# fishe struttende 2012

# COMUNE DI PORCARI

Provincia di Lucca



# Servizio Assetto del Territorio Ufficio Pianificazione Urbanistica

Il Sindaco

Alberto Baccini

L'Assessore all'Urbanistica Leonardo Fornaciari

Il Garante della Comunicazione Dott.sa Barbara Ceragioli

Il Dirigente e Responsabile del Procedimento Arch. Aldo Gherardi

Progettisti
Prof. Arch. Eri Goshen (capogruppo)
Arch. Aldo Gherardi

Incaricati
Arch. Alessandro Mrakic
Dott.sa Antonella Grazzini
Ing. Renzo Bessi
Geol. Paolo Sani
Dott. Silvio Bianchi Martini
Dott. Agr. Alessio Bravi

Collaboratori
Arch. Pacifico Fanani
Geom. Norma Deliso
Arch. Pierpaolo Baldini
Dott. Antonello Corvino
Sig.ra Dolores Biondi
Dott. Luca Marco Maria Matteoni

**QUADRO CONOSCITIVO** 

QC.G - REL



RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE

# INDICE

PREMESSA 5
PARTE I - SINTESI DELLE CONOSCENZE6
1. IO STATO DELLE CONOSCENZE6
1.1. Dati esistenti a livello comunale6
1.2. Il Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (PIT)8
1.3. Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca9
1.4. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del F. Arno9
1.5. Progetto di Piano di Bacino del F. Arno, Stralcio Bilancio Idrico10
1.6. Il progetto CARG della Regione Toscana
1.7. Il progetto CISS (Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana) . 12
1.8. Il catasto delle concessioni di acque sotterranee della Provincia di Lucca12
PARTE II – APPROFONDIMENTI ED AGGIORNAMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO
2. G ENERA LITA'
2.1. Gli approfondimenti
2.2. Gli aggiornamenti
3. IA GEOLOGIA14
3.1. Generalità
3.2. Lineamenti geologico-strutturali
3.3. Stratigrafia
3.4. Tettonica
3.5. Geomorfologia
3.6. Litotecnica
3.7. Le emergenze geologiche e geomorfologiche

4. L'IDRO GEO LO GIA E L'AGGIO RNAMENTO DELLA	
VUINERA BILITÀ DEGLI A C Q UIFERI	26
4.1. Piezometria	26
4.2. L'aggiornamento della carta della vulnerabilità	31
5. LE NUOVE INDAG INI SISMIC HE E LA CARTA DELLE MIC OMO GENEE IN PRO SPETIIVA SISMIC A (MO PS)	
5.1. Generalità	36
5.2. La carta delle frequenze fondamentali del sottosuolo	38
5.3. La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica	44
5.4. La carta delle categorie di sottosuolo	46
6. IDRAULIC A: LE AREE ALLAGABILI	50
PARTE III – IL QUADRO PROPOSITIVO ED I CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'.	50
7. LA PERICOLO SITÀ GEOMORFOLO GICA	50
8. IA PERICO LO SITÀ DA DINAMICA TO RRENTIZIA	53
9. LA PERIC O LO SITÀ SISMIC A	53
10. LA PERICOLOSITÀ IDRAULICA E LE PERIINENZE FLUVIA	<b>АШ 54</b>
10.1. La pericolosità idraulica	54
10.2. Gli ambiti e le pertinenze fluviali	54
11. IA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA	55
11.1. Vulnerabilità degli acquiferi	55
11.2. Le fasce di rispetto dei pozzi allacciati a pubblico acquedotto	56

### ELENCO ELABORATI GEOLOGICI

- QC.G-REL Relazione illustrativa delle indagini geologiche 0
- QC.G-01 Carta geologica 0
- QC.G-02 Sezione geologica 0
- QC.G-03 Carta geomorfologica 0
- QC.G-04 Carta litologica tecnica e dei dati di base 0
- QC.G-05 Carta delle categorie di sottosuolo 0
- QC.G-06a Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo 0 nell'intervallo 1-20Hz
- QC.G-06b Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo  $\circ$ nell'intervallo 0,1-1Hz
- QC.G-07 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) 0
- QC.G-08 Carta delle aree allagabili 0
- QP.G-01 Carta delle aree a pericolosità geomorfologica 0
- QP.G-02 Carta delle aree a pericolosità idraulica 0
- QP.G-03 Carta della pericolosità sismica
- QP.G-04 Carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali 0
- QP.G-05 Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi 0
- ALLEGATO 1. PROVE GEOGNOSTICHE 0
- ALLEGATO 2. MISURE DI RUMORE SISMICO 0

\*\*\*\*\*\*

### **PREMESSA**

Il Piano Strutturale del Comune di Porcari vigente, redatto ai sensi della L.R. 16/1/95, n.5, è stato approvato nel 1998, mentre il relativo Regolamento Urbanistico è stato approvato come Variante Generale con Deliberazione C.C. n. 14 del 13/05/2006; tale R.U. è supportato da indagini geologico-tecniche svolte in conformità alla normativa tecnica di cui alla Deliberazione del C.R.T. n° 94 del 12/02/1985, così come dettagliata dalle disposizioni del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca, tenuto altresì conto del Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Arno.

Nonostante il quadro conoscitivo a suo tempo svolto a corredo dello strumento urbanistico generale vigente (PS + RU) sia sostanzialmente ancor oggi valido nei suoi dati di base, si rende necessario rielaborarlo ed integrarlo per l'adeguamento alle disposizioni contenute nell'ALL. A del Regolamento regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R (in seguito Regolamento 53/R) in attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) che modifica e sostituisce il precedente Regolamento regionale 27 aprile 2007 n. 26/R; alcune varianti o piani attuativi approvate nel corso degli ultimi anni, sono adeguate invece al precedente Regolamento 26/R.

Si aggiunga che, con Decreto del 14 Gennaio 2008, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4.02.2008 suppl. ord. n° 30, sono state approvate le nuove *Norme tecniche per le costruzioni*, entrate definitivamente in vigore il 1° Luglio 2009, secondo le quali l'accelerazione di base da considerare per il territorio comunale non è più fissato sul valore di  $a_g = 0.15$  come precedentemente indicato per i territori ricadenti in Zona sismica 3, ma varia in funzione della posizione dell'intervento rispetto a quattro 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 alle norme.

Infine in data 17 Agosto 2009 è entrato in vigore il D.P.G.R. 9 Luglio 2009 n. 36/R, che declina in dettaglio la tipologia di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche per le varie tipologie di interventi da effettuarsi in zona sismica.

Nel rapporto che segue si illustrano le indagini eseguite, le considerazioni svolte per definire sia le nuove classificazioni di pericolosità, sia le prescrizioni e le limitazioni da indicare al successivo Regolamento Urbanistico

### PARTE I - SINTESI DELLE CONOSCENZE

### 1. LO STATO DELLE CONOSCENZE

Il Comune di Porcari occupa il settore orientale della piana di Lucca, in un'area che non è mai stata oggetto di studi geologici scientifici di dettaglio: vale ricordare soltanto le pubblicazioni del Servizio Geologico d'Italia (*Carta geologica d'Italia* scala 1: 100.000 F. 105 LUCCA a cura di Lotti e Zaccagna, 1889 e *Carta geologica d'Italia* scala 1: 100.000 F. 105 LUCCA *II ediz.* AA.VV., 1969). Altri lavori interessano genericamente il territorio comunale nella parte meridionale, essendo dedicati essenzialmente alla descrizione dei Monti Pisani (*Carta geologica dei M. Pisani levata dal vero*, P: SAVI, 1932; *Geologia dei Monti Pisani a sud-est della Valle del Guappero*, RAU A. & TONGIORGI M., 1974; ecc.).

Più recentemente, dagli anni 2004 in poi, è iniziato l'allestimento della nuova Carta Geologica Regionale alla scala 1: 10.000 a cura della Regione Toscana, che interessa il territorio comunale con i fogli 261120, 261160 e 273040

Nei paragrafi che seguono vengono elencati sia i principali studi 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.

Altri dati di archivio provinciali e regionali sono stati poi consultati per una più completa conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo<sup>1</sup>.

### 1.1. Dati esistenti a livello comunale

Si ricordano in particolare quelli relativi alla formazione dei precedenti Strumenti Urbanistici:

<sup>1</sup> Carta della vulnerabilità dell'acquifero alluvionale della pianura di Lucca: Amministrazione provinciale di Lucca, 1999

Progetto SIRA\_DBGEO: Regione Toscana, Banca dati stratigrafica regionale. Firenze, 2005

- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: per la fattibilità della variante al regolamento edilizio con annesso programma di fabbricazione. Lucca, gen.1984
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Indagini geologico-tecniche di supporto alla richiesta di varianti dello S.V.A. nella zona A2 di: Centro1, Centro2, Rughi. Lucca, feb.1986
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: *Indagini di fattibilità geologico-geotecnica per una variante al P.d.F.* Lucca, lug.1988
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Indagini di fattibilità geologicogeotecnica di supporto alla redazione della variante al P.d.F. Lucca, ago.1988

Successivamente sono state realizzati nuovi studi di supporto al Piano Strutturale vigente ed al successivo Regolamento Urbanistico:

- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica. Piano Strutturale ai sensi della L.R. 16/01/95, n.5. Lucca, set. 1996
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Variante allo strumento urbanistico generale vigente recante la disciplina degli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia nelle zone con prevalente funzione agricola (ai sensi della L.R. 5/95, art. 40, c. 2, lett. f). Lucca, lug. 1998.
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica: relazione di fattibilità del Regolamento Urbanistico. Lucca, lug. 1999.
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Indagini geologico-tecniche di supporto al Regolamento Urbanistico (L.R.5 art. 28, c.6) vigente. Lucca, ott. 2001.
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica. Piano Strutturale ai sensi della L.R. 3/01/05, n.1. Lucca, ott. 2005
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati: Variante generale al Regolamento Urbanistico. Lucca, mar. 2006

Ci sono poi alcuni studi di supporto a Varianti parziali, Piani Attuativi ed altri studi di dettaglio, tra i quali, in particolare:

- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Relazione geologico-idraulica di supporto alla compartizzazione delle zone territoriali omogenee C1 del regolamento urbanistico vigente del Comune di Porcari. Lucca, set. 1996
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Variante parziale al Piano Strutturale vigente a seguito del protocollo d'intesa per l'interconnessione della rete ferroviaria nel territorio lucchese. Lucca, nov. 2005
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani: Variante al Regolamento Urbanistico vigente con adeguamento al Piano Di Assetto Idrogeologico del Bacino del F. Arno ed al Piano Territoriale Di Coordinamento di Lucca. Lucca, dic. 2005
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati: Variante parziale al Piano Strutturale vigente a seguito del protocollo d'intesa per l'interconnessione della rete ferroviaria nel territorio lucchese. Lucca, gen. 2006
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati: Variante parziale ai regolamento Urbanistico. Lucca, feb. 2007
- Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati: Variante parziale al Regolamento Urbanistico "Opere Pubbliche". Lucca, gen. 2010

dai quali sono state estratte informazioni di dettaglio basate su indagini geognostiche riguardanti le caratteristiche stratigrafiche e la caratterizzazione dei terreni.

Da segnalare infine le indagini conoscitive sul fenomeno della subsidenza:

• Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani - Studio Nolledi: *Indagini* geologico-Tecniche sul fenomeno di subsidenza in atto nel territorio del Comune di Porcari. Lucca, dic. 1996.

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

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

- RIO CASTRUCCIO LU2061
- RIO FRIZZONE LU2139
- RIO LECCIO LU2178
- FOSSA NUOVA E RIO CASALE LU788
- CANALE OZZERI E CANALE ROGIO LU1040
- RIO RALLA LU2299

Tali corsi d'acqua risultano gli stessi dell'elenco del precedente PIT e, quindi, non apportano modifiche al quadro conoscitivo del PS vigente, salvo il fatto che il PIT 2005-2010 non prevede più il riconoscimento dell'ambito B di salvaguardia.

Ai fini del corretto assetto idraulico l'elenco di cui sopra risulta tuttavia superato dalle disposizioni emanate con la legge regionale 21 maggio 2012, n. 21 e successive modifiche ("Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua"), le quali fanno riferimento ad un nuovo reticolo idrografico, confermato nel nuovo PIT adottato con deliberazione del Consiglio regionale 2 luglio 2014,n. 58.

### 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 subsidenza (art. 21) e potenzialmente vulnerabili da subsidenza (art. 22).

Sono presenti elementi riferibili al territorio comunale anche nella Tav. A.2 - Carta della fragilità idraulica, limitatamente alle aree vulnerate da esondazioni (art. 23, 1.a), nonché aree vulnerate da fenomeni di ristagno (art. 23, 1.b). Tali perimetrazioni sono da ritenersi superate, in conseguenza sia degli interventi idraulici nel frattempo realizzati, sia delle verifiche e modellazioni idrauliche effettuate dall'A.C

La Tav. A.3 indica invece gli ambiti di salvaguardia dei corsi d'acqua ai sensi dell'art. 60. Sono segnalati i tratti di corsi d'acqua dotati di ambito "B" di cui alla D.C.R.T. n.230/94 e già ricompresi nell'elenco allegato al P.I.T. del 2000 (oggi da ritenersi del tutto superati in termini di significato ed efficacia).

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. Leccio e R. Tazzera

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, alcune aree dei conoidi e delle alluvioni di fondovalle.

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

Il P.A.I. del F. Arno definisce, all'interno del territorio comunale, problematiche di tipo geomorfologico e di tipo idraulico. In particolare le problematiche geomorfologiche sono rappresentate nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante", dove si individuano pericolosità di classe P.F.1 (moderata) e

P.F.2 (media). La carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica" 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.

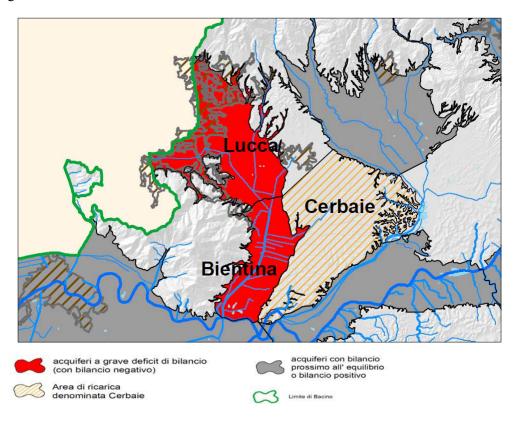
Attualmente, dopo le modifiche dell'aprile 2006 (Delib. S.G. 51) e del marzo 2007 (Delib. S.G. 16), il territorio di pianura è interamente coperto dalla cartografia di dettaglio alla scala 1: 10.000, che individua tutte le quattro classi di pericolosità idraulica.

L'Autorità di Bacino ha realizzato inoltre alcune elaborazioni relativamente ai dati puntuali di spostamento del terreno ottenuti tramite interferometria radar differenziale da piattaforma satellitare nel periodo 1992-2007. Tali dati puntuali sono stati spazializzati su tutto il territorio d'interesse (cella di riferimento di 50 m), in modo da evidenziare la distribuzione delle velocità media annua di subsidenza alla scala di bacino. Vista la scarsa precisione dei dati disponibili, i risultati non sono però utilizzabili alla scala della pianificazione territoriale di Porcari.

### 1.5. Progetto di Piano di Bacino del F. Arno, Stralcio Bilancio Idrico

Con delib. C.I. n. 204 del 28 febbraio 2008 è stato adottato il progetto di Piano di Bacino, stralcio Bilancio Idrico, successivamente aggiornato ed integrato del relativo rapporto ambientale con delib. C.I. 214 del 21 dicembre 2010.

Il territorio del Comune di Porcari è inserito nel sottobacino "Lucca", definito a *grave deficit di bilancio*, come rappresentato nella Tav. B, "Corpi idrici sotterranei a bilancio negativo e aree di ricarica delle Cerbaie".



Per tali acquiferi le Misure di Piano (rev. Dicembre 2010), prevedono, all'art. 7, le seguenti disposizioni:

- «1. Per tali acquiferi l'obiettivo strategico consiste nel conseguimento di condizioni di equilibrio di bilancio.
- 2. L'obiettivo è perseguito attraverso la revisione delle concessioni e autorizzazioni in essere, da effettuarsi tenendo conto dei dati di bilancio dell'acquifero. In particolare devono essere previste:
- a) la riduzione dei prelievi per usi industriali mediante, tra l'altro, l'ottimizzazione dei cicli produttivi, il riutilizzo delle acque reflue e l'approvvigionamento di acque di superficie;
- b) la riduzione dei prelievi per uso agricolo mediante, tra l'altro, l'utilizzo di tecniche volte al risparmio della risorsa, la riconversione in colture meno idroesigenti e l'approvvigionamento di acque di superficie;
- c) la riduzione dei prelievi ad uso idropotabile anche attraverso una diversa distribuzione degli stessi sul territorio e l'approvvigionamento di acque di superficie;
- 3. L'obiettivo è, altresì, perseguito attraverso il divieto di nuovi prelievi, ad esclusione di quelli finalizzati alla ottimizzazione del sistema di prelievi esistenti o di quelli richiesti, a fini domestici, igienici e di antincendio, in aree non servite da pubblico acquedotto, con obbligo di installazione di contatore.
- 4. In fase di rinnovo del prelievo e per i prelievi ad uso idropotabile di cui al comma 3 può essere richiesta l'attivazione del monitoraggio piezometrico della falda secondo le specifiche riportate nell'Allegato 2.
- 5. Gli strumenti di governo del territorio non devono prevedere nuovi insediamenti con approvvigionamento da acque sotterranee.
- 6. Al raggiungimento dell'obiettivo di cui al comma 1, a tali acquiferi si applica la disciplina di cui agli articoli 8 e seguenti del presente Capo. »

### 1.6. Il progetto CARG della Regione Toscana

Sono state visionate ed utilizzate le cartografie geologiche di base redatte all'interno del Progetto CARG dalla Regione Toscana; in particolare le sezioni 261120, 261160, 273040.

Tali cartografie sono state realizzate dall'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR di Pisa (F. 261) e dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pisa (F. 273).

# 1.7. Il progetto CISS (Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana)

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

In base alla Carta Geologica in scala 1:10.000 è stata realizzata la perimetrazione dei suddetti CISS, nonché la ricostruzione in pianta della geometria tridimensionale, per isobate delle superfici limite (base e tetto) e per isopache della copertura impermeabile, o a permeabilità molto bassa.

Attraverso l'utilizzo dei dati presenti nella Banca dati sottosuolo, è disponibile inoltre un approfondimento del livello di conoscenza dell'acquifero, che ha come obiettivi principali l'individuazione di livelli multistrato.

Relativamente all'area in studio viene individuato l'Acquifero della Piana di Lucca (cod. 12SE018).in tutta l'area di pianura aperta del territorio comunale.

# 1.8. Il catasto delle concessioni di acque sotterranee della Provincia di Lucca

Il rilascio dei titoli concessori e autorizzativi relativi al prelievo di acqua pubblica è soggetto al rispetto del regolamento approvato con delibera Consiglio Provinciale n. 180 del 20/11/2003.

Il Servizio Difesa del Suolo della Provincia pubblica ed aggiorna costantemente il catasto delle concessioni di acque sotterranee, in formato ridotto per la tutela della privacy, contenente la localizzazione in coordinate chilometriche Gauss-Boaga del punto di prelievo, il tipo di utilizzo, la quantità concessa, lo stato della pratica, oltre ad informazioni sulla profondità e larghezza del pozzo e sulla stratigrafia rilevata, quando disponibile.

Alla data di redazione della presente relazione, sul territorio comunale di Porcari, sono censite 693 pratiche, delle quali 12 corrispondono a prelievi da acque superficiali e 681 da acque sotterranee; di questi ultimi, 77 sono forniti di stratigrafia.

# PARTE II – APPROFONDIMENTI ED AGGIORNAMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO

### 2. GENERALITA'

### 2.1. Gli approfondimenti

Il quadro conoscitivo esistente è stato implementato sia utilizzando i risultati acquisiti nel corso di studi di dettaglio svolti per conto dell'A.C. sia recependo le nuove cartografie e i nuovi dati disponibili sopra descritti, ma anche effettuando specifici approfondimenti su varie tematiche.

Gli approfondimenti hanno riguardato particolarmente:

- o la verifica dello stato di attività di alcune frane, come segnalate nella cartografia del CARG (par. 3.5);
- o l'elaborazione di una nuova carta delle isopieze, basata su apposita campagna piezometrica (settembre 2010) (par. 4.2);
- la verifica delle condizioni di vulnerabilità idrogeologica di alcune aree di pianura (par. 4.3);
- o l'individuazione della/e frequenza/e fondamentale/i di risonanza dei depositi tramite la tecnica dei rapporti spettrali HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) (par. 5.2).

Per gli aspetti idraulici, sono state utilizzati i dati elaborati per la cartografia del Piano di assetto Idrogeologico, reinterpretati sulla base delle indicazioni dell'allegato A al regolamento 53/R, riferiti a studi idraulici del 2006.

### 2.2. Gli aggiornamenti

Gli aggiornamenti del quadro conoscitivo, conseguenti gli approfondimenti di cui al capitolo precedente e l'adeguamento al quadro geologico dalla cartografia CARG, si sono concretizzati nei seguenti elaborati:

- QC.G-REL Relazione illustrativa delle indagini geologiche
- QC.G -01 Carta geologica
- QC.G-02 Sezione geologica
- o QC.G-03 Carta geomorfologica
- QC.G-04 Carta litologica tecnica e dei dati di base
- QC.G-05 Carta delle categorie di sottosuolo
- QC.G-06 Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 1-20Hz
- QC.G-06b Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 0,1-1Hz
- QC.G-07 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
- o QC.G-08 Carta delle aree allagabili
- ALLEGATO 1. PROVE GEOGNOSTICHE
- ALLEGATO 2. MISURE DI RUMORE SISMICO

### 3. LA GEOLOGIA

I caratteri geologici del territorio comunale sono rappresentati nell'elaborato QC.G-01 "Carta Geologica", riportante le formazioni affioranti nel rispetto della legenda CARG (le sigle formazionali utilizzate sono quelle previste dal Regolamento 53/R, che rimanda alla legenda della cartografia regionale) e nell'elaborato QC.G-02 "Sezioni geologiche".

### 3.1. Generalità

Il Comune di Porcari si colloca nel settore orientale della Piana di Lucca e comprende inoltre due crinali collinari orientati in direzione nord-sud che raggiungono rispettivamente quote di circa 107 m e 55 m s.l.m..

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza di fossi d'acque alte alternati a fossi d'acque basse. Le acque alte, che smaltiscono le acque delle aree collinari, sono la Fossa Nuova, il Rio Leccio e la Fossa Tazzera; le acque basse, che drenano le aree più depresse della pianura sono la Fossa Nera, il Rio Ralletta e la Fossa Bianca.

Il collettore principale è il Canale Rogio che conferisce le acque nello Scolmatore dell'Arno. Si tratta di un reticolo idrografico di tipo subparallelo, dovuto al controllo antropico, particolarmente evidente nelle aree di bonifica.

Gli elementi idrografici caratteristici del sistema di drenaggio, riferiti a tutto il territorio comunale, sono:

Superficie di drenaggio (area soggetta a drenaggio, proiettata su di un piano orizzontale): 17,87 kmq

*Densità di drenaggio* (rapporto tra la somma delle lunghezze delle linee d'impluvio e la superficie di drenaggio): 290 km/17,87 kmq =16,23 km/kmq

Frequenza di drenaggio (rapporto tra il numero delle linee di impluvio e la superficie di drenaggio): 7/17,87 kmq = 0,39/kmq

Ad eccezione del capoluogo (quota 12-50m slm), che si sviluppa per lo più al margine della pianura e sulle prime propaggini collinari, gli altri agglomerati urbani significativi sono localizzati in pianura aperta. Si ricordano in particolare Rughi (quota m. 17 slm), Padule (quota m. 10 slm).

Il clima del territorio comunale di Porcari è di tipo umido continentale (regione temperata sublitoranea tirrenica) con inverni freddi e precipitazioni mediamente concentrate (38%) nella stagione autunnale ed estati relativamente secche (13%); su tutto il territorio comunale ci sono più di 90 giorni piovosi durante l'anno, con una media di piovosità inferiore ai 15 mm per g.p. La piovosità media annua è di 1.217 mm (dati Servizio Idrologico della Regione Toscana, periodo 1951-1966, pluviometro di Porcari).

Le temperature medie annue sono intorno ai 14-15°. La temperatura media del mese più freddo (gennaio) è 5,5 gradi C, mentre la temperatura media del mese più caldo (luglio) è 24,6 gradi C; l'amplitudine termica media risulta di 19,1 gradi C.

### 3.2. Lineamenti geologico-strutturali

L'area interessata dal territorio comunale di Porcari è geologicamente rappresentata da una depressione tettonica tardiva colmata da due consecutivi e distinti cicli fluvio-lacustri.

Il primo ciclo, di età villafranchiana, portò alla colmatazione del bacino ad opera di un potente pacco di sedimenti, prevalentemente costituito da argille lacustri, ed alla costituzione di una vasta paleo-superficie i cui residui terrazzati si ritrovano oggi sulle colline della Cercatoia e del Teso (Montecarlo); la copertura fluvio-lacustre, prevalentemente rappresentata da conglomerati eterogenei, affiora invece con maggiore continuità a Montecarlo, Gragnano, Porcari, Camigliano, Mammoli, Arsina e M.S. Quirico (Lucca).

Nel Pleistocene l'abbassamento del livello del mare, connesso con un sensibile raffreddamento climatico, portò all'erosione del letto del bacino, in subsidenza, ed al denudamento delle argille villafranchiane.

Sempre nel Pleistocene, nella metà occidentale del bacino, rimasto sbarrato ad Est da una estesa conoide alluvionale proveniente dai M. Pisani, si creò un secondo invaso lacustre, profondo circa 50 m, rapidamente interrito dal sovralluvionamento interglaciale.

Terminato questo 2° ciclo il Serchio ritornò ad incidere i sedimenti lacustri confluendo nell'Arno in corrispondenza dell'attuale bacino di Bientina. Successivamente, a causa dell'innalzamento del letto dell'Arno, le acque del Serchio furono costrette a ristagnare ai bordi dei M. Pisani, in particolare nella depressione di Bientina, dando luogo all'omonimo lago che nella sua massima estensione doveva arrivare fin sotto Lucca, Capannori e Porcari. Le acque del Serchio iniziarono quindi gradualmente a tracimare dalla soglia di Ripafratta, fino ad inciderla ed acquistare uno sbocco indipendente verso il mare. Il lago di Bientina assunse conseguentemente dimensioni sempre minori finchè, in tempi recenti (Sec. XVI d.C.), con la rettifica del Serchio da Ponte a Moriano a Monte S.Quirico, il lago si ridusse ad una palude poi definitivamente bonificata e prosciugata.

In particolare la bonifica dell'area del Bientina ebbe il suo momento culminante nel 1859, quando fu realizzata la "botte" sotto il letto dell'Arno ed entrò in funzione l'emissario che permise il deflusso delle acque del lago fino al Calambrone e quindi al mare. I risultati non furono però del tutto positivi in quanto vaste plaghe di terreno rimasero paludose: i possessori di una parte del terreno da bonificare, unitisi in consorzio verso il 1907, provvidero successivamente all'istallazione di idrovore per il risanamento idraulico dei terreni mediante il sollevamento meccanico delle acque.

Nel suo divagare per la pianura il Serchio ha depositato sedimenti essenzialmente grossolani, oggi sede di un importante acquifero.

Il substrato roccioso, affiorante in zone circostanti il comprensorio comunale (S. Ginese e Monti Pisani a sud-Ovest, altopiano delle Pizzorne a Nord), risulta pertanto sepolto ad una profondità superiore ai 500 metri, come segnalano prospezioni geofisiche eseguite dall'AGIP Mineraria negli anni '60.

### 3.3. Stratigrafia

Come meglio rappresentato nella Carta Geologica (elaborato QC.G-01) e nelle Sezioni geologiche (elaborato QC.G-02), la geologia di superficie del territorio del Comune di Porcari è pertanto rappresentata da quattro tipi di deposito, tutti di origine continentale, il più antico dei quali recenti studi fanno risalire al Pliocene inf. (Rusciniano).

La distribuzione areale di queste formazioni è tale da poter distinguere due zone: una collinare a Nord e ad Est del centro abitato, costituita dai termini più antichi (arg, cg ed s della Carta Geologica); l'altra pianeggiante, con estensione decisamente prevalente su tutto il territorio comunale, occupata da alluvioni recenti ed attuali.

Stratigraficamente le formazioni presenti sono attribuibili ai due citati episodi di sedimentazione: i termini più antichi (argille e conglomerati) appartengono ad un primo ciclo fluviolacustre di età villafranchiana/rusciniana. In giacitura discordante sopra questi depositi si trova una formazione in facies fluviale e localmente lacustre, cartografata in passato come "sabbie", dovute al secondo ciclo di sedimentazione. Anche questo termine risulta essere stato interessato da un parziale sollevamento, probabilmente a più riprese, come dimostra anche la disposizione dei "terrazzi" lungo il versante destro della valle del Rio Leccio. Infine si è avuta la deposizione dell'ampia coltre alluvionale del Quaternario antico, recente ed attuale (bn, bn1 e ea), prevalentemente ad opera del Serchio ("paleocorso") e di alcuni rii al tempo suoi affluenti.

In dettaglio le formazioni si succedono, dalla più antica alla più recente, nel modo che segue:

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

AGM - Argille di Marginone: Argille grige, argille sabbiose e sabbie: rappresentano il termine più antico formatosi durante il primo episodio lacustre. Trattasi di argille grige con resti vegetali, argille sabbiose e sabbie; al suo interno sono presenti anche piccole lenti ed interstrati ghiaiosi. Le aree di affioramento sono rappresentate: da una fascia disposta sul fianco occidentale della collina di Porcari; dalla zona della ex fornace di C.te Zuccotto e dalla collina che separa il Rio Leccio dal Rio Tazzera. Lo spessore della formazione in affioramento non supera i 50 m; dati stratigrafici relativi a pozzi trivellati da industrie locali segnalano questo deposito a profondità superiori a 160 m. La formazione è attribuibile al Villafranchiano inf-Pliocene inf..

**CGM - Ciottoli di Montecarlo**: Conglomerati, ciottoli ed argille: costituiscono il deposito finale a colmamento del primo episodio lacustre villafranchiano. Trattasi di

sedimenti prevalentemente conglomeratici debolmente cementati con cemento argillososabbioso passanti talora ad argille, argille sabbiose con ciottoli sparsi; gli elementi ciottolosi provengono per la gran parte da litologie proprie dei Monti Pisani ("Verrucano"). Le aree di affioramento sono localizzate tutte sulla collina antistante il centro di Porcari, secondo una fascia sommitale allungata in direzione SW - NE. Lo spessore della formazione raggiunge gli 80÷90 m nella zona della "Torretta". L'età del deposito è attribuibile al Villafranchiano.

### **DEPOSITI QUATERNARI**

**bn** - Alluvioni antiche: si trovano alla base dei rilievi collinari, in sinistra del corso del Rio Ralla. Litologicamente trattasi di argille, argille sabbiose con locali livelli di sabbie e ghiaie, sovraconsolidate. Lo spessore del deposito è mal valutabile data la scarsità di dati stratigrafici. Età: Olocene.

**bn1** - Alluvioni recenti ed attuali: costituiscono per estensione la maggior parte del territorio comunale. Trattasi di sabbie, limi ed argille sovrastanti livelli ghiaiosi e ciottolosi mai affioranti; localmente, in particolare nel settore Sud-orientale, sono presenti livelli di argille torbose (**ea**). Lo spessore dei sedimenti fini sovrastanti le "ghiaie" varia da 4÷5 m nella parte settentrionale del territorio fino a 11÷12 m nella zona meridionale. Lo spessore totale del deposito raggiunge il suo massimo nella parte Sud con 50÷60 m: qui, talora intercalati alle "ghiaie", si trovano ancora livelli di argille e di argille con ghiaia. Età: Olocene

**aa** - Localmente i depositi di cui sopra risultano ricoperti da esili coperture detritiche, essenzialmente eluviali, con granulometria derivante dal terreno di riferimento.

**hn** - Depositi eterogenei antropici finalizzati alla realizzazione di riempimenti per infrastrutture e costruzioni.

### 3.4. Tettonica

L'evoluzione tettonica della zona centrale del bacino di Lucca- Montecarlo-Vinci ha guidato le fasi deposizionali succedutesi a partire dal tardo Pliocene. Infatti nella depressione pleistocenica che va dal M. Pisano al M. Albano si instaura un ambiente di sedimentazione lacustre che con il diminuire della componente negativa tende a divenire fluviale.

Alla fine del Pleistocene inferiore i movimenti di subsidenza subirono un'interruzione a causa dei movimenti positivi responsabili del brusco sollevamento dei rilievi circostanti con probabile *tilting* verso SE dei depositi lacustri. Alla fine del Pleistocene medio, un altro evento tettonico fu responsabile del basculamento verso NW dei depositi delle Cerbaie, delimitato a sud da una faglia trasversale alle direttrici tettoniche dell'Appennino settentrionale.

### 3.5. Geomorfologia

I caratteri geomorfologici del territorio comunale sono rappresentati nell'elaborato QC.G-03 "Carta Geomorfologica", realizzata seguendo la legenda ed i criteri di rappresentazione dei dati previsti dalla Carta geomorfologica del territorio regionale.

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

- o depositi alluvionali;
- o sabbie, sabbie argillose e conglomerati neogenico-quaternari;
- o argille e complessi a dominante argillosa

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

L'aspetto geomorfologico rappresenta un istante a scala umana dell'evoluzione del paesaggio, condizionato oltre che da fattori naturali anche dalle azioni umane. Data la modesta energia di rilievo presente sul territorio comunale, i fattori evolutivi sono quindi essenzialmente legati a processi di degradazione dei versanti per l'area collinare e al processo di subsidenza in atto nell'area di pianura.

La degradazione dei versanti collinari

Tra le **forme e i depositi di origine gravitativa** sono stati segnalati:

- **Depositi di frana**: sono distinguibili, rispetto allo *stato di attività*, sulla base sia delle evidenze di campagna e/o fotointerpretative, sia di ricerche storiche e di archivio, in:
- quiescenti, quando riferiti a processi avvenuti nell'attuale sistema morfoclimatico e suscettibili di riattivazione con frequenza pluriennale;
- *inattivi*, quando riferiti a processi per i quali le evidenze testimoniano che si è sviluppata in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali

Rispetto alla geometria del movimento, in frane:

- di scorrimento, quando il movimento si sviluppa lungo una superficie piana o concava:
- di colamento, quando il movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata
- Orlo di scarpata di frana: evidenziati soltanto per le frane inattive.
- **Deposito di versante:** costituiti da detriti di varia forma e dimensioni accumulati senza una particolare genesi lungo i versanti;

Tra le **forme e i depositi di origine antropica** sono presenti:

- Limite di area oggetto di attività estrattiva: indicano le aree utilizzate per l'estrazione di materiale inerte, sia in pianura che in collina
- **Terreni di riporto:** accumuli eterogenei di materiale variamente addensati.

Sono stati inoltre riportati in cartografia:

- Zone di ristagno d'acqua: si rinvengono generalmente in prossimità del contatto tra le argille e i depositi sovrastanti, più permeabili (risorgenze e stillicidi).

La subsidenza dell'area di pianura

Il fenomeno della subsidenza nel territorio del Comune di Porcari risulta ampiamente studiato e definito sia arealmente, sia nei suoi aspetti dinamici (intensità, velocità di abbassamento del suolo, etc.).

Per incarico delle Amministrazioni comunali di Porcari e Pescia furono infatti svolte nel 1996 indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche<sup>2</sup> finalizzate alla

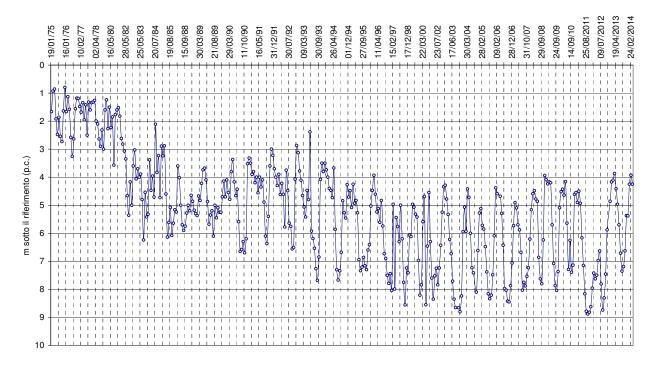
<sup>2</sup> Studio di Geologia Barsanti, Sani & Sani – Studio Nolledi - *Indagini geologico-tecniche sul fenomeno di subsidenza in atto nel territorio del Comune di Porcari, 1997* 

definizione del fenomeno di subsidenza interessante buona parte del territorio meridionale del Comune di Porcari.

Le cause della subsidenza sono essenzialmente artificiali e riconducibili alle variazioni dello stato tensionale del sottosuolo indotte da estrazioni di acque sotterranee, in una situazione stratigrafica favorevole allo sviluppo di fenomeni di consolidazione. La subsidenza è tuttora attiva ed i suoi effetti più evidenti si manifestano in corrispondenza dei maggiori spessori di depositi argillosi-torbosi compressibili, individuati dalla campagna geognostica nell'area lungo la via di Leccio, compresa tra C.te Gigioni a Nord e C.te Spagni a Sud (v. anche le linee di uguale abbassamento del suolo nell'elaborato QC.G-03 "Carta Geomorfologica".

I dati disponibili relativi all'andamento della piezometrica nell'area subsidente consentirono di affermare che il fenomeno della subsidenza si era manifestato gradualmente nel tempo, parallelamente all'abbassamento della superficie piezometrica iniziato nel 1982, come evidenziato dal grafico che segue, relativo all'andamento della superficie piezometrica al pozzo n. 59 (ex Pozzo Ufficio Idrografico), ubicato nel settore meridionale del Comune.

### FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO N° 59 - Porcari sud



Il grafico evidenzia anche come dal 1999 ad oggi la soggiacenza piezometrica non solo si è praticamente stabilizzata, ma manifesta anche un trend di risalita, modesto ma significativo in quanto di lungo periodo.

I controlli topografici di precisione, estesi ad una rete di 35 capisaldi, consentirono in particolare di accertare un abbassamento massimo annuale del suolo di 13,5 mm al caposaldo XXII (Corte Gigioni, posta sul Rio Leccio, circa 600 m a sud dell'autostrada FI-mare). Nel complesso la distribuzione dei valori rilevati dava luogo a delle linee pseudococoncentriche aventi valori massimi attorno a Corte Gigioni e valori progressivamente decrescenti man mano che da questa località ci spostiamo tanto verso nord quanto verso sud. La diminuzione verso Nord risulta in verità molto più repentina che non verso Sud (cfr. le isolinee riportate nella "Carta Geomorfologica" di cui all'elaborato QC.G-03.

Per la verifica del decorso del fenomeno di subsidenza è stato nel frattempo svolto da parte dell'A.C. di Porcari, nel luglio 2002, un controllo topografico di precisione su alcuni dei capisaldi già oggetto di misurazione nel corso della campagna topografica generale conclusasi nel settembre 1996.

I risultati del controllo indicano che il fenomeno della subsidenza, ancorchè modesto come intensità, è tuttora attivo, come emerge dai dati riportati nella sottostante tabella:

	QUOTA 1996 (m s.l.m)	QUOTA 2002 (m s.l.m)	DIFFERENZA QUOTA (mm)	ABBASSAMENTO MEDIO ANNUO (mm)
CAPOSALDO XIX3	12,5987	12,5736	25,1	4,18
CAPOSALDO XXIV4	10,89304	10,8596	33,4	5,57

Le velocità di abbassamento rilevate, se confrontate con le conoscenze generali sulla subsidenza, le quali indicano un abbassamento totale di oltre 40 cm dal 1982 ad oggi, suggeriscono, tuttavia, che il fenomeno del consolidamento ha oramai esplicato la maggior parte del suo decorso e, conseguentemente, anche dei suoi effetti in termini di cedimenti differenziali interessanti i singoli edifici.

I dati sopra riportati alcune risultano sostanzialmente coerenti con alcune elaborazioni effettuate dall'Autorità di Bacino, relativamente ai dati puntuali di spostamento del terreno ottenuti tramite interferometria radar differenziale da piattaforma satellitare nel periodo 1992-2007. Tali dati puntuali sono stati tuttavia spazializzati con una cella di riferimento di 50 m, in modo da evidenziare la distribuzione delle velocità media annua di subsidenza alla scala di bacino. Tale circostanza impone di tenere presente che la scala di visualizzazione non può

<sup>3</sup> É situato lungo il Rio Leccio, circa 200 m a sud dell'autostrada

<sup>4</sup> E' situato lungo il Rio Leccio in loc. Corte Gigioni

ragionevolmente essere inferiore a 1:100.000 e, quindi, non correttamente utilizzabile per la scala di lavoro del PS (1:10.000).

Le conseguenze sugli edifici prodotte da fenomeni di subsidenza estesa, quale quella in esame, sono generalmente molto modeste in quanto modesti risultano i valori di distorsione angolare in gioco. Danni estetici e strutturali possono comunque localmente verificarsi in conseguenza di situazioni particolari quali:

- disomogeneità stratigrafiche;
- disomogeneità dei carichi trasmessi in fondazione;
- fatiscenza o degrado strutturale di vecchi edifici,

ovvero situazioni comportanti aumenti dei valori di distorsione angolare oppure lesionamenti anche in presenza di valori assai inferiori a quelli ammessi per le nuove costruzioni.

Oltre alla subsidenza risultano frequenti, in molte zone del territorio comunale caratterizzato dall'affioramento di terreni sovraconsolidati a forte componente argillosa, fenomeni di ritiro e rigonfiamento i quali producono lesionamento più o meno diffusi sugli edifici. Tale situazione è particolarmente diffusa nell'area compresa tra la collina di Farabosco, Rughi ed il centro di Porcari.

Tutti gli studi effettuati finora indicano quale causa dei lesionamenti il ritiro e rigonfiamento tipico dei terreni prevalentemente coesivi sovraconsolidati in dipendenza delle variazioni di umidità stagionale.

Tale fenomeno si verifica negli strati più superficiali del terreno dove le variazioni di umidità sono favorite, corrispondentemente alle oscillazioni della falda acquifera e della frangia capillare, dall'insolazione durante i periodi caldi e siccitosi e dall'infiltrazione delle acque meteoriche durante i periodi freddi e piovosi.

Questo fenomeno ha andamento stagionale ed affligge soprattutto i manufatti dotati di fondazioni scarsamente incassate nel terreno o comunque dotati di incastro insufficiente a superare lo strato di terreno soggetto a variazioni di umidità e volumetriche, il cui spessore nella zona in studio può essere valutato in almeno 1.5÷1.8 m.

Esso è un fenomeno che, diversamente dal consolidamento del terreno per effetto del carico indotto dal peso dei manufatti, non è destinato ad esaurirsi, anzi peggiora sempre di più nel tempo.

Infatti il susseguirsi delle stagioni piovose e siccitose causa un movimento di "respiro" del terreno: corrispondentemente i fabbricati inizialmente resistono o risentono poco del fenomeno sfruttando la rigidezza flessionale delle fondazioni e delle strutture sovraimposte: successivamente, superata la soglia di resistenza a fatica e flessionale, assecondano tale movimento "pulsante" lesionandosi in maniera sempre più grave. Il lesionamento presenta comunque un carattere progressivo controllabile.

L'entità del danno (cioè della gravità del quadro fessurativo o l'ampiezza dello scostamento delle lesioni) può non essere direttamente proporzionale al rigonfiamento/ritiro del terreno, in quanto il primo dipende sia dalle proprietà del terreno, sia soprattutto dalle caratteristiche del manufatto su questo impostato (tipo di edificio e di fondazione, età, carico sul terreno): è un fatto però che la maggior frequenza di lesionamenti ed i maggiori scostamenti alle spie sono stati rilevati nella zona di Rughi, dove pertanto, a parità di condizioni idrogeologiche al contorno (soggiacenza piezometrica) si deve chiamare in causa una maggiore tendenza al rigonfiamento dei terreni presenti.

### 3.6. Litotecnica

I caratteri litologico-tecnici del territorio comunale sono rappresentati nell'elaborato QC.G-04 "Carta Litologico-tecnica e dei dati di base", contenente la suddivisione dei terreni e delle rocce presenti in affioramento in gruppi e unità litotecniche sulla base delle prove e sondaggi dell'archivio provinciale (allegato al progetto "Carta della vulnerabilità dell'acquifero alluvionale della pianura di Lucca, op.cit.), al quale si rimanda per eventuali approfondimenti, e di nuove indagini effettuate con la metodica prevista dal programma VEL (Valutazione degli Effetti Locali nei comuni classificati sismici della Toscana"-LR 56/97); alla suddetta metodica sono state apportate alcune modifiche per una migliore caratterizzazione in particolare delle litologie di pianura, che, nel territorio comunale di Porcari, sono riconducibili a tre tipologie: limi sabbiosi e sabbie limose, limi argillosi e argille limose, limi e argille con torbe. Per una migliore e più definita caratterizzazione delle unità litologiche affioranti nella piana sono state inoltre utilizzati, come quadro generale delle conoscenze e non riportate quindi tra gli allegati, i risultati di n. 43 indagini geognostiche a disposizione di questo Studio di Geologia e consistenti in sondaggi, prove penetrometriche statiche e dinamiche. Inoltre è stata introdotta una nuova classe per indicare le coperture, generalmente dovute ad azioni di tipo gravitativo, la cui composizione litologica non è differenziabile alla scala della carta, pur essendo di regola consistente in materiali eterometrici in matrice argillosa limoso sabbiosa.

Le indagini raccolte comprendono in particolare:

• indagini puntuali consistenti in penetrometrie statiche e dinamiche pesanti, in sondaggi a carotaggio continuo nei quali sono state effettuate talvolta indagini

sismiche in foro tipo *downhole* (con log litostratigrafico ed elaborazione dei dati sismici) ed in penetrometrie CPT, CPTU e DPSH;

• *indagini lineari* consistenti in prospezioni sismiche a rifrazione con onde P ed SH (con dromocrone ed interpretazione geologica o tomografia).

Tutte queste indagini sono riportate in allegato e localizzate in cartografia. I dati dell'archivio provinciale, quando utilizzabili, sono stati trasformati in stratigrafie dal progetto Progetto SIRA\_DBGEO (op.cit.) e riportate in allegato e localizzate in cartografia con la stessa numerazione dell'archivio provinciale.

In relazione alle caratteristiche litologico-tecniche i terreni affioranti sono così suddivisi in 5 unità litotecniche:

### UNITÀ LITOLOGICO TECNICA C

### Materiali granulari cementati

C - brecce, conglomerati e sabbie con medio grado di cementazione

C2: conglomerati e brecce matrice-sostenuti

### UNITÀ LITOLOGICO TECNICA D

### Materiali coesivi consistenti

D - argille e limi

Comprende la formazione delle "argille lacustri".

### UNITÀ LITOLOGICO TECNICA E

### Materiali granulari non cementati o poco cementati

E1: Ciottoli e blocchi: questa classe riunisce i depositi sciolti costituiti prevalentemente da ciottoli e blocchi costituenti i riporti indifferenziati

E2: Ghiaie e sabbie: questa classe riunisce i depositi sciolti costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie

E3: Limi sabbiosi e sabbie limose: questa classe riunisce i depositi sciolti costituiti prevalentemente da limi sabbiosi e sabbie limose.

### UNITÀ LITOLOGICO TECNICA F

### Materiali con consistenza limitata o nulla

*F* – *limi e argille* 

F1: comprende i depositi sciolti costituiti prevalentemente da limi argillosi e argille limose.

F2: comprende i depositi sciolti argillosi contenenti anche livelli torbosi.

### UNITÀ LITOLOGICO TECNICA G

### Materiali non differenziabili

*G* - coperture granulometricamente non differenziabili

### 3.7. Le emergenze geologiche e geomorfologiche

Nel Comune di Porcari non risultano presenti particolari singolarità geologiche, almeno se rapportate al complesso e variegato patrimonio geologico della Provincia di Lucca

# 4. L'IDRO G EO LO G IA E L'AG G IO RNAMENTO DELIA VULNERA BILITÀ DEGLI AC Q UIFERI

### 4.1. Piezometria

Per la elaborazione della carta piezometrica sono stati misurati, in data 13 settembre 2010 n. 38 pozzi distribuiti sul territorio di pianura con una densità media di pozzi di circa 2,65 pozzi per kmq, previa verifica che tali pozzi esprimessero condizioni statiche.

Nella tabella che segue vengono riassunti i dati caratteristici dei rilievi condotti, rappresentati da:

- o n. identificativo del pozzo
- o descrizione punto di riferimento per la lettura
- quota del punto di riferimento in m s.l.m (in buona parte derivante da apposita livellazione ed in minima parte da estrapolazione dalla carta CTR 1:2.000)
- o distanza del livello piezometrico dal punto di riferimento (m)
- o quota piezometrica (m s.l.m)
- o soggiacenza piezometrica (m dal piano di campagna)

L'andamento delle isopieze, tracciate con equidistanza di 1 m utilizzando il metodo della interpolazione triangolare, evidenzia nel settore nord una direzione di flusso di falda da NW verso SE e, in via generale, una falda radiale convergente, con profilo piezometrico iperbolico artificialmente indotto da emungimenti industriali. A Sud della via Lucchese si ha dapprima un'accentuazione del carattere convergente fino a creare un asse di drenaggio in direzione NW-SE (all'incirca fino alla località Magazzino) e, successivamente – a partire dall'Autostrada FI-Mare – una direzione prevalente di flusso di falda da W verso E. Nell'estremo settore sud-orientale il forte emungimento concentrato operato dall'acquedotto del Pollino altera profondamente la distribuzione delle isopieze, dando luogo ad una falda radiale convergente a profilo parabolico. In prossimità del campo pozzi del Pollino nel pozzo n. 111 di Corte Spagni è stato riscontrato il minimo assoluto piezometrico (-2.26 m s.l.m).

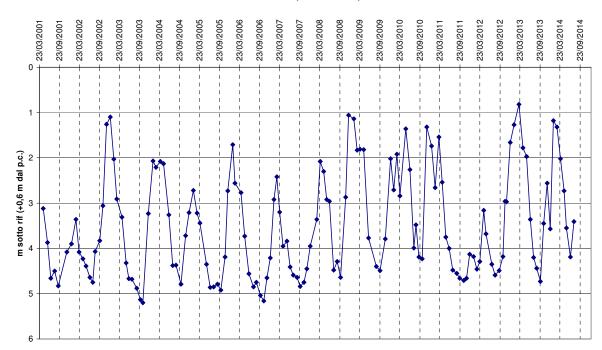
POZZO	Punto riferimento	Quota P rif	Liv Acqua dal Prif	Quota falda	Soggiacenza piezom
2bis	piano piazzale	17,05	1,89	15,16	1,89
11bis	boccapozzo + 0,33 da p.c.	18,62	4,49	14,13	4,16
98bis	boccapozzo -0,27 da p.c.	21,03	7,39	13,64	7,66
8bis	boccapozzo -0,4 da p.c.	16,80	3,84	12,96	4,24
85	boccapozzo +0,3 su p.c.	20,32	9,15	11,17	8,85
124	boccapozzo +0,4 da piazzale	16,40	2,95	13,45	2,55
5	boccapozzo +0,3 su p.c.	18,43	8,58	9,85	8,28
35	boccapozzo +0,56 su p.c.	15,12	4,19	10,93	3,63
15bis	boccapozzo +0,23 su p.c.	16,70	6,95	9,75	6,72
79	boccapozzo +0,50 su p.c.	13,73	2,23	11,50	1,73
17	boccapozzo -0,87 da piazzale.	13,03	3,49	9,54	4,36
84bis	boccapozzo +0,25 su p.c.	13,46	4,05	9,41	3,80
19	boccapozzo +1,15 su p.c.	16,13	7,18	8,95	6,03
20	boccapozzo -0,05 da p.c.	12,68	2,31	10,37	2,36
21	boccapozzo -1,40 da p.c.	11,89	2,08	9,81	3,48
87	boccapozzo -0,20 su p.c.	13,45	5,02	8,43	5,22
121	boccapozzo +0,5 da piazzale	12,70	3,35	9,35	2,85
32	boccapozzo +0,60 su p.c.	12,48	7,25	5,23	6,65
123	boccapozzo -0,46 da piazzale	11,54	6,39	5,15	6,85
33	piano piazzale	11,60	7,25	4,35	7,25
117	boccapozzo +0,30 su p.c.	10,80	2,27	8,53	1,97
119	boccapozzo +1,00 su p.c.	12,80	7,42	5,38	6,42
120	boccapozzo +0,5 su p.c.	13,10	2,95	10,15	2,45
118	boccapozzo +0,3 su p.c.	10,37	9,59	0,78	9,29
115	boccapozzo -0,55 da p.c.	10,35	9,04	1,31	9,59
46	piano piazzale	12,43	9,12	3,31	9,12
116	boccapozzo -0,55 da p.c.	9,55	2,29	7,26	2,84
51bis	avampozzo +0,5 su p.c.	10,50	3,47	7,03	2,97
114	boccapozzo +0,83 su p.c.	11,56	7,58	3,98	6,75
48	piano piazzale	10,75	10,89	-0,14	10,89
112	boccapozzo = p.c.	10,10	10,03	0,07	10,03
54	boccapozzo +0,60 su p.c.	11,90	8,91	2,99	8,31
57	boccapozzo +0,31su p.c.	9,87	7,68	2,19	7,37
113	boccapozzo +0,12 da p.c.	8,90	3,00	5,90	2,88
53	boccapozzo +0,41su p.c.	8,48	3,76	4,72	3,35
111	boccapozzo +0,10 su p.c.	9,60	11,86	-2,26	11,76
61	boccapozzo +0,30 su p.c.	7,66	4,28	3,38	3,98
59	bordo sportello +1,00 su p.c.	8,79	8,39	0,40	7,39

Per una corretta interpretazione dei valori di soggiacenza riportati in tabella è opportuno precisare che tali valori sono riferiti ad un periodo di magra della falda e che l'oscillazione media annuale della falda può variare, a seconda della zona,

da 2,5 a 4 m, come risulta dal monitoraggio piezometrico svolto da molti anni su una serie di pozzi distribuiti nella piana di Porcari.

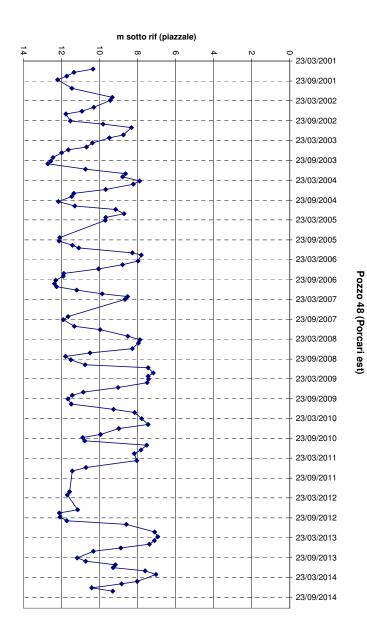
Nei grafici che seguono vengono in particolare evidenziate le oscillazioni registrate dal 2001 ad oggi ai pozzi n. 35, 19, 48, 61 e 59. Per il pozzo 59 (ex piezometro dell'Ufficio Idrografico di Pisa) – dotato di un lungo periodo di osservazione - viene inoltre riportato il diagramma piezometrico del periodo 1971-2014. Dall'esame di tali grafici emerge chiaramente la condizione stazionaria della falda nell'ultimo decennio (anzi in verità si nota un modesto trend di risalita), la quale testimonia l'assenza di "sovrasfruttamenti" in atto e contraddice i risultati dell'adottato Progetto di Piano stralcio Bilancio Idrico dell'Arno, secondo cui l'acquifero in questione viene classificato come "acquifero a grave deficit di bilancio".

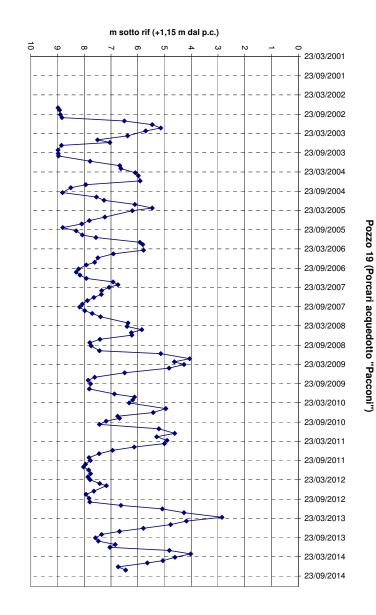
### Pozzo 35 (Porcari nord)



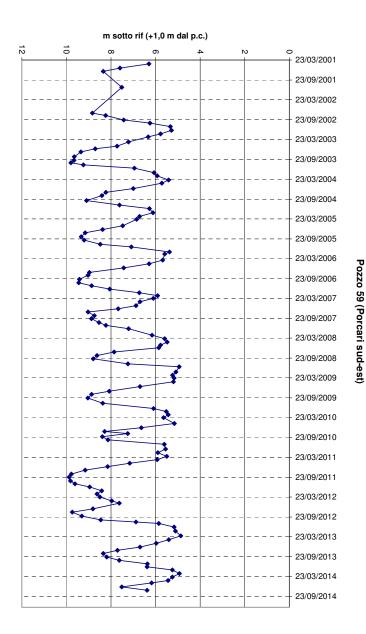
STUDIO DI GEOLOGIA Barsanti, Sani & Associati - via Buiamonti 29, LUCCA - tel 0583/467427 -

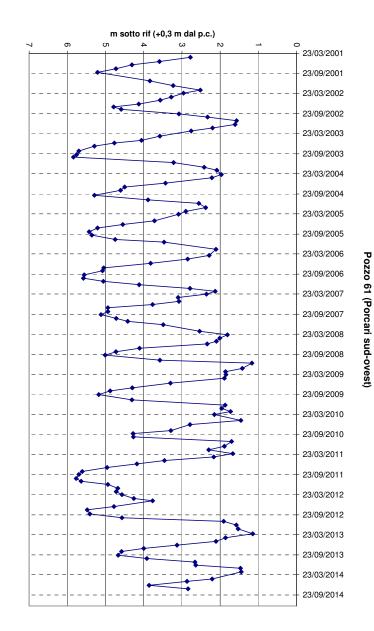
e-mail bar-sani@geoprove.com



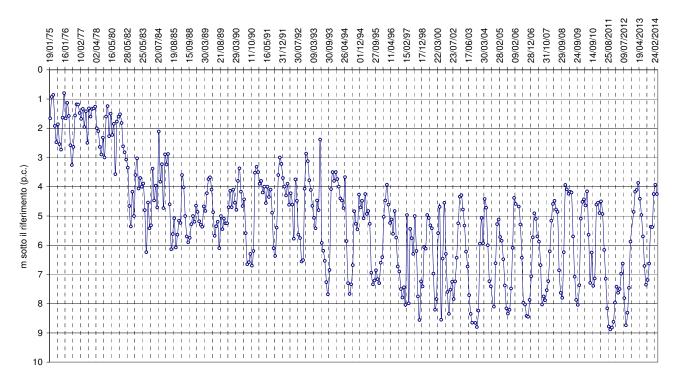








### FLUTTUAZIONI PIEZOMETRICHE AL POZZO Nº 59 - Porcari sud



La discordanza tra i dati reali espressi dal monitoraggio di lungo periodo delle oscillazioni di falda - gli unici che veramente testimoniano l'esistenza o meno di condizioni di sovrasfuttamento, in atto o passate, ed i risultati di bilancio dell'Autorità di Bacino dell'Arno può essere spiegata solo ammettendo un difetto di bilancio. E' infatti evidente che la caratteristica principale di un acquifero a deficit di bilancio (acquifero in cui le uscite sono superiori alle entrate), si concretizza in un progressivo abbassamento del livello di falda, abbassamento che, invece, non si riscontra nell'ultimo decennio nell'acquifero in questione.

Dall'analisi del diagramma di lungo periodo del pozzo 59 si evincono in realtà alcuni periodi di locale sovrasfruttamento, in particolare nel periodo 1975-1989 e 1993-1998. Anche a questo proposito il termine sovrasfruttamento va inteso in senso lato, considerato che l'abbassamento temporalmente (1, 2 o più anni) ed arealmente limitato del livello di falda in conseguenza di un maggior prelievo non rappresenta un vero sovrasfruttamento, ma una fisiologica risposta dell'acquifero.

### 4.2. L'aggiornamento della carta della vulnerabilità

Sulla base di nuovi dati stratigrafici, sempre utilizzando il metodo SINTACS, è stata effettuata una modifica dell'area situata tra Rughi e Farabosco che passa da vulnerabilità alta a vulnerabilità media. I valori utilizzati ed i relativi risultati sono esplicitati nelle seguenti tabelle

# Punto di osservazione: Cartiera Taims (Rughi)

SOGGIACENZA	
INTERVALLO DI SOGGIACENZA (m)	PUNTEGGIO SINTACS
<1	10
1 ÷ 2,5	9
2,5 ÷ 4	8
4 ÷ 5,5	7
5,5 ÷ 8	6
8 ÷ 11	5
>11	4

INFILTRAZIONE EFFICACE	
INTERVALLO DI INFILTRAZ. EFFICACE (mm/anno)	PUNTEGGIO SINTACS
235÷325	9
195÷235 e 325÷350	8
165÷195 e 350÷375	7
135÷165 e 375÷400	6
110÷135 e 400÷430	5
80÷110 e >430	4
65÷80	3
45÷65	2
0÷45	1

EFFETTO AUTODEPURANTE DEL NON SATURO	
CLASSI LITOLOGICHE	PUNTEGGIO SINTACS
sottile o assente	10
sabbia e ghiaia	8
limi sabbiosi e sabbie limose	5
limi ed argille con livelli sabbiosi e/ torbosi	3
limi argillosi, argille limose ed argille	2

TIPOLOGIA DELLA COPERTURA (SUOLO)	
CLASSI GRANULOMETRICHE	PUNTEGGIO SINTACS
sabbie, sabbie con ghiaie	9,5
Torbe	7,5
limi sabbiosi e sabbie limose	6
limi argillosi, argille	4

CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO	
COMPLESSI IDROGEOLOGICI	PUNTEGGIO SINTACS
alluvioni grossolane	8,5
alluvioni medio-fini	7,5

CONDUCIBILITA' IDRAULICA DELL'ACQUIFERO	
INTERVALLI DI CONDUCIBILITA'(m/sec)	PUNTEGGIO SINTACS
>2x10E-2	10
2E10-2÷10E-3	9
10E-3÷5x10E-4	8
5x10E-4÷10E-4	7
10E-4÷5x10E-5	6

5x10E-5÷10E-5	5
10E-5÷5x10E-6	4

ACCLIVITA' DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	
INTERVALLI DI PENDENZA (%)	PUNTEGGIO SINTACS
< 2	10
2÷4	9
4÷6	7,5
6÷9	7

PARAMETRO	PESO
S	5
1	4
N	5
T	2
A	3
C	3
S	1

# **Punteggio** = (6x5)+(5x4)+(2x5)+(6x2)+(7.5x3)+(8x3)+(10x1) = 128.5

GRADO DI VULNERABILITA'	PUNTEGGIO GREZZO
BB = BASSISSIMO	0÷80
B = BASSO	80÷105
M = MEDIO	105÷140
A = ALTO	140÷186
E = ELEVATO	186÷210
EE = ELEVATISSIMO	210÷260

Punto di osservazione: Pozzo Rughi 7

1 41110 41 00041 (411101101 1 01110 114811 )	
SOGGIACENZA	
INTERVALLO DI SOGGIACENZA (m)	PUNTEGGIO SINTACS
< 1	10
1 ÷ 2,5	9
2,5 ÷ 4	8
4 ÷ 5,5	7
5,5 ÷ 8	6
8 ÷ 11	5
> 11	4

INFILTRAZIONE EFFICACE	
INTERVALLO DI INFILTRAZ. EFFICACE (mm/anno)	PUNTEGGIO SINTACS
235÷325	9
195÷235 e 325÷350	8
165÷195 e 350÷375	7
135÷165 e 375÷400	6
110÷135 e 400÷430	5
80÷110 e >430	4
65÷80	3
45÷65	2
0÷45	1

EFFETTO AUTODEPURANTE DEL NON SATURO	
CLASSI LITOLOGICHE	PUNTEGGIO SINTACS
sottile o assente	10
sabbia e ghiaia	8
limi sabbiosi e sabbie limose	5
limi ed argille con livelli sabbiosi e/ torbosi	3
limi argillosi, argille limose ed argille	2

TIPOLOGIA DELLA COPERTURA (SUOLO)	
CLASSI GRANULOMETRICHE	PUNTEGGIO SINTACS
sabbie, sabbie con ghiaie	9,5
Torbe	7,5
limi sabbiosi e sabbie limose	6
limi argillosi, argille	4

CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO	
COMPLESSI IDROGEOLOGICI	PUNTEGGIO SINTACS
alluvioni grossolane	8,5
alluvioni medio-fini	7,5

CONDUCIBILITA' IDRAULICA DELL'ACQUIFERO	
INTERVALLI DI CONDUCIBILITA'(m/sec)	PUNTEGGIO SINTACS
>2x10E-2	10
2E10-2÷10E-3	9
10E-3÷5x10E-4	8
5x10E-4÷10E-4	7
10E-4÷5x10E-5	6
5x10E-5÷10E-5	5
10E-5÷5x10E-6	4

ACCLIVITA' DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	
INTERVALLI DI PENDENZA (%)	PUNTEGGIO SINTACS
< 2	10
2÷4	9
4÷6	7,5
6÷9	7

PARAMETRO	PESO
S	5
1	4
N	5
T	2
A	3
С	3
S	1

# **Punteggio** = (6x5)+(5x4)+(2x5)+(4x2)+(7,5x3)+(8x3)+(10x1) =**124,5**

GRADO DI VULNERABILITA'	PUNTEGGIO GREZZO
BB = BASSISSIMO	0÷80
B = BASSO	80÷105
M = MEDIO	105÷140
A = ALTO	140÷186

E = ELEVATO	186÷210
EE = ELEVATISSIMO	210÷260

# Punto di osservazione: Pozzo Alival (Rughi)

/
PUNTEGGIO SINTACS
10
9
8
7
6
5
4

INFILTRAZIONE EFFICACE	
INTERVALLO DI INFILTRAZ. EFFICACE (mm/anno)	PUNTEGGIO SINTACS
235÷325	9
195÷235 e 325÷350	8
165÷195 e 350÷375	7
135÷165 e 375÷400	6
110÷135 e 400÷430	5
80÷110 e >430	4
65÷80	3
45÷65	2
0÷45	1

EFFETTO AUTODEPURANTE DEL NON SATURO	
CLASSI LITOLOGICHE	PUNTEGGIO SINTACS
sottile o assente	10
sabbia e ghiaia	8
limi sabbiosi e sabbie limose	5
limi ed argille con livelli sabbiosi e/ torbosi	3
limi argillosi, argille limose ed argille	2

TIPOLOGIA DELLA COPERTURA (SUOLO)	
CLASSI GRANULOMETRICHE	PUNTEGGIO SINTACS
sabbie, sabbie con ghiaie	9,5
Torbe	7,5
limi sabbiosi e sabbie limose	6
limi argillosi, argille	4

CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO	
COMPLESSI IDROGEOLOGICI	PUNTEGGIO SINTACS
alluvioni grossolane	8,5
alluvioni medio-fini	7,5

CONDUCIBILITA' IDRAULICA DELL'ACQUIFERO	
INTERVALLI DI CONDUCIBILITA'(m/sec)	PUNTEGGIO SINTACS
>2x10E-2	10
2E10-2÷10E-3	9
10E-3÷5x10E-4	8
5x10E-4÷10E-4	7
10E-4÷5x10E-5	6
5x10E-5÷10E-5	5

10E-5÷5x10E-6	4

ACCLIVITA' DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	
INTERVALLI DI PENDENZA (%)	PUNTEGGIO SINTACS
< 2	10
2÷4	9
4÷6	7,5
6÷9	7

PARAMETRO	PESO
S	5
I	4
N	5
Т	2
A	3
С	3
S	1

**Punteggio** = (6x5)+(5x4)+(2x5)+(4x2)+(7,5x3)+(8x3)+(10x1) = 124,5

GRADO DI VULNERABILITA'	PUNTEGGIO GREZZO
BB = BASSISSIMO	0÷80
B = BASSO	80÷105
M = MEDIO	105÷140
A = ALTO	140÷186
E = ELEVATO	186÷210
EE = ELEVATISSIMO	210÷260

# 5. LE NUOVE INDAG INI SISMICHE E LA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETIIVA SISMICA (MOPS)

### 5.1. Generalità

Come accennato in premessa, 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 Porcari (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 Vs ≥ 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:

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

La bassa magnitudo attesa per il territorio comunale di Porcari ( $Mw \le 5$ ) e l'assenza di faglie all'interno di formazioni tardopleistoceniche documentate in letteratura (par. 3.1.45 degli ICMS) consentono di escludere dallo studio il punto 2.

Non sono inoltre note, nel quadro generale delle conoscenze, aree con depositi con caratteristiche granulometriche, giaciturali e idrogeologiche tali da essere potenzialmente liquefacibili (punto 5).

La valutazione preliminare degli effetti locali o di sito viene rappresentata nel Piano Strutturale attraverso la realizzazione di uno studio di microzonazione (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MOPS) (v. par. 5.3.) secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'O.D.P.C.M. 3907/2010. Propedeutica a questo studio è la realizzazione di un congruo numero di misure della/e frequenza/e fondamentale/i del sottosuolo (v. par. 5.2.).

## 5.2. La carta delle frequenze fondamentali del sottosuolo

La tecnica utilizzata per la redazione della Carta delle frequenze fondamentali del sottosuolo 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 (Vs) all'interno delle coperture, 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 principali dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

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

$$fn = 1 / Tn = (Vs*(2n-1)) / (4*H)$$

Conoscendo la velocità Vs, 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 Vs > 800 m/s).

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. 82 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola localizzate come da tabella seguente, con i relativi valori della frequenza fondamentale e del rapporto HVSR (quando tale rapporto è >2). Sono stati evidenziati i valori di frequenza interessanti ai fini ingegneristici civili, compresi tra 1 Hz e 20 Hz (ma accorpando i valori maggiori di 10 Hz, meno significativi per le normali tipologie edilizie). Sono state considerate anche possibili frequenze di risonanza del sottosuolo nell'intervallo compreso tra 0.1 e 1 Hz. I dati ottenuti sono sintetizzati nella Carta delle frequenze di risonanza nell'intervallo 0.1-1 Hz. I massimi nelle curve H/V riscontrati in questro 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, apportano un contributo importante alla conoscenza dell'assetto geologico-strutturale dell'area. Si ricorda

comunque che l'assenza di picchi H/V>2 all'interno dei ranges considerati non significa automaticamente l'assenza di fenomeni amplificativi.

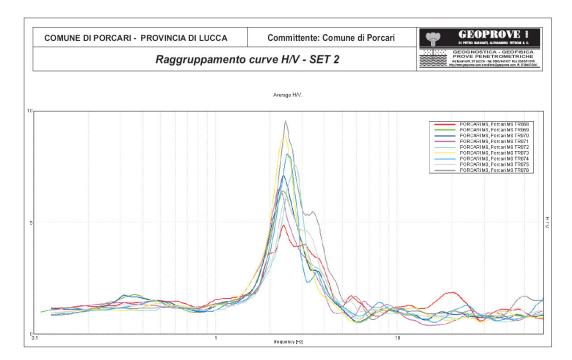
N.	Località di	Intervallo	Valore ampiezza	Intervallo	Valore ampiezza
<b>postazione</b> 1	<b>rilevamento</b> Rughi	1÷20 Hz 1,16	<b>HVSR</b> 2,11	0,1÷1 Hz	HVSR 0,00
2	Rughi	1,10	2,32	no 0,47	2,42
3	Rughi	1,23 no		0,47	2,42
4	Rughi	12,00	2,04	0,32	
5	Rughi	11,56		0,44	2,04
6	Rughi	11,88		0,50	2,30
7	Salanetti	12,80		0,40	2,00
8	Corte Menichetti	5,91	2,44	0,00	0,00
9	Via Ciarpi	14,94	3,01	0,45	2,10
10	Rughi	12,00	3,30	0,50	2,30
11	Cartiera Lucchese	14,00		0,45	2,60
12	Via Ciarpi	16,88	2,34	0,43	2,40
13	Rughi	no	0,00	0,41	2,20
14	Rughi	no		0,47	2,20
15	Rughi	11,88		0,34	2,80
16	Alival	no	0,00	0,34	2,60
17	Farabosco	12,81	2,54	no	0,00
18	Farabosco	no	0,00	0,38	2,70
19	Farabosco	no	0,00	0,34	
20	Farabosco	3,31	2,23	0,35	2,60
21	Molino Sbarra	no	0,00	0,38	2,48
22	Molino Sbarra	no		0,41	2,78
23	Corte Tambellini	10,94	2,31	0,44	2,80
24	C, Spazzola	no	0,00	0,44	2,20
25	Via Sbarra	no	0,00	0,34	2,50
26	Corte Di Cesare	no	0,00	0,36	2,80
27	C. Nardi	no		0,38	2,80
28	Poggetto	1,88	2,11	0,38	2,60
29	C. Lippi	no	0,00	no	0,00
30	Tognetti	no	0,00	no	0,00
31	Tocchi	15,00	3,50	no	0,00
32	Pacconi	7,69	2,81	no	0,00
33	Cimitero	7,63	2,84	no	0,00
34	Pacconi	6,88	5,00	no	0,00
35	Cavanis	no	0,00	no	0,00
36	Piazza Orsi	no	0,00	no	0,00
37	Via Capannori	9,69	2,74	no	0,00
38	Via Capannori	10,94	2,19	no	0,00
39	Rotonda Via Puccini	12,19	2,41	no	0,00
40	Via Puccini	13,03	3,50	no	0,00
41	Via Puccini	11,72	2,69	no	0,00
42	Rist. Stefan	6,25	2,87	no	0,00
43	Via dei Cipressi	8,59	3,00	no	0,00
44	Via Bertolli	no	0,00	no	0,00
45	Via Galilei	no	0,00	no	0,00
46	Zona stadio	5,59	2,37	no	0,00

47	Via Sbarra	no	0,00	no	0,00
48	Via Pollinelle	4,69	2,37	no	0,00
49	Via Pollinelle	2,38	2,38	no	0,00
50	Via Romana est	no	0,00	no	0,00
51	Diaccio	no	0,00	no	0,00
52	Zona stadio	no	0,00	no	0,00
53	Via Bertolletti	20,00	2,50	no	0,00
54	Via Diaccio	no	0,00	no	0,00
55	Via Toschino	3,75	2,70	no	0,00
56	Via Puccini	12,50	2,22	no	0,00
57	Via Fossanuova	7,38	2,60	no	0,00
58	Via de' Casoni	7,41	2,24	no	0,00
59	C. Pacchioni	6,50	3,69	no	0,00
60	Corte Menichetti	3,88	2,86	no	0,00
61	Via Fossanuova	5,13	2,81	no	0,00
62	Bonelli	3,56	3,68	no	0,00
63	Via Carlotti	3,38	3,70	no	0,00
64	Via Leccio	3,41	2,75	no	0,00
65	Via Leccio	6,03	2,09	no	0,00
66	Via Diaccio	4,66	4,06	no	0,00
67	Salpit	3,38	4,07	no	0,00
68	Via Leccio	3,38	5,00	no	0,00
69	Via Leccio	2,34	6,15	no	0,00
70	Via Leccio	2,34	6,18	no	0,00
71	Corte Spagni	2,25	6,54	no	0,00
72	C. Andreotti	2,72	7,54	no	0,00
73	Corte Piscino	2,41	8,89	no	0,00
74	Via Fossanuova	2,50	7,84	no	0,00
75	C. Giannini	2,45	5,73	no	0,00
76	Depuratore	3,84	6,25	no	0,00
77	Via di Lucia	3,94	4,48	no	0,00
78	Via di Lucia	2,45	8,98	no	0,00
79	P.zza Felice Orsi	1,25	2,21	0,34	2,27
80	Stadio Comunale	3,80	2,03	no	0,00
81	Stadio Comunale	4,61	2,19	no	0,00
82	Scuola E. Pea	4,22	2,51	no	0,00
-		,	-,	-	-,-0

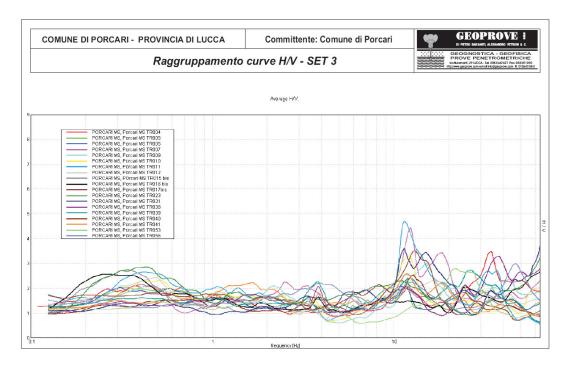
In Allegato 2 sono riportati i grafici che mostrano, in funzione della frequenza, i valori dei rapporti spettrali H/V e l'ampiezza delle singole componenti.

Le misure di frequenza realizzate sono state accorpate in 5 set dalle caratteristiche simili. Lo scopo di questi raggruppamenti è di mettere in evidenza gli aspetti salienti delle risonanze del sottosuolo nel Comune di Porcari e le possibili correlazioni tra risonanze rilevate e variazioni nella stratigrafia del sottosuolo così come sono note da sondaggi geognostici, stratigrafie di pozzi, prove penetrometriche, alla luce anche degli altri dati sismici (rifrazione, downhole, MASW) disponibili sull'area.

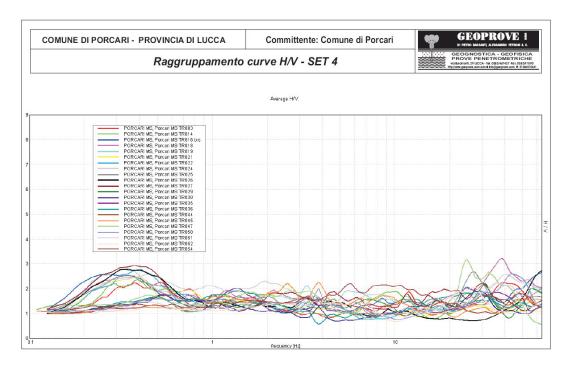
I set 1 e 2 includono tutte le curve H/V caratterizzate da un picco di risonanza significativo (H/V maggiore di 2) nell'intervallo di frequenze compreso tra 1 e 10 Hz, ossia nel range di frequenze di maggiore interesse ingegneristico. I picchi osservati sono correlabili con contrasti di impedenza sismica prodotti, a profondità comprese tra alcuni metri e diverse decine di metri, da variazioni di granulometria e/o addensamento all'interno dei sedimenti alluvionali recenti o dal passaggio tra questi e i sottostanti depositi plio-pleistocenici del Ciclo fluvio-lacustre, oppure da variazioni di granulometria e/o addensamento all'interno di questi ultimi. In particolare si segnalano forti risonanze (H/V=5-10) a circa 2.5 Hz di frequenza nel settore meridionale del territorio comunale, a sud dell'autostrada (si vedano in allegato: la Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 1-20 Hz). Questi marcati picchi di risonanza sono correlabili con un importante contrasto di impedenza intorno a 10-12 metri di profondità, dovuto al passaggio stratigrafico, all'interno dei sedimenti alluvionali recenti, tra depositi argilloso-limosi e torbosi molli e depositi ghiaioso-sabbiosi addensati/molto addensati.



Il set 3 raggruppa le curve con picchi di risonanza a frequenze maggiori di 10 Hz, legati a salti di impedenza a debole profondità (pochi metri) dovuti a variazioni di granulometria e/o addensamento nella parte più superficiale dei sedimenti alluvionali recenti. Queste caratteristiche si incontrano principalmente nel settore nord-occidentale del territorio comunale.

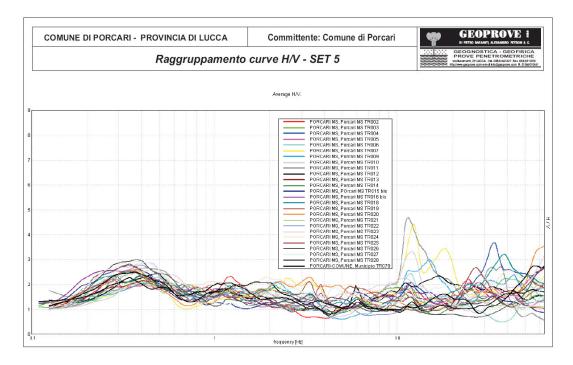


Il set 4 evidenzia situazioni, comuni nel settore settentrionale del Comune di Porcari, in cui non sono state rilevate risonanze significative del sottosuolo nell'intervallo di frequenze 1-20 Hz. In queste aree, quindi, si possono ragionevolmente escludere fenomeni di doppia risonanza terreno-strutture in caso di terremoto.



Il set 5, 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 la porzione settentrionale del territorio comunale, a nord della ferrovia, è caratterizzato da

picchi di risonanza del sottosuolo a basse frequenze (0.34-0.5 Hz). Questi picchi sono imputabili a contrasti di impedenza sismica a profondità di alcune centinaia di metri, correlabili con il passaggio tra i depositi clastici del Ciclo fluvio-lacustre (o tra un bedrock molto fratturato) ed un bedrock arenaceo (o carbonatico) sano o poco fratturato, documentato nell'area ad oltre 300÷500 metri di profondità da pozzi per esplorazione di idrocarburi perforati negli anni '60. La situazione riscontrata consente di delineare un assetto geologico-strutturale profondo, caratterizzato da un "alto strutturale" del bedrock litologico e sismico nel settore settentrionale del territorio comunale. Il bedrock giace a profondità maggiori nel settore meridionale (sud della ferrovia), verosimilmente ribassato da più di un sistema di faglie e non raggiunto dalle misure di microtremore qui effettuate, come suggerisce l'assenza di risonanza del sottosuolo a frequenze inferiori ad 1 Hz.



#### 5.3. La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è stata redatta, su indicazione del par. 2.1.C.5 del regolamento 53/R, 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, individua 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 "I", così come definito dal paragrafo 2.4.2 del decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

Nel caso specifico del Comune di Porcari si è comunque ritenuto di estendere lo studio di microzonazione su tutto il territorio comunale, sia per la modesta estensione complessiva, sia per la complessa distribuzione e interconnessione degli elementi significativi sul territorio.

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**, nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento. Sono le zone dove è affiorante il substrato geologico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°). Non risultano aree di questo tipo nel territorio comunale di Porcari.
- b. **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, 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 con spessori superiori ai 5 m. Le litologie alle quali si assimilano quelle presenti sul territorio sono:

- 1. riporto antropico eterogeneo e spessore da 0 a 2 m;
- 2. argille, argille limose con livelli di limi sabbiosi da compatte a dure e spessori >100 m;
- 3. ciottoli, ghiaie e sabbie da mediamente addensate ad addensate con spessori variabili tra 4 e 50 m;
- 4. detrito di versante (su pendio con acclività < 15°) a granulometria mista o indistinta e spessori tra 0 e 5 m;
- 5. limi sabbiosi-argillosi e sabbie limose mediamente compatti con spessori da 3 a 12 m;
- 6. limi argillosi e argille limose da mediamente compatti a molto compatti e spessori da 0 8 m;
- 7. limi argillosi e sabbiosi, sabbie e ghiaie da sciolti a mediamente consistenti con spessori da 0 a 25m;
- 8. conglomerato in matrice argilloso-sabbiosa da molto compatto a duro con spessori da 0 a 50 m:
- 9. limi argillosi e argille limose con torbe da molli a mediamente compatti e spessori da 8 a 13 m.

Le aree indicate nella carta geomorfologica come frane inattive sono state assimilate a quelle con depositi detritici, venendo meno la propensione al dissesto e quindi la suscettibilità all'instabilità.

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono riportate in cartografia e ognuna 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 (v. anche sezioni geologiche della Tav. QC.G-02).

c. zone suscettibili di 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). Sul territorio comunale sono presenti modeste aree soggette a instabilità di versante, riconducibili a frane per scorrimento quiescenti. Sono inoltre presenti zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi.

## 5.4. La carta delle categorie di sottosuolo

Ad integrazione della cartografia prodotta ed in particolare ad affinamento della carta della pericolosità sismica, è stata prodotta anche la "*Carta delle Categorie di Sottosuolo*", al fine di agevolare, per le costruzioni di modesta entità, l'ottemperanza alle norme tecniche allegate all'O.P.C.M. n° 3274/03, successivamente assorbite dal D.M. 14 Gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*, 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 rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio Vsh all'interno delle coperture.

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

- A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V<sub>s30</sub> superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B) Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s3o}$  compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica Nspt30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
- C) Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V<sub>s3o</sub> compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < Nspt30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

- D) Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati, o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V<sub>s3o</sub> inferiori a 180 m/sec (ovvero Nspt30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
  - E) Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s3o} > 800$  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 < cu30 > 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  $V_{s30}$  e quindi del tipo di categoria di sottosuolo; sulla base dell'affinità delle caratteristiche stratigrafiche con le aree studiate, è inoltre stato 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<sub>s30</sub> ad una ipotetica fondazione a trave rovescia appoggiata a tale profondità. In caso di utilizzi per altre profondità di appoggio, i calcoli dovranno essere quindi nuovamente eseguiti.

La carta deriva essenzialmente da quella realizzata per la *Variante generale al Regolamento Urbanistico* del marzo 2006, alla quale si rimanda per la descrizione e le specifiche delle prospezioni utilizzate

Vale la pena in questa sede ricordare schematicamente che, in base ai risultati del calcolo delle  $V_{s30}$ , furono assegnate le seguenti categorie di suolo di fondazione:

N° prospezione	Località	Velocità media Vs30	Categoria di suolo di fondazione
1	Padule - C. Spagni	232÷265	C

2	Padule - C. Cerri	337÷413	В-С
3	Padule - C. del Carlo	238÷248	C
4	Corte Dorino	312÷347	C
5	Chiesina di Padule	265÷281	C
6	Via Salvetti	306÷396	В-С
7	Forabosco alto	335÷352	C
8	Via del Poggetto	362÷376	В
9	Forabosco basso	409÷433	В
10	Pacconi	442÷460	В
11	Rughi	358÷372	В-С
12	Teatro Cavanis	343-400	В-С
13	Rughi	360÷420	В
14	Fagotto	365÷375	В

Ad implementazione dei dati precedenti sono state utilizzate le seguenti prospezioni:

N° prospezione	Località	Velocità media Vs30	Categoria di suolo di fondazione
15	Scuola via Cavanis	421÷356	В-С
16	Via Boccaione	236	C
17	Via di Padule	248	C
18	Rughi	347-358	В-С
19	Corte Spagni	262-279	C
20	Via Sbarra	347-355	C
21	Via Cavanis	346-386	C
22	Rughi	273-404	В-С
23	Diacceto	307-319	C

Sulla base dei nuovi dati a disposizione si può confermare, salvo accertamenti puntuali di supporto alla progettazione, che nel territorio comunale sono presenti solo le categorie di sottosuolo di tipo B e C.

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" della prospezione sismica rispetto al sito di intervento e qualora ne sia dimostrata la validità anche per il sito medesimo.

Si fa infine presente che, alla luce delle esperienze maturate in Analisi di Risposta Sismica Locale dal tempo della redazione della Carta delle categorie di sottosuolo ad oggi e soprattutto in base ai risultati delle misure di rumore sismico ambientale e delle carte delle frequenze, la presenza di elevati contrasti di velocità nella copertura alluvionale, evidenziate particolarmente nel settore meridionale del territorio comunale caratterizzato dalla presenza di depositi tipo Z9 e subordinatamente Z8 della tav. QC.G-07 "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", fa sì che l'attribuzione della categoria di sottosuolo C (facendo riferimento al solo parametro della velocità equivalente Vs30) a tali aree possa non risultare sufficientemente cautelativa per la definizione dell'azione sismica, essendo più corretta l'attribuzione alla categoria S2. La presenza dell'elevato contrasto di velocità (peraltro contrario a quanto definito dalle NTC 2008 per le categorie di sottosuolo) può infatti determinare uno "sforamento" del plateau dello spettro di risposta elastico con conseguente sottostima dell'azione sismica facendo riferimento allo spettro semplificato di normativa tipo C. In tali aree pertanto, classificate S3 nella tav. QP.G-03 "Carta della Pericolosità sismica", come meglio definito e prescritto nelle norme tecniche di attuazione, è opportuno che la valutazione dell'azione sismica sia eseguita, almeno per gli edifici di Classe 3 e 4 ex DPGR n° 36/R, mediante specifiche analisi numeriche di Risposta Sismica Locale.

#### 6. IDRAULICA: LE AREE ALLAGABILL

La "Carta delle aree allagabili" (elaborato QC.G-08) contiene la perimetrazione delle aree allagabili dei corsi d'acqua significativi, così come risultanti dagli studi effettuati dall'Ing. R. Bessi ed utilizzati dall'Autorità di Bacino del F. Arno per la redazione del PAI. In particolare sono riportate le aree interessate da eventi per tempi di ritorno di 200, 100 e 30 anni, distinguendo, ai soli fini conoscitivi, le aree di transito da quelle di accumulo. Maggiori dettagli sono contenuti nella nell'elaborato QC.I-REL01 a firma dell'Ing. Bessi.

## PARTE III - IL QUADRO PROPOSITIVO ED I CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'

## 7. LA PERICOLO SITÀ GEOMORFOLOGICA

Le condizioni di pericolosità geomorfologica sono state valutate e sintetizzate nell'elaborato QP.G-01 "Carta delle aree a pericolosità geomorfologica" nel rispetto di quanto dettato dal Regolamento 53/R.

Le correlazioni che di regola sussistono tra il regolamento 53/R ed il PAI dell'Arno sono illustrate nella tabella 2 che segue.

Tabella 1

Classificazione PAI Arno	Classificazione 53/R		
P.F.1. cartografia livello di sintesi: pericolosità moderata da processi geo	G.1	Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.	
morfologici 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.2	Aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.	
P.F.2. cartografia livello di sintesi: pericolosità media da processi geomorfologici di versante: aree apparentemente stabili, interessate da litologie con caratteri intrinsecamente	G.2	Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree co elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dal cui valutazione risulta una bassa propensione dissesto; corpi detritici su versanti con pendenzi inferiori al 25%.	
con caratteri intrinsecamente sfavorevoli alla stabilità dei versanti	G.3	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	
P.F.3. cartografia livel-lo di sintesi: pericolosità elevata da processi geomorfo-logici di versante: aree interessate da fenomeni di dissesto attivi o quiescenti e da condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli	G.3	Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti	
(*) P.F.4. cartografia livello di dettaglio: pericolosità molto elevata da frana: pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi che siano anche causa di di rischio molto elevato.	(*) <b>G.4</b>	Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza	

<sup>(\*)</sup> Situazioni non segnalate nel territorio comunale di Porcari

Come si può notare l'applicazione del 53/R conduce ad una classificazione di pericolosità del territorio complessivamente più articolata e più cautelativa rispetto a quella fornita dalla cartografia del PAI dell'Arno, che non considera inoltre la pericolosità da subsidenza, dato che, più in generale, non individua livelli di pericolosità nelle aree di pianura

Secondo il PAI dell'Arno (livello di sintesi: stralcio n. 35, modificato con Dec. n.22/12; livello di dettaglio: stralcio n. 189, modificato con Dec. n.22/12), allo stato attuale, all'interno del territorio comunale ricorrono le classi di pericolosità da processi geomorfologici da versante pari a P.F.1, P.F.2, P.F.3. Mentre per le prime due non sono previste particolari prescrizioni (art. 12 delle Norme di PAI), nella classe P.F.3. nuovi interventi sono subordinati al preventivo superamento delle condizioni di instabilità, con parere dell'Autorità di Bacino (art. 11 delle Norme di PAI).

Le condizioni di fragilità geologica del territorio comunale sono quindi conclusivamente rappresentate dalle seguenti 4 categorie di pericolosità:

- O Pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4s): aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza. In questa categoria di pericolosità ricadono esclusivamente le aree soggette a fenomeni di subsidenza acclarata.
- Pericolosità geomorfologica elevata (G.3/G.3s): 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; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%. In questa categoria di pericolosità sono state inserite le aree potenzialmente soggette a fenomeni di subsidenza potenziale (G.3s), le aree soggette a frane quiescenti e le loro fasce di rispetto ed alcune aree acclivi collinari (G.3).
- Pericolosità geomorfologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%. In quest'area sono inserite le aree con bassa propensione al dissesto e le aree con fenomeni franosi inattivi.
- Pericolosità geomorfologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi. In questa categoria di pericolosità sono state fatte rientrare le aree pianeggianti (ex aree 2l del R.U. secondo la classificazione PTC), non soggette a subsidenza potenziale od acclarata.

La distinzione con il codice "s" dopo le classi di pericolosità G.3 e G.4 è stata utilizzata per distinguere anche graficamente le aree oggetto di fenomeni ascrivibili essenzialmente alla problematica della subsidenza, come descritta al precedente par. 3.5.

## 8. IA PERICO LO SITÀ DA DINAMICA TO RRENTIZIA

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

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

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

Nel territorio comunale non sono presenti corsi d'acqua con le caratteristiche suddette e pertanto non si rilevano situazioni di pericolosità di nessun grado, né viene prodotto alcun elaborato.

## 9. LA PERICOLO SITÀ SISMICA

La "Carta delle aree a pericolosità sismica" (elaborato QP.G-03) è stata redatta nel rispetto del Regolamento 53/R ed individua, con riferimento alle problematiche presenti sul territorio comunale e alla zona sismica 3, sulla base dei dati del quadro conoscitivo riportati nelle Tavv. QC.G-06/06b "Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 1-20Hz/0,1-1Hz" e QC.G-07 "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", le seguenti categorie di pericolosità:

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 e/o nella stessa copertura, entro alcune decine di metri; tale contrasto di impedenza può verificarsi, sulla base dei dati disponibili, nei depositi tipo Z9 e subordinatamente Z8 della tav. QC.G-07 "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", laddove i valori di frequenza di risonanza risultano 2<fr<5 Hz e i valori di ampiezza H/V >3,5, come riportato nella Tav. QC.G-06 "Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 1-20Hz".

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)

# 10. LA PERICOLOSITÀ IDRAULICA E LE PERIINENZE FLUVIALI

## 10.1. La pericolosità idraulica

La "Carta delle aree a pericolosità idraulica" (elaborato QP.G-02) è stata redatta nel rispetto del Regolamento 53/R, il quale individua le seguenti 4 categorie di pericolosità:

- o **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con Tr≤30 anni.
- o **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30<Tr≤200 anni.
- Pericolosità idraulica media (I.2): aree interessate da allagamenti per eventi con Tr> 200 anni
- 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.

I dati di base utilizzati per la redazione della pericolosità idraulica, derivanti dagli scenari della "Carta delle aree allagabili" di cui al § 6, sono gli stessi validati dall'Autorità di Bacino del F. Arno per il proprio aggiornamento di cui al Dec. S.G. n. 51 del 28/4/2006.

Con apposita grafica è stata sovrapposta la delimitazione delle aree P.I.3 (pericolosità elevata) e P.I.4 (pericolosità molto elevata) della carta "Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica" dell'Autorità di Bacino del F. Arno.

### 10.2. Gli ambiti e le pertinenze fluviali

La "Carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali" (elaborato QP.G-04) è stata aggiornata e resa adeguata alle attuali normative ed allo stato delle

conoscenze. In particolare, in coerenza con il nuovo PIT, la Carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali individua e perimetra, con riferimento all'intero territorio comunale, l'ambito denominato "a<sub>0</sub>" per i corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrografico di cui all'art. 22 comma 2, lettera c), della L.R. 27 dicembre 2012 n. 79.

L'Ambito denominato "a<sub>0</sub>" costituisce un ambito "di assoluta protezione del corso d'acqua" che comprende gli alvei, le golene e gli argini dei corsi d'acqua, nonché le aree ricadenti nelle due fasce di 10 metri di larghezza adiacenti ai medesimi corsi d'acqua, misurate a partire dai piedi esterni degli argini oppure, ove mancanti, dai cigli di sponda delimitanti l'alveo attivo.

Le pertinenze fluviali sono rappresentate, mutuandole dal precedente P.S., dall'area di naturale espansione del Rio Leccio, dal confine comunale fino all'altezza dell'attraversamento della via Romana, e da una modesta area in destra del Rio Tazzera, in accordo con quanto richiesto dal vigente PTCP.

## 11. IA VUINERABILITÀ IDROGEOLOGICA

Nell'elaborato QP.G-05 "Carta Idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi" sono riportati :

- le isopieze del tetto della falda, costruite sulla base della campagna di misurazione realizzata in data 13 settembre 2010, con la localizzazione dei punti di controllo e le relative quote rilevate (par. 4.1);
- i tipi di acquifero presenti riuniti in gruppi omogenei con relativa descrizione;
- il grado di vulnerabilità relativo ad ogni acquifero, con gli aggiornamenti di cui al par. 4.2;
- la localizzazione di risorgenze o stillicidi in area collinare;
- la localizzazione dei pozzi allacciati a pubblico acquedotto, con relativa fascia di rispetto.

## 11.1. Vulnerabilità degli acquiferi

Come è noto la vulnerabilità idrogeologica di un terreno rappresenta la possibilità che ha un inquinante di penetrarvi, di propagarsi e di contaminare le acque circolanti in esso. Da questa definizione consegue immediatamente che il fenomeno è in correlazione diretta con la permeabilità intrinseca dei litotipi, sia primaria (o singenetica), che si esplica essenzialmente per porosità e viene influenzata dalla giacitura, sia secondaria (o acquisita), legata ai processi che hanno interessato la roccia successivamente alla sua formazione e che può essere dovuta sia a processi di deformazione con risposta fragile (fratturazione), sia a processi di degradazione per effetto solvente delle acque (carsismo).

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

Nei depositi argillosi o argilloso-sabbiosi 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.

Con riferimento alle litologie affioranti nel territorio comunale sono state operate le seguenti distinzioni:

Grado di vulnerabilità	Tipo di acquifero	Formazioni geologiche (classificazione CARG)
A 14 -	Falda acquifera libera in materiali a	
Alto	granulometria mista, con scarsa o nulla copertura	
Medio	Falda acquifera libera in depositi	
Medio	continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati	
	Depositi prevalentemente argillosi o	
Bassissimo	argilloso-limoso-sabbiosi praticamente	
	privi di circolazione idrica sotterranea.	

Per le aree di pianura è stato riportata la classificazione realizzata con il metodo SINTACS (metodo a parametri e pesi), 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.

## 11.2. Le fasce di rispetto 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:

- O Zona di tutela assoluta. La zona di tutela assoluta consiste nei dieci metri intorno all'opera di captazione (non riportata in carta per motivi grafici) che deve essere adibita esclusivamente alle opere e infrastrutture di servizio della sorgente.
- O 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".

o 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 Toscana.

\*\*\*\*\*\*\*

Lucca, agosto 2014

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & ASSOCIATI

Dr. Paolo Sani