



COMUNE DI COREGLIA ANTELMINELLI  
PROVINCIA DI LUCCA

PIANO DI ATTUATIVO  
SITO POSTO IN FRAZIONE DI PIANO DI COREGLIA  
VIA NAZIONALE

## Tavola G0

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Il Geologo  
Dott. ALESSIO BIAGIONI

Committente:  
SIG. FEDERICO LORENZI  
SIG. FEDERICO MICHELE SEBASTIANO

Progettazione:  
ING. CRISTIAN RICCI

DICEMBRE 2011

Rif. AB0100/2010

Dott. ALESSIO BIAGIONI    geologo  
Piazza Umberto I, 1    55032    Castelnuovo Garfagnana (LU)

tel/fax 0583 644268  
E-mail: info@studioaima.it

## INDICE

1. PREMESSA - NORME DI RIFERIMENTO .....	3
2. METODOLOGIA DI INDAGINE .....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	7
4. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL' AREA.....	8
5. INDAGINE DI DETTAGLIO ED ELABORATI CARTOGRAFICI DI BASE.....	9
5.1. Carta geologico-geomorfologica ( <i>Tavola G2</i> ) .....	9
5.2. Carta litotecnica e dei dati di base ( <i>Tavola G2</i> ) .....	10
5.3. Carta della permeabilità – Idrogeologia dell'area ( <i>Tav. G9a-b</i> ).....	11
5.4. Carta delle pendenze ( <i>Tavola G 2</i> ).....	12
5.5. Indagini geognostiche e geofisiche di riferimento ( <i>Tav. G3; Allegato 1 e 2</i> ) .....	13
5.5.1. Risultati delle prove penetrometriche (DPSH) – Ricostruzione della stratigrafia .....	13
5.5.2. Sondaggio geognostico (S1) – Ricostruzione della stratigrafia .....	14
5.5.3. Risultati della prospezione sismica a rifrazione – Ricostruzione della stratigrafia ...	15
5.5.4. Risultati della prova sismica MASW (M1) - Categoria di sottosuolo .....	16
6. ELABORATI CARTOGRAFICI DI SINTESI.....	19
6.1. Carta delle aree a pericolosità geomorfologica ( <i>Tavola G4</i> ).....	19
6.2. Carta delle aree a pericolosità idraulica ( <i>Tavola G4</i> ).....	20
6.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) ( <i>Tavola G4</i> ).....	20
6.4. Carta della vulnerabilità degli acquiferi ( <i>Tav. G4</i> ).....	23
6.5. Carta della fattibilità ( <i>Tavola G5</i> ) .....	25
7. CONCLUSIONI .....	27

## Allegati fuori testo

- Tav. G1: Inquadramento topografico dell'area;  
Carte del rischio da frana (estratta dal P.A.I. - Autorità di Bacino del Fiume Serchio);  
Carte della pericolosità geomorfologica idraulica e sismica  
(estratte dal R.U. del Comune di Coreglia Antelminelli)
- Tav. G2: Carte di Base: Carta Geologica-Geomorfologica;  
Carta litotecnica e dei dati di base;  
Carta della Permeabilità  
Carta della Pendenze
- Tav. G3: Planimetria schematica di ubicazione delle indagini geognostiche –  
Sezione geologica di dettaglio
- Tav. G4: Carte delle aree a Pericolosità Geologica – Carte delle aree a Pericolosità  
Idraulica – Carta delle microzone omogenee in prospezione sismica (MOPS)  
Carta delle aree a Pericolosità Sismica
- Tav. G5: Carte della Fattibilità: Geologica - Idraulica - Sismica

Allegato 1: n. 1 Sondaggio a Carotaggio Continuo – S1;

Allegato 2: - Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in Piano di Coreglia - Via Nazionale  
(Comune di Coreglia Antelminelli) – Relazione tecnica (*PRO.GEO. s.a.s., Gennaio 2011*).

## 1. PREMESSA - NORME DI RIFERIMENTO

Su incarico dei Sig.ri LORENZI FEDERICO e MICHELE SEBASTIANO, sono state eseguite indagini geologico-tecniche in Comune di Coreglia Antelminelli, Via Nazionale, allo scopo di verificare la fattibilità di un Piano Attuativo sito posto in frazione di Piano di Coreglia, Via Nazionale, secondo quanto illustrato nella relazione tecnica dello studio tecnico ING. CRISTIAN RICCI. Le indagini sono state condotte secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia, in particolare dalla L.R. n. 1 del 3.1.2005 (“Norme per il governo del territorio”) e dalle seguenti leggi e disposizioni:

- L.R. n. 21 del 17 aprile 1984: “Norme per la formazione e l’adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione del rischio sismico”.
- Del.C.R. n. 94 del 12 febbraio 1985, riguardante le indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica.
- Del.G.R. n. 5633 del 16 giugno 1986, riportante le istruzioni tecniche per la formazione degli strumenti urbanistici generali (art. 5 L.R. 74/84).
- Del.C.P. n. 189 del 13.12.2000: “Piano Territoriale di Coordinamento (PTC)” pubblicato sul B.U.R.T. n. 4 del 24 gennaio 2001.
- Ordinanza P.Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, relativa alla nuova classificazione sismica dei Comuni.
- Del.C.R. n. 20 del 01.02.2005: Approvazione del Piano di Assetto Idrogeologico per il bacino regionale pilota del Fiume Serchio (P.A.I.), adottato dal Comitato istituzionale dell’Autorità di Bacino del fiume Serchio con Del.C.I. n. 132 del 5.10.2004.
- L.R. n. 1 del 3 gennaio 2005: “Norme per il governo del territorio” e s.m.i.
- Del.G.R. n. 431 del 19 giugno 2006: Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ord. P.C.M. 3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. dell’11.05.2006.
- Del.C.R. n. 72 del 24.07.2007: “Legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Approvazione del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT).
- Del.C.R. n. 20 del 21.12.2010: Adozione di Piano Variante al Piano di Bacino Stralcio “Assetto Idrogeologico” *Primo aggiornamento*.
- D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R: “Regolamento di attuazione dell’art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

In particolare, le indagini geologiche hanno portato alla definizione delle classi di pericolosità e delle condizioni di fattibilità del Piano Attuativo, secondo quanto definito dalla recente normativa entrata in vigore (*D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R*), che va ad abrogare ed a sostituire integralmente il precedente *D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/R*.

Con riferimento alle suddette normative, occorre tener presente che il Comune di Coreglia Antelminelli, in base alla nuova classificazione sismica (*Ord.P.C.M. n. 3274/20.03.2003 e Del.G.R. n. 431 del 19.06.2006*), è stato confermato tra i comuni sismici di **zona 2** (corrispondente alla vecchia II categoria nazionale) e quindi soggetto alle norme tecniche emanate contestualmente alla suddetta Ordinanza.

Dal punto di vista della pericolosità sismica locale, con l'entrata in vigore del citato Regolamento (D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R), gli aspetti collegati alla risposta sismica locale ed alla valutazione di possibili effetti locali del sisma, devono venir presi in considerazione attraverso l'individuazione delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), con la realizzazione di apposito elaborato cartografico, che va ad aggiungersi alle altre carte tematiche, sostituendo di fatto la carta delle Zone a Maggiore Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) prevista dal precedente D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/R.

La presente relazione tecnica illustra le carte tematiche previste dalle normative vigenti, a supporto del Piano Attuativo, sintesi di tutti i dati geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici derivanti dal rilevamento geologico eseguito sul territorio, l'esame stereoscopico delle foto aeree della zona indagata, la raccolta bibliografica dei dati esistenti, oltre che dall'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche finalizzate al presente studio (cfr. § 2).

Le informazioni derivanti dai tematismi analizzati forniscono i dati necessari alla definizione delle classi di pericolosità (geologica, idraulica e sismica locale) e dei criteri generali di fattibilità per gli interventi previsti nell'area di interesse.

- Per quanto riguarda le norme del Piano di Bacino del Fiume Serchio (P.A.I.), l'area in oggetto rientra tra le aree a pericolosità di frana bassa e aree di media stabilità e stabili (**P1**), essendo classificata come "**G: aree di fondovalle e/o pianeggianti**" (Tav. G1); in tali aree, secondo quanto previsto dall'art. 15, l'edificabilità è condizionata ai normali vincoli esistenti sul territorio ed all'esecuzione di indagini geologiche e geotecniche nei casi previsti dalla normativa vigente e/o dallo Strumento Urbanistico.

- Sempre in relazione alle norme di P.A.I., infine, la stessa area non rientra tra le aree soggette a pericolosità idraulica di cui agli articoli compresi tra 19 e 31.

Il Piano Attuativo, quindi, non è soggetto a parere vincolante della competente Autorità di Bacino, secondo quanto previsto, in particolare, dall'art. 15 delle suddette norme.

In base al Regolamento Urbanistico comunale adottato con Del.C.C. n. 25 del 04.05.2009, l'area di nostro interesse è stata classificata con i seguenti gradi di pericolosità:

- in **pericolosità geomorfologica bassa G1** (Tav. G1); aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa ;

- in **pericolosità idraulica bassa I1** (Tav. G1); aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono in situazione favorevole 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;
- **pericolosità sismica locale elevata (S.3)** (Tav. G1); zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici (9 - conoidi alluvionali e/o cono detritici). In tali aree, secondo quanto previsto dall'*allegato 1 alle direttive del D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/R, al punto 3.5*, devono essere prescritte indagini geofisiche e geotecniche atte a definire gli spessori, le geometrie e le velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvionali e bedrock sismico.

## 2. METODOLOGIA DI INDAGINE

Il lavoro è consistito in una prima fase di consultazione della cartografia geologica esistente e dei lavori editi riguardanti l'area d'indagine e le zone limitrofe, con particolare riferimento a:

NARDI R., PUCCINELLI A. & TRIVELLINI M. (1989) - *Carta geologica della Garfagnana e della Media Valle del Serchio (Lucca)*. Scala 1:10.000. Elemento della Carta Tecnica della Regione Toscana N. 250113 (Coreglia);

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME SERCHIO (2000) - *Carta della franosità del bacino del Fiume Serchio*. Scala 1:10.000. Tav. 11. Elemento C.T.R. n. 250113 (Coreglia).

DEL GRANDE E. (2006) - *Indagini geologiche di supporto al Piano Strutturale*. Comune di Coreglia Antelminelli.

DEL GRANDE E. (2008) - *Adeguamento delle carte di pericolosità geomorfologica, sismica e idraulica di supporto al Piano Strutturale e definizione della fattibilità degli interventi previsti dal Regolamento Urbanistico ai sensi del D.P.G.R. 27/04/07 n. 26/R*. Comune di Coreglia Antelminelli.

Successivamente si è proceduto ad un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, che, per le aree già coperte, è stato raffrontato con quanto riportato nelle suddette carte ed integrato con l'esame stereoscopico delle foto aeree del territorio comunale.

Inoltre, allo scopo di ricostruire la locale successione stratigrafica e valutare i parametri fisici e geotecnici dei terreni presenti, a supporto della realizzazione della cartografia tematica, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche specifiche, nell'area di interessate del Piano Attuativo (Tav. G2 - all. 1-2);

in particolare nell'area d'interesse sono state realizzate *prove penetrometriche dinamiche* superpesanti (DPSH), *prospezioni sismiche a rifrazione* con onde P e prove *MASW* <sup>(1)</sup>, n. 1 *sondaggio geognostico* spinto rispettivamente fino alla profondità di 35 m (S1) eseguito dalla ditta 2D PERFORAZIONI (LU) (cfr. § 6.4.2).

Sulla base di quanto ricavato dalle suddette indagini e dal raffronto con i dati ed i vincoli sovracomunali esistenti, si è giunti a definire una zonazione della pericolosità geologica, idraulica e sismica del territorio comunale, così come prevista dal Regolamento approvato con *D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R* e contenuta negli elaborati di sintesi indicati come *Tav. G4*, *Tav. G14* e *Tav. G5*.

La restituzione cartografica delle indagini svolte è stata effettuata alle scale 1:5.000 e 1:2.000, utilizzando come base topografica la Carta Tecnica della Regione Toscana (sezioni N. 250154 (Ghivizzano) ed ha comportato la realizzazione dei seguenti elaborati cartografici:

- Tav. G1: Inquadramento topografico dell'area;  
Carte del rischio da frana (estratta dal P.A.I. - Autorità di Bacino del Fiume Serchio);  
Carte della pericolosità geomorfologica idraulica e sismica  
(estratte dal R.U. del Comune di Coreglia Antelminelli)
- Tav. G2: Carte di Base: Carta Geologica-Geomorfologica;  
Carta litotecnica e dei dati di base;  
Carta della Permeabilità; - Carta della Pendenze
- Tav. G3: Planimetria schematica di ubicazione delle indagini geognostiche –  
Sezione geologica di dettaglio
- Tav. G4: Carte delle aree a Pericolosità Geologica – Carte delle aree a Pericolosità  
Idraulica – Carta delle microzone omogenee in prospezione sismica (MOPS)  
Carta delle aree a Pericolosità Sismica
- Tav. G5: Carte della Fattibilità: Geologica - Idraulica - Sismica

---

<sup>(1)</sup> Multichannel Analysis of Surface Waves = Analisi Multicanale delle Onde Superficiali.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto della presente indagine si trova sulla sinistra idrografica del Fiume Serchio, in una zona caratterizzata geologicamente dalla presenza di depositi fluvio-lacustri del Villafranchiano inferiore (Pliocene) e dei sovrastanti depositi alluvionali quaternari (Pleistocene medio/sup. (?) - Olocene) costituiti in prevalenza da ciottoli di arenaria "Macigno"; questi ultimi rappresentano il litotipo presente nel sito in questione e dominante in una vasta area circostante (*Tav. G1*).

I depositi fluvio-lacustri villafranchiani si sedimentarono all'interno di bacini sviluppatasi, secondo una direzione appenninica (NW-SE), in corrispondenza di grandi depressioni tettoniche delimitate da faglie dirette; successivamente, in seguito ai movimenti di sollevamento più recenti dell'Appennino, iniziati nel Pleistocene medio/sup. (?), all'interno degli stessi bacini vennero depositate ingenti quantità di materiale alluvionale trasportato dai corsi d'acqua che scendevano dalla catena appenninica formando grossi conoidi di deiezione. Tali conoidi caratterizzano attualmente tutta l'area che si estende, sulla sinistra del Fiume Serchio, da Calavorno fino a Barga e verso NW, oltre la soglia di Monte Pèrpoli, fino alla zona di Castelnuovo Garfagnana e Pieve Fosciana; in essi spesso sono riconoscibili più ordini di terrazzamenti legati verosimilmente alle principali fasi climatiche interglaciali del Pleistocene, durante le quali, contemporaneamente allo scioglimento dei ghiacciai, si verificava lo smantellamento di parte della catena appenninica ed il conseguente trasporto di grandi quantità di materiale.

Il terrazzo alluvionale sul quale sorge Piano di Coreglia è riconducibile, in base agli studi di diversi Autori, ad un terrazzo di quarto ordine. Il substrato roccioso pre-pliocenico, rappresentato in questa zona da litologie appartenenti alla Successione Toscana non metamorfica, non affiora nell'area d'interesse, tuttavia può essere osservato in aree limitrofe, in particolare a Nord Est, salendo verso Coreglia.

#### 4. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Il sito in oggetto è situato presso quota 159,40 m s.l.m., nella parte Sud dell'abitato di Piano di Coreglia; in particolare, esso a valle della strada provinciale che da Ghivizzano conduce verso Ponte all'Ania (*Tav. G1*). Nei suoi dintorni sono presenti diversi fabbricati, alcuni dei quali di recente realizzazione, oltre ad ampie zone coltivate ed altre lasciate a prato.

Dal punto di vista morfologico, tale area fa parte di un terrazzo di origine fluviale, formatosi in seguito alla reincisione da parte del Serchio e dei suoi affluenti di sinistra, a spese di un ampio conoide alluvionale che dalla località di Manciana, posta un paio di chilometri a Nord, degrada dolcemente, con pendenze del  $4,0 \div 4,5\%$ , in direzione S-SW, verso Piano di Coreglia; l'intera area, quindi, si presenta nel suo insieme pianeggiante e priva di qualsiasi fenomeno di instabilità.

Questa zona, inoltre, rimane completamente al di fuori degli ambiti d'influenza dei corsi d'acqua principali, così come classificati all'Allegato n. 4 del Quadro Conoscitivo del P.I.T. (*Del.C.R. n. 72 del 24.07.2007*), da un punto di vista del rischio idraulico, pertanto, non sussiste alcuna limitazione alla fattibilità dell'intervento in progetto.

Sotto l'aspetto idrogeologico, infine, la stessa zona è caratterizzata dall'assenza di importanti incisioni dovute a ruscellamento superficiale, grazie soprattutto alla morfologia pianeggiante dell'area e alle caratteristiche di buona permeabilità del terreno affiorante che favoriscono l'infiltrazione dell'acqua.

Per quanto riguarda la falda acquifera, infine, non è stato possibile ricavare dati certi sulla presenza e sulla profondità della stessa, a causa dell'assenza di pozzi nel sito in oggetto; tuttavia, le caratteristiche di buona permeabilità dei depositi alluvionali a ciottoli di "Macigno", lo spessore degli stessi al di sopra del substrato litoide e le condizioni geomorfologiche del sito fanno escludere che essa possa trovarsi a profondità tali da interessare le opere di fondazione dei fabbricati in progetto.

Ciò non esclude, comunque, la presenza temporanea, negli strati più superficiali del terreno, di una limitata circolazione di acqua, che, infiltrandosi nei terreni di copertura, durante i periodi maggiormente piovosi dell'anno, tende a raggiungere, a profondità maggiori, il contatto con la porzione inalterata del substrato litoide, meno permeabile.

Durante la realizzazione della prova penetrometrica, infatti, non è stata rinvenuta la falda per tutto lo spessore di terreno indagato, mentre questa è stata rilevata nel Sondaggio:

-S1 = Profondità = 18,0 m da p.c. *Falda*

## 5. INDAGINE DI DETTAGLIO ED ELABORATI CARTOGRAFICI DI BASE

In osservanza alla normativa vigente (*cfr.* § 1), è stata effettuata un'indagine geologico-tecnica di dettaglio al fine di acquisire tutti i dati necessari alla realizzazione degli elaborati cartografici di base previsti dalla normativa stessa. Come base topografica è stata utilizzata la Carta Tecnica della Regione Toscana in scala 1:10.000 (sezione N. 250051) opportunamente ridotta o ingrandita per le carte di scala diversa. Per le carte di maggior dettaglio e le sezioni geologiche (*Tav. G3*), inoltre, ci si è basati su rilievi appositamente eseguiti.

La suddetta indagine è stata condotta attraverso sopralluoghi sul terreno integrati dall'analisi allo stereoscopio delle foto aeree della zona; inoltre, per ricostruire la stratigrafia e valutare gli spessori dei terreni presenti, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche specifiche, nell'area di interessate del Piano Attuativo (*Tav. G2 - all. 1-2*); in particolare nell'area d'interesse sono state realizzate **prove penetrometriche dinamiche** superpesanti (DPSH), **prospezioni sismiche a rifrazione** con onde P e prove **MASW** <sup>(1)</sup>, n. 1 **sondaggio geognostico** spinto rispettivamente fino alla profondità di 35 m (S1) eseguito dalla ditta 2D PERFORAZIONI (LU).

### 5.1. Carta geologico-geomorfologica (*Tavola G2*)

In considerazione del fatto che l'area di nostro interesse non mostra una grande varietà né di formazioni geologiche, né di processi morfologici, si è ritenuto opportuno riunire in un'unica carta le informazioni geologiche e geomorfologiche, per favorirne, vista anche la notevole semplicità della stessa, una lettura più rapida e di maggiore sintesi.

Il rilevamento di campagna riguardante l'area interessata dal previsto dal Piano Attuativo ed una congrua area circostante ha permesso il riconoscimento e la delimitazione delle seguenti litologie, elencate dall'alto verso il basso della loro successione stratigrafica:

- **Alluvioni attuali e recenti (all<sub>2</sub>-all<sub>1</sub>)**: ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente variabile; si ritrovano lungo il fondovalle del torrente Ania, a valle dell'area d'intervento, in corrispondenza dell'alveo e delle zone esondabili.

*Età: Quaternario (Olocene).*

- **Ciottoli a prevalenti elementi di Macigno (ct)**: ciottoli embricati eterometrici a prevalenti elementi di arenaria in matrice sabbiosa e, in misura minore, limoso-argillosa; i ciottoli, riferibili alla formazione arenacea del Macigno della Successione Toscana, appaiono di colore grigio al taglio fresco ed alterati superficialmente in giallo ocra - marrone.

---

<sup>(1)</sup> Multichannel Analysis of Surface Waves = Analisi Multicanale delle Onde Superficiali.

In letteratura vengono riconosciuti come depositi alluvionali terrazzati, distinti generalmente in più ordini di terrazzamenti e in molti casi riconducibili ad importanti cicli antichi pleistocenici; cicli più recenti sono riferibili prevalentemente all'*Olocene*.

Questa formazione affiora nelle scarpate del terrazzo e in corrispondenza di alcuni tagli artificiali vicini.

Per quanto riguarda il rilevamento dei processi morfogenetici principali, ci si è basati su una classificazione che trae spunto da quella proposta dal Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia del C.N.R. (1993); tale classificazione mette in evidenza il grado di evoluzione di ogni processo, distinguendo tre classi di attività, secondo i seguenti criteri:

- ATTIVO: il processo è in atto; le forme che da esso derivano sono in evoluzione e pertanto si deve tener conto di una loro possibile estensione areale.

- QUIESCENTE: il fenomeno si trova in fase di quiescenza ovvero al momento non appare in evoluzione; in alcuni casi vi è stato un rimodellamento da parte degli agenti esogeni, con sviluppo di copertura vegetale, ecc., tuttavia esistono indizi ed evidenze di campagna che fanno supporre una possibile riattivazione del fenomeno stesso in seguito all'azione di agenti esterni e/o in condizioni morfologiche e climatiche particolari.

- INATTIVO: il processo si è esaurito; le forme non sono più in evoluzione né sono riattivabili, nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale.

Nell'area indagata l'unico elemento di una certa rilevanza corrisponde all'ampia spianata morfologica di origine fluviale, residuo di un antico *terrazzo alluvionale*, completamente stabile, che caratterizza tutta l'area d'interesse, oltre ad una vasta zona nei suoi dintorni.

Le uniche aree soggette a franosità, collocate lungo il ciglio del terrazzo stesso e/o in corrispondenza delle sue scarpate, si trovano a distanze e in condizioni tali da non poter mettere a rischio la stabilità del sito stesso, non influenzando di fatto sulla fattibilità geologica dell'area (*cfr.* § 7.4).

## **5.2. Carta litotecnica e dei dati di base (*Tavola G2*)**

Allo scopo di giungere ad una suddivisione dei terreni che possiedono comportamento meccanico omogeneo, i litotipi presenti nelle zone studiate sono stati raggruppati in "unità litologico-tecniche" (U.L.T.) sulla base dei seguenti parametri: litologia, grado di alterazione, presenza e frequenza di stratificazione e/o di altre discontinuità, grado di addensamento e/o di cementazione. Tali parametri sono stati valutati in maniera qualitativa o semi-quantitativa, mediante prove manuali e/o con penetrometro tascabile.

La suddivisione in U.L.T., riportata nella legenda di *Tav. G2*, è stata fatta in accordo con le direttive dettate dalla Regione Toscana, nell'ambito del Programma V.E.L. (L.R. n. 56/97); nella stessa tavola, inoltre, sono stati ubicati i dati geognostici disponibili e raccolti negli *allegati 1 e 2* fuori testo.

Le U.L.T. sono secondo lo schema seguente:

***E - Materiali granulari non cementati o poco cementati (COPERTURA)***

***E1.a3-4 - Depositi alluvionali, a granulometria mista, da sciolti a poco addensati.***

Ghiaie e ciottoli eterometrici (generalmente > 60 mm) immersi in matrice sabbioso-limosa da sciolta a poco addensata. Costituiscono questa unità i depositi alluvionali recenti e attuali (all<sub>1</sub>- all<sub>2</sub>) presenti sul fondovalle del Fiume Serchio.

***E1.a1-2 - Depositi alluvionali, a granulometria mista, addensati.***

Ciottoli eterometrici (generalmente > 60 mm), prevalentemente arenacei, immersi in matrice sabbioso-limosa da moderatamente addensata ad addensata. Costituiscono questa unità i depositi alluvionali terrazzati a “ciottoli di Macigno” (ct).

***E2.a3-4 - Depositi eterogenei, a granulometria mista, da sciolti a poco addensati.***

Depositi clastici a granulometria mista, con prevalenza di ghiaie (elementi tra 2 e 60 mm) e ciottoli in matrice sabbioso-limosa da sciolta, negli strati superficiali, a poco addensata, più in profondità. Rientrano in questa U.L.T. i terreni prevalentemente granulari non cementati o con lieve grado di cementazione, in particolare i depositi detritici (dt) e gli accumuli di frana.

Confrontando la carta litotecnica così ottenuta con la carta geologico-geomorfologica (*Tav. G2*), possiamo notare come, a causa dei pochi litotipi presenti, ciascuno dei quali con proprie caratteristiche fisico-meccaniche, nell'area esaminata la suddivisione in “unità litotecniche” si avvicina molto a quella delle diverse formazioni geologiche e dei depositi superficiali (*cfr. § 5.1*).

**5.3. Carta della permeabilità – Idrogeologia dell'area (*Tav. G9a-b*)**

In relazione alla geologia delle aree d'indagine, caratterizzate dalla presenza di un numero non elevato di litotipi, ciascuno con proprie caratteristiche di permeabilità, anche lo schema idrogeologico generale del territorio interessato dal Piano Attuativo risulta nel complesso di semplice lettura.

Sintetizzando, non essendo presenti, nelle aree di rilevamento, litotipi calcarei, caratterizzati da una permeabilità secondaria, per fessurazione e carsismo.

Nel sito di nostro interesse è presente una permeabilità primaria (caratteristica dei terreni incoerenti), che formano acquiferi costituiti dai depositi alluvionali, recenti e di conoide, delle

zone pianeggianti (acquiferi porosi), più limitati come estensione e potenzialità; nel caso specifico, essi sono rappresentati dai terreni costituenti le spianate morfologiche di Piano di Coreglia e dai materiali alluvionali sciolti, da grossolani a fini, localizzati lungo i fondovalle del corso d'acqua principale (F. Serchio), caratterizzati dalla falda di subalveo.

La *Carta della permeabilità (Tav. G2)* rappresenta la sintesi delle caratteristiche di permeabilità:

- dei depositi incoerenti (alluvioni, corpi di frana, detriti, ecc.), più o meno cementati, caratterizzati da permeabilità primaria, derivante dalle proprietà intrinseche di porosità.

Direttamente collegata a questa carta è la *Carta della vulnerabilità degli acquiferi (Tav. G5)*.

Riassumendo, tutte le formazioni geologiche distinte nelle aree d'interesse sono state raggruppate nelle seguenti classi di permeabilità:

<b>Tipo di permeabilità:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Formazione:</b>
Primaria (per porosità)	Elevato	Depositi alluvionali recenti e attuali (all <sub>1</sub> - all <sub>2</sub> )
	Medio	Depositi alluvionali a prevalenti ciottoli di Macigno (ct/mg – at)
	Medio-basso	Terreni di riporto (rp), Corpi di frana,

#### **5.4. Carta delle pendenze (TavolaG 2)**

La distribuzione areale dell'acclività è stata valutata con il metodo grafico della scala clinometrica, ovvero individuando sulla carta, all'interno di ciascuna "striscia" compresa tra due isoipse successive (equidistanza = 2 m), i punti in cui la distanza tra le stesse isoipse assume il valore corrispondente al limite di separazione tra una classe di pendenza e la sua contigua; ne consegue che l'attendibilità di una tale carta è generalmente buona per una lettura d'insieme del territorio, mentre essa risulta insufficiente ai fini di una differenziazione di dettaglio delle pendenze, specialmente in quelle aree di limitata estensione, caratterizzate da frequenti variazioni di acclività (terrazzamenti antropici, ecc.).

Sulla base di quanto previsto dalla Del.C.R. n. 94/85, sulla carta derivata dalla C.T.R. in scala 1:2.000, nell'area di specifico interesse, è stata distinta un'unica classe di acclività e precisamente:

Classe 1) - pendenza inferiore al 5%

Classe 2) - pendenza superiore al 35%

Dall'analisi dell'area a grande scala, infatti, deriva che nella zona indagata, mancano le classi di acclività intermedie.

L'area d'indagine ricade interamente nella *classe 1* di acclività, essendo caratterizzata da pendenze medie del 2÷3%.

### **5.5. Indagini geognostiche e geofisiche di riferimento (Tav. G3; Allegato 1e 2)**

Ai fini della ricostruzione del profilo stratigrafico e della caratterizzazione sismica dei terreni, sono state eseguite nell'area di interesse indagini geognostiche e geofisiche secondo il seguente programma:

- esecuzione di n. 2 *prove penetrometriche dinamiche* superpesanti (DPSH) spinte rispettivamente alla profondità di 1,60 m (P<sub>1</sub>) e di 1,20 m (P<sub>2</sub>) dal p.c. (*all.2 f.t.*);

- esecuzione di n. 1 *prospezione sismica a rifrazione* con onde P, *prospezioni sismiche a rifrazione* con onde P e prove *MASW* <sup>(1)</sup>, (*all.2 f.t.*)

n. 1 *sondaggio geognostico* spinto rispettivamente fino alla profondità di 35,0 m (S1), (*all.1 f.t.*)

#### **5.5.1. Risultati delle prove penetrometriche (DPSH) – Ricostruzione della stratigrafia**

Le prove penetrometriche dinamiche, i risultati delle quali sono esposti in dettaglio nei tabulati in *allegato 3*, hanno attraversato terreni prevalentemente incoerenti, appartenenti ai depositi alluvionali terrazzati di fondovalle per uno spessore massimo di 1,6 m; tali depositi sono costituiti in prevalenza da sabbie limose da sciolte a poco addensate, nei livelli più superficiali e da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa addensata, più in profondità.

Entrambe le prove si sono interrotte, per “rifiuto”, a profondità comprese tra 1,2 e 1,6 m dal p.c., in corrispondenza di probabili trovanti di grosse dimensioni.

Di seguito vengono riassunte le successioni stratigrafiche ottenute:

#### **Prova P1**

<u>prof. dal p.c. (m):</u>	<u>litotipo:</u>
0,00 – 0,60:	<i>Sabbie limose sciolte.</i>
0,60 – 1,20:	<i>Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa addensata.</i>
<i>Assenza di Falda</i>	

---

<sup>(1)</sup> Multichannel Analysis of Surface Waves = Analisi Multicanale delle Onde Superficiali.

## **Prova P2**

prof. dal p.c. (m):            litotipo:  
0,00 – 1,00:                    *Sabbie sciolte/poco addensate (suolo).*  
1,00 – 1,60:                    *Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa addensata.*  
*Assenza di Falda*

### **5.5.2. Sondaggio geognostico (S1) – Ricostruzione della stratigrafia**

*Profondità raggiunta:*            35,0 m

*Metodo di perforazione:*        carotaggio continuo con aste di perforazione  
(diametro esterno  $\phi$  76 mm), fino alla profondità di 30,m  
ultimi 2,0 m a distruzione

*Rivestimento utilizzato:*        tubazione metallica (diametro esterno  $\phi$  127 mm)  
spinta fino alla profondità di 35,0 m

*Carotieri utilizzati:*            - carotiere semplice – corona widia  
(diam. esterno  $\phi$  101 mm) da 0,00 m a 15,0 m

*Fluido di perforazione:*        non utilizzato

*Prelievo campioni:*            Alla profondità compresa tra 2,0 e 2,40 m, sono stati  
effettuati due tentativi di prelievo con campionatore tipo  
*Shelby*, operazione non riuscita a causa della natura del  
materiale

#### *Prove in foro:*

Durante il sondaggio geognostico è stata eseguita n. 1 prova penetrometrica SPT (*Standard Penetration Test*) a fondo foro, utilizzando:

- un dispositivo di rilascio tipo “*Pilcon*”;
- un maglio “*Pilcon*”;
- un campionatore tipo *Raymond*;
- aste di perforazione (diametro esterno  $\phi$  76 mm) del peso di 10,8 Kg/m.

La prova ha dato i seguenti risultati:

<u>prof. dal p.c. (m):</u>	<u>Numero di colpi (N):</u>	<u>Infissione (cm):</u>
1) 2,00:	20,20,19	5,15
2) 4,00:	18,13,12	5,15

*Cassette catalogatrici:*        n. 7

*Misure di falda acquifera dal p.c.: - 18,0 m*

Di seguito viene descritta la stratigrafia del sondaggio, riportata graficamente nello specifico log allegato (*All. 1*):

<u>prof. dal p.c. (m):</u>	<u>litotipo:</u>
0,00 – 0,80:	<i>Suolo e/o terreno agrario;</i>
0,80 – 26,80:	<i>Ciottoli arenacei addensati di forma prevalentemente arrotondata in matrice sabbioso-limosa; <b>(Depositi alluvionali; b<sub>II</sub>).</b></i>
26,80 – 27,20:	<i>Alternanza di ghiaie e ciottoli con intercalazioni di argille-limose di colore grigio-azzurrognolo; <b>(Zona di transizione = b<sub>II</sub>-AFB).</b></i>
27,20 – 35,0:	<i>Argille limoso-sabbiose prevalenti di colore grigio-azzurro, con intercalazioni più sottili di conglomerati, sabbie ed argille compatte <b>(Argille, sabbie e conglomerati di Fornaci di Barga; AFB).</b></i>

### **5.5.3. Risultati della prospezione sismica a rifrazione – Ricostruzione della stratigrafia**

Per la prospezione sismica a rifrazione con onde P è stato utilizzato un prospettore sismico GEOMETRICS GEODE a 24 canali di registrazione, le cui caratteristiche sono riportate nella relazione tecnica allegata a parte (*all. f.s.*). Per l'indagine in questione è stato effettuato un unico stendimento a 24 canali, denominato ST1, ubicato in corrispondenza dell'area di interesse (*all. 7*); per lo stendimento è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 2,0 m, per una lunghezza complessiva di 46 metri (analoga a quella della prova MASW).

Come riportato nella relazione tecnica fornita dalla PRO.GEO. s.a.s., che si allega in copia, la qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona e tale da consentire la sicura individuazione dei primi arrivi sui sismogrammi.

Nel dettaglio, con riferimento al **modello tomografico 2D** ricavato per le velocità sismiche dei terreni e alla **sezione sismostratigrafica** (*all. f.t.*), la successione stratigrafica dei terreni ed i diversi intervalli di velocità delle onde P registrate ( $V_p$ ) possono essere correlati secondo lo schema seguente:

- **strato 1**: dalla superficie fino a profondità variabili da **1,0÷1,2** m sulla maggior parte della stesa, ad un massimo di **1,5÷1,6** m verso l'estremo G24, è presente uno strato caratterizzato da velocità basse ( $V_p \leq 400 \div 500$  m/sec), corrispondente al *suolo* di alterazione e ai *depositi di copertura sciolti* più superficiali (sabbie limose sciolte con rari ciottoli) attraversati con le prove penetrometriche per uno spessore massimo di 1,0÷1,2 m (*all. 3*);

- **strato 2**: caratterizzato da velocità ( $V_p$ ) comprese tra 400 e 1.100 m/sec e correlabile con uno strato di *depositi alluvionali prevalentemente grossolani da poco a ben addensati* costituiti da *ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbioso-limosa*; tale orizzonte, le cui caratteristiche migliorano gradualmente con la profondità, si rinviene, per spessore indefinito, a profondità superiori a **1,0÷1,2** m dal p.c. sulla maggior parte della stesa, ed a **1,5÷1,6** m verso G24.

In corrispondenza di quest'orizzonte si è verificato il "rifiuto" in entrambe le prove penetrometriche (*all. 2*);

Non sono stati rilevati rifrattori più veloci entro i primi 8÷9 m di profondità, corrispondente all'incirca alla massima profondità indagata con la prospezione sismica in questione.

#### **5.5.4. Risultati della prova sismica MASW (M1) - Categoria di sottosuolo**

La prova sismica MASW è stata effettuata dalla ditta PRO.GEO. s.a.s. il giorno 19.01.2011, utilizzando un prospettore sismico GEOMETRICS GEODE, configurato nell'occasione a 24 canali di registrazione, le cui caratteristiche sono riportate nella relazione tecnica allegata a parte (*allegato 1 f.t.*).

A tal proposito si avvalorava la scelta di questa tipologia di indagini in sostituzione di una sismica a rifrazione onde VsH, per problemi logistici (mancanza di spazio per effettuare uno stendimento pari a 120,0 m per la corretta caratterizzazione del suolo di fondazione).

La procedura MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), meglio descritta nella suddetta relazione, comprende tre stadi successivi:

- 1 acquisizione dei dati di campo (onde superficiali);
- 2 costruzione della curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- 3 inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della velocità delle onde trasversali ( $V_s$ ) (profilo 1D), che riporta la variazione di  $V_s$  con la profondità.

La prova MASW in questione è stata effettuata in corrispondenza dello stendimento ST1, (*all. 7*), per il quale è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 1,0 m, per una lunghezza complessiva di 46,00 metri.

E' stata effettuata 1 registrazione, con 2 punti di scoppio posizionati come segue:

- due tiri esterni, ubicati rispettivamente alla distanza di -10,0 m dal geofono G1 e +10,0 m dal geofono G24.

Come riportato nella relazione tecnica fornita dalla PRO.GEO. s.a.s., che si allega in copia, la qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona

In *allegato 1* sono riportati i risultati della prova MASW.

In alto a sinistra (*figura 1*) sono riportati lo spettro delle velocità e le curve di dispersione (di "picking", di "best model" e di "mean model"); in alto a destra (*figura 2*) è riportato il sismogramma acquisito durante la prova di campagna.

A centro pagina, lato sinistro (*figura 3*), si ha il profilo verticale delle velocità; a centro pagina, lato destro, in *figura 4* sono riportati, in colonna stratigrafica, per ogni orizzonte definito, i valori di velocità delle onde trasversali (Vs) e di densità dei materiali, nonché lo spessore dell'orizzonte stesso.

A fondo pagina si hanno, per ogni singolo orizzonte definito, valori relativi a:

- quote di testa e di base dell'orizzonte sismico;
- valore di Vs relativo ad ogni singolo orizzonte sismico;
- valore di  $V_{S_x}$  alle diverse profondità (valore di  $V_{S_{10}}$ ,  $V_{S_{20}}$  e così via);
- densità dei materiali costituenti ogni singolo orizzonte sismico;
- spessore di ogni singolo orizzonte;
- valore del modulo di taglio e valori stimati di Modulo di Poisson, Modulo di compressibilità, Modulo di Young, Modulo di Lamé dei materiali di ogni singolo orizzonte.

Il valore del parametro  $V_{S_x}$ , calcolato alle diverse profondità (x), è ricavato utilizzando la stratigrafia di Vs e la seguente formula:

$$V_{S_x} = \frac{x}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti.

Sulla base delle specifiche indagini geofisiche eseguite (prova MASW) è stato possibile definire la categoria di sottosuolo propria del sito di intervento, in ottemperanza a quanto riportato dal **D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (capitolo 3 – comma 3.2.2)**.

### **Categorie di sottosuolo**

**A** - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**C** - *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**D** - *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

**E** - *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Lo stendimento sismico MASW ha permesso di individuare, in buona corrispondenza con i risultati della sismica a rifrazione in onde P, orizzonti sismici sovrapposti, caratterizzati, nell'ambito di circa 34 metri sotto il piano campagna, dalla seguente successione:

spessore orizzonte		profondità progressiva dal piano di campagna
0,9 m	→ $V_s = 136$ m/sec	0,9 m
1,6 m	→ $V_s = 227$ m/sec	2,5 m
3,4 m	→ $V_s = 409$ m/sec	5,9 m
3,3 m	→ $V_s = 497$ m/sec	9,2 m
6,2 m	→ $V_s = 547$ m/sec	15,4 m
3,8 m	→ $V_s = 602$ m/sec	19,2 m
14,8 m	→ $V_s = 593$ m/sec	34,0 m

Nel caso in esame, sulla base di quanto definito nelle NTC 2008, la **categoria di sottosuolo** localmente individuata, essendo caratterizzata da un valore di  $V_{S30}$  (dal piano di campagna) dell'ordine di **471** m/sec, è la **B**, corrispondente a: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m,

caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Nel caso che il piano di fondazione venga posto alla profondità di - 2,0 m dall'attuale piano di campagna si ottiene un valore di  $V_{S30}$  (dal piano di fondazione) dell'ordine di **539** m/sec, confermando naturalmente una *categoria di sottosuolo* di tipo **B**.

## 6. ELABORATI CARTOGRAFICI DI SINTESI

L'elaborazione di tutti i dati ricavati dall'indagine di dettaglio, attraverso la sovrapposizione dei vari elaborati cartografici di base, ha condotto alla realizzazione delle carte finali di sintesi, nelle quali viene assegnata all'area del Piano Attuativo le relative classi di pericolosità; per quanto riguarda la valutazione della pericolosità, essa è stata allargata ad un intorno significativo dell'area di specifico interesse.

### 6.1. Carta delle aree a pericolosità geomorfologica (*Tavola G4*)

Nella realizzazione di questa carta si è tenuto conto della classificazione prevista dal Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 in materia di indagini geologiche (D.P.G.R. 25 Ottobre 2011 n.53/R), la quale definisce le seguenti classi:

- Classe G.1 - pericolosità geomorfologica bassa;
- Classe G.2 - pericolosità geomorfologica media;
- Classe G.3 - pericolosità geomorfologica elevata;
- Classe G.4 - pericolosità geomorfologica molto elevata.

Per la valutazione della pericolosità, assumono particolare importanza le caratteristiche geologico-litologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dell'area stessa; tali caratteristiche possono essere riassunte in breve nei seguenti punti:

- terreno di fondazione costituito da sabbie e sabbie limose da sciolte a poco addensate (*Unità = E1.a1-2 - Depositi alluvionali, a granulometria mista, addensati*);
- assenza di fenomeni morfogenetici in atto e di indizi d'instabilità nell'area direttamente interessata dal Piano Attuativo;
- pendenze medie inferiori al 5% (classe 1; *Tav. G2*);
- falda acquifera a 18,0 m al di sotto del piano di campagna, con possibilità di una limitata e temporanea circolazione idrica negli strati più superficiali del terreno (*cf. § 4*).

Alla luce di quanto detto è stata assegnata una *pericolosità geomorfologica media* (classe **G.2**) all'intera area interessata dal Piano Attuativo (*Tav. G4*).

## **6.2. Carta delle aree a pericolosità idraulica (Tavola G4)**

Le classi di pericolosità idraulica previste dal Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 (D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R) sono le seguenti:

- Classe I.1 - pericolosità idraulica bassa;
- Classe I.2 - pericolosità idraulica media;
- Classe I.3 - pericolosità idraulica elevata;
- Classe I.4 - pericolosità idraulica molto elevata.

La zona d'interesse si trova completamente al di fuori degli ambiti di influenza dei corsi d'acqua principali, così come classificati all'Allegato n. 4 del Quadro Conoscitivo del P.I.T. (Del.C.R. n. 72 del 24.07.2007); essa, infatti, si trova in situazione morfologica favorevole e a notevole distanza anche dai fossi di secondaria importanza.

La stessa area, inoltre, non rientra tra le aree soggette a pericolosità idraulica di cui agli articoli compresi tra 19 e 31 delle norme di P.A.I. (cfr. § 1).

In base a tale situazione, pertanto, all'intera area del previsto Piano Attuativo può essere assegnata una **pericolosità idraulica bassa** (classe **I.1**); naturalmente ciò non comporta alcuna limitazione alla fattibilità del Piano Attuativo stesso (cfr. § 6.4).

## **6.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (Tavola G4)**

La carta delle Aree a pericolosità sismica locale del Piano Attuativo (conforme alle prescrizioni di Decreto Presidente Giunta Regione Toscana n. 53/R), è stata redatta secondo i seguenti criteri:

La valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico consente di rappresentare, secondo le direttive *Decreto Presidente Giunta Regionale 53/R*, sotto riportata:

1. 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. accentuazione della instabilità dei pendii;
5. terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
6. terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

Tale valutazione viene rappresentata nel piano strutturale attraverso la realizzazione di uno studio di MS almeno di livello 1 secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'o.d.p.c.m.3907/2010.

Tale studio deve essere 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 perimetra secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS.

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 (Tav.G4) prodotta con gli elaborati previsti per il livello 1, consente di identificare le aree per le quali non sono richiesti studi di approfondimento.

Come già detto in precedenza, il Comune di Castiglione di Garfagnana è stato confermato tra i comuni sismici di **zona 2** (corrispondente alla vecchia II categoria nazionale) in base alla nuova classificazione sismica (Ord.P.C.M. n. 3274/20.03.2003 e Del.G.R. n. 431 del 19.06.2006)

La suddetta normativa prevede che, nelle elaborazioni riguardanti gli S.U., debbano essere eseguiti studi integrativi volti alla valutazione di possibili effetti locali del sisma, con deformazione rilevante del terreno. In particolare dovrà essere valutata la possibilità che nel sito in oggetto, durante un sisma, si verificano fenomeni di amplificazione locale della sollecitazione sismica e/o fenomeni di instabilità dinamica.

A tal fine, oltre all'acquisizione di tutte le informazioni dal punto di vista geologico e geomorfologico, risulta indispensabile acquisire tutti gli elementi necessari per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico del sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno, principalmente in relazione alla misura diretta delle Vsh (velocità di propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente), secondo le modalità ed i criteri meglio specificati nelle Istruzioni tecniche del Programma V.E.L.

Nel caso specifico, gli elementi di conoscenza del territorio basati, oltre che sugli elementi geologici e geomorfologici, anche su dati geognostici e geofisici acquisiti (*allegato 1 e 2*), hanno permesso la realizzazione della **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di livello 1 (Tav. G4)**, secondo gli Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica (ICMS) approvati dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Gli studi di MS di livello 1, rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di MS e consiste in una raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica esistenti e/o acquisiti appositamente, al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Tale suddivisione è altresì importante per la definizione delle classi di pericolosità sismica locale (*Tav. G4*).

Nel nostro caso, all'interno delle aree d'indagine sono state distinte le seguenti zone:

#### **ZONE STABILI**

Zone nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata).

Sulla base della tipologia, stratificazione, grado di fratturazione del substrato sono state individuate 3 zone, come di seguito identificate in legenda alla quale si rimanda (*Tav. G4*):

*Zona 1 – Substrato coesivo sovraconsolidato.*

#### **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**

Zone nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche locali; queste ultime sono caratterizzate dalla presenza di terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, con spessori maggiori di 5 metri, al di sopra di un substrato rigido di riferimento.

Sulla base della litologia dei terreni di copertura e sul tipo di substrato, è stata individuata 1 zona suscettibili di amplificazione (*Zone 2*), così come identificate in legenda alla quale si rimanda (*Tav. G4*).

Nel caso della *Zone 2* non è presente un elevato contrasto di impedenza sismica tra la copertura ed il substrato, come dimostrato dalle indagini sismiche di riferimento, che mettono in mostra un graduale aumento delle velocità  $V_{sh}$  dei terreni con la profondità ed una classificazione del sottosuolo in categoria **B**, ai sensi di quanto richiesto dal *D.M. 14 gennaio 2008* (Norme tecniche per le costruzioni).

#### **ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ**

Zone nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Nelle zone oggetto del Piano Attuativo sono state identificate le seguenti categorie:

**INSTABILITÀ DI VERSANTE (FR)**

*Zona FR1 – Corpi di frana complessi (a: attivi).*

*Zona FR2 – Aree potenzialmente instabili per caratteristiche litologiche e morfologiche.*

CEDIMENTI (C)

*Zona C – Aree con terreni di fondazione scadenti, soggette a cedimenti diffusi.*

Nella stessa carta, infine, vengono distinte le seguenti forme di superficie, alle quali possono essere collegati fenomeni di amplificazione sismica per effetti morfologici:

**Forme di superficie:**

- Orlo di terrazzo fluviale;

In generale, la sintesi di tutte le informazioni derivanti dallo studio di MS di livello 1, deve consentire di valutare le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani studiati secondo le seguenti graduazioni di pericolosità:

Classe S.1 - pericolosità sismica locale bassa;

Classe S.2 - pericolosità sismica locale media;

Classe S.3 - pericolosità sismica locale elevata;

Classe S.4 - pericolosità sismica locale molto elevata;

In base alla realizzazione della carta MOPS l'area del Piano Attuativo ricade in una classe di **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).

#### **6.4. Carta della vulnerabilità degli acquiferi (Tav. G4)**

Nella *Carta della vulnerabilità degli acquiferi (Tav. G4)* sono contenute in sintesi le valutazioni sulle condizioni di vulnerabilità intrinseca dei complessi idrogeologici del territorio (acquiferi), così come distinti al paragrafo 4.5, nei riguardi di possibili fenomeni di inquinamento.

Sulla base delle indicazioni contenute in Appendice 1 del P.T.C. Provinciale, in considerazione anche della scarsa percentuale di territorio pianeggiante rispetto a quello collinare e montuoso, per la definizione delle classi di vulnerabilità è stata applicata la metodologia semplificata, basata sulla zonazione per aree omogenee, indicata con CSI (valutazione per complessi e situazioni idrogeologiche); questa passa attraverso valutazioni qualitative delle caratteristiche della falda, dell'acquifero e talora della copertura, riportate nella tabella che segue.

Con riferimento alle aree del territorio comunale interessate dal Piano Attuativo, vengono pertanto riconosciute le seguenti tipologie di acquifero ed i relativi gradi di vulnerabilità:

<b>Grado di vulnerabilità</b>	<b>Tipo di acquifero</b>	<b>Formazioni</b>
M - MEDIO	Falda acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati e in depositi alluvionali antichi di spessore molto modesto.	Terreni di riporto (rp), Corpi di frana, Ciottoli di Macigno (ct), Ghiaie e conglomerati calcarei (cg),
EE - MOLTO ELEVATO	Falda acquifera libera in materiali alluvionali da grossolani a medi, con scarsa o nulla copertura.	Depositi alluvionali recenti e attuali (all).

Per l'attuazione degli interventi del Piano Attuativo si dovrà tenere conto delle seguenti limitazioni <sup>(2)</sup> e prescrizioni, in funzione del grado di vulnerabilità assegnato all'area:

- **VULNERABILITÀ MEDIA e ALTA (M/A):** Alcune limitazioni. Gli interventi diretti concernenti impianti e/o attività inquinanti possono essere rispettivamente approvabili ed abilitabili soltanto se corredati dalla valutazione della vulnerabilità reale locale e dal progetto delle eventuali opere necessarie alla mitigazione del rischio potenziale specifico, definendo tale rischio attraverso valutazioni incrociate tra vulnerabilità intrinseca e gli altri fattori primari, quali la distribuzione e le caratteristiche del carico inquinante ed il valore della risorsa idrica da tutelare.

- **VULNERABILITÀ ELEVATA e MOLTO ELEVATA (E/EE):** Fortissime limitazioni. In tali aree non sono ammissibili, di norma, le trasformazioni comportanti impianti e/o attività potenzialmente molto inquinanti, che possono comportare fenomeni di contaminazione della falda, quali impianti per zootecnia di carattere industriale, impianti di itticoltura intensiva, manifatture potenzialmente a forte capacità di inquinamento, centrali termoelettriche, depositi a cielo aperto ed altri stoccaggi di materiali inquinanti idroveicolabili. Limitazioni e prescrizioni da osservare per impianti e/o attività quali cave, collettori fognari, strade di grande o media comunicazione, pascolo e stazzo di bestiame, colture utilizzando pesticidi, diserbanti e fertilizzanti. In tutti i casi deve comunque essere assicurata l'osservanza delle disposizioni relative alla tutela specifica delle risorse idriche destinate al consumo umano, stabilite dal *D.P.R. 236/88*, così come modificato dal *D. Lgs. 11 maggio 1999, n. 152*, recante "*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*".

<sup>(2)</sup> Limitazioni alle previsioni, negli strumenti di pianificazione comunale, di trasformazioni, fisiche e funzionali, che comportino attività e/o impianti "inquinanti". È comunque implicita la possibilità di ulteriori limitazioni, conseguenti le necessarie verifiche che le normative vigenti richiedono riguardo ad impianti e/o attività "inquinanti".

## 6.5. Carta della fattibilità (*Tavola G5*)

Il prodotto finale delle indagini geologico-tecniche svolte è dato dalla carta della fattibilità; in essa è stato assegnato alle diverse zone dell'area di variante un valore di fattibilità, che deriva dal confronto fra la pericolosità assegnata alle stesse zone ed il grado di esposizione dell'intervento.

Le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali possono essere differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità (*D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R*):

**Fattibilità senza particolari limitazioni (F1):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

**Fattibilità con normali vincoli (F2):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

**Fattibilità condizionata (F3):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

**Fattibilità limitata (F4):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Sulla base dei risultati delle indagini, in funzione del grado di pericolosità e del tipo di previsione urbanistica, all'area interessata dal Piano Attuativo sono state assegnate le seguenti classi di fattibilità:

### **Fattibilità geologica:**

– **Fg.2** (FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI), Le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche di supporto alla progettazione dell'intervento diretto dovranno essere eseguite in rispetto di quanto riportato in *Piano di Bacino del Fiume Serchio – Stralcio “Assetto Idrogeologico” (P.A.I.) – Variante / I<sup>a</sup> aggiornamento*

Le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche di supporto alla progettazione dell'intervento diretto dovranno essere eseguite in rispetto di quanto indicato in *D.P.G.R. 09 luglio 2009 n. 36/R* (con particolare riferimento a quanto riportato, per le diverse classi di indagine, in articolo 7 della citata normativa).

Le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche di supporto alla progettazione dell'intervento diretto dovranno essere eseguite in rispetto di quanto riportato in *D.M. 14.01.2008 - Nuove Norme Tecniche per la costruzione* e correlata *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*.

#### **Fattibilità idraulica:**

- **Fi.1** (FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI).

#### **Fattibilità sismica:**

– **Fs.2** (FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI); oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geologica, in fase di predisposizione del progetto edilizio, si dovrà provvedere all'esecuzione di un'accurata campagna di indagini geofisiche e geotecniche che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra i terreni di copertura ed il substrato (bedrock sismico).

In particolare, la caratterizzazione sismica della zona d'intervento, dovrà passare attraverso la valutazione dell'azione sismica e dell'effetto della risposta sismica locale nel sito d'interesse; sarà quindi necessario determinare la **categoria di sottosuolo**, in base ai valori calcolati della **velocità media** delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri di profondità (**V<sub>s30</sub>**), così come richiesto dal *D.M. 14 gennaio 2008*.

Nell'eventualità che, in sede di approfondimento di indagine, venga riconosciuta la possibilità di fenomeni di "*amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura*", si dovrà provvedere alla realizzazione di interventi atti alla mitigazione del rischio sismico locale, in particolare dovranno essere adottate adeguate tipologie di fondazione, sulla base dei parametri fisici e geotecnici ricavati.

## 7. CONCLUSIONI

Le indagini geologico-tecniche svolte in Comune di Coreglia Antelminelli, allo scopo di verificare la fattibilità di un Piano Attuativo sito in frazione di Piano di Coreglia, Via Nazionale, hanno portato, attraverso la realizzazione di elaborati cartografici di dettaglio, all'individuazione delle classi di pericolosità e di fattibilità per l'area in esame e qui di seguito riassunte:

### **Fattibilità geologica:**

- **Fg.2** (FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI),

### **Fattibilità idraulica:**

- **Fi.1** (FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI).

### **Fattibilità sismica:**

- **Fs.2** (FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI);

Per le prescrizioni si rimanda a quanto indicato al precedente paragrafo 6.5.

Si ricorda, infine, che, sulla base di quanto riportato al precedente paragrafo 1, il Piano Attuativo in questione non è soggetto a parere vincolante della competente Autorità di Bacino, secondo quanto previsto, in particolare, dall'art. 15 (Rischio Frana) e dagli articoli compresi tra 19 e 31 (Rischio Idraulico) delle norme di P.A.I.

Per quanto riguarda il Deposito delle indagini presso il competente Ufficio Tecnico del Genio Civile, le stesse sono soggette a controllo a campione.

Castelnuovo di Garfagnana, 19 Dicembre 2011

Il Geologo  
Dott. ALESSIO BIAGIONI