F. Serchio ed esteso a tutto il territorio comunale.

Nei paragrafi che seguono vengono elencati sia i principali studi certificati svolti a livello comunale su cui si basa l'attuale quadro conoscitivo geologico, sia i piani di settore, sovraordinati a quello comunale, presi in considerazione al fine di valutare la necessità di implementare il quadro conoscitivo.

1.1. Dati esistenti a livello comunale

Si ricordano in particolare quelli relativi alla formazione del Piano Strutturale vigente (TRIVELLINI M.: Inquadramento geologico e geomorfologico e franosità del territorio del Comune di Lucca. Dicembre 1997; CHINES C. & NOLLEDI G.: Indagini idrogeologiche e geotecniche di supporto alla realizzazione del Piano Strutturale del Comune di Lucca. Dicembre 1997) ed al successivo Regolamento Urbanistico (STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & SANI: Regolamento Urbanistico, La Pericolosità Geologica e Idraulica. Relazione Esplicativa. Febbraio

2004; STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & SANI: Regolamento Urbanistico, La Fattibilità Geologica. Relazione Esplicativa. Febbraio 2004).

Le cartografie, di interesse geologico tecnico, presenti nel Piano Strutturale vigente sono le seguenti:

- Carta geologica del territorio comunale, in scala 1:100.000 (A2.1);
- Carta geologica del territorio comunale, in scala 1:100.000 (A2.2);
- Carta geologica del territorio comunale, in scala 1:25.000 (A3);
- Carta litotecnica delle aree di pianura, in scala 1:25.000 (A4);
- Carta del reticolo idrografico con definizione degli ambiti dei corsi d'acqua classificati dalla D.C.R. 230/94 e delle aree di fondovalle e di pianura interessate da fenomeni di esondazioni, con delimitazione delle aree allagate nel periodo 1992 – 1997 – Adeguamento al P.I.T. approvato con D.C.R. 12/2000, in scala 1:25.000 (A5);
- Carta idrogeologica del territorio comunale con piezometrica media dei rilievi del settembre 1996 e febbraio 1997, in scala 1:25.000 (A6);
- Carta piezometrica corrispondente alla massima magra nota (ottobre 1989), in scala 1:50.000 (A7);
- Carta piezometrica corrispondente alla massima ricarica nota (novembre 1992), in scala 1:50.000 (A8);
- Carta della soggiacenza: minima distanza della falda dal p.c. rilevata tra il novembre 1992 e il febbraio 1997, in scala 1:50.000 (A9);
- Carta della vulnerabilità della falda con ricostruzione delle classi di vulnerabilità per sovrapposizione di parametri noti, in scala 1:25.000 (A10);
- Carta della pericolosità litotecnica-geotecnica della pianura e della pericolosità geomorfologica con le classi di pericolosità previste dalla D.C.R. 94/85, 10 tavole in scala 1:10.000 (A11. 10);
- Carta della pericolosità delle aree collinari e montuose: 3 tavole in scala 1:10.000 (A12.1.3);
- Carta della pericolosità idraulica con classi di pericolosità previste dalla D.C.R. 230/1994 – Adeguamento al P.I.T. approvato con D.C.R. 12/00, 10 tavole in scala 1:10.000 (A13.10);
- Carta del reticolo idrografico con definizione degli ambiti dei corsi d'acqua classificati dalla D.C.R. 230/94 e delle aree di fondovalle e di pianura interessate da fenomeni di esondazioni, con delimitazione delle aree allagate nel periodo 1992 – 1997 – Adeguamento al P.I.T. approvato con D.C.R. 12/00, 10 tavole in scala 1:10.000 (ALL1.1.10);
- Carta geologica, 10 tavole in scala 1:10.000 (ALL2.1.10);
- Carta dei sondaggi e dei dati di base, 10 tavole in scala 1:10.000 (ALL3.1.10);
- Carta del rischio idraulico definito dall'Autorità di bacino, in scala 1:25.000 (ALL4);
- Carta dei vincoli paesaggistico e idrogeologico in scala 1:25.000 (ALL5);
- Eventi alluvionali 6 e 20 novembre 2000-aree allagate, 4 tavole in scala 1:10.000 (ALL6.1.4).
- Centuriazioni e paleovalve, in scala 1:50.000 (B1);
- Pozzi e sorgenti ad uso civile, in scala 1:25.000 (B12);
- Carta d'individuazione delle cave e dei siti inquinati, in scala 1:25.000 (B17);

Il Regolamento Urbanistico contiene invece i seguenti elaborati:

- QC – A1.1...10 Carta geologica e geomorfologica
- QC – A2.1...10 Carta della vulnerabilità degli acquiferi
- QC – A3.1...10 Carta della distribuzione e della frequenza degli eventi alluvionali
- QC – A4.1 Relazione idrologica
- QC – A4.2 Carta generale dei bacini studiati
- QC – A4.3 Carta sinottica delle verifiche idrauliche e dei volumi sondabili
- AMB – CF.1...13 Carta della Fattibilità
- AMB – PG.1...13 Carta della Pericolosità Geomorfologica e Geotecnica
- AMB – PI.1...13 Carta della Pericolosità Idraulica
- AMB – AP.1...13 Carta degli Ambiti A1 e B e delle Aree di Pertinenza Fluviale

Ci sono poi alcune Varianti parziali che contengono importanti informazioni geologiche ed altri studi di dettaglio per interventi pubblici, che contengono informazioni di dettaglio riguardanti le caratteristiche stratigrafiche e la caratterizzazione dei terreni.

Si ricordano in particolare:

Variante al Regolamento Urbanistico per l'adeguamento alle norme della pericolosità Sismica ai sensi dell'art. 17 della L. R. n. 1/2005 approvata con delibera del Comm. Str. n. 69 del 15.05.2007 e pubblicata sul BURT n.27 del 04.07.2007

Variante di adeguamento al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) relativa al bacino dell'Ozzeri approvata con delibera C.C. n° 147 del 30.12.2008 pubblicata sul BURT n. 11 del 18.03.2009.

Come accennato in premessa, sono infine disponibili gli elaborati cartografici e testuali prodotti per l'avvio del Piano Strutturale 2011, poi interrotto, costituiti dai seguenti elaborati cartografici, alla scala 1:15.000:

- Carta geologica;
- Carta litologico-tecnica;
- Carta geomorfologica;
- Carta idrogeologica;
- Carta delle categorie di sottosuolo
- Carta delle aree allagabili
- Carta della pericolosità geomorfologica;
- Carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali;
- Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale
- Carta della pericolosità idraulica

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

Nel quadro conoscitivo del PIT vigente 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 Lucca i seguenti corsi:

- RIO CANABBIA E DI CERTOSA LU2045
- RIO CASILINO LU2176
- FOSSO DI CASTIGLIONCELLO LU1033
- RIO DELLA CAVA E DI COLLE LU2065
- RIO DI CERASOMMA LU2071
- RIO CERETO LU2073
- RIO CONTESORA LU2083
- RIO COSELLI O DI CASETI LU2086
- CANALE FIUMICINO LU576
- RIO DELLA FONTANA O DI BOZZANO LU2113
- TORRENTE FRAGA LU2630
- TORRENTE FREDDANA LU2632
- RIO GUAPPERO O GUAVA E DI S.MARIA DEL GIUDICE LU2163
- FOSSO LA CERCHIA LU1317
- RIO LECCIAIA LU3042
- RIO MULERNA LU2230
- CANALE OZZERI E CANALE ROGIO LU1040
- RIO DI QUIESA LU2297
- RIO RIVANGAGLIO E MOLINACCIO LU2330
- FIUME SERCHIO LU747
- RIO DI TORRE LU2390
- RIO DI VORNO LU1943
- TORRENTE VINCHIANA LU2948

Tali corsi d'acqua risultano gli stessi dell'elenco del precedente PIT e, quindi, non apportano modifiche rispetto al quadro conoscitivo del PS vigente, salvo quella relativa all'Ambito B di tali corsi d'acqua, non più contemplato.

Con l'entrata in vigore della L.R. 60/2013 l'elenco dei corsi d'acqua cui applicare ambiti di salvaguardia si è tuttavia notevolmente ampliato ed a tali ambiti si applicano le disposizioni di cui al c.1, art.1 della L.R. 21/2012 e s.m.i.

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 nonché aree di pianura caratterizzate da subsidenza potenziale.

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
- area golenale
- alveo di naturale esondazione

Risultano inoltre censite alcune aree vulnerate da esondazioni (art. 23, 1.a), e 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. 2000-2005.

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:

R. di Arsina; R. Balbano; R. Canabbia; R. Castiglioncello; R. di Cerasomma; R. Cerchia; R. Cerreto; R. Certosa; T. Contesora; R. Coselli; T. Freddana; R. Guappero; R. Mulerna; R. di Ribongi; F. Serchio; R. di S. Pantaleone; T. Vinchiana.

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.

Trattasi in ogni caso di dati di cui era già stato tenuto in debito conto nella formazione dello S.U. oggi vigente.

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

Il P.A.I. del F. Serchio, approvato con D.C.R.T. n° 20 del 1° febbraio 2005, definisce, all'interno del territorio comunale, problematiche di tipo geomorfologico e di tipo idraulico. Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Serchio, con delibera n. 168 del 21 dicembre 2010, ha inoltre adottato il Progetto di Piano: Variante al Piano di Bacino Stralcio "Assetto Idrogeologico", Primo aggiornamento. A seguito delle osservazioni pervenute, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del Serchio ha nuovamente adottato il "Piano di bacino, stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Serchio (PAI), - Primo Aggiornamento con delib. n. 174 nella seduta del 8/03/2013", che è stato poi definitivamente approvato con DPCM 26/07/2013.

Le problematiche geomorfologiche sono rappresentate nella "Carta della Franosità del bacino del F. Serchio".

Tali cartografie pur evidenziando in particolare la propensione al dissesto forniscono anche dati geologici e strutturali di base. Le "Carte della Franosità, nell'ultima versione, osservano la stessa identificazione numerica della CTR toscana. Le carte disponibili sono tutte aggiornate al Luglio 2012, salvo i fogli 261060, 261090 e 261100 aggiornati al Dicembre 2014.

La "Carta di riferimento delle normative di Piano nel settore del rischio idraulico" (scala 1/75.000-1/10.000), 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 Lucca sono la 7.35 (Piaggione, Ponte a Moriano), 7.40 (Valfreddana, OltreSerchio), 7.41 (S. Pietro a Vico, Lucca Nord), 7.44 (Balbano, Nozzano), 7.45 (Nozzano, Lucca sudovest), 7.46 (Lucca sudest).

Gli elementi individuati sono i seguenti, con il riferimento agli articoli delle Norme di Piano: "Aree di laminazione delle piene e/o destinate ai principali interventi idraulici (art. 20)"; "Alveo fluviale in modellamento attivo" (a1), "Alveo relitto" (a2) e "Aree golenali" (P1) (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 morfologicamente depresse (tra 0 e -2 m. s.l.m.) o aree umide della piana costiera e della parte meridionale della piana di Lucca" (art. 23)

Lo S.U. vigente non risulta adeguato al PAI; come già accennato, anche le aree sulle quali sono state approvate, nel corso degli ultimi anni, varianti o piani attuativi, in particolare l'area prospiciente il canale Ozzeri, non sono adeguate al più recente aggiornamento.

Oltre alla carte suddette, che sono di supporto alla normativa di Piano, sono presenti nel citato aggiornamento anche le seguenti cartografie, con valore di quadro conoscitivo.

Carta delle aree di pertinenza fluviale e lacuale (1/75.000-1/25.000)

Carta delle aree di pertinenza fluviale e lacuale, individuata su base geomorfologica attraverso l'interpretazione del modello digitale del terreno e delle fotografie aeree. Nel territorio comunale sono individuati: terreni di riporto e discariche, alveo fluviale in modellamento attivo e alveo fluviale relitto, aree golenali, aree soggette a possibili inondazioni ricorrenti o eccezionali, aree di pertinenza fluviale, aree delle Piana di Lucca eccezionalmente soggette ad allagamenti, aree morfologicamente depresse della parte meridionale della pianura di Lucca e dell'asta del Serchio, paleoalvei

Carta delle aree inondabili (Eventi con tempo di ritorno duecentennale) (1/75.000-1/25.000)

Carta delle aree a diversa pericolosità idraulica perimetrata sulla base di modellazione idraulica. Sono individuate le aree interessate da esondazione per eventi con Tr 200 (con indicazione grafica dello spessore della lama d'acqua) e da transito delle acque.

Carta delle aree inondabili (Eventi con tempo di ritorno trentennale) (1/75.000-1/25.000)

Carta delle aree a diversa pericolosità idraulica perimetrata sulla base di modellazione idraulica. Sono individuate le aree interessate da esondazione per eventi con Tr 30 (con indicazione grafica dello spessore della lama d'acqua) e da transito delle acque.

Carta delle aree allagate e/o a pericolosità idraulica (1/75.000-1/25.000)

Rappresenta la sintesi delle carte delle aree inondabili per Tr 200 e per Tr30, con l'indicazione degli alvei attivi e delle aree golenali.

Analisi preliminare degli effetti di possibili rotture arginali (1/25.000)

Due ipotetici scenari di esondazioni per rottura arginale con tempo di ritorno due centennale.

1.5. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del F. Arno

Interessa un'area limitata di circa 0,5 kmq nei dintorni della loc. La Specola della fraz. di S. Pancrazio, oltre ad alcune aree minimali lungo il crinale dei M. Pisani. Non sono presenti problematiche idrauliche.

Le problematiche geomorfologiche sono rappresentate nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante" (Tav.: pai_pf25k_023), dove si individuano pericolosità di classe P.F.1 (moderata) e P.F.2 (media).

1.6. Il Piano di Gestione delle acque del Distretto Idrografico Pilota del F. Serchio

Il Piano di Gestione delle acque del Distretto idrografico del fiume Serchio è stato adottato, in attuazione della Direttiva 2000/60/CE, dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nella seduta del 24 Febbraio 2010 con delibera n. 164 e

approvato dal Consiglio dei Ministri in data 8 Febbraio 2013. Entro il dicembre 2015 l'Autorità di Bacino provvederà ad elaborare un "Progetto di aggiornamento del Piano" (di cui farà parte integrante anche il Rapporto Ambientale).

Il Piano di Gestione, per quanto di interesse del territorio comunale di Lucca, individua le seguenti "misure supplementari", ovvero di quelle azioni o interventi da porre in essere per consentire il raggiungimento degli obiettivi ambientali individuati, dal medesimo piano, per ogni corpo idrico del bacino:

- Misura n° 4: Disciplina delle derivazioni da acque superficiali al fine di garantire il deflusso minimo vitale e salvaguardare l'ambiente fluviale, in particolare il punto C) "Disciplina del fiume Serchio nel suo tratto a valle del ponte di S. Ansano a Ponte a Moriano (LU)" e l'appendice 2 "Disposizioni per la definizione dell'alimentazione del sistema pubblico condotto" (cfr. Scheda Norma 4). La misura, all'aggiornamento del 2013, risulta avviata ed in corso di svolgimento.

- Misura n° 9: Delocalizzazione degli impianti di lavorazione dei materiali inerti ubicati lungo l'asta del fiume Serchio e del suo affluente principale (torrente Lima) (cfr. Scheda Norma 9). La misura, all'aggiornamento del 2013, risulta avviata al livello di procedimento amministrativo.

1.7. Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico Pilota del F. Serchio

Il D. Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49, in attuazione della direttiva 2007/60/CE del 23 ottobre 2007, assegna alle Autorità di bacino distrettuali la competenza all'individuazione delle zone a rischio potenziale di alluvioni, alla redazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, nonché del piano di gestione delle alluvioni, mentre resta a carico delle regioni la parte dei Piani di Gestione relativa al sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di Protezione Civile.

Il 19 giugno 2013 il Comitato Tecnico ha approvato la metodologia da seguirsi per la redazione delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvione del distretto del Serchio e ha predisposto pertanto le mappe richieste dal D.Lgs. 49/2010. Le stesse sono state quindi sottoposte a partecipazione durante il secondo semestre del 2013.

Nella successiva seduta del 6 dicembre 2013 il Comitato Tecnico ha approvato la versione definitiva delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni predisposte dalla Segreteria Tecnica per rispondere a quanto richiesto dalla direttiva europea e dal decreto di recepimento.

Tali mappe sono sostanzialmente coerenti (salvo alcune integrazioni) con il quadro conoscitivo di pericolosità idraulica del P.A.I. - 1° Aggiornamento recentemente

approvato con DPCM 26/07/2013, ma non assumono alcun valore vincolante sul territorio, rappresentando soltanto un adempimento necessario nel processo di predisposizione dei citati Piani di Gestione.

La predisposizione di queste mappe rappresenta un passo fondamentale nella prospettiva del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, che, ai sensi della direttiva europea e del decreto di recepimento, dovrà essere pronto entro la fine del 2015.

1.8. Il progetto CARG della Regione Toscana

Comprende le cartografie geologiche di base (scala 1:10.000) redatte all'interno del Progetto CARG dalla Regione Toscana; in particolare interessano il territorio comunale di Lucca le sezioni 261030, 261060, 261070, 261090, 261100, 261110, 261130, 261140, 261150, 273020

Tali cartografie sono state realizzate dall'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR o dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pisa.

1.9. CIS (Corpi Idrici Sotterranei 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. Inizialmente erano stati istituiti formalmente 45 CISS, denominati Corpi Idrici Sotterranei Significativi, allo scopo di definire il livello di tutela da garantire e le eventuali azioni di risanamento da mettere in atto mediante il Piano di Tutela. Dei 45 CISS individuati dalla Regione Toscana, 29 erano costituiti da acquiferi in mezzi porosi e 16 in mezzi fratturati.

In base alla deliberazione del 26 ottobre 2009, n. 939 (Individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici della Toscana) i Corpi Idrici sono stati riconsiderati applicando nuovi criteri per la determinazione degli stessi che hanno portato modifiche sia nel numero che nella denominazione, essendo ora definiti 66 CIS (Corpi Idrici Sotterranei) dando per acquisito il termine 'significativi'. A seguito della suddetta delibera è in corso una revisione degli studi già effettuati.

I prodotti disponibili sono il risultato della perimetrazione dei suddetti CIS, in base alla Carta Geologica in scala 1:10.000 (fase 1 dello studio) e sono rappresentati dalla ricostruzione in pianta della geometria tridimensionale, per isobate delle superfici limite (base e tetto) e isopache della copertura impermeabile o a permeabilità molto bassa.

Infine è stato reso disponibile un approfondimento del livello di conoscenza degli acquiferi, risultato della fase 2 dello studio, che ha come obiettivi principali l'individuazione dei livelli multistrato negli acquiferi in mezzi porosi e la definizione dei livelli di tetto e di letto per gli acquiferi in roccia. I suddetti studi sono stati realizzati attraverso l'utilizzo dei dati presenti nella Banca dati sottosuolo e sono stati conclusi per tutti gli acquiferi entro il 2011 con il completamento della fase 2.

Relativamente all'area in studio vengono individuati i seguenti CIS:

- ACQUIFERI IN ROCCIA

- Acquifero delle arenarie di avanfossa della Toscana nordorientale (cod. 99mm930) relativo ad aree della zona nord ed est del territorio comunale
- Acquifero dei monti di S.Maria del Giudice e dei Monti Pisani (cod. 99mm010b) relativo ad aree della zona sud del territorio comunale
- Acquifero delle Alpi Apuane (cod. 99mm010a) relativo ad aree situate nella zona sud ed ovest del territorio comunale

ACQUIFERI IN MEZZI POROSI

- Acquifero della Piana di Lucca (cod. 12se010) relativo alla zona centrale del territorio comunale. Di questo acquifero viene fornita una ampia caratterizzazione geologica, idrogeologica e geochemica, ancorché lacunosa per quanto attiene il riconoscimento del trend evolutivo piezometrico.

1.10. Le Emergenze Geologiche della Provincia di Lucca

Nell'anno 1996 la Provincia di Lucca ha effettuato un censimento ed una classificazione delle "emergenze geologiche" del territorio provinciale, termine con il quale si intende il complesso delle testimonianze genetiche e morfoevolutive di una data area.

All'interno del Comune di Lucca è stata riconosciuta una sola emergenza in loc. S. Maria del Giudice, denominata "*Forme miste carsiche e morfostrutturali sul Moriglion di Penna*".

In tale sito, lo stadio di carsificazione avanzata è comprovato dalla presenza, sulle pendici meno acclivi, di estesi "*campi carreggiati*" solcati da allineamenti ortogonali di fessure e, sui fianchi denudati, di conformazioni a "*lapiez*" in cui si alternano solchetti arrotondati a costole affilate, intervallati 10-20 cm; la selezione morfostrutturale inoltre mette in evidenza le conformazioni a "*fiamma*" dei calcari selciferi giallastri, involupata dal calcare ceroide. Sono presenti infine depressioni

concave definite “*doline*” originate dal collasso di caverne sottostanti, all’interno delle quali si rinvengono suoli residuali tipo “*terre rosse*”.

PARTE II – APPROFONDIMENTI ED AGGIORNAMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO

2. GENERALITA'

2.1. Gli approfondimenti

Il quadro conoscitivo, facendo riferimento a quanto già prodotto a supporto del progetto di Piano strutturale del 2011, è stato ritenuto completo nella quantità e nella qualità dei dati di base a disposizione. Sono stati effettuati solo alcuni aggiornamenti ed adeguamenti per gli aspetti geologici ed idraulici; per gli aspetti sismici invece le modifiche concettuali e metodologiche introdotte dal regolamento 53/R hanno portato ad una completa revisione delle condizioni di pericolosità.

2.2. Gli aggiornamenti

Gli aggiornamenti del quadro conoscitivo si sono concretizzati nella elaborazione delle seguenti carte:

- *Carta geologica*
- *Carta geomorfologica*
- *Carta litologica - tecnica*
- *Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi*
- *Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 0,1-1,0Hz*
- *Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 1,0-20Hz*
- *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*
- *Carta delle categorie di sottosuolo*
- *Carta degli ambiti, delle pertinenze fluviali e delle aree destinate agli interventi di laminazione delle piene*

Tali modifiche hanno necessariamente comportato l'aggiornamento anche delle carte derivate di sintesi (carte delle aree a pericolosità idraulica, geomorfologica e sismica).

Oltre a queste, gli approfondimenti di natura idraulica sui corsi d'acqua minori condotti dallo Studio INGEO hanno portato alla realizzazione delle seguenti cartografie ed elaborati:

- *Carta delle aree allagabili per tempo di ritorno di 30 anni*
- *Carta delle aree allagabili per tempo di ritorno di 200 anni*
- *Carta delle aree soggette a potenziale ristagno*
- *Relazione illustrativa degli approfondimenti idraulici*

3. GEOLOGIA

I caratteri geologici del territorio comunale sono rappresentati nell'elaborato “*Carta Geologica*”, riportante le formazioni affioranti, così come distinte nelle cartografie PAI, nel rispetto della legenda CARG (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).

3.1. Generalità

Il Comune di Lucca è situato nella porzione occidentale della pianura compresa tra le prime alture appenniniche delle Pizzorne a nord e i Monti Pisani a sud nel tratto che precede lo sbocco nella Piana costiera ed ha una superficie di circa 185,53 kmq.

Il territorio di Lucca rientra nella regione temperata sublitoranea tirrenica, caratterizzata da inverni generalmente miti ed umidi, con rare nevicate, estati calde e secche, anche se con qualche precipitazione, da primavera ed autunni piovosi.

Dal punto di vista morfologico nel comune di Lucca si distinguono alcuni ambienti principali:

- la pianura, prevalente come estensione, che presenta una pendenza generale verso sud di circa il 3%, a quote variabili da 6 a 18m. s.l.m.;
- la zona dei rilievi nord in prossimità dello sbocco della valle del F. Serchio nella piana, caratterizzati da elevate pendenze e quote oltre i 700 m nell'alta Brancoleria;
- la zona delle colline dell'Oltreserchio in destra idrografica tra Ponte a Moriano e Balbano con quote oltre i 500 m presso Torre e fino a 3-400 m nei monti di Chiatri, pendenze per lo più blande e che si raccorda dolcemente con le aree di pianura;
- la zona dei M. Pisani a sud tra Cerasomma e la Valle del Rio Guappero caratterizzata da pendenze elevate e presenza di affioramenti rocciosi con quote intorno ai 4-500 m fino agli 829 m di M. Faeta.

Per la caratterizzazione del clima sono stati utilizzati i dati che seguono, rilevati alla stazione termo-pluviometrica di Lucca (q. 19 m s.l.m.).

Dati climatologici 1961-1990

In base alla media trentennale di riferimento (1961-1990), la temperatura media del mese più freddo, gennaio, è di +6,5 °C; quella del mese più caldo, luglio, si attesta +23,8 °C.

Le precipitazioni medie annue fanno registrare il valore di 1.195 mm e sono distribuite mediamente in 100 giorni di pioggia; presentano un minimo relativo in estate, un picco in autunno e massimi secondari in inverno e primavera.

LUCCA (1961-1990)	Mesi											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T. max. media (°C)	9,8	11,6	14,2	18,1	22,8	26,4	29,6	28,8	25,1	19,8	14,3	10,1
T. min. media (°C)	3,1	4,1	5,6	8,6	12,2	15,6	18,0	17,8	15,0	10,6	7,6	3,7
Precipitazioni (mm)	131	106	107	95	81	54	27	56	108	129	163	138
Giorni di pioggia (≥ 1 mm)	11	9	10	9	8	7	4	5	7	8	12	10

Temperature estreme mensili dal 1934 al 1996

Di seguito sono riportati i valori estremi mensili delle temperature massime e minime registrate dal 1934 al 1996.

In base alle suddette rilevazioni, la temperatura massima assoluta è stata registrata nell'agosto 1944 e nel luglio 1983 con +39,5 °C, mentre la minima assoluta di -13,4 °C è datata gennaio 1985.

LUCCA (1934-1996)	Mesi											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T. max. assoluta (°C)	19,0 (1988)	24,0 (1990)	24,2 (1968)	28,2 (1955)	33,9 (1979)	36,5 (1979)	39,5 (1983)	39,5 (1944)	35,0 (1944)	30,0 (1990)	23,2 (1985)	18,0 (1959)
T. min. assoluta (°C)	-13,4 (1985)	-8,8 (1956)	-5,2 (1971)	0,0 (1958)	2,5 (1957)	7,0 (1989)	9,1 (1980)	7,5 (1989)	6,0 (1944)	-0,9 (1941)	-3,0 (1955)	-7,5 (1989)

Elaborazioni su dati Servizio idrografico/Apat

3.2. Lineamenti geologico-strutturali

Le vicende orogenetiche che hanno interessato l'Appennino settentrionale e quindi anche la zona di Lucca, sono rappresentate fino al Miocene sup. (Tortoniano inf.) da una tettonica compressiva polifasata, connessa con la chiusura della zona oceanica ligure-piemontese che ha dato luogo ad una serie di strutture a pieghe generalmente a vergenza E-NE.

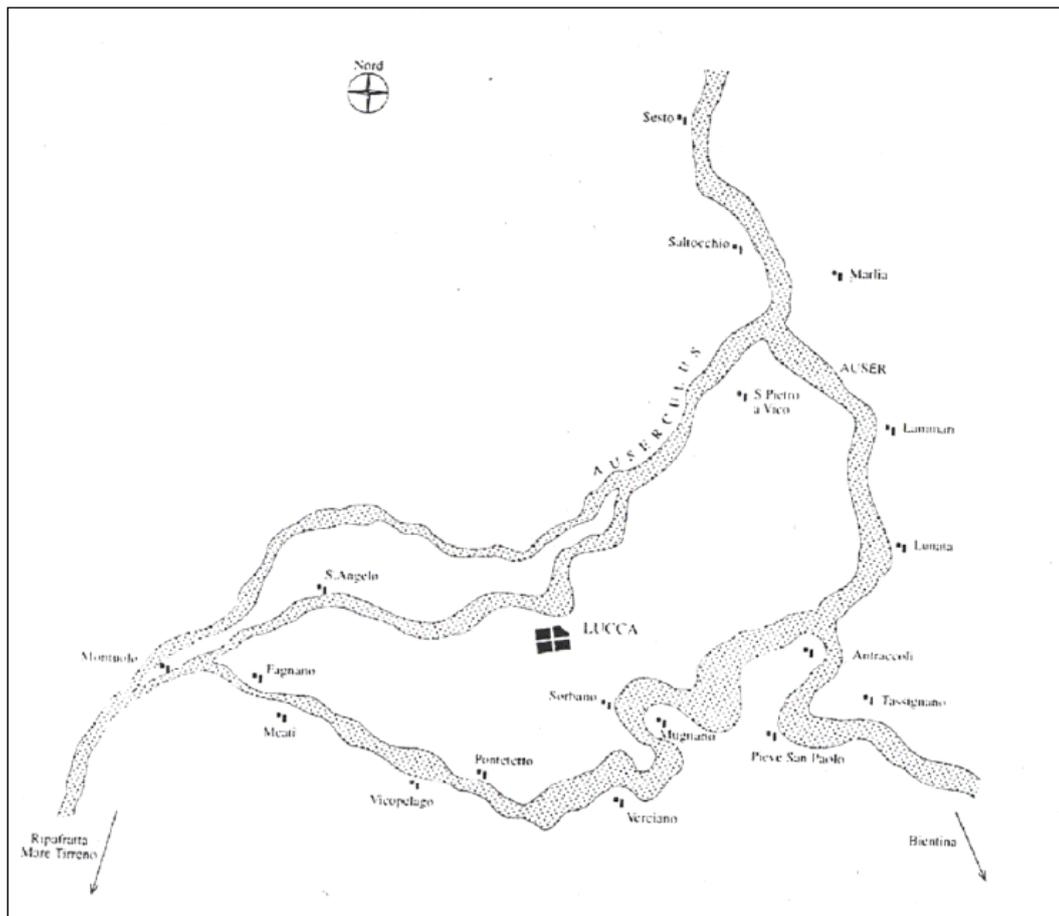
Al termine dei movimenti compressivi della tettonogenesi tortoniana, ha inizio in quest'area una fase di tipo distensivo collegabile ai processi di espansione del Tirreno. A tale fase (databile al Messiniano nelle aree a sud dell'Arno e al Villafranchiano in quelle a nord) è riconducibile la formazione di depressioni morfologiche in cui si imposta la sedimentazione neogenica dei sedimenti fluvio-lacustri.

Tali sedimenti lacustri e fluviolacustri, suddivisi in due successivi cicli di sedimentazione interrotti da episodi di sollevamento e traslazione, si ritrovano oggi dislocati ai margini settentrionali ed orientali della pianura lucchese, mentre nella pianura stessa si ritrovano coperti dai sedimenti alluvionali più recenti lasciati dal F. Serchio e dai suoi affluenti a partire dalle variazioni climatiche collegate alle glaciazioni quaternarie.

Dal punto di vista strutturale la Pianura di Lucca corrisponde quindi ad un'ampia depressione tettonica, prolungamento verso SudEst del "graben" del Serchio.

Tale depressione, interessata successivamente da subsidenza, fu colmata inizialmente da depositi lacustri principalmente argillosi e in epoca più recente modellata ed alluvionata dal F. Serchio attraverso il corso principale ed i rami derivati. Più tardi, in epoca storica (VII-XVI sec. d.C.) tutto il sistema fluviale della piana venne regimato con una serie di interventi idraulici che hanno portato alla situazione attuale, con il Serchio arginato e pensile rispetto alla pianura.

In ragione di quanto sopra sono ancora rilevabili, nella pianura, tracce dei numerosi paleolvei del Serchio, la cui ricostruzione indica che l'antico corso, una volta superata la stretta di Ponte a Moriano, dilagava nella pianura suddiviso in più rami. Una delle ricostruzioni più recenti è quella di M. Cosci (2005).



Rappresentazione schematica dei rami del F. Serchio in epoca medievale (Natali 1994)

La piana di Lucca è pertanto costituita da terreni di origine alluvionale depositati prevalentemente dal F. Serchio. Tali depositi, attribuibili al Quaternario recente, mostrano frequenti variazioni di facies, sia in senso verticale che orizzontale, anche se è in genere riconoscibile la seguente successione stratigrafica tipo con, dall'alto verso il basso, depositi prevalentemente fini (limo-argilloso-sabbiosi), ai quali seguono depositi prevalentemente grossolani (ghiaie, ciottoli e sabbie).

Tale successione sedimentaria recente poggia in profondità, come precedentemente accennato, su depositi più antichi (Pliocene - Villafranchiano), di origine lacustre, prevalentemente argillosi, il cui spessore supera certamente alcune centinaia di metri.

L'ossatura dei rilievi delle Pizzorne è costituita invece da formazioni litoidi appartenenti alla porzione alta della "Successione Toscana non metamorfica", sottostanti verso sud alle "Successioni Liguri s.l.". Più a nord, nella stretta di Vinchiana e fino al Piaggione, una ampia anticlinale porta all'affioramento i termini giurassici della successione.

Nella zona pedecollinare le formazioni litoidi sono coperte da depositi continentali di ambiente lacustre e fluvio-lacustre, formati all'interno delle zone tettonicamente depresse, a partire dal Miocene Superiore e almeno fino al Pleistocene Inferiore.

A seguito degli eventi tettonici di età plio-pleistocenica, le Pizzorne hanno subito un forte "ringiovanimento tettonico"; il più recente innalzamento ha portato, oltre che ad una forte

tettonizzazione di alcune aree con formazione di faglie e diaclasi, ad una accentuazione dell'attività erosiva dei corsi d'acqua che si presentano fortemente incassati nei versanti.

I rilievi dei Monti Pisani fanno parte della cosiddetta “Dorsale Medio Toscana”, separata da faglie dirette, attualmente in gran parte ricoperte da depositi del Quaternario, dalla fossa tettonica della Versilia ad Ovest, dal bacino della fossa tettonica di Lucca a Nord e del bacino della fossa tettonica di Bientina – Cerbaie – Fucecchio ad Est; queste faglie hanno direzione sia appenninica che trasversale rispetto a questa e sono state in seguito parzialmente riprese da movimenti neotettonici di età probabilmente Pleistocene medio e sicuramente Pleistocene superiore.

Su tali rilievi, tra S. Maria del Giudice e Cerasomma, affiorano terreni appartenenti alla Successione Toscana anchimetamorfica, rappresentati in sostanza da terreni simili a quelli presenti nella Successione Toscana, ma soggetti ad un debole metamorfismo che ne ha parzialmente modificato le caratteristiche tessiturali e composizionali.

Sui monti d'Oltreserchio, la fascia di raccordo con la pianura è ancora costituita dai depositi fluvio lacustri già descritti in precedenza. Più in alto si rinvengono le formazioni della Successione Toscana, fino ai termini triassici nella stretta valle del T. Certosa. Più a nord-est, tra S. Macario e Ponte a Moriano, i termini della Successione Toscana sono sovrastati da formazioni riferibili ai Domini Liguri.

3.3. Stratigrafia

Come meglio rappresentato nella Carta Geologica (elaborato QG.01), nel territorio comunale di Lucca affiorano formazioni appartenenti a diverse Unità tettoniche (le sigle formazionali utilizzate sono quelle previste dal Regolamento 53/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), che si susseguono dal basso verso l'alto nella maniera che segue:

COMPLESSO METAMORFICO DEI MONTI PISANI

Filladi e Quarziti listate di Buti (FAF; *fqB*) - Filladi grigio-verdi o grigio-violacee finemente listate. Età: ?Cambriano-Ordoviciano

Scisti di S. Lorenzo (VINa; *sSL*) - Alternanze di orizzonti quarziticci, con filladi e micascisti. Età: Westfaliano-Autuniano

Brecce di Asciano (ASC; *brA*) - Filladi quarziticche violacee; con livelli detritici angolosi, talvolta preponderanti. Età: ?Permiano

Formazione della Verruca (SRC; *V1, V2, V3*) - **SRCb**: Anageniti minute. Quarziti biancastre alternate a quarziti filladiche. Età: Ladinico. **SRC**: Scisti violetti: Filladi quarziticche violacee, al tetto livelli quarziticci. Età: Ladinico. **SRCa**: Anageniti grossolane. Conglomerati prevalentemente quarzosi a matrice quarziticco filladica violacea. Età: ?Anisico-Ladinico

Quarziti di M. Serra (QMS; *Qz*) - QMS4: Quarziti viola zonate. Alternanza di quarziti a grana fine e filladi sericitico-cloritiche violacee. Età: Carnico sup. **QMS3:** quarziti bianco-rosa: Quarziti rosate passanti localmente a tipi litologici più grossolani, fino a conglomerati minuti. Età: Carnico **QMS2:** quarziti verdi. Quarziti verdi o grigio-verdi con stratificazione incrociata, alternate a filladi. Età: Carnico. **QMS1:** scisti verdi. Filladi sericitico-cloritiche verdi con sottili intercalazioni di arenarie quarzitiche. Età: Carnico inf.

Grezzoni (GRE; *grI*) - Dolomie e dolomie ricristallizzate grigio-scure, con limitate modificazioni tessiturali metamorfiche. La parte inferiore è generalmente costituita da breccie a elementi dolomitici, la parte intermedia da dolomie grigio-chiare e scure. Età: Norico-Retico.

Calcari Ceroidi (MMR; *mI*) - Calcari subcristallini bianchi, massicci. Età: Lias inf.

Calcari Selciferi (CLF; *cs*) - Calcari selciferi metamorfici. Nella zone ove la formazione raggiunge gli spessori maggiori, la parte inferiore è costituita da metacalcilutiti grigio chiare e color avorio, ben stratificate e con liste e noduli di “selci”. Età Lias sup.

Marne a Posidonomya (CCI; *cs*) - Marne e calcari marnosi con Posidonomya, Età: Dogger

Calcari Picchiettati (ENT; *csp*) - calcari con resti di Entrochi, massicci o stratificati, con selce Età: Malm

Diaspri (DSDa; *d*) - Metaradiolariti rosse, violacee, verdastre, sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarzitiche Età: Malm

Scisti sericitici Auctt. (SSR; *sv*) - Trattasi di filladi muscovitiche verdastre, rosso violacee e più raramente grige, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse. Età: Cretaceo inferiore - Oligocene.

Pseudomacigno (PSM; *pmgI*) - Metarenarie quarzoso-felspatico-micacee alternate a filladi più o meno quarzitiche grigio-scure. Età: Oligocene sup. - Miocene inf.

FALDA TOSCANA

Calcarea cavernoso (CCA; *cv*) - Dolomie e calcari dolomiti scuri brecciati, con una caratteristica struttura a cellette (“calcari a cellette”, “calcari carciati e vacuolari”), spesso pulverulenti (“cenerone”), gessi, anidriti e breccie polimittiche. Età: Norico? - Retico inf.

Calcari e Marne a Posidonomya (POD; *mp*) - Marne e marne calcaree grigio o grigio-verdi, a cui si intercalano calcilutiti marnose o silicee, calcareniti fini silicee, grigie o grigio verdi, con rare liste e noduli di selce, argilliti marnose o silicee e livelli di radiolariti; la formazione è caratterizzata inoltre da breccie calcareo-silicee. Età: Pliensbachiano sup. - Bajociano inf.

Diaspri (DSD; *di*) - Radiolariti e selci rosse, verdi o grigie, in strati sottili, con intercalazioni di argilliti e marne silicee progressivamente più frequenti nella porzione della formazione, talvolta costituita da una litofacies calcareo-silicea-marnosa. Età: Bajociano - Titonico sup..

Calcarea selcifera della Val di Lima (SVL; cs2) - Calcareniti gradate e calcilutiti silicee, grigio-scure, con abbondanti liste e noduli di selce grigio-scuro o nere, a cui si intercalano rare marne silicee o argillose; localmente, nella porzione superiore della formazione, possono essere presenti livelli di breccie calcaree intraformazionali, talora con clasti grossolani. Età: Bajociano - Titoniano sup.

Maiolica (MAI; mac) - Calcilutiti e calcilutiti silicee bianche o grigie, a cui si intercalano calcareniti e calciruditi grigie (talvolta molto spesse) e rari e sottili livelli di argilliti calcaree o marne grigie o grigio verdi; i calcari presentano frequentemente noduli e liste di selce grigio chiaro o avana, più raramente scure. **MAI1; mac1**: calcari bianchi e grigi, a Calpionelle, con fitte intercalazioni di selce. Età Titonico sup. - Neocomiano

Scaglia rossa (STO; sc) - Formazione costituita da più litofacies, comprendenti una litofacies pelitica (prevalente), una litofacies calcareo-pelitica, una litofacies calcarenitico-pelitica ed una litofacies calcareo-silicea (rara). Età: Cretaceo inf. - Oligocene

Microbreccie a Nummuliti (STO3; Nu) - Calcareniti, calcari e calcari silicei (di colore grigiastro con frequenti venature biancastre) prevalentemente nella parte alta della "scaglia rossa", o intercalati a questa. Età: Eocene - Oligocene.

Arenaria "macigno" (MAC; mg) - Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche grigie o grigio verdi, da medio-fini a grossolane, in strati da spessi a molto spessi, talvolta amalgamati, a cui si intercalano strati sottili di arenarie fini, siltiti, argilliti e argilliti siltose; nella parte superiore a luoghi prevale una litofacies pelitico-arenacea con strati da sottili a spessi. Età: Oligocene sup. - Miocene inf.

UNITÀ DI CANETOLO

Argille e Calcari (ACC; ac) - Argilliti grigio-scure o nere, alternate a calcari e calcareniti grigio-scure. Età: Paleocene - Eocene medio

DOMINIO LIGURE INTERNO

Argille a Palombini (APA; ap) - Argilliti grigio - scure o nere, da fogliettate a scagliose a cui si intercalano strati medi e sottili di calcilutiti marnose o silicee grigiochiare, calcareniti grigio - scure talora in strati spessi, areniti fini e siltiti. Età: Cretaceo inf.

Scisti della Val Lavagna (LVG; SVL) - Scisti policromi, marne siltose con intercalazioni di calcari ed arenarie. Età: Cretaceo sup.

Arenarie di M. Gottero (GOT; aG) - Torbiditi arenacee in strati spessi e molto spessi a cui si intercalano calcilutiti e calcilutiti marnose, areniti fini, argilliti e argilliti marnose. Età: Campaniano sup. - Paleocene

DOMINIO LIGURE ESTERNO

Breccie Calcaree (CCVb; bc) - Breccie clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei. Età: Campaniano

Complesso di base (CCV2; cb) - Paraconglomerati polimitici, grigio-scuri o grigio-verdi matrice o clasto-sostenuti; i clasti, da subangolosi a subarrotondati, da centimetrici a metrici, sono costituiti da calcari silicei (prevalente), radiolariti, ofioliti e più raramente da marne e

graniti; la matrice argillitico siltitica o siltitico-arenacea è generalmente scagliosa. Età: Campaniano inf.

Flysch ad Elmintoidi (OTO; fh) - Torbiditi calcareo-marnose grigio scure in strati da medi a molto spessi, (talvolta a base calcarenitica), a cui si intercalano marne siltose, argilliti e argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti. Età: Campaniano inf. - Maastrichtiano inf.

DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI DEL BACINO DI LUCCA-MONTECARLO-VINCI

Argille, Sabbie e Conglomerati di S. Macario (VIL; fl) - Si tratta in genere di argille, argille sabbiose bluastre e sabbie ocracee con livelli lenticolari, talvolta estesi e continui, di conglomerati poligenici dispersi in matrice sabbiosa. Età: Pliocene medio (?) sup. - Villafranchiano

DEPOSITI QUATERNARI

Depositi alluvionali terrazzati antichi (bnb; at, ct/mg) - Ghiaie, sabbie e limi di composizione poligenica, talvolta terrazzati. Età: Pleistocene medio-sup. (**bn**; **at**, **ct**). Ghiaie, sabbie e limi di composizione poligenica, ghiaie monogeniche a ciottoli di arenaria Macigno in matrice sabbiosa, di colore rosso oca in più ordini di terrazzi. Età: Olocene.

Depositi alluvionali attuali e recenti (e3a; tl) - Terreni palustri limoso-argillosi e torbosi. Età: Olocene. (**b1**; **all**, **all1**) - Ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica dei terrazzi fluviali recenti, anche in facies di conoide. Età: Olocene (**b2**; **all2**) - Ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica dei letti fluviali attuali. Età: Olocene

Detriti e terreni di copertura (aa; dt). Accumuli di frammenti litici eterometrici, frequentemente monogenici, con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa in quantità variabile; possono essere organizzati in falde.

Terreni di riporto (h5; rp). Accumuli di materiali più o meno omogenei ed eterometrici, riferibili a discariche di inerti, terrapieni e rilevati

Le Sezioni geologiche (elaborato QG.09), finalizzate essenzialmente ad esplicitare i rapporti tra le formazioni rocciose ed i depositi quaternari, anche nell'ottica della pericolosità sismica, attraversano il territorio comunale nelle direzioni principali N-S ed O-E.

La sezione N-S inizia poco a monte di Ponte a Moriano in corrispondenza dell'ampio affioramento di arenaria Macigno sul quale si accavalla il Flysch ad Elmintoidi, ricoperto a sua volta sul fondovalle da depositi pleistocenici a ciottoli di macigno. Verso sud il substrato roccioso resta a modesta profondità fino all'altezza di San Pietro a Vico, sempre sovrastato da depositi prima argillosi e poi ghiaiosi e limosi.

Nella Piana aperta non si hanno documentazioni¹ dirette esaustive sulla profondità del substrato roccioso, comunque superiore ai 100 m, mentre variano talvolta i rapporti tra le coperture. Infine la sezione si attesta sulle formazioni metamorfiche del rilievo dei Monti Pisani nei pressi di Pozzuolo, dopo aver interessato la fascia di depositi conoidali pedecollinari di Vicopelago.

La sezione O-E attraversa la Piana dalle prime alture dell'Oltreserchio di S. Maria a Colle fino al confine comunale a San Filippo. Si evidenziano in particolare i depositi argillosi di S. Maria a Colle, in luogo di quelli più tipicamente limo-sabbiosi della Piana, la potenza del livello ghiaioso-ciottoloso all'altezza del F. Serchio rispetto ai normali spessori del resto della Piana stessa.

3.4. Geomorfologia

I caratteri geomorfologici del territorio comunale sono rappresentati nell'elaborato QG.02 "*Carta Geomorfologica*", realizzata seguendo i criteri di rappresentazione del regolamento 53/R, riportando le forme ed i processi rappresentati nelle cartografie del PAI, implementati con quelli propedeutici alle altre carte redatte a supporto del piano vigente sulla base dei censimenti e studi di frane forniti dai vari settori tecnici del Comune.

L'aspetto geomorfologico rappresenta un istante a scala umana dell'evoluzione del paesaggio, imputabile prevalentemente a fattori naturali a forte ruolo morfogenetico, come i sollevamenti neotettonici, le variazioni eustatiche del livello marino ed i periodi climatici estremi caratterizzati da elevate precipitazioni. I fattori evolutivi di maggior rilievo sono rappresentati dalle frane, dai fenomeni erosivi e dalle alluvioni.

Lo sfondo della cartografia è rappresentato dalle varie classi litogeomorfologiche individuate:

depositi alluvionali; depositi terrazzati; sabbie, sabbie argillose e conglomerati neogenico-quadernari; rocce filladiche, scistose, argilliti e argilloscisti; flysch renacei, calcarei e calcareo-marnosi; rocce stratificate competenti; calcari cavernosi e brecce; calcari massicci e marmi

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

- **Depositi di frana:** sono distinti² – in coerenza con le cartografie del PAI del F. Serchio - rispetto allo stato di attività, in:

¹ L'unico sondaggio profondo che ha intercettato il bedrock carbonatico (alla profondità di 350 m) è quello eseguito dall'AGIP in loc. Pontetetto negli anni '60.

² Tale distinzione non è in realtà esaustiva, in quanto il PAI disconosce l'esistenza sia delle frane artificialmente stabilizzate, sia delle frane inattive (frane relitte o paleo frane) per cause naturali.

- *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.
- **Orlo di scarpata dk frana**: anch'essi sono stati riportati in cartografia quando ben distinguibili sul terreno.
- **Deposito di versante**: costituiti da detriti di varia forma e dimensioni accumulati senza una particolare genesi lungo i versanti;
- **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.

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

- **Conoidi alluvionali**: 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 state segnalate le spianate morfologiche relitte a seguito dell'azione fluviale; in particolare quelle di età pleistocenica al margine sud dei M. Pisani, reincise a più riprese, in un susseguirsi di fasi erosive e di nuovo deposito.
- **Orlo di terrazzo**: limite superiore della scarpata di una spianata alluvionale o di erosione fluviale.
- **Traccia di paleoalvei fluviali**: indicazioni, parzialmente obliterate, della direzione di scorrimento degli antichi percorsi dei corsi d'acqua nella Piana di Lucca, riconoscibili essenzialmente da foto interpretazione.

Tra i depositi antropici sono presenti:

- **Terreni di riporto**: accumuli eterogenei di materiale generalmente addensati, come già descritti nel par. 3.3.

La Carta geomorfologica segnala inoltre i principali elementi geologico-strutturali, tra i quali in particolare le condizioni giaciture delle rocce stratificate, le faglie ed i limiti di sovrascorrimento tra le unità tettoniche dei complessi rocciosi.

Sono infine riportate le principali grotte e doline conosciute nonché, per evidenziare i principali allineamenti montuosi e i relativi spartiacque, le linee di crinale delle aree collinari e montuose e le terre rosse residuali di alterazione di rocce calcaree.

4. IDROGEOLOGIA E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

Nell'elaborato QG.04 “*Carta Idrogeologica e di vulnerabilità degli acquiferi*” sono riportati:

- 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 al pubblico acquedotto, e libere o captate ad uso privato; i pozzi allacciati al pubblico acquedotto.
- le aree di rispetto delle sorgenti e dei pozzi allacciati a pubblico acquedotto. La delimitazione delle aree di salvaguardia delle fonti di approvvigionamento idropotabile è stata effettuata seguendo le indicazioni dettate dall'art. 94 del D.Lgs. n. 152/06, le quali riconoscono le seguenti zone:
 - 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.
 - 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”. Perdurando l'assenza di determinazioni della Regione le aree di rispetto riportate nella cartografia saranno individuate con il sopra citato criterio geometrico.
 - 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. La delimitazione di tale zona non è attualmente possibile, mancando le necessarie indicazioni della Regione.
 - Le aree critiche. Attualmente le conoscenze disponibili non individuano la presenza di aree caratterizzate da particolari criticità indotte da sfruttamenti eccessivi della risorsa idrica sotterranea.

La carta idrogeologica allegata al Piano Strutturale del 1998 era definita solo per i territori di pianura aperta. La valutazione della vulnerabilità è stata estesa nella redazione del Regolamento Urbanistico del 2004, che ha integrato anche il quadro conoscitivo, anche alle zone vallive, collinari e montane, adottando la metodologia semplificata suggerita dal P.T.C. e basata sul riconoscimento delle seguenti tipologie di acquifero e dei relativi gradi di vulnerabilità:

Grado di vulnerabilità	Tipo di acquifero
EE	Rete acquifera in complessi carbonatici fratturati ^(*) e a carsismo molto sviluppato

E	Rete acquifera in complessi carbonatici stratificati ^(*) , interessati da carsismo e da limitati interstrati argillitici e/o marnosi
A	Rete acquifera in complessi carbonatici stratificati ^(*) , interessati da un moderato carsismo e da interstrati argillitici e/o marnosi. Falda acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati
M	Reti acquifere in arenarie molto fratturate ^(*) Complessi flyschiodi ^(*) costituiti da alternanze di litotipi calcareo - arenacei ed argillitico - marnosi con circolazione idrica sotterranea limitata e compartimentata Reti acquifere in quarziti sedimentarie e metamorfiche molto fratturate ^(*)
B	Complessi flyschiodi ^(*) costituiti da alternanze di litotipi calcareo - arenacei ed argillitico - marnosi con circolazione idrica sotterranea modesta e compartimentata Deposit continentali prevalentemente argillosi o argilloso-limoso-sabbiosi praticamente privi di circolazione idrica sotterranea Rocce metamorfiche di epi-meso-catazona poco fratturate ^(*) Reti acquifere in quarziti sedimentarie e metamorfiche poco fratturate ^(*)
BB	Complessi marnosi ed argillitici ^(*) con circolazione idrica sotterranea da assente a molto modesta Complessi caotici argillitico-calcarei-arenacei ^(*) con circolazione idrica sotterranea molto compartimentata e limitata

(*) comprese le relative coperture detritiche ed alluvionali di modesto spessore

In conclusione la distinzione introdotta nel R.U. del 2004 era la seguente:

Classe di vulnerabilità	Formazioni geologiche
Estremamente elevata	Calcere cavernoso, calcare ceroide, calcare maiolica
Elevata	Calcari grigio-scuro a selci nere, Grezzoni, brecciole a Nummuliti
Alta	Calcari picchiettati, calcari selciferi metamorfici
Media	Arenarie del M. Gottero, depositi fluviali antichi, flysch ad Elmintoidi, arenaria macigno, pseudomacigno, quarziti bianco-rosa
Bassa	Brecce di Asciano, marne a Posidonia met., marne a Posidonia, diaspri met., diaspri, depositi fluvio-lacustri, filladi e quarziti di Buti, scisti di S. Lorenzo, anageniti minute, scisti violetti, scisti verdi
Bassissima	Argille a palombini, complesso di base, scaglia rossa, scisti sericitici varicolori, scisti della Val Lavagna

Sulla base della suddetta classificazione, si è provveduto a elaborare anche la attuale carta idrogeologica, senza prendere in considerazione le coperture detritiche, gli accumuli di frana, i piccoli depositi alluvionali, i terreni di riporto e i conoidi minori, dato che la mancanza generalizzata di dati sugli spessori e sulle caratteristiche granulometriche e di permeabilità di queste coperture non consente, di norma, di discriminare il grado di vulnerabilità delle stesse rispetto al substrato litoide. Sono stati invece valutati a parte i conoidi maggiori per i quali è presumibile, allo sbocco dalle valli maggiori nella piana, una circolazione acquifera a stante e che comporta comunque di regola un grado di vulnerabilità medio.

Nelle formazioni carbonatiche la circolazione profonda è garantita da una rete di fratture diffuse ed in progressivo ampliamento per fenomeni carsici. Nelle formazioni arenacee e calcareo-narmose la circolazione idrica avviene prevalentemente nella zona più superficiale, alterata e localmente ricoperta da coltre detritica; si può comunque presumere l'esistenza di

un circuito più profondo instauratosi in corrispondenza di sistemi di fratture. Le rocce calcaree fratturate presentano quindi 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.

Per le aree di pianura è stato nuovamente riportata la classificazione realizzata con il metodo SINTACS, già utilizzata in precedenza, estendendo il grado di vulnerabilità della pianura alle valli minori, sulla base della permeabilità del deposito alluvionale desunta tramite le caratteristiche litologiche dei bacini afferenti; viene infine segnalato il limite tra l'area studiata con il metodo SINTACS e quella realizzata per aree omogenee.

Nella carta idrogeologica sono infine riportati, nelle aree di pianura aperta, i dati concernenti le curve isopieze riprese dal progetto LIFE “*Serchio river alimented well-fields integrated rehabilitation*”, relative alla campagna di rilievi del maggio 2007.

4.1. La falda sotterranea della piana lucchese

La piana di Lucca è una pianura alluvionale costituita prevalentemente da alluvioni grossolane, in affioramento nella porzione settentrionale e centrale della stessa, e ricoperti da materiali più fini di natura limoso argillosa, di spessore sempre più crescente nella porzione sud-orientale.

Questo orizzonte sabbioso – ghiaioso-ciottoloso il cui spessore nel Comune di Lucca varia per lo più tra 10 e 20 m, raggiungendo valori massimi intorno ai 25 m lungo il F. Serchio nel tratto Nozzano-Ponte S. Pietro - poggia in profondità sui depositi alluvionali del Pleistocene Superiore-Olocene e sulle sottostanti argille lacustri di età Villafranchiana.

In tale orizzonte trova sede un acquifero alluvionale che con continuità areale si estende con spessore variabile sotto tutta la pianura, le cui condizioni lito-stratigrafiche fanno sì che la falda idrica sotterranea presenti caratteristiche freatiche nel settore settentrionale della piana in cui la falda non risulta confinata verso l'alto da terreni impermeabili, mentre assume caratteristiche di artesianità nel settore meridionale della stessa con il progressivo ispessimento della coltre superficiale impermeabile. L'acquifero in esame è pertanto da considerarsi un acquifero mono-falda anche se a luoghi, nel settore centro meridionale, possono essere presenti – all'interno della copertura fine – modeste e compartimentale falde superficiali, essenzialmente di tipo sospeso.

Studi sulle caratteristiche della falda sotterranea della piana lucchese hanno avuto inizio negli anni 70, periodo in cui per la prima volta si è proceduto ad un censimento dei numerosi pozzi esistenti adibiti a vari usi, mediante i quali è stato possibile eseguire misure di livello e ricostruire numerose carte piezometriche nelle varie situazioni stagionali le quali evidenziano sensibili variazioni delle direzioni di flusso nelle varie situazioni di ricarica. Nella Carta idrogeologica, come già precedentemente accennato, vengono riportate le curve isopieze riprese dal progetto LIFE “*Serchio river alimented well-fields integrated rehabilitation*”, relative alla campagna di rilievi del maggio 2007.

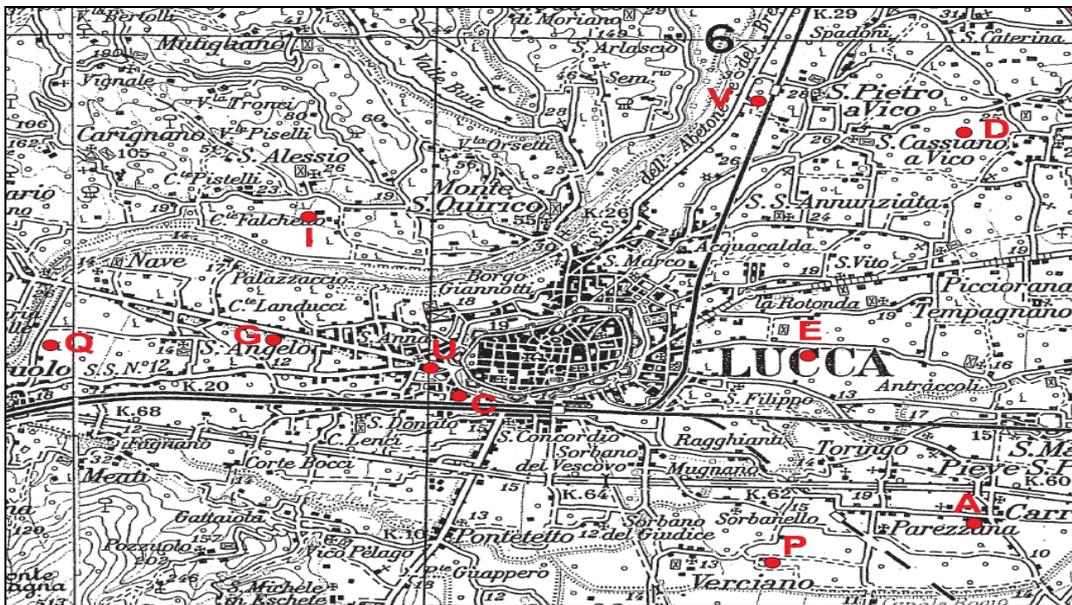
Le oscillazioni stagionali del livello della piezometrica caratterizzate da un andamento pressoché ciclico, sono un evidente segno della rapidità dei tempi di ricarica dell'acquifero, alla cui alimentazione contribuiscono:

- l'infiltrazione meteorica diretta nelle zone in cui l'acquifero è freatico;
- la ricarica di subalveo del Fiume Serchio;
- gli afflussi idrici sotterranei provenienti dalle conoidi superficiali e sepolte in corrispondenza dei corsi d'acqua minori;
- le infiltrazioni da parte delle acque irrigue e dalla perdite dai canali irrigui.

Gli afflussi apportati dai primi tre agenti della ricarica sono legati all'alternarsi dei fenomeni naturali, mentre per quanto concerne l'infiltrazione di acque irrigue, questa risulta collegata con l'attività antropica. L'entità di tale fenomeno è tale da determinare in un vasto settore settentrionale della piana un innalzamento della piezometrica nel trimestre estivo (giugno-settembre) anche di 1,5 m.

Più in generale le oscillazioni piezometriche della falda della piana di Lucca, così come risultanti da un monitoraggio di lungo periodo (2001÷2015) svolto dagli scriventi su vari pozzi distribuiti nella piana, evidenziano chiaramente ricariche a frequenza stagionale strettamente correlate al regime pluviometrico, in assenza di trend connotanti criticità in atto.

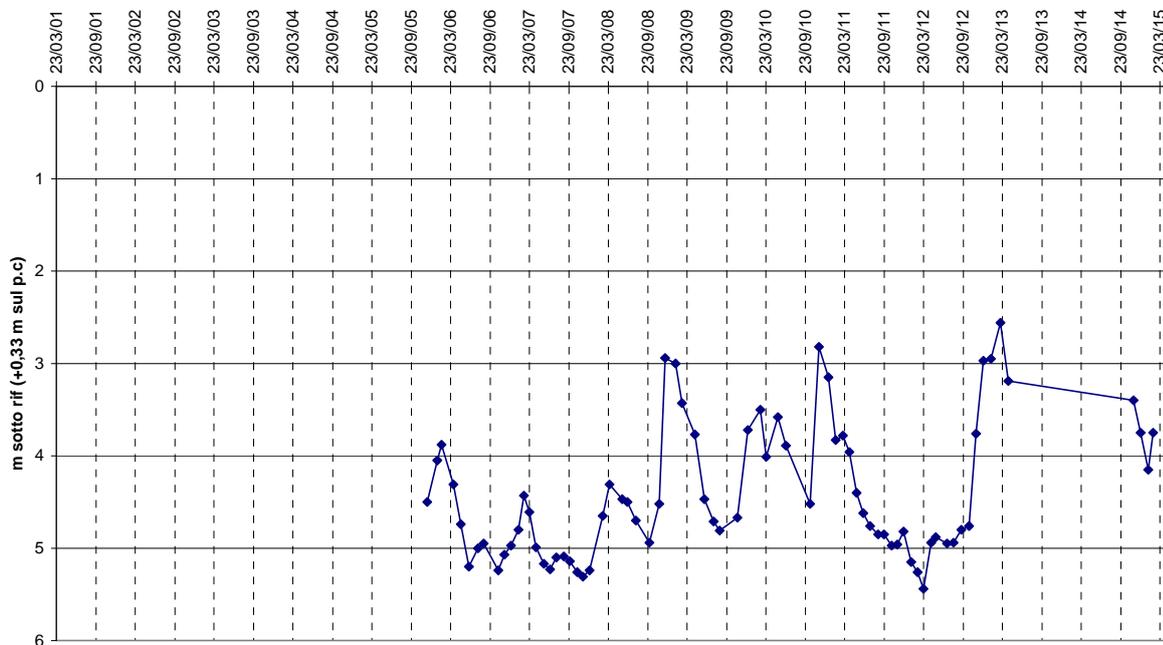
A tal fine, con riferimento alla pianta di posizione che segue, si riportano gli andamenti nel tempo dei livelli piezometrici di alcuni pozzi, distribuiti in varie zone della piana (anche extra Comune di Lucca), i quali evidenziano oscillazioni stagionali comprese in generale tra 1,5 e 2,5 e soggiacenze piezometriche medie annuali generalmente intorno a 2,0÷3,0 m.



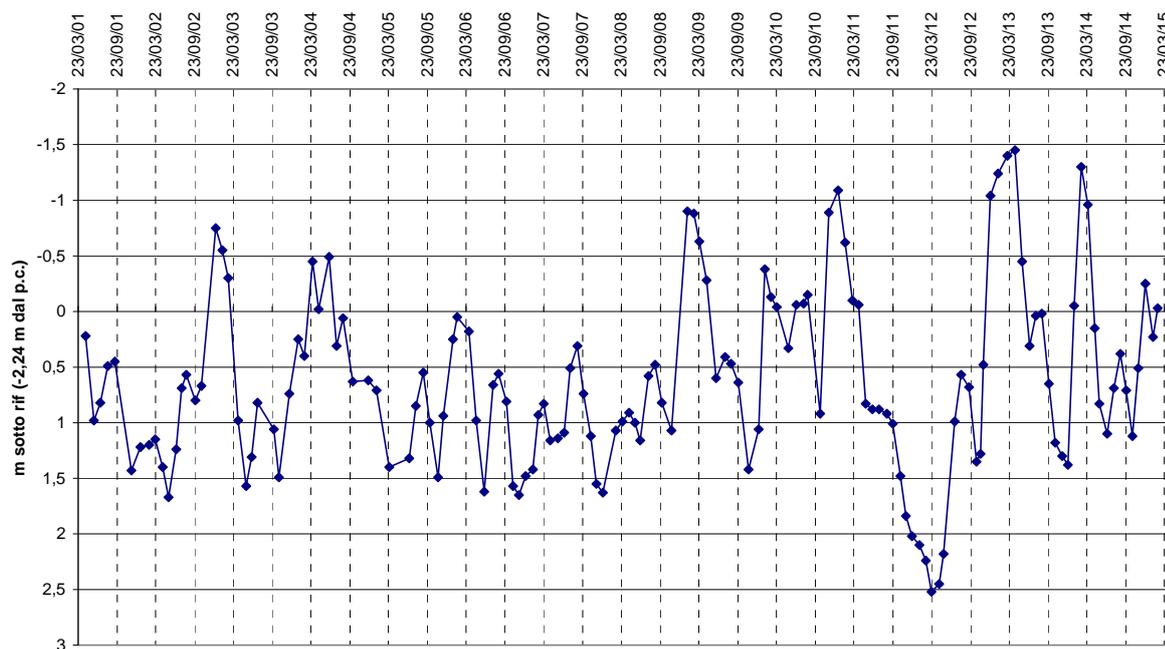
Ubicazione pozzi di controllo nella Piana di Lucca

			m s.l.m.*
A	(Carraia) Rif:Valvola (+0,7 m sul p.c.)		13,4
C	(Parcheggio V. Carducci) Rif: Tubo guida (+ 0,21 m sul p.c.)		13,21
D	(Laghetti Lammari) Rif:Muretto (-2,24 m sotto il p.c.)		19,56
E	(Antraccoli) Rif: Valvola (+0,75 m sul p.c.)		17,05
G	(S.Anna) Rif: Valvola (+0,65 m sul p.c.)		15,05
I	(S.Alessio) Rif:Boccapozzo (+0,2 m sul p.c.)		17,5
Q	(Montuolo) Rif:valvola (+0,2 m sul p.c.)		12,1
P	(Verciano) Rif: Valvola (+0,6 m sul p.c.)		12,8
U	(S.Anna) Rif. Boccapozzo (-0,27m da piazzale)		15,1
V	(Acquacalda) Rif. Boccapozzo + 33 cm sul p.c.		22
* Quote del punto di riferimento desunte dalla C.T.R. 1:2.000			

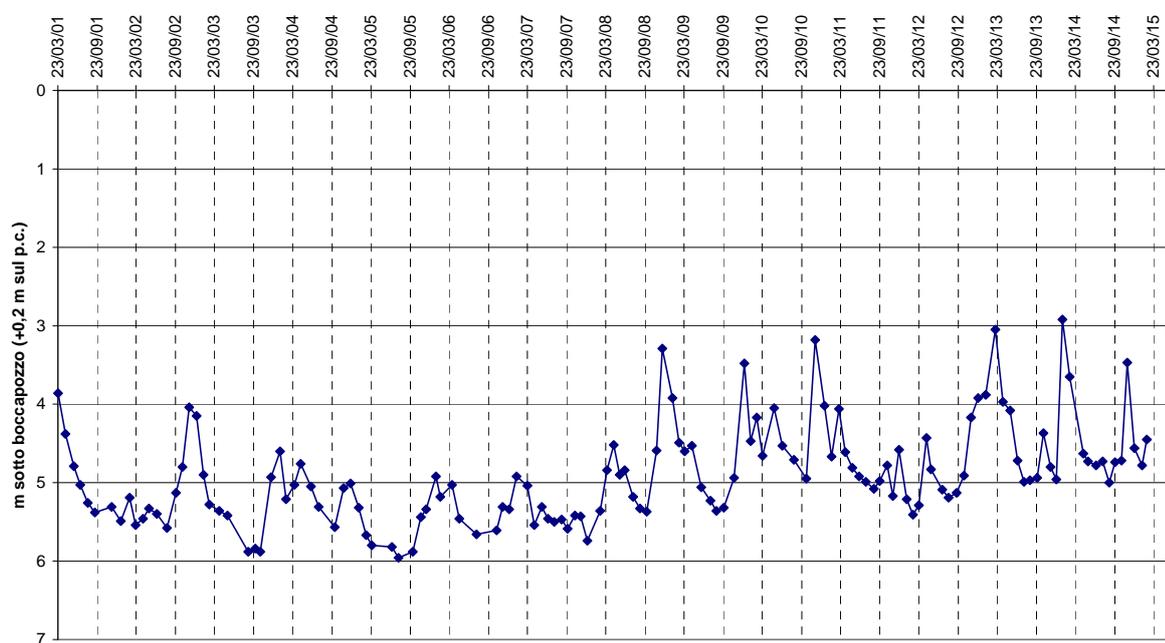
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO V (Lucca Acquacalda)



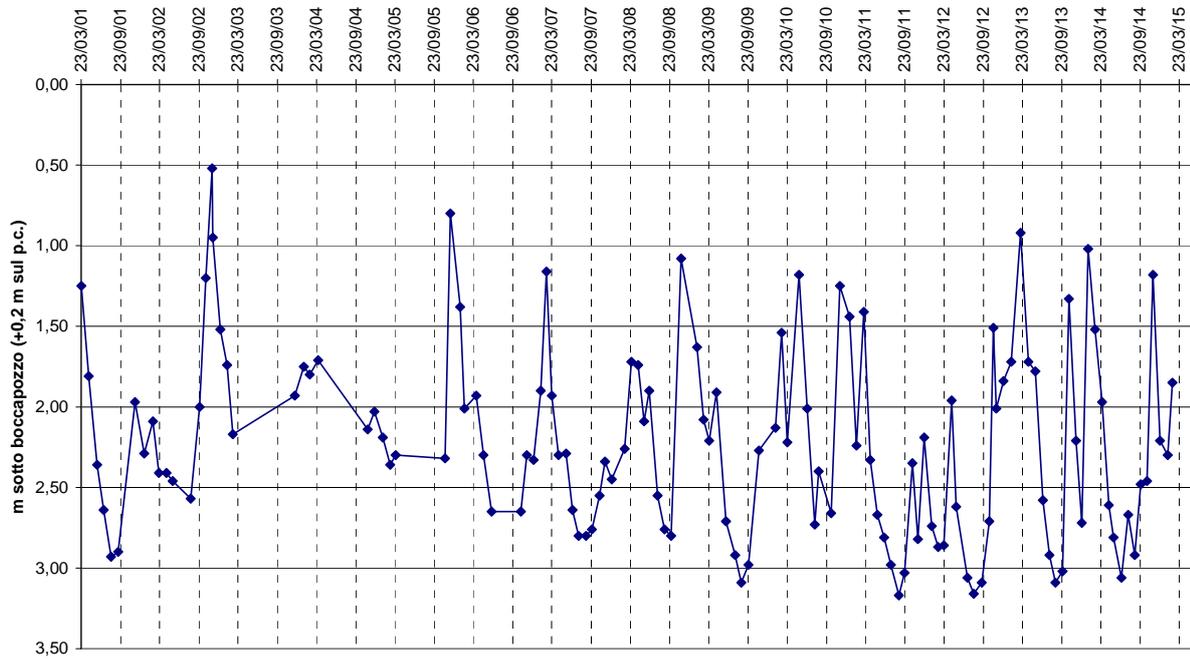
FLUTTUAZIONE PIEZOMETRICHE - Laghetti Lamhari (D)



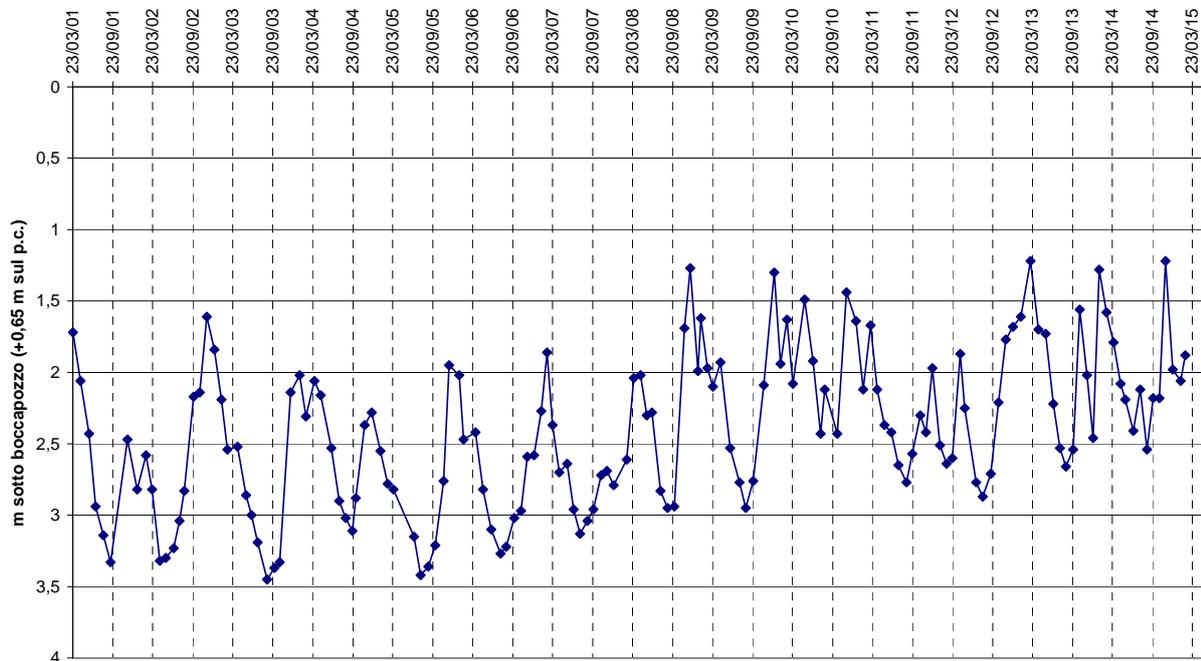
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO I (S.Alessio)



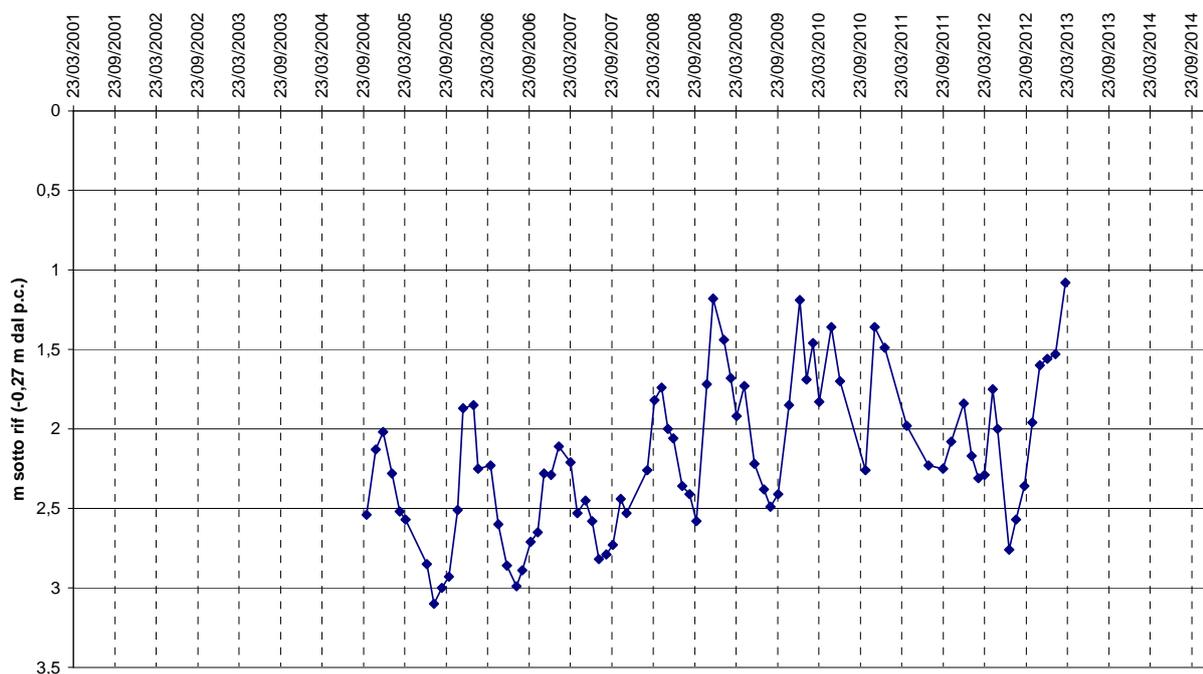
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO Q (Montuolo)



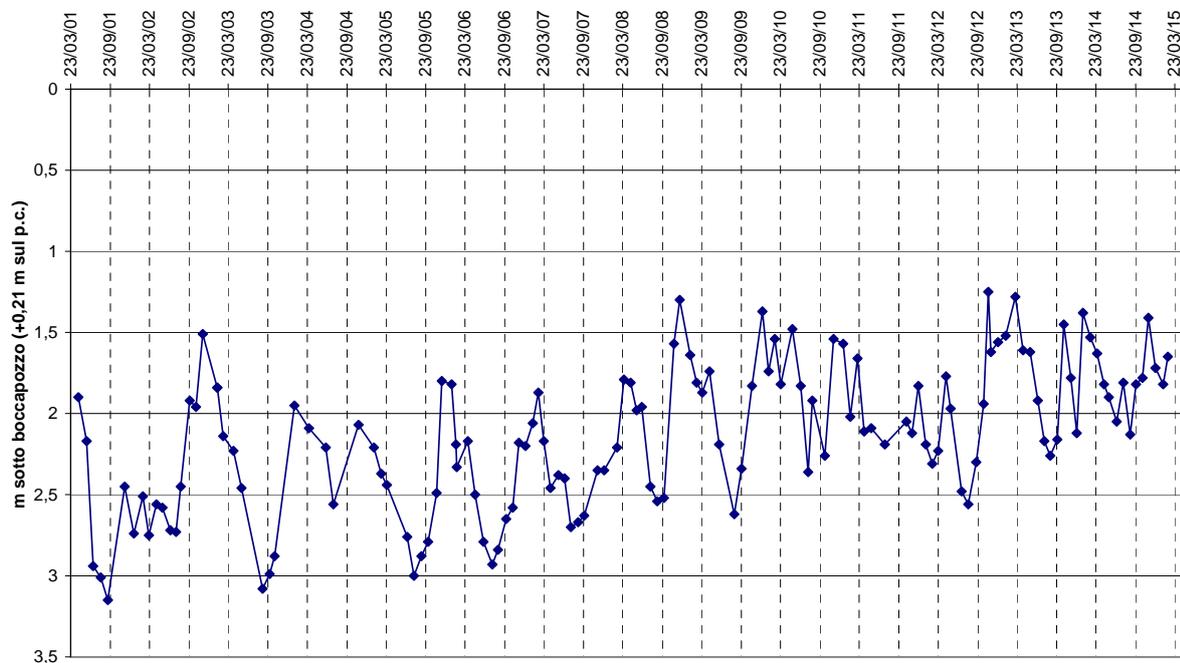
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO G (S.Anna- Via del Chiasso)



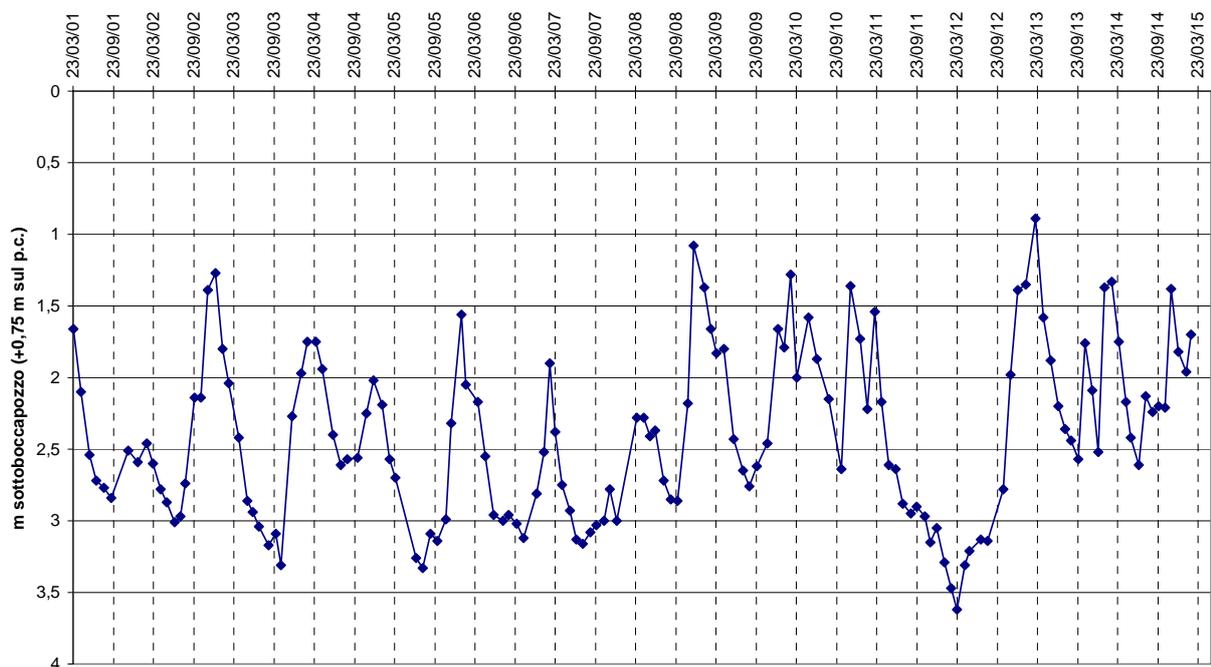
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL Pozzo U (Lucca - S. Anna)



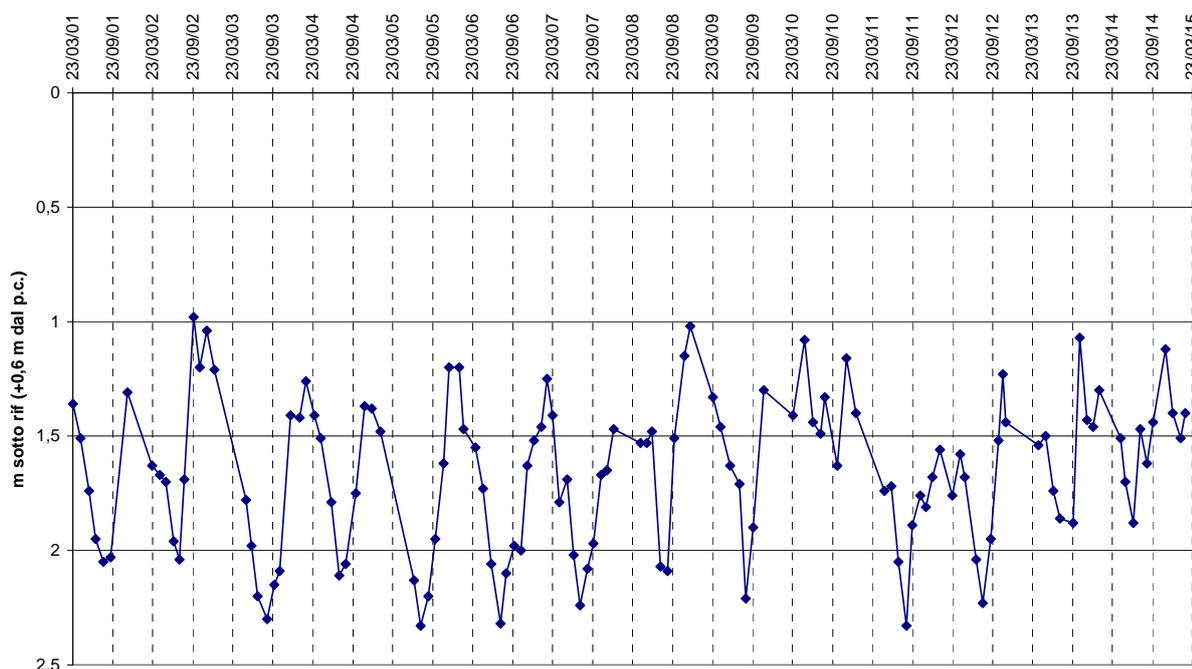
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL Pozzo C (Lucca - parcheggio Viale Carducci)



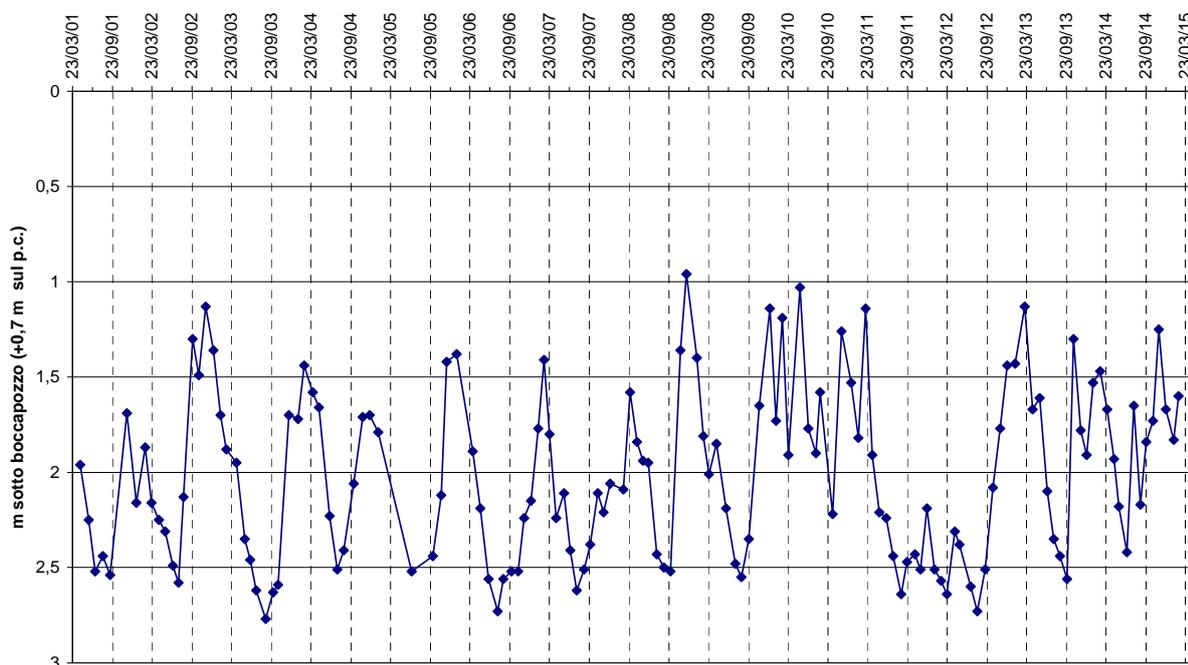
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO E (Antraccoli)



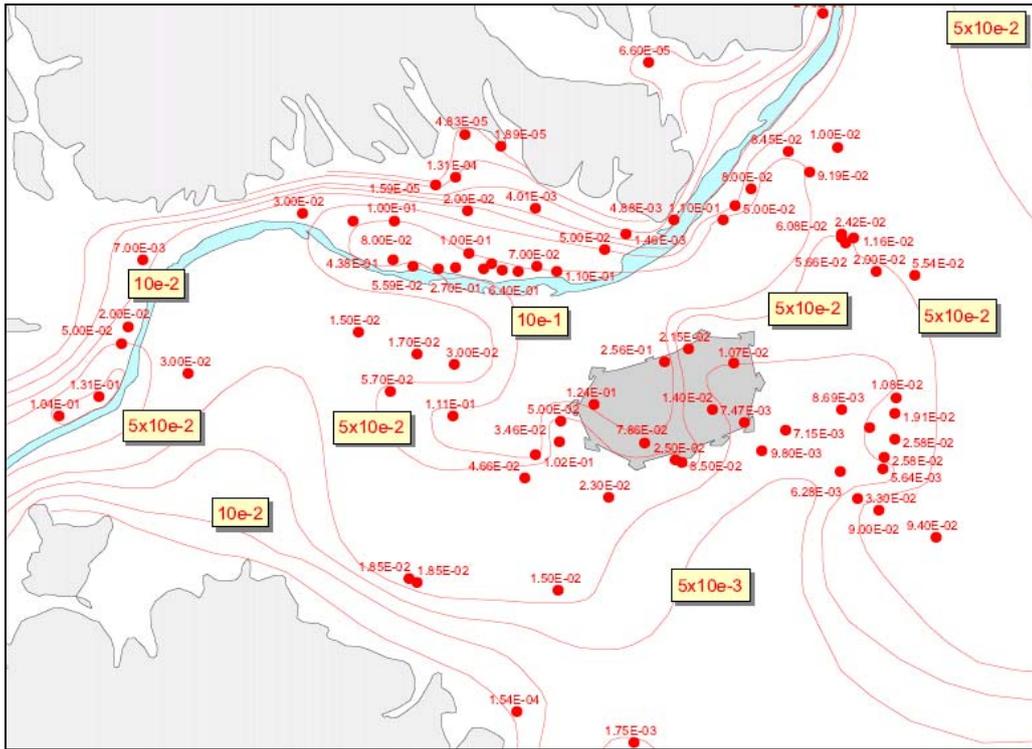
FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO P - Verciano



FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL Pozzo A - Capannori loc. Carraia



Nonostante il ridotto spessore dell'acquifero i valori di trasmissività – grazie alle elevate permeabilità del mezzo poroso – sono in genere medio alti e per lo più compresi tra 1 e $5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Di seguito si riporta uno stralcio cartografico, ripreso dal citato progetto LIFE “*Serchio river alimented well-fields integrated rehabilitation,*”, illustrante la distribuzione dei valori di trasmissività dell'acquifero della piana lucchese.



Distribuzione dei valori di trasmissività dell'acquifero della piana lucchese

5. IDRAULICA: AREE ALLAGABILI E PERTINENZE FLUVIALI

5.1. La Carta delle aree allagabili

La “*Carta delle aree allagabili*” (QG.12 e QG.13) contiene la perimetrazione delle aree allagabili dei corsi d’acqua significativi, così come risultanti dagli studi disponibili effettuati dall’Autorità di Bacino del F. Serchio per la redazione del PAI, implementati con i risultati degli approfondimenti svolti dallo studio INGEO per alcuni corsi d’acqua minori, quali:

1. Rio Carraia in località Saltocchio
2. Sistema dei fossi Isolella e Rio San Lorenzo in località San Lorenzo di Moriano
3. Torrente Mulerna in località Ponte a Moriano
4. Rio Cerreto in località Torre
5. Fosso Ribongi in località Mutigliano
6. Fosso Arsina nell’omonima località
7. Fossi Nortola e Rio Castiglioncello in località Nozzano
8. Fosso di Cerasomma nell’omonima località
9. Rio Guappero San Pantaleone presso Santa Maria del Giudice

La perimetrazione rappresenta l’involuppo delle aree che possono essere interessate da esondazioni per piene aventi tempo di ritorno di 30 e 200 anni.

E’ inoltre stata redatta dallo stesso Studio INGEO la “*Carta delle aree soggette a potenziale ristagno*” (elaborato QG.14), limitatamente al territorio della Piana classificato in classe BP dalle Norme di PAI .

Si rimanda alla *Relazione illustrativa degli approfondimenti idraulici* (elaborato QG.18) per le relative specifiche.

5.2. La Carta degli ambiti, delle pertinenze fluviali e delle aree destinate agli interventi di laminazione delle piene

L’elaborato QG. 16 - “*Carta degli ambiti, delle pertinenze fluviali e delle aree destinate agli interventi di laminazione delle piene*”, è stato aggiornato e reso adeguato alle attuali normative ed allo stato delle conoscenze.

In particolare è stata rivista la perimetrazione delle aree di pertinenza fluviale dei corsi d’acqua di rilevanza ambientale, assumendo come limite (sia delle aree di naturale esondazione che dell’alveo attivo) quello recentemente realizzato dalla Provincia di Lucca, che modifica in parte le aree già definite nella vigente strumentazione urbanistica e nel vigente Piano territoriale di Coordinamento, integrato da nuove delimitazioni per i corsi d’acqua minori richiamati dal punto 2.2 dell’Appendice 1 alle Norme del PTC, effettuate su cartografia CTR alla scala 1:2.000.

Più in dettaglio l’elaborato QG. 16 riporta i seguenti elementi:

- il reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della legge regionale 27 dicembre 2012, n. 79;
- il reticolo idraulico ed idrografico così come definito nelle TAVV. 9 della Variante al Piano di bacino del Serchio – Stralcio assetto idrogeologico I° aggiornamento;
- le aree destinate a casse di laminazione delle piene, così come individuate dal PAI del F. Serchio;
- l'ambito a_0 : **alveo fluviale ordinario in modellamento attivo**. Rappresenta 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, caratterizzato da ciottolame mobile, depositi sabbiosi e limosi sciolti, mentre la vegetazione eventualmente presente è per lo più arbustiva; il limite esterno, coincidente con il ciglio di sponda;
- l'ambito a_g : **aree golenali**. Sono fasce a lato dell'alveo, comprese tra le sponde del corso d'acqua e gli argini maestri, nelle quali le acque si espandono con andamento stagnante o comunque diverso da quello della corrente principale del fiume;
- l'ambito a_e : **aree di naturale esondazione e di tutela dei caratteri ambientali dei corsi d'acqua**. Sono aree essenzialmente di fondovalle caratterizzate da indicatori idrogeomorfologici (in genere depositi alluvionali recenti) e talora biologici (vegetazione) 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 scaturenti tanto dai dati storici quanto da verifiche idrauliche;
- l'ambito A1: comprende sia gli alvei, le golene e gli argini, sia le due fasce di larghezza di 10 m dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della legge regionale 27 dicembre 2012, n., con gli aggiornamenti previsti dalla D.C.R.T. 9/2015.

PARTE III – CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'

6. LA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Le condizioni di pericolosità geomorfologica dell'area di variante sono state valutate e sintetizzate nell'elaborato QG. 05 "Carta delle aree a pericolosità geomorfologica" nel rispetto di quanto dettato dal Regolamento 53/R del 2011, 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., aree interessate da soliflussi*
- **Pericolosità geomorfologica elevata (G.3):** *aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa 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; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.*
- **Pericolosità geomorfologica media (G.2):** *aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%*
- **Pericolosità geomorfologica bassa (G.1) :** *aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacitureali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.*

Tenuto tuttavia conto della necessità di produrre una cartografia che risulti anche conforme al PAI e di riferimento ad un unico apparato normativo coerente tanto con le disposizioni regionali quanto con le disposizioni delle Autorità di Bacino del F. Serchio e del F. Arno, la Carta della Pericolosità geomorfologica comprende anche tutti gli elementi di pericolosità del PAI, variamente classificati come da tabella sotto riportata.

TABELLA DI CORRELAZIONE

Classificazione 53R	Pericolosità mutate dai PAI
G.4	SERCHIO P4 (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).
G.3	SERCHIO P3 (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 certe (D.2a); aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche (E.1). ARNO P.F.3. cartografia livello di sintesi: aree interessate da fenomeni di dissesto attivi o quiescenti e da condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli
G.2	SERCHIO P2 (art. 14) – Aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche (E.2); aree interessate da deformazioni gravitative profonde presunte (D2b). P1 (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). ARNO P.F.2. cartografia livello di sintesi: pericolosità elevata da processi geomorfo-logici di versante: aree apparentemente stabili, interessate da litologie con caratteri intrinsecamente sfavorevoli alla stabilità dei versanti P.F.1. cartografia livello di sintesi: pericolosità moderata da processi geomorfologici di versante: aree apparentemente stabili ed interessate da litologie con caratteri sfavorevoli alla stabilità dei versanti che, talora, possono essere causa di rischio reale o potenziale moderato
G.1	SERCHIO - (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 53/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, ma che il regolamento 53/R prevederebbe, come visto, in classe G.3.

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

- frane attive e relative aree di influenza. Quest'ultime, intese come zone di possibile evoluzione del dissesto, sono perimetrate nelle aree 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); in conformità a quanto richiesto al punto B3 del regolamento 53R/2011 è stata operata la seguente distinzione, risolvibile dal

confronto tra la cartografia geologica-geomorfologica e quella di pericolosità geomorfologica:

- Zona 1 – area in dissesto
- Zona 2 – area di influenza
- 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, comprendendo quindi anche le aree sottostanti la zona di distacco ed esposte al rotolamento dei 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);
- alveo attivo del fiume Serchio e degli altri maggiori corsi d’acqua.

A chiarimento dell’elemento di pericolosità *alveo attivo* è opportuno precisare che il suo inserimento nella classe G.4 piuttosto che nella classe G.3, del resto ininfluenza ai fini normativi, nasce dal ritenere prevalente il carattere *attivo* in senso lato (e quindi suscettibile di processi erosivi e deposizionali) rispetto a quello strettamente *erosivo*.

Nella classe **G.3** sono state inserite 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 certe;
- aree soggette a franosità in terreni acclivi argilloso sabbiosi e conglomeratici;
- aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche.

Relativamente alla porzione di territorio di competenza del Bacino dell’Arno sono inserite in classe G3 le seguenti aree:

- aree interessate da fenomeni di dissesto quiescenti o da condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli

Nella classe **G.2** sono inserite le seguenti aree:

- aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche
- aree con fenomeni franosi inattivi stabilizzati (Frane bonificate artificialmente);
- aree interessate da deformazioni gravitative profonde presunte.

Relativamente alla porzione di territorio di competenza del Bacino dell’Arno sono inserite in classe G2 le seguenti aree:

- aree apparentemente stabili, interessate da litologie con caratteri intrinsecamente sfavorevoli alla stabilità dei versanti

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

- “Aree di fondovalle o di conoide” pianeggianti o sub pianeggianti.

Relativamente alla porzione di territorio di competenza del Bacino dell'Arno sono inserite in classe G1 le seguenti aree:

- aree apparentemente stabili di fondovalle

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

7. LA PERICOLOSITÀ DA DINAMICA TORRENTIZIA

Le colate detritiche torrentizie sono processi impulsivi di dinamica fluviale capaci di determinare vistosi effetti di morfogenesi quali sovralluvionamenti del corso d'acqua ed erosioni delle sponde. Secondo le disposizioni del P.T.C., le valutazioni relative alle colate detritiche torrentizie devono riguardare “i fondovalle dei corsi d'acqua minori, con estensione del bacino a monte dei centri abitati compreso tra 0,5 e 20 chilometri quadrati e pendenza dell'asta principale torrentizia pari almeno al 3 per cento”. Non sono stati individuati altri bacini sovrastanti centri abitati del territorio comunale con le suddette caratteristiche morfo-clivometriche per i quali siano da prevedersi indagini di dettaglio, oltre a quello relativo alla località Ponte alla Maddalena, già segnalato negli studi del PTC e comunque ricadente in classe media.

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 ma non contemplata né dal regolamento regionale 53/R, né dal PAI (se non indirettamente nelle classi APg e P2g, normate in pericolosità idraulica). In considerazione di quanto sopra tale elemento di pericolosità potenziale non trova riferimento nelle cartografie del PS.

8. LA PERICOLOSITÀ SISMICA E LA CARTA DELLE MOPS

Come è noto, con l'entrata in vigore delle Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008, non si può più considerare per tutto il territorio comunale di Lucca (definito di Zona 3 "a bassa sismicità") un unico valore dell'accelerazione di base $a_g = 0,15$ come precedentemente indicato per i territori ricadenti in Zona 3, 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 $V_s > 800$ 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.

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 assumere 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, ad esempio 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. E' questo il fine delle indagini di Livello 1 previste dagli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Protezione Civile e Regioni - Gruppo di Lavoro 2008 (di seguito ICMS), mentre la quantificazione di tali effetti è compito dei successivi livelli di indagine previsti dagli ICMS, ovvero il Livello 2 ed il Livello 3.

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

- i probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte;
- la presenza di faglie e/o strutture tettoniche;

- i contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- l'accentuazione della instabilità dei pendii;
- i terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- i terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

Tra questi scenari risultano individuabili, nel quadro generale delle conoscenze, essenzialmente i fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte e l'accentuazione della instabilità dei pendii.

La valutazione preliminare degli effetti locali o di sito era già stata rappresentata nel vigente RU attraverso la realizzazione della carta ZMPSL (Carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale) ai sensi del regolamento regionale 26/R del 2007.

L'emanazione dell'O.P.C.M. 3907/2010 e del nuovo regolamento regionale 53/R hanno reso necessario un approfondimento delle indagini per adeguare il quadro conoscitivo ai requisiti della Microzonazione Sismica di Livello 1.

Tali indagini sono consistite essenzialmente nella realizzazione di un congruo numero di misure di rumore sismico ambientale a stazione singola e nella redazione della Carta delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo (v. § 8.2), dalla redazione della Carta litologico-tecnica e dei dati di base (v. § 8.3), il tutto finalizzato alla redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - MOPS (v. § 8.4) secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche dell'All. A al citato regolamento 53/R e negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS) del Dipartimento per la Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Per un più completo inquadramento delle problematiche sismiche del Comune di Lucca è stato inoltre effettuata una ricerca sulla sismicità storica del territorio comunale (v. § 8.1).

8.1. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Al fine di comprendere le motivazioni per cui il Comune di Lucca è classificato sismico, è stata eseguita una ricerca degli eventi storici con risentimento nel territorio comunale, all'interno dei cataloghi sismici pubblicati da vari enti di ricerca, in modo da avere un'idea sulla sismicità storica del territorio.

I Cataloghi consultati sono:

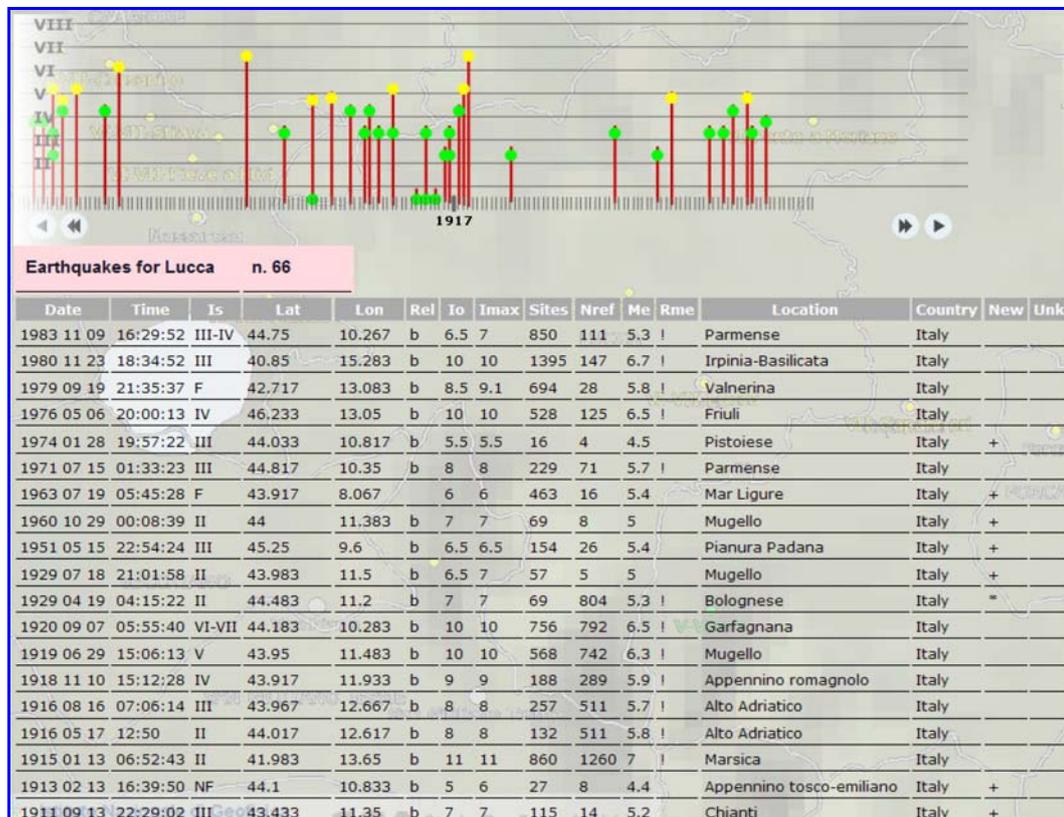
1. **CPTI11 – Catalogo parametrico dei Terremoti Italiani.** Rappresenta ad oggi il catalogo di riferimento più completo e affidabile.

2. **CFTI4 med – Catalogo dei forti terremoti in Italia** tra il 461 a.C. ed il 1997 e nell'area Mediterranea tra il 760 a.C ed il 1500. Contiene tutti i terremoti italiani aventi intensità epicentrale di grado VIII o superiore e una selezione dei terremoti più piccoli (in totale 1257 terremoti).

2. **DOM 4.1 - Database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno** (GNDT 1997). Non si tratta di un vero e proprio catalogo ma di un data-base delle osservazioni macrosismiche contenente circa 37.000 osservazioni su circa 10.000 località per 904 terremoti; da tale elaborato deriva la Carta delle Massime Intensità macrosismiche (vedi Fig. 1).

Non sono stati rilevati forti terremoti con epicentri localizzati nel territorio comunale di Lucca. Gli epicentri dei sismi catalogati sono quasi tutti collocati in area appenninica ed in particolare in Garfagnana-Lunigiana che rappresenta l'area sismogenetica più vicina e più attiva, dove si segnala il terremoto del 1920 con intensità epicentrale del X° MCS che comportò un risentimento (intensità al sito Is) del VII° MCS a Capannori e del VI°-VII° MCS a Lucca.

Più in particolare la consultazione del catalogo CFTI4 med indica per il Comune di Lucca 66 eventi sismici, come da estratto seguente:



Estratto del catalogo CFTI 4 med per Lucca

Dalla Carta delle massime Osservazioni macrosismiche rilevate nei comuni italiani si deduce invece come il massimo storicamente osservato per il Comune di Lucca sia l’VIII MCS (vedi Fig. 1).

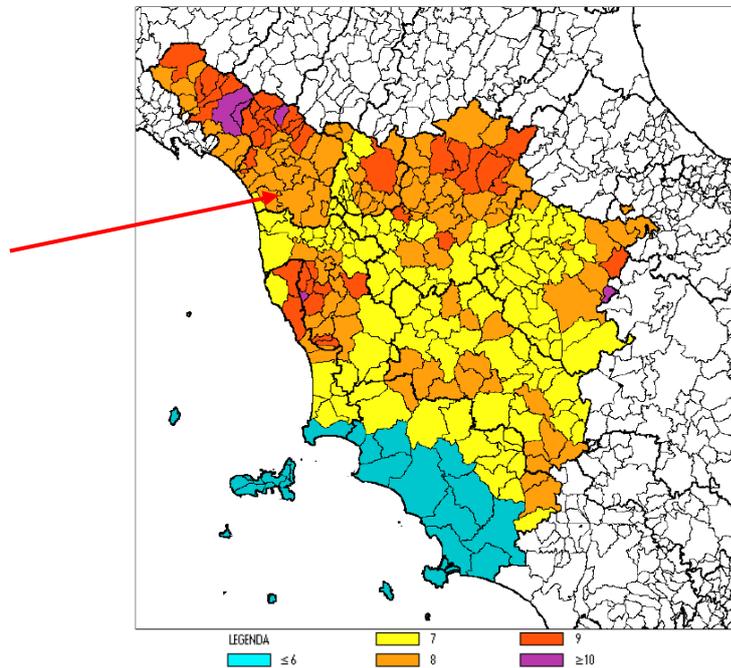


Fig. 1 – Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni toscani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'INGV marzo 1997

Con la pubblicazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (Supplemento Ordinario n. 72 della G.U. n. 105 del 8.05.2003) è finalmente entrata in vigore la nuova Classificazione Sismica del Territorio Italiano, basata sulle indicazioni del Gruppo di Lavoro del Dipartimento della Protezione Civile del 1998: la nuova classificazione è stata recepita dalla Regione Toscana con D.G.R.T. n. 751 del 28 luglio 2003, in base alla quale il territorio del Comune di Lucca, precedentemente Non Classificato N.C., è stato definito sismico di Zona 3, zona infine riconfermata dalla Delibera GRT n° 878 dell’8 Ottobre 2012.

Successivamente la Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile ha approvato, nella seduta del 6 aprile 2004, la nuova Mappa di Pericolosità sismica del Territorio Nazionale (vedi Fig. 2 e 3): questa è stata recepita dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 Aprile 2006 (vedi Fig. 4) ed è divenuta infine la mappa di riferimento prevista dal D.M. 14 Gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

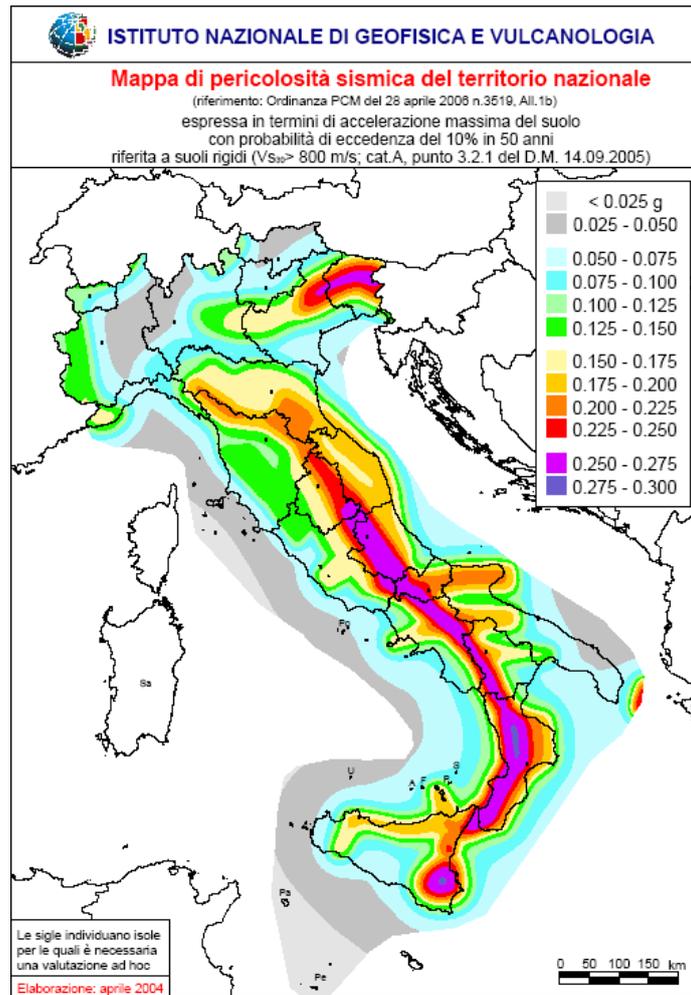


Fig. 2 – Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

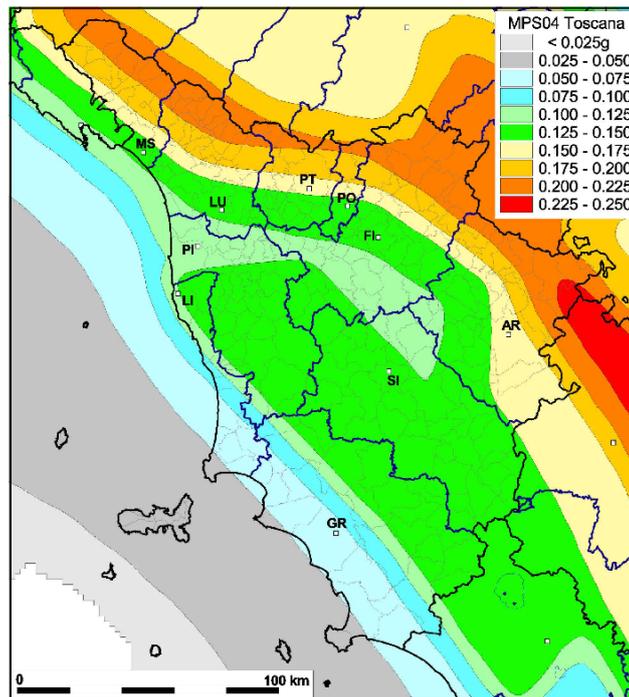


Fig. 3 – *Mapa di pericolosità sismica della Regione Toscana*

Con Decreto del 14 Gennaio 2008, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4.02.2008 suppl. ord. n° 30, sono state infine approvate le nuove Norme tecniche per le costruzioni, entrate in vigore il 23 Marzo 2008 ma prorogate successivamente fino alla definitiva scadenza del 30 giugno 2009. Da tale data, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene 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 4 dei 10751 punti della griglia di accelerazioni (Tab 1 del D.M. 14 Gennaio 2008), e, tramite media pesata, ad esso competerà un valore specifico di accelerazione (vedi ad esempio la griglia delle accelerazioni per la Provincia di Lucca in Fig. 5).

La classificazione sismica regionale ex DGRT n° 878/2012, di cui alla Fig. 4, e la suddivisione in zone, rimangono pertanto al solo fine di disciplinare le modalità di controllo dei progetti.

8.2. Le carte delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 0,1-1,0Hz e 1,0-20,0Hz

La tecnica utilizzata per la redazione della *Carta delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo* rappresentata nelle TAVV. A3 si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nogoshi & Igarashi (1970) o tecnica dei rapporti spettrali HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), in seguito ripresa e perfezionata da Nakamura (1989).

L'individuazione della frequenza fondamentale del sottosuolo o frequenza caratteristica di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per evidenziare la presenza di contrasti nella velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) all'interno delle coperture o tra le coperture ed il bedrock, contrasti che sono i principali responsabili dei fenomeni amplificativi del moto sismico in superficie. L'individuazione della frequenza caratteristica di risonanza del sito permette inoltre di valutare la possibilità di insorgenza del pericoloso fenomeno della "doppia risonanza", che si manifesta quando la frequenza propria di vibrazione dei fabbricati replica (o comunque approssima) quella propria del terreno.

E' evidente quindi l'utilità della Carta delle frequenze anche nell'indirizzare le scelte urbanistiche sia in termini di altezza delle costruzioni (da cui dipende essenzialmente il valore della frequenza propria di vibrazione), sia in termini di tipologie strutturali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato artificialmente, come ad esempio nella sismica attiva. Anche il debole rumore sismico infatti, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione si ritrova all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR, che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze fondamentali di risonanza dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle **frequenze naturali f_n** di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s * (2n - 1)) / (4 * H)$$

Conoscendo la velocità V_s , l'interpretazione delle curve H/V consente di correlare il valore di picco dello spettro con la profondità ove si manifesta un contrasto di velocità significativo all'interno dei depositi di copertura, ovvero di

individuare la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock sismico caratterizzato da velocità $V_s > 800$ m/s).

Le misure di rumore sismico ambientale sono state eseguite dalla Geoprove S.a.S. e sono contenute nell'elab. QG. 17 – Dati Geognostici .

Per le analisi del microtremore sismico è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed (Tromino modello TRZ-0101/01-10) con software di elaborazione dedicato. Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V utilizzando i seguenti parametri:

- Tempo di acquisizione: 40 min
- Frequenza di campionamento: 128 Hz
- Larghezza delle finestre d'analisi: 30 s,
- Lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e nella stima dello spessore e delle velocità delle onde S della “copertura”, qualora si abbiano a disposizione sufficienti dati sismo-stratigrafici al contorno.

Sono state effettuate n. 150 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola localizzate come da tabella seguente, con i relativi valori delle frequenze fondamentali e del rapporto HVSR (quando tale rapporto è >2); nell'ultima colonna è riportata la Classe di qualità della misura secondo i criteri di SESAME 2004, Albarello et alii (2011) e Albarello e Castellaro (2011). Sono stati evidenziati i valori di frequenza, principale e secondario, interessanti ai fini ingegneristici civili, compresi rispettivamente tra 0,1Hz e 1,0 Hz e tra 1,0 Hz e ≈ 20 Hz. Si ricorda comunque che l'assenza di picchi $H/V > 2$ all'interno dei ranges considerati non significa automaticamente l'assenza di fenomeni amplificativi, dato che possono comunque essere presenti fenomeni di origine bi e tridimensionale (2D÷3D) che la tecnica HVSR non è in grado di risolvere. Tali problematiche dovranno quindi essere affrontate in sede di indagini di MS di Livello 2 e, particolarmente, di Livello 3.

Codice	Frequenza principale		Frequenza secondaria		Frequenza 0,1-1,0 in		Località di rilevamento	Classe misura
	in HZ	Ampiezza	in HZ	Ampiezza	in HZ	Ampiezza		
1	7,19	2,09	0,00	0,00	0,94	2,15	lucca p.zza arcivescovato	A
2	1,06	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	lucca cortile carrara	A
3	1,22	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	lucca mercato carmine	A
4	1,22	2,43	7,80	2,10	0,00	0,00	lucca villa Bottini	A
5	1,56	2,46	0,00	0,00	0,00	0,00	lucca H san luca	A
6	8,13	2,00	0,00	0,00	0,73	3,51	lucca palazzo orsetti	A
7	8,00	2,00	0,00	0,00	0,66	4,74	lucca piazza cittadella	A

8	7,09	2,00	0,00	0,00	0,89	4,21	san concordio via nottolini	A
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	4,94	san concordio via del tempietto	A
10	6,00	2,20	0,00	0,00	0,78	4,87	lucca via nazario sauro	B
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	3,48	lucca via carrara	A
12	1,16	3,56	6,19	2,40	0,00	0,00	san concordio via urbiciani	A
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	3,56	san concordio campo sportivo	B
14	1,19	2,50	7,00	2,00	0,00	0,00	san concordio via consani	A
15	4,50	3,96	0,00	0,00	0,70	3,20	san concordio viale tr II	B
16	4,77	2,48	0,00	0,00	0,69	6,43	san concordio via gardenie	A
17	1,36	3,06	6,50	2,00	0,00	0,00	san concordio via formica	A
18	0,00	0,00	5,16	2,00	0,81	2,54	pontetetto chiesa	B
19	1,05	3,03	5,16	2,10	0,00	0,00	pontetetto depuratore geal	A
20	4,80	2,00	0,00	0,00	0,78	3,08	san concordio via gardenie	B
21	4,53	2,29	0,00	0,00	0,88	2,53	san concordio via bandettini	A
22	5,63	3,13	0,00	0,00	0,70	3,00	san donato via custer denobili	B
23	8,03	2,00	0,00	0,00	0,84	2,00	s. anna vle luporini	B
24	4,69	3,81	16,75	2,40	0,00	0,00	san cassiano a vico via cecchetti	B
25	1,08	2,95	0,00	0,00	0,00	0,00	s. anna parco giochi don minzoni	A
26	10,00	3,00	0,00	0,00	0,69	3,23	s. anna corte venturi	A
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	san donato vle luporini	A
28	9,13	2,09	0,00	0,00	0,78	2,48	s. anna via togliatti	B
29	5,25	2,87	1,09	2,45	0,00	0,00	san donato chiesa	A
30	6,38	3,17	0,00	0,00	0,94	2,19	s. anna via vecchi pardini	A
31	6,00	3,29	0,00	0,00	0,69	3,00	s. anna via matteotti	A
32	9,20	2,66	0,00	0,00	0,83	3,57	s. anna via pistelloni	A
33	7,31	3,27	0,00	0,00	0,73	2,23	s. anna vle einaudi	B
34	7,97	2,55	0,00	0,00	0,78	2,00	s. anna vle luporini	B
35	1,30	4,17	4,00	2,60	0,00	0,00	san donato via san donato	B
36	4,69	2,99	1,22	2,18	0,00	0,00	san donato via san donato	B
37	1,25	4,11	4,03	3,05	0,00	0,00	san donato via villa alfieri	A
38	1,25	4,15	2,80	2,00	0,00	0,00	pontetetto via di vicopelago	A
39	1,72	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	vicopelago cimitero	A
40	2,72	5,06	0,00	0,00	0,00	0,00	zoppino via per pozzuolo	A
41	1,78	2,71	0,00	0,00	0,00	0,00	gattaiola villa alfieri	B
42	6,06	4,87	0,00	0,00	0,00	0,00	gattaiola cimitero	B
43	2,66	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	gattaiola via dei poncioni	B
44	1,25	3,79	3,67	2,32	0,00	0,00	san donato via di ronco	A
45	1,38	4,65	3,66	2,84	0,00	0,00	via san donato corte bandi	B
46	2,47	4,64	0,00	0,00	0,00	0,00	fagnano via comuni d'europa	B
47	2,97	8,31	0,00	0,00	0,00	0,00	montuolo via serafini	A
48	4,81	4,39	0,00	0,00	0,00	0,00	montuolo chiesa	B
49	2,39	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	montuolo via bozzi	A
50	1,81	5,80	3,20	3,00	0,00	0,00	fagnano via pisana	A
51	5,50	3,89	1,06	2,51	0,00	0,00	sant'angelo in campo chiesa	B
52	4,16	3,59	0,00	0,00	0,63	2,70	sant'angelo corte bozzi	A
53	4,38	3,68	1,34	3,28	0,00	0,00	sant'angelo via sillori	B
54	1,41	3,99	3,63	3,24	0,00	0,00	nave via paoletti	A
55	1,09	3,16	4,38	2,96	0,00	0,00	nave via lippi bassi	A
56	7,50	3,74	1,25	2,89	0,00	0,00	s. anna palazzaccio	A
57	6,69	2,15	0,00	0,00	0,72	2,86	s. anna via del poggetto	A
58	4,88	4,38	0,00	0,00	0,73	3,35	san donato via corte belli	A
59	4,22	4,38	0,00	0,00	0,84	3,42	san donato via viaccia II	A
60	3,88	5,63	1,13	3,11	0,00	0,00	fagnano via pisana	A
61	1,94	5,71	0,00	0,00	0,00	0,00	ponte san pietro via sarzanese	B

62	1,56	5,87	0,00	0,00	0,00	0,00	san macario campo sportivo	A
63	3,13	7,13	0,00	0,00	0,00	0,00	s maria a colle scuole elementare	A
64	3,06	3,98	0,00	0,00	0,00	0,00	maggiano chiesa	B
65	3,28	4,44	0,00	0,00	0,00	0,00	maggiano cimitero	A
66	3,00	2,46	0,00	0,00	0,00	0,00	farneta certosa	B
67	2,47	3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	farneta via di chiatri	A
68	20,00	3,08	0,00	0,00	0,00	0,00	maggiano via fregionaia	A
69	1,98	2,28	7,58	2,13	0,00	0,00	s maria a colle chiesa	B
70	1,92	8,19	0,00	0,00	0,00	0,00	s maria a colle via torre	A
71	1,44	5,22	0,00	0,00	0,00	0,00	ponte san pietro cimitero	A
72	1,72	5,51	0,00	0,00	0,00	0,00	nozzano via dei bollori	A
73	3,91	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	nozzano castello	B
74	5,81	5,53	0,00	0,00	0,00	0,00	nozzano via bordogna	A
75	4,31	3,67	0,00	0,00	0,00	0,00	balbano via di balbano	A
76	4,06	2,76	1,30	2,00	0,00	0,00	mugnano campi sportivi	B
77	5,13	4,29	1,09	2,91	0,00	0,00	sorbano del vescovo	B
78	5,63	2,79	1,25	2,38	0,00	0,00	mugnano via di fontanella	A
79	9,25	2,54	1,22	2,42	0,00	0,00	mugnano via di mugnano	A
80	4,84	2,42	1,56	2,22	0,00	0,00	san filippo parco giochi	A
81	1,66	2,74	6,50	2,00	0,00	0,00	san filippo iti	A
82	4,63	4,26	0,00	0,00	0,00	0,00	mugnano via di mugnano	B
83	6,72	2,20	1,20	2,20	0,69	3,14	san filippo via martini	B
84	8,06	3,03	1,38	2,55	0,63	2,82	arancio	A
85	14,84	2,25	0,00	0,00	0,59	2,50	san marco h campo di marte	A
86	1,53	2,44	0,00	0,00	0,78	2,26	san marco v.le marconi	A
87	2,11	2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	san marco via tito strocchi	B
88	1,20	2,16	0,00	0,00	0,77	2,58	san filippo via macelli	B
89	5,75	2,07	1,50	2,02	0,00	0,00	arancio cimitero	A
90	9,06	3,55	1,56	2,17	0,00	0,00	antraccoli via paladini	A
91	16,25	2,23	1,34	2,03	0,00	0,00	antraccoli scuola via paladini	B
92	16,88	2,53	1,47	2,04	0,00	0,00	antraccoli chiesa	B
93	15,28	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	antraccoli via del cantone	A
94	1,94	2,17	0,00	0,00	0,00	0,00	picciorana via dei lombardi	A
95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	picciorana via di picciorana	A
96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	tempagnano via di tempagnano	B
97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	2,66	lucca p.le san donato	B
98	1,25	2,60	0,00	0,00	0,72	2,95	lucca giardino osservanti	B
99	1,09	2,23	0,00	0,00	0,75	2,66	lucca via bacchettoni	B
100	1,66	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	lucca via buiamonti	A
101	5,31	2,84	0,00	0,00	0,00	0,00	san marco via jacopo d quercia	B
102	4,11	2,95	10,00	2,90	0,00	0,00	san marco via lucio papa III	B
103	15,19	3,76	1,95	2,20	0,00	0,00	san marco via acquacalda	A
104	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ss annunziata chiesa	B
105	1,33	2,19	0,00	0,00	0,63	2,48	san vito al tondo	B
106	6,17	3,18	0,00	0,00	0,61	3,10	san vito cimitero	A
107	4,19	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	ss annunziata via ss annunziata	A
108	5,81	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	s. pietro a vico via dei marzi	B
109	2,03	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	san pietro a vico via ville	B
110	15,00	3,13	1,50	2,18	0,00	0,00	s. pietro a vico via del ponte	B
111	6,25	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	s. pietro a vico laghetto	A
112	3,50	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	m. s. quirico chiesa	B
113	3,67	11,28	0,00	0,00	0,00	0,00	m. s. quirico tre cancelli	B
114	3,38	5,15	1,90	4,00	0,00	0,00	m. s. quirico via querce	B
115	3,44	2,29	1,60	2,00	0,72	2,00	san marco via tagliate	A

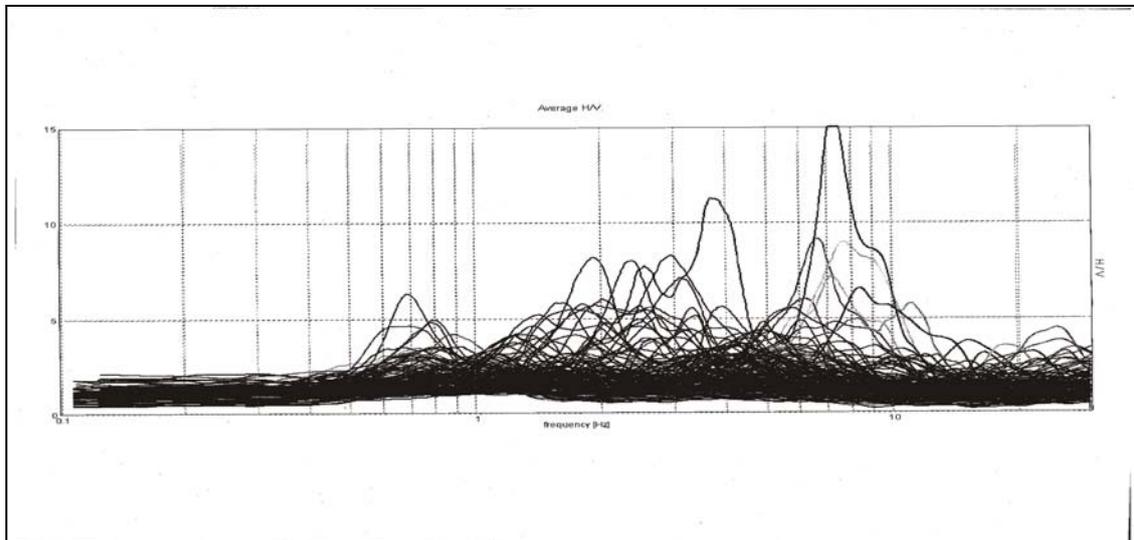
116	7,19	4,79	0,00	0,00	0,00	0,00	m. s. quirico peep	A
117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	s. alessio vigna ilaria	B
118	1,94	3,37	3,40	2,90	0,00	0,00	s. alessio via per s alessio	A
119	6,56	9,16	0,00	0,00	0,00	0,00	cappella via per camaiore	B
120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	m. s. quirico via delle maolina	B
121	7,19	7,23	19,00	3,50	0,00	0,00	saltocchio campo sportivo	B
122	6,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ponte a moriano via volpi	A
123	5,28	2,60	10,00	2,50	0,00	0,00	ponte a moriano sp 20	B
124	7,66	8,98	0,00	0,00	0,00	0,00	piaggione chiesa	A
125	11,19	5,77	0,00	0,00	0,00	0,00	ponte a moriano via fambrini	B
126	2,66	3,73	0,00	0,00	0,00	0,00	s. maria del giudice catro	A
127	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	s. maria del giudice cima monte	A
128	4,69	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	s. maria del giudice ss 12	A
129	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	s. maria del giudice la quercia	A
130	3,28	3,00	1,80	2,15	0,00	0,00	s. maria del giudice parco giochi	A
131	2,50	2,72	0,00	0,00	0,00	0,00	san lorenzo vaccoli via vaccoli	A
132	5,31	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	s. maria giudice ss12 tr. III	A
133	4,00	4,51	0,00	0,00	0,00	0,00	san lorenzo vaccoli v s maria	A
134	2,16	2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	massa pisana via colletto	A
135	1,75	4,12	0,00	0,00	0,00	0,00	vicopelago cimitero	A
136	2,03	6,02	0,00	0,00	0,00	0,00	cerasomma ss12	B
137	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	balbano alla croce	B
138	10,28	2,66	7,00	2,50	0,00	0,00	ponte maddalena sp 1	A
139	7,30	15,83	0,00	0,00	0,00	0,00	piaggione cava audero	B
140	3,75	3,43	0,00	0,00	0,00	0,00	sesto moriano via lodovica	B
141	8,38	6,59	0,00	0,00	0,00	0,00	saltocchio via della croce	A
142	3,13	3,38	10,00	2,90	0,00	0,00	m s quirico nuovo ponte	B
143	10,31	3,32	1,47	2,40	0,00	0,00	arancio via cadorna	B
144	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	s vito via cornacchie	B
145	3,69	2,61	11,88	3,00	0,00	0,00	san marco via bichi	A
146	2,47	4,96	0,00	0,00	0,00	0,00	san michele in escheto	A
147	4,53	2,10	1,09	2,00	0,00	0,00	lucca parcheggio carducci	B
148	4,25	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	san quirico moriano corte cioni	B
149	5,63	2,93	1,10	2,85	0,78	2,59	san concordio inizio viale	A
150	8,00	2,00	0,00	0,00	0,94	2,22	s. anna liceo scientifico	A

Nell'allegato citato sono riportati i grafici che mostrano, in funzione della frequenza, i valori dei rapporti spettrali H/V e l'ampiezza delle singole componenti.

Ai fini delle presenti indagini, per una più completa caratterizzazione, vengono di seguito riportati anche i dati relativi a n. 48 misure di rumore sismico effettuate in precedenza dagli scriventi sul territorio comunale per le quali sono disponibili solo i valori principali di frequenza e della relativa ampiezza.

Codice postazione	Frequenza principale in HZ	Ampiezza principale	Località di rilevamento	Classe misura
1	1,84	2,40	its fermi s. filippo	A
2	7,56	2,63	its fermi s. filippo	B
3	0,75	4,36	ist. arte p. napoleone	B
4	1,38	2,66	liceo passaglia v. fillungo	B
5	1,41	2,72	liceo passaglia v. fillungo	B
6	1,34	3,12	liceo classico machiavelli	B
7	1,31	2,51	liceo classico machiavelli	B
8	0,69	3,04	chiesa s. maria forisportam	B
9	1,19	2,54	chiesa s. maria forisportam	B
10	1,13	2,55	chiesa s. maria forisportam	B
11	0,70	4,90	Ponte tetto	B
12	0,70	4,80	Ponte tetto	B
13	0,00	0,00	monte s. quirico	B
14	5,31	8,84	monte s. quirico	B
15	5,05	5,85	monte s. quirico	B
16	2,19	7,26	s.angelo	B
17	2,50	7,94	s.angelo	A
18	20,00	2,30	s. pietro a vico	B
19	0,00	0,00	s. pietro a vico	B
20	13,44	4,54	s.alessio	B
21	4,80	2,40	s.alessio	B
22	1,00	3,10	park tagliate	B
23	4,91	3,91	piazza di brancoli	B
24	0,00	0,00	piazza di brancoli	-
25	6,56	2,49	Piaggione	B
26	0,00	0,00	Piaggione	-
27	3,66	4,00	Arsina	B
28	4,97	3,24	s.concordio	A
29	5,63	3,03	s.concordio	B
30	1,00	4,20	Sorbano	A
31	1,03	4,42	Sorbano	A
32	0,91	4,33	Sorbano	A
33	0,89	5,14	Sorbano	A
34	0,89	4,41	Sorbano	A
35	1,00	4,90	Sorbano	B
36	1,00	4,90	Sorbano	B
37	1,41	2,45	itc carrara	A
38	1,75	2,33	itc carrara	A
39	1,69	2,47	itc carrara	A
40	1,56	2,40	itc carrara	A
41	1,56	2,53	itc carrara	A
42	1,44	2,47	itc carrara	A
43	1,31	2,64	casa del boia	A
44	1,16	3,26	via tiro a segno	B
45	1,19	2,85	via tiro a segno	B
46	12,09	2,43	v.le del prete	B
47	6,50	2,40	s.marco	B
48	10,53	2,30	s.marco	B

La figura seguente mostra le curve H/V di tutte le misure effettuate. La figura evidenzia la grande eterogeneità del sottosuolo del comune di Lucca, caratterizzato da un ampio range di frequenze di risonanza a partire da 0.6 Hz. Soltanto in 10 siti non sono state rilevate risonanze del sottosuolo. Nella maggior parte dei siti indagati il sottosuolo è caratterizzato da almeno una frequenza di risonanza e spesso, in oltre la metà delle misure, il sottosuolo risuona a due (in alcuni casi tre) differenti frequenze.



E' stato principalmente analizzato l'intervallo di frequenze di maggiore interesse ingegneristico per l'area indagata, ossia quello compreso tra 1 e 20 Hz. I risultati ottenuti per questo range di frequenze sono sintetizzati nelle *Carte delle frequenze di risonanza nell'intervallo 1-20 Hz*, riportate in allegato. I dati in essa contenuti, incrociati con i dati geotecnici, stratigrafici e sismici disponibili sull'area, hanno contribuito alla redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Mops).

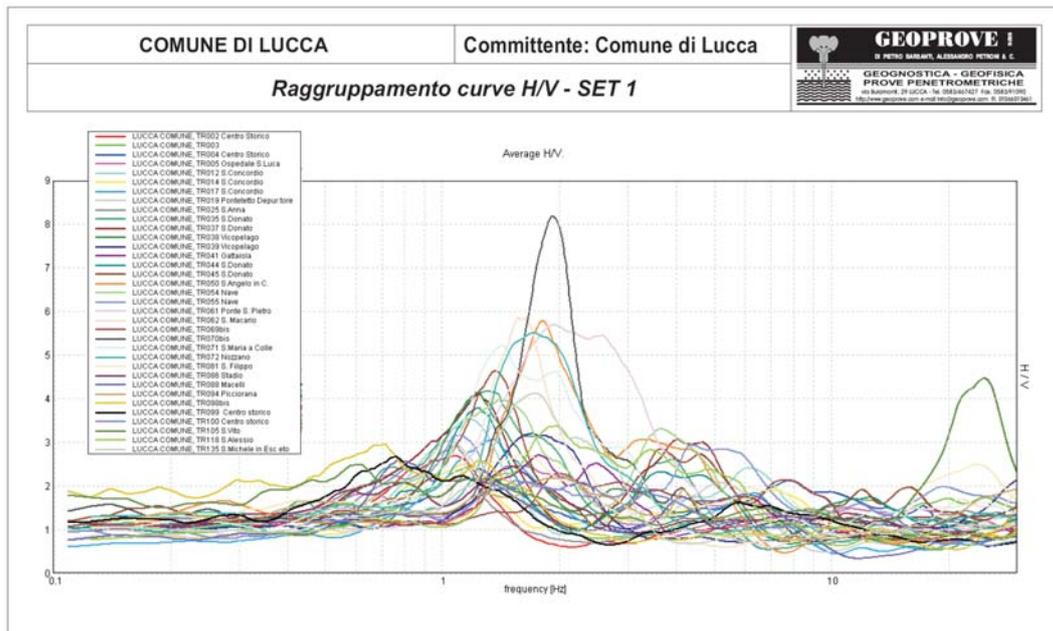
Sono state considerate anche le frequenze di risonanza del sottosuolo nell'intervallo compreso tra 0.1 e 1 Hz. I dati ottenuti sono sintetizzati nelle *Carte delle frequenze di risonanza del nell'intervallo 0.1-1 Hz* (v. allegati). I massimi nelle curve H/V riscontrati in questo range di frequenze esprimono contrasti di impedenza sismica di origine profonda (alcune centinaia di metri) che, pur essendo ragionevolmente ininfluenti sull'interazione suolo-strutture antropiche in caso di terremoto a causa delle basse frequenze in gioco, che potrebbero interessare edifici con più di 10 piani assenti nell'area in esame, apportano un contributo importante alla conoscenza dell'assetto geologico-strutturale dell'area studiata.

Per meglio descrivere il significato dei picchi di risonanza del sottosuolo alle varie frequenze, le curve sono state raggruppate in 7 set, riportati in **All. n°** . Ogni set contiene spettri H/V relativi a siti con risonanze del sottosuolo a frequenze simili e per ognuno di essi vengono discusse le possibili correlazioni tra risonanze rilevate e variazioni nella stratigrafia del sottosuolo così come sono note o supposte dai dati geologici e stratigrafici (cartografie geologiche, sondaggi, prove

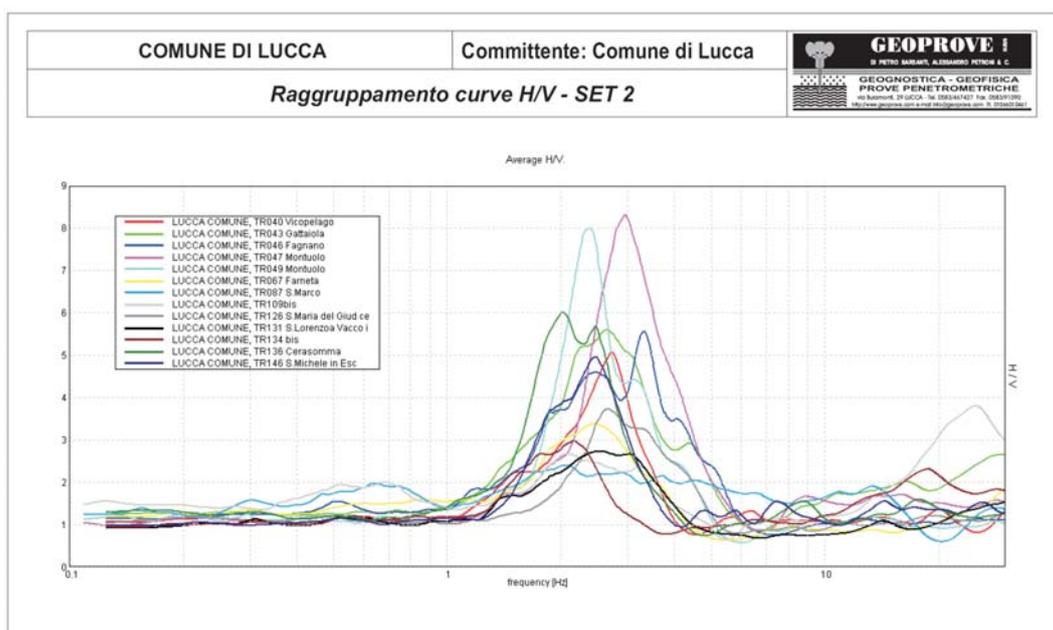
penetrometriche, ecc.) alla luce anche degli altri dati sismici (sismica a rifrazione, downhole, MASW) disponibili sull'area.

Nella descrizione di ogni raggruppamento, nei casi in cui sono presenti curve con più di un massimo H/V, è stato considerato il massimo assoluto, ossia il picco con al maggior ampiezza. Fa eccezione il set 7, che ha lo scopo di raggruppare tutti i siti in cui sono state misurate risonanze a frequenze inferiori ad 1 Hz, indipendentemente dall'ampiezza del picco. In ogni caso le risonanze multiple sono chiaramente evidenziate nelle schede di sintesi riportate in **All. n°** cui si rimanda per i dettagli relativi ad ogni singola misura. I nomi e le sigle formazionali adottati nelle descrizioni seguenti sono quelli della Carta Geologica e alla scala 1:15.000 di supporto al Regolamento Urbanistico vigente del Comune di Lucca.

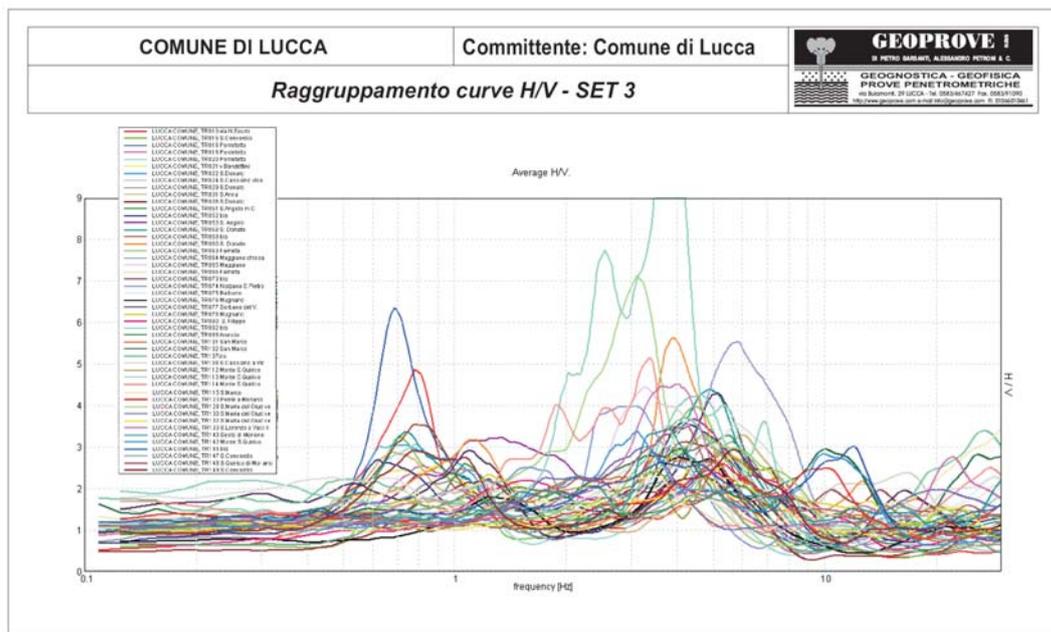
Il set 1 include tutte le curve H/V caratterizzate da un picco di risonanza significativo (H/V maggiore di 2) nell'intervallo di frequenze compreso tra 1 e 2 Hz. I picchi osservati sono generati da contrasti di impedenza sismica a profondità variabili da diverse decine di metri (orientativamente 60-70 metri) ad oltre 150 metri. Tali contrasti sono probabilmente correlabili, nelle aree di pianura, con variazioni di addensamento/cementazione e/o granulometria all'interno dei *Depositi Fluvio-lacustri del Bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci (Argille, Sabbie e Conglomerati di S. Macario-VIL)*, nelle aree di pianura adiacenti a quelle montane e nelle aree pedemontane con il passaggio tra i depositi clastici (*Depositi Fluvio-lacustri o Depositi Alluvionali Terrazzati Antichi*), ed il sottostante bedrock pre-neogenico. Quest'ultimo è costituito, sul bordo meridionale della piana di Lucca, dalle formazioni appartenenti al *Complesso Metamorfico dei Monti Pisani*, sui bordi occidentale e settentrionale, da formazioni appartenenti ai *Domini Liguri* e alla *Falda Toscana*.



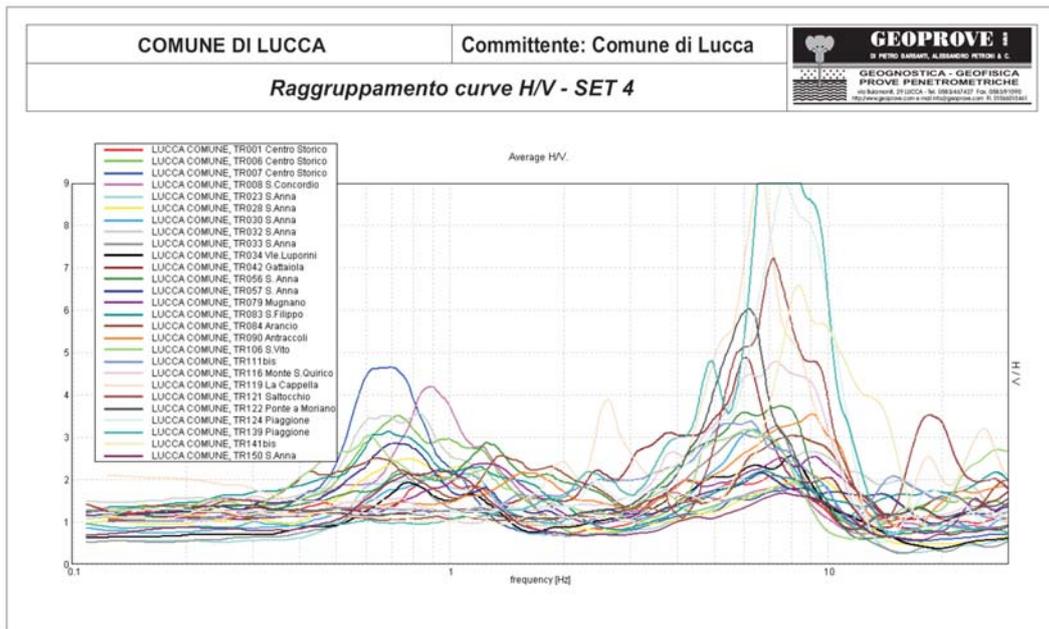
Il set 2 raggruppa le curve con picchi di risonanza a frequenze maggiori di 2 Hz e minori di 3 Hz, legati a salti di impedenza sismica a profondità dell'ordine di 40-70 metri attribuibili, nelle aree di pianura al passaggio tra i depositi alluvionali e i depositi fluvio-lacustri oppure a variazioni di granulometria e/o addensamento all'interno dei depositi fluvio-lacustri; nelle aree pedemontane, al passaggio tra i depositi della copertura clastica ed il sottostante bedrock pre-neogenico, verosimilmente costituito da formazioni appartenenti al *Complesso Metamorfo dei Monti Pisani* (bordo meridionale della Piana di Lucca e Valle del Guappero) e dalla *Formazione Macigno-MAC* della *Falda Toscana* (località Cerasomma).



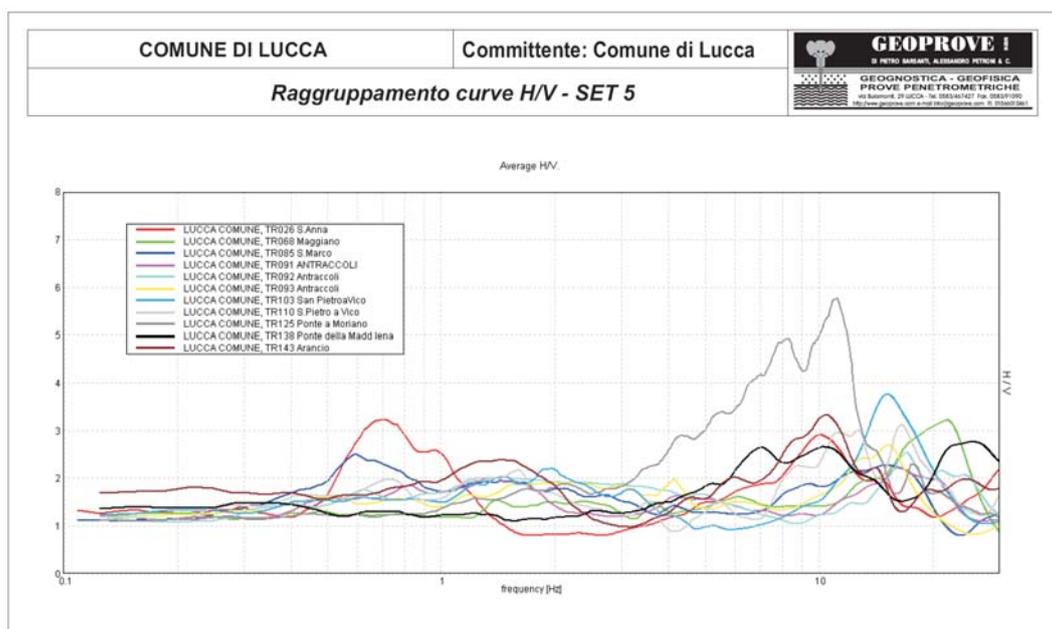
Il set 3 include le curve H/V caratterizzate da picchi di risonanza significativi compresi tra 3 e 6 Hz, generati da salti di impedenza a profondità comprese orientativamente tra 15 e 40 metri. Questi contrasti di impedenza sono dovuti, nelle aree di pianura, al passaggio tra i depositi alluvionali recenti ed i sottostanti depositi alluvionali più antichi (*Depositi Alluvionali Terrazzati Antichi*) oppure tra questi ultimi e i *Depositi Fluvio-lacustri del Bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci*. Nelle aree pedemontane i contrasti di impedenza sono invece imputabili al contatto tra i depositi delle coperture clastiche ed il sottostante bedrock Pre-Neogenico. Quest'ultimo è rappresentato da unità appartenenti alla *Falda Toscana (Formazione della Scaglia toscana-STO* nelle località Balbano, Nozzano e Maggiano; *Membro delle Calcareniti di Montegrossi-STO3* a Ponte a Moriano e Sesto di Moriano), da formazioni dei *Domini Liguri (Arenarie di Monte Gottero-GOT* nelle località Farneta e Monte San Quirico; *Complesso di Base-CCVc*, in località S. Quirico di Moriano) e da formazioni del *Complesso Metamorfico dei Monti Pisani (Quarziti del Monte Serra-QMS*, località Santa Maria del Giudice; *Scisti di San Lorenzo-VINa*, località Santa Maria del Giudice e San Lorenzo a Vaccoli).



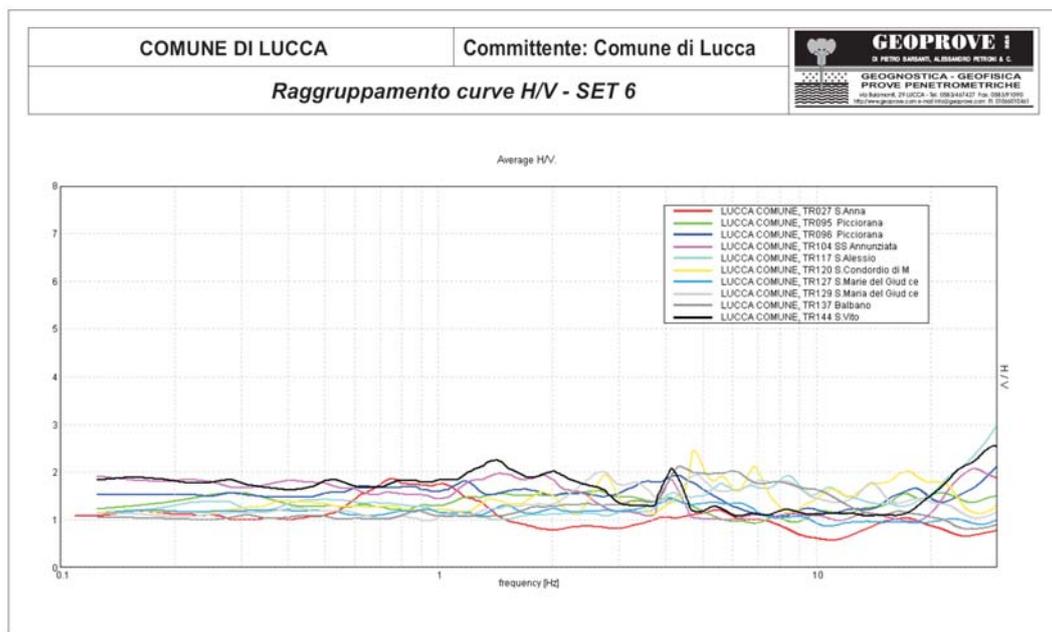
Il set 4 include le curve H/V caratterizzate da picchi di risonanza significativi compresi tra 6 e 10 Hz dovuti a contrasti di impedenza sismica a deboli profondità, comprese tra alcuni metri ed una quindicina di metri. Questi contrasti di impedenza sono generati, nelle aree di pianura, da variazioni di granulometria e/o addensamento all'interno dei depositi alluvionali, mentre nelle aree pedemontane sono imputabili al contatto tra le coperture clastiche ed il bedrock sottostante, costituito dai *Calcari Ceroidi-MMR* (località Gattaiola), dalle *Arenarie del Monte Gottero- GOT* (loc. La Cappella), dal *Flysch ad Elmintoidi-OTO* (Saltocchio e Ponte a Moriano), o dalla *Maiolica-MAI* (loc. Piaggione).



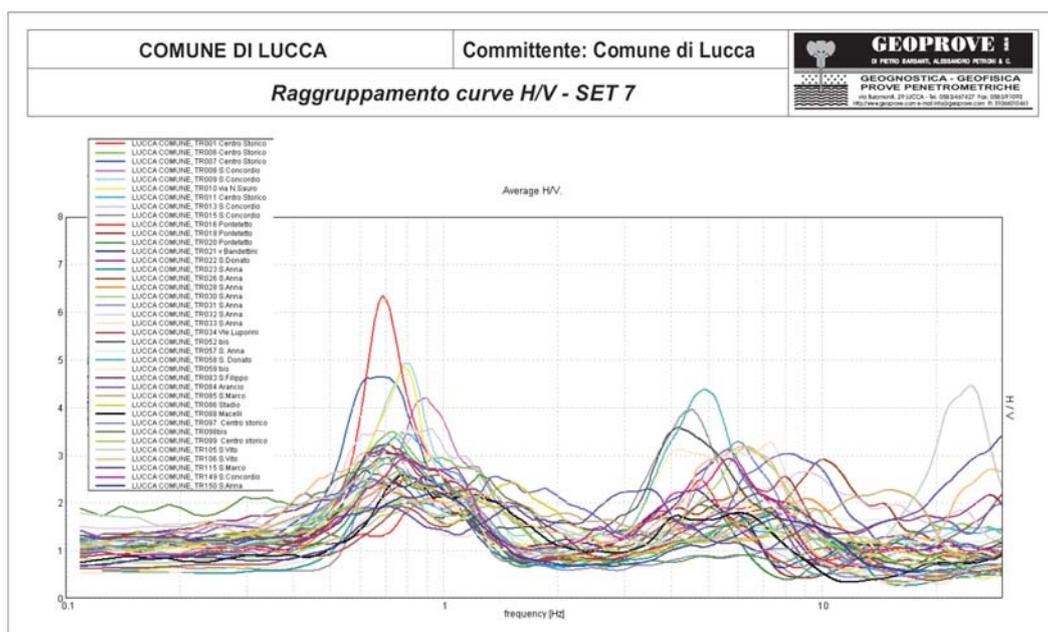
Il set 5 include le curve H/V caratterizzate da picchi di risonanza significativi compresi tra 10 e 20 Hz generati da salti di impedenza sismica superficiali, a profondità dell'ordine di pochi metri. Questi contrasti di impedenza sono generati, nelle aree di pianura, da variazioni di granulometria e di addensamento all'interno dei depositi alluvionali recenti corrispondenti al passaggio tra sedimenti limoso-sabbioso-argillosi ("bellettone") e sedimenti ghiaioso-sabbiosi, nelle aree pedemontane (Ponte a Moriano, Ponte della Maddalena e Maggiano) dal passaggio tra copertura alluvionale o detritica e bedrock, costituito da formazioni appartenenti al *Dominio Ligure Esterno*.



Il set 6 evidenzia situazioni in cui non sono state rilevate risonanze significative del sottosuolo nell'intervallo di frequenze 0.1-20 Hz. In questi siti l'assenza di risonanza suggerisce un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni con la profondità, senza significativi contrasti di impedenza sismica fino a profondità di almeno qualche centinaio di metri. Non si possono però escludere fenomeni di amplificazione sismica locale in caso di terremoti, dovuti ad effetti bidimensionali e tridimensionali generati da particolari condizioni topografiche e/o a paleomorfologie sepolte, non rilevabili con misure di microtremore a stazione singola. Infatti questa tipologia di indagini è in grado di evidenziare solo gli effetti dell'amplificazione sismica locale generati da contrasti di impedenza sismica legati a variazioni verticali nella stratigrafia del sottosuolo indagato (effetti 1D).



Il set 7, infine, raggruppa tutte le curve caratterizzate da picchi di risonanza significativi a frequenze inferiori a 1 Hz. Come mostrato nella Carta delle frequenze di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 0.1-1 Hz, solo il sottosuolo della porzione centrale della pianura di Lucca è caratterizzato da picchi di risonanza a basse frequenze (0.59-0.94 Hz). Questi picchi sono imputabili a contrasti di impedenza sismica a profondità dell'ordine di alcune centinaia di metri, dovuti a variazioni di addensamento/cementazione e/o granulometria all'interno dei *Depositi Fluvio-lacustri del Bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci (Argille, Sabbie e Conglomerati di S. Macario-VIL)* oppure al contatto tra queste ultime ed il bedrock pre-neogenico sottostante. Quest'ultimo è stato raggiunto ad una profondità di 375 m dal piano campagna dal pozzo Pontetetto 001, perforato 2 Km a sud di Lucca dall'ENEL a scopi geotermici nel 1962. Qui il Bedrock è costituito da anidrite e calcari scuri appartenenti alla *Formazione del Calcare Cavernoso-CCA* del Trias superiore.



8.3. La carta litologico-tecnica

Nell'elaborato QG.03 “*Carta litologico-tecnica*” sono riportati tutti gli elementi puntuali (prove penetrometriche, sondaggi, misure di rumore sismico ambientale, lineari (prospezioni sismiche a rifrazione), entrambi contenuti nell'elaborato QG 17 – Dati geognostici, e di superficie (natura degli affioramenti) utili per la successiva valutazione delle microzone omogenee.

Ad integrazione dei dati di base provenienti dal precedente S.U. (al quale si rimanda per le specifiche, anche perchè talvolta non più soddisfacenti gli standard attualmente richiesti), sono stati inseriti i dati forniti dall'UTC comunale, realizzati recentemente per la stessa Amministrazione comunale o per altri Enti pubblici.

Si tratta in particolare di:

Dati puntuali

Sono state inserite n. 105 prove penetrometriche statiche CPT, di cui 51 approfondite con prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH, 15 prove penetrometriche statiche con punta elettrica-piezocono CPTU e di cui 7 approfondite con DPSH, 21 prove DPSH e 46 sondaggi geognostici a carotaggio continuo dei quali 12 con prova downhole e 8 con analisi di laboratorio sui campioni prelevati.

Dati lineari

Sono state inserite n. 43 prospezioni sismiche a rifrazione. Ad implementazione possono essere aggiunte le prospezioni realizzate nel 2006 per l'adeguamento del RU alla normativa sismica (al cui progetto si rimanda) e consistenti in 20 prospezioni sismiche a rifrazione con onde P ed Sh.

Elementi di superficie

Le coperture sono distinte in funzione della composizione e della granulometria del materiale presente, secondo gli standard previsti dagli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica (ICMS) del DPC. Le classi riconosciute sono le seguenti:

Nella carta Geologico-tecnica sono riportati tutti gli elementi puntuali lineari ed areali utili per la successiva valutazione delle microzone omogenee.

In particolare sono distinte le coperture in funzione della composizione e della granulometria del materiale presente. Le classi riconosciute sono le seguenti:

GW - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie: sono stati associati a questa categoria le alluvioni attuali dei corsi d'acqua

GM - Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo: sono stati associati a questa categoria le alluvioni antiche dei terrazzi fluviali più bassi

GC - Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla: sono stati associati a questa categoria i ciottolati ad elementi di arenaria dei terrazzi fluviali di ordine superiore

SW - Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbie: sono stati associati a questa categoria le alluvioni recenti più grossolane ed i depositi di conoide

SM - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo: sono stati associati a questa categoria i depositi alluvionali costituiti prevalentemente da sabbie e limi

CL - Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre: sono stati associati a questa categoria i depositi alluvionali a forte componente argillosa

RI - Terreni contenenti resti di attività antropica

Anche il substrato (che in alcuni casi è anche un substrato sismico, in quanto presenta $V_s > 800$ m/s) è stato distinto in varie classi in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche:

LP - Lapideo: sono stati associati a questa categoria le formazioni rocciose compatte

CO - Coesivo sovraconsolidato: sono state associate a questa categoria le argille e argille sabbiose del ciclo lacustre

LPS - Lapideo stratificato: è stata associata a questa categoria l'arenaria macigno e altre formazioni stratificate

ALS - Alternanza di litotipi stratificati: sono state associate a questa categoria le formazioni costituite da alternanze di argilliti e calcari

Sono poi indicate tutte le forme di instabilità presenti nell'area in studio ed in particolare le instabilità di versante (suddivise in instabilità attiva e instabilità quiescente).

8.4. La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

L'elaborato QG.08 "*Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)*" è stato redatto - come richiesto dal regolamento 53/R al par. 2.1.C.5 - secondo le istruzioni contenute al par. 2.3. degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS) del Dipartimento della Protezione Civile.

Lo studio viene realizzato in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che il Comune, di concerto con la struttura regionale competente, ha individuato secondo le specifiche di cui al paragrafo 1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e perimetrato secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS. Risultano esentate dall'esecuzione di tali studi di MS le zone che incidono su aree naturali protette (ANP), siti di importanza comunitaria (SIC), zone di protezione speciale (ZPS) e aree adibite a verde pubblico di grandi dimensioni che non presentino insediamenti abitativi esistenti, non comportino nuove edificazioni o che rientrino in aree già identificate nella massima classe di rischio dal PAI. Inoltre sono escluse dalla necessità di effettuare indagini e studi di MS, le aree in cui siano presenti esclusivamente modesti manufatti di Classe d'uso "T", così come definito dal paragrafo 2.4.2 del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

Lo studio di MS di livello 1 ha la finalità di determinare nella pianificazione attuativa scelte mirate e idonee che tendano ad assicurare la riduzione del rischio sismico. La cartografia MOPS prodotta con gli elaborati previsti per il Livello 1, consente inoltre di identificare le aree per le quali non sono richiesti studi di approfondimento.

La Carta è realizzata per ottenere un adeguato dettaglio, utile per il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- caratterizzazione del substrato geologico, quando presente a profondità indagabili;
- caratterizzazione dei terreni di copertura;
- ricostruzione delle aree potenzialmente interessate da deformazioni permanenti in caso di evento sismico;
- definizione di eventuali forme geomorfologiche di superficie e sepolte, particolarmente importanti per problematiche sismiche.

Questi obiettivi sono perseguibili con la distinzione in cartografia di tre tipologie di zone e con simboli indicanti forme di superficie e forme sepolte:

A. Zone stabili suscettibili di amplificazione topografica, sono le zone dove è affiorante il substrato (geologico e sismico, con eventuale copertura fratturata ed

alterata fino ad uno spessore di 3 m) con morfologia inclinata (pendii con inclinazione maggiore di 15°):

Zona1: Substrato lapideo con morfologia non definibile pianeggiante o poco inclinata (spessore >100m)

B. Zone stabili suscettibili di amplificazioni stratigrafiche, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Sono le zone dove sono presenti terreni di copertura o di alterazione con spessori superiori ai 3 m

Zona 2: Substrato lapideo con morfologia non definibile pianeggiante o poco inclinata (spessore >100m) e copertura di alterazione con spessori 3÷20 m

Zona 3: Ghiaie argillose, miscela di ghiaie, sabbie e argille (0-35m) – GC su Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (0-3 m) – SM, su Coesivo sovraconsolidato (0-10 m) – CO, su substrato lapideo indifferenziato (>100 m)

Zona 4: Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (0-15 m)- GM su Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (0-3 m) – SM su substrato lapideo indifferenziato (>100 m)

Zona 5: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose (0-4 m) – SW su Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (spessore 0-25 m) – GW su Coesivo sovraconsolidato (0->100 m) – CO su substrato lapideo indifferenziato (>100 m)

Zona 6: Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (spessore 0-35 m) – GW su Coesivo sovraconsolidato (0->100 m) – CO su substrato lapideo indifferenziato (>100 m)

Zona 7: Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (0-8 m) – SM su Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (spessore 0-30 m) – GW su Coesivo sovraconsolidato (0->100 m) – CO su substrato lapideo indifferenziato (>100 m)

Zona 8: Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (0-12 m) – CL su Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (spessore 0-35 m) – GW su Coesivo sovraconsolidato (0->100 m) – CO su substrato lapideo indifferenziato (>100 m)

Zona 9: Terreni contenenti resti di attività antropica (0-3 m) su Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (0-8 m) – SM su Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (spessore 0-35 m) – GW su Coesivo sovraconsolidato (0->100 m) – CO su substrato lapideo indifferenziato (>100 m)

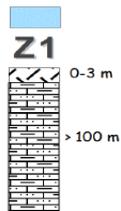
C. zone di attenzione per instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

- **Corpi franosi attivi**
- **Corpi franosi quiescenti**

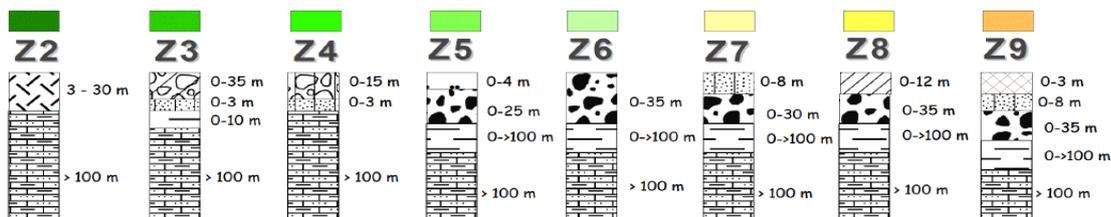
Ogni zona ha una corrispondenza univoca con una successione litologica riportata in legenda. Accanto a ogni litologia è riportato il campo di variabilità degli spessori del deposito, tarato sulla base di alcune sezioni stratigrafiche significative (vedi) e dei dati stratigrafici e sismici a disposizione.

La visualizzazione grafica delle zone è riportata nelle *Sezioni geologiche rappresentative del modello del sottosuolo*, con la legenda riportata di seguito.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA



ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA'

attiva
quiescente

- Substrato lapideo indifferenziato (>100m)
- Substrato lapideo fratturato ed alterato (0-30m)
- SW - Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose (0-30m)
- CO - Coesivo sovraconsolidato (0->100m)
- SM - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (0-12m)
- CL - Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (0-12m)
- GC - Ghiaie argillose, miscela di ghiaie, sabbie e argillite (0-35m)
- GM - Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (0-15m)
- GW - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie (0-35m)
- RI - Terreno contenente resti di attività antropica (0-3m)

Le “Sezioni geologiche rappresentative del sottosuolo” sono state realizzate sugli stessi profili utilizzate per le “Sezioni geologiche s.s.”, ovvero un profilo N-S da Ponte a Moriano a Pozzuolo ed un profilo O-E da S. Maria a Colle al confine comunale presso San Filippo.

8.5 La carta delle categorie di sottosuolo

Ad integrazione della cartografia prodotta ed in particolare ad affinamento della *Carta della Pericolosità Sismica* (elaborato QG.11), è stata prodotta anche la *Carta delle Categorie di Sottosuolo* (elaborato QG.10), al fine di agevolare, per le costruzioni di modesta entità (in particolare quelle classificabili in Classe di indagine 1 secondo il regolamento regionale 36/R), 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, ed infine ai disposti del DPGR n° 36/R.

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 rigidità 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 rigidità sismica, caratterizzate da velocità V_{s30} (definito come il valore equivalente 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 rigidità 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:

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

- 1. 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.
- 2. 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 $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

3. ***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 $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
4. ***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 $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
5. ***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 $10 < cu_{30} > 20$ 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.

In carta sono state indicate le prospezioni sismiche utilizzate per l'individuazione della velocità delle V_{s30} calcolate secondo la relazione (1) e quindi del tipo di categoria di sottosuolo; sulla base dell'affinità delle caratteristiche stratigrafiche con le aree studiate, è stato inoltre possibile estrapolare tali dati al resto del territorio comunale.

Le categorie di suolo sono state infatti definite con certezza anche in un adeguato intorno della prospezione quando i dati sono risultati univoci ed era ragionevole supporre la presenza di una continuità geologica al contorno; altrimenti sono state supposte sulla base di considerazioni stratigrafiche. Essendo finalizzata al supporto all'edilizia del territorio, i calcoli sono stati realizzati considerando i 30 m a partire dalla quota -1m rispetto al piano campagna, per riferire la V_{s30} ad una ipotetica fondazione appoggiata a tale profondità. In caso di utilizzi per altre profondità di appoggio, i calcoli dovranno essere quindi nuovamente eseguiti.

Le misure di Vs utilizzate 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 approfonditi, cioè per confrontare il reale spettro di risposta al sito con quello previsto dalla normativa in base alla categoria di sottosuolo rilevato.

Oltre ai dati facenti parte di un quadro più generale delle conoscenze, sono state esaminate le seguenti prospezioni, effettuate per conto del Comune di Lucca o altri Enti Pubblici e allegate alla presente relazione. (vedi anche Elab. *QG 17 - Dati geognostici*).

Progressivo	Località	Classe
1	S. Pietro a Vico	B
2	S. Pietro a Vico	B
3	Nozzano	C
4	Fagnano	C
5	Polo tecnologico Sorbano	C
6	Nave	C
7	Corte Randelli	B
8	Antraccoli	B
9	Ponte a Moriano	E
10	S. Martino in Vignale	E
11	S. Donato	C
12	S.Maria a Colle	C
13	S. Maria del Giudice	C
14	Via per S.Maria	B
15	Ponte alla Maddalena	A
16	Arsina	B
17	S.Anna	B
18	Monte Catino	A
19	Al Magginone	B-C
20	Gignano di Brancoli	A
21	S. Michele di Moriano	B
22	Mutigliano	B
23	S. Alessio	B-C
24	S. Angelo	C
25	S. Vito	B
26	Via Elisa	B-C
27	Macelli	C
28	Vicopelago	B-C
29	Pontetetto	C
30	Montuolo	E-C
31	S.Marco ospedale	B
32	Ponte a moriano	E
33	Piazza di brancoli	B
34	S.Anna liceo	B-C
35	S.Marco ex ostello	B
36	S.Maria a colle contesora	C
37	S.Anna via nerici	B
38	S.lario v per piazza brancoli	A
39	manifattura tabacchi	C
40	S.Anna palatucci	B
41	Lucca ex Cavallerizza	C
42	Ex Casa del Boia	B
43	Rio Arsina	E

Le prospezioni di superficie sono affiancate anche da alcune prospezioni tipo “Down-Hole”, elencate di seguito:

Progressivo	Località	Classe
81	Ospedale	B
82	Ex Real Collegio	B
83	S.Maria Forisportam	B
84	Campo CONI	C
85	ITIS Fermi	B
86	Manifattura Tabacchi	C
87	Parcheggio Lorenzini	C
88	eatro del Giglio	C
89	ITC Carrara	B
90	Sistema Ambiente	C

La classificazione è stata effettuata tenendo conto dello sviluppo delle conoscenze nel campo della Risposta Sismica Locale avvenuto nel frattempo, dei nuovi elementi disponibili (le misure di rumore sismico ambientale) e tenendo anche conto delle “Linee Guida alle NTC 2008” redatte dalla Commissione Interregionale dell’Ordine dei Geologi pubblicate nel 2013, che, in merito alle situazioni sismostratigrafiche dubbie che possono caratterizzare il territorio, sia in termini di spessore delle coperture sovrastanti il bedrock sismico, sia in termini di velocità V_s delle stesse, riportano quanto segue:

“... è sempre consigliabile definire: 1) spessori e velocità della copertura; 2) velocità del substrato sismico; 3) contrasto di velocità sismica, e decidere secondo la casistica che segue.

.....

Per la categoria E appare poco cautelativo individuare nei suoli tipo C e D, aventi V_{s30} inferiori a 360 m/sec, i terreni “pericolosi”, senza un riferimento specifico al contrasto di rigidità sismica tra copertura e bedrock: coperture anche più “veloci” delle categorie C e D possono risultare ugualmente pericolose in funzione di una velocità del bedrock superiore agli 800 m/sec. In quest’ottica possono risultare di grande aiuto anche le misure di rumore sismico ambientale a stazione singola.

Partendo dal presupposto che il contrasto minimo di velocità sismica tra bedrock e copertura per entrare in categoria di sottosuolo E vale $V_{bed}/V_{cop} = 800/360 \approx 2.2$, è ragionevole assumere, in presenza di spessori della copertura ≤ 20 m anche con velocità superiore a 360 m/sec ma con contrasto di velocità $V_{bed}/V_{cop} \geq 2.2$, categoria di sottosuolo E.

Si potrà inoltre tener conto dei valori del rapporto H/V delle misure di rumore sismico ambientale eseguite ad integrazione delle altre prospezioni (rifrazione, MASW etc.) assumendo per bassi contrasti (indicativamente $H/V < 3$) la categoria di sottosuolo B e per contrasti più elevati (indicativamente $H/V > 3$) la categoria di sottosuolo E.

È doveroso anche sottolineare che, particolarmente nella parte di pianura del territorio lucchese, spesso non vengono rispettati i criteri fondamentali per la definizione dell'azione sismica attraverso l'approccio semplificato delle "categorie di sottosuolo", in quanto i terreni riferibili alle categorie B, C e D devono essere caratterizzati " da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità" ovvero da un graduale aumento della velocità delle onde di taglio V_s : al contrario il progredire delle conoscenze ha mostrato che spesso i depositi alluvionali della piana sono caratterizzati da forti contrasti di velocità tra la copertura superficiale limoso sabbioso argillosa (SM o CL) ed i sottostanti depositi ghiaioso sabbiosi (GW), oppure da inversioni di velocità tra i depositi ghiaioso sabbiosi (GW) ed i sottostanti depositi fluviolacustri sovraconsolidati (CO). Come conseguenza si ha che gran parte della piana lucchese dovrebbe essere classificata S2, categoria per la quale è necessaria la valutazione dell'azione sismica mediante Analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) ad hoc. L'esperienza ha mostrato infatti che difficilmente gli spettri di risposta elastica ricavati da analisi di RSL sono compatibili con gli spettri di normativa corrispondenti alle varie categorie di sottosuolo.

Interfacciandosi con le misure di rumore sismico ambientale e con la Carta delle frequenze fondamentali, tenuto conto della finalità della Carta delle Categorie di sottosuolo di seguito descritta, si è ritenuto opportuno indicare con specifico soprassegno le zone dove, pur essendo stati misurati valori di V_{s30} caratteristici delle categorie di sottosuolo B e C, le misure di rumore hanno indicato alti contrasti di impedenza sismica ($H/V > 4$): per queste zone, alle quali corrispondentemente è stata assegnata una **Pericolosità sismica locale elevata (S.3)**, l'utilizzatore (Geologo o Progettista) dovrà valutare, sulla base dell'importanza dell'intervento, se adottare in via cautelativa una categoria di sottosuolo E o effettuare una rigorosa Analisi di Risposta Sismica Locale.

Il territorio del Comune di Lucca contempla quindi, per quanto risultante dalle indagini disponibili, le seguenti categorie di sottosuolo:

Categoria A: caratterizza le aree di versante con bedrock sano subaffiorante ($V_s > 800$ m/s).

Categoria B: caratterizza le aree di versante collinare con bedrock costituito da argilliti o depositi fluviolacustri sovraconsolidati talora sovrastato da esigui spessori di coperture detritiche e/o conoidali, nonché le aree di pianura centrosettentrionali nelle quali i depositi grossolani addensati sono a profondità minime e la V_{s30} resta superiore a 360 m/s.

Categoria C: caratterizza le aree meridionali della Piana, nelle quali i depositi grossolani addensati sono a profondità maggiori e la V_{s30} è inferiore a 360 m/s.

Categoria E: caratterizza gran parte delle aree di versante collinare dove le coperture detritiche sovrastano un bedrock con velocità superiore agli 800 m/s,

ottenendo elevati contrasti di velocità, testimoniati anche dai valori dei rapporti H/V rilevati e dalle prospezioni sismiche realizzate a supporto della bonifica di movimenti franosi.

Categorie B e C soprassegnate : caratterizzano alcune zone della pianura e le valli laterali dove, pur essendo state misurate Vs30 tipiche delle categorie, le misure di rumore sismico indicano forti contrasti di impedenza sismica, tali da suggerire estrema prudenza nell'utilizzo diretto della categoria individuata.

Più in generale, in ottemperanza ai disposti dell'art. 7 del DPGR n. 36/R, si può fare riferimento alla *Carta delle categorie di sottosuolo* per la caratterizzazione sismica degli interventi ricadenti in Classe di indagine n. 1, riferita alle opere di volume lordo inferiore a 150 mc con altezza in gronda inferiore a sei metri.

Per la Classe di indagine n. 2, riferita alle opere di volume lordo inferiore a 1500 mc con altezza in gronda inferiore a dieci metri, si può ancora fare riferimento alla *Carta delle categorie di sottosuolo* solo nel caso in cui sia rispettato il criterio della “immediata adiacenza” di una delle prospezioni sismiche allegate alla presente variante di RU rispetto al sito di intervento e qualora ne sia dimostrata la validità anche per il sito medesimo.

8.6. La carta della pericolosità sismica

La *Carta delle aree a pericolosità sismica* (elaborato QG.11) redatta nel rispetto del Regolamento 53/R, individua, limitatamente ai centri urbani maggiormente significativi individuati secondo i criteri definiti al par. 3.4.2. degli ICMS e con riferimento alle problematiche presenti sul territorio comunale e alla Zona Sismica 3, le seguenti categorie di pericolosità:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici;

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri (generalmente corrispondenti alla categoria di sottosuolo E) oppure all'interno della copertura stessa (alcune zone corrispondenti alle categorie B e C)³

³ In analogia con l'adiacente territorio del Comune di Capannori è stato adottato il limite di $H/V \geq 4$, considerando il complesso o tendenza delle misure e non la singola misura.

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone stabili con substrato lapideo affiorante o subaffiorante ma con pendenza superiore a 15°; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3, ovvero non caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica (generalmente corrispondenti alle categorie di sottosuolo B o C), ad esempio depositi alluvionali della pianura, depositi detritici su roccia alterata o su depositi fluviolacustri.

Non sono state individuate zone a pericolosità sismica S.1 (“Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica”) in quanto, anche in presenza di affioramenti del bedrock, le condizioni topografiche (pendenza > 15°) sono tali da determinare modeste amplificazioni del moto sismico con conseguente pericolosità S.2.

Come già accennato le condizioni di pericolosità sismica locale sono state valutate – in coerenza con il regolamento 53/R – solo nei centri urbani maggiormente significativi. Al di fuori di questi centri le condizioni di pericolosità sismica dovranno comunque essere valutate, in occasione di interventi diretti o piani attuativi, nel rispetto del d.p.g.r. 36/R/2009 e delle NTC 2008.

9. PERICOLOSITA' IDRAULICA

L'elaborato QG.15 “*Carta delle aree a pericolosità idraulica*” è stato redatto nel rispetto del Regolamento 53/R del 2011, il quale individua le seguenti 4 categorie di pericolosità:

- **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni.
- **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni.
- **Pericolosità idraulica media (I.2):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ anni. Fuori delle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.
- **Pericolosità idraulica bassa (I.1):** aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Ai fini della redazione della cartografia di pericolosità idraulica sono stati utilizzati i dati del PAI del Serchio, evidenziando con apposito soprassegno le classificazioni proprie del PAI per i relativi riferimenti normativi, alle quali si aggiunge il colore abbinato alla classe di pericolosità idraulica ai sensi del regolamento 53/R. Tale distinzione è stata ottenuta inserendo, secondo la tabella seguente, le aree soggette alla piena trentennale (corrispondenti alla classe I4) e le aree soggette alla piena duecentennale (corrispondenti alla classe I3) e considerando cautelativamente il resto delle aree di pianura come soggette alla piena con $200 < Tr \leq 500$ anni (corrispondenti alla classe I2). Le aree collinari nelle loro interezza sono state inserite in classe I1.

Classificazione regolamento 53/R	Classificazione Norme di PAI	Caratteri
I.1 BASSA		Territorio in condizioni di sicurezza idraulica
I.2 MEDIA	BP P2a	Aree a pericolosità idraulica moderata e $Tr > 200$ anni
I.3 ELEVATA	Ps MP P2 P2g	Aree a pericolosità idraulica elevata con $30 > Tr > 200$ anni
I.4	a1 a2 AP APg PU P1	Aree a pericolosità idraulica molto elevata con $Tr < 30$ anni
	rp	Riporti in aree a pericolosità idraulica

Per la redazione della carta lungo gli altri corsi minori, con le stesse modalità, sono stati utilizzati invece i risultati della modellazione idraulica di supporto al presente S.U.

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 e golene non verranno attribuite specifiche categorie di pericolosità. Questi elementi territoriali verranno, infatti, semplicemente assoggettati alle disposizioni dettate dal Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.).

Lucca, 25/09/15

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & ASSOCIATI

Dr. Paolo Sani

(firmato digitalmente)

