

**AUTOSTRADA (A1): MILANO - NAPOLI**  
**ADEGUAMENTO DEL TRATTO DI ATTRAVERSAMENTO APPENNINICO**  
**TRA SASSO MARCONI E BARBERINO DI MUGELLO**  
**TRATTA: PIAN DEL VOGLIO - BARBERINO DI MUGELLO**  
**BRETELLA DI FIRENZUOLA**  
**MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

**DOCUMENTAZIONE GENERALE**

**GEOLOGIA**  
**PARTE GENERALE**

**RELAZIONE GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA**  
**E DI INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

<b>IL GEOLOGO</b>  Dott. Massimo Roberto Campana Ord. Geol. Toscana N. 1709	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b>  Ing. Maurizio Ceneri Ord. Ingg. Bologna N. 4071/A	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b>  Ing. Piero Bongio Ord. Ingg. Sondrio N. A538  T.A. - Geologia e Geotecnica
--	--	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				1
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
119935	0000	PE	DG	GEO	GE000	00000	R	GEO	0001	1	SCALA -

	<b>ENGINEER COORDINATOR:</b>  Ing. Gabriel Guillermo Fava	<b>SUPPORTO SPECIALISTICO:</b>	<b>REVISIONE</b>	
			n.	data
			0	APRILE 2022
			1	GENNAIO 2023 (*)
<b>REDATTO:</b>		<b>VERIFICATO:</b>		(*)-Revisione per cambio RUP

	<b>VISTO DEL COMMITTENTE</b>    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Andrea Colazingari	<b>VISTO DEL CONCEDENTE</b>    <b>Ministero delle infrastrutture e dei trasporti</b>
--	--	---

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE .....	3
1.1	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI .....	3
1.2	FOTOINTERPRETAZIONE .....	6
1.3	RILEVAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	7
1.4	ANALISI DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI .....	7
1.5	ANALISI DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE .....	7
1.6	ANALISI DELLE MISURE STRUMENTALI .....	7
2	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	9
2.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE .....	9
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE 2015 .....	10
2.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE MONITORAGGIO INTEGRATIVO 2018 .....	10
2.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE 2019 .....	10
2.5	INDAGINI GEOGNOSTICHE MONITORAGGIO INTEGRATIVO 2021 .....	10
3	REDAZIONE ELABORATI CARTOGRAFICI .....	12
3.1	CARTOGRAFIA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E DEI MOVIMENTI FRANOSI .....	12
3.2	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA ENTI .....	14
3.3	CARTA DELLE PENDENZE .....	14
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	16
5	INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO .....	17
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE .....	19
7	STRATIGRAFIA .....	22
7.1	UNITÀ TETTONICHE LIGURI .....	22
7.1.1	Unità Tettonica Monghidoro .....	22
7.1.2	Unità Tettonica Leo .....	22
7.1.3	Unità Tettonica Morello .....	24
7.2	UNITÀ INCERTAE SEDIS .....	25
7.3	UNITÀ TETTONICHE TOSCANE .....	26
7.3.1	Unità Tettonica Sestola-Vidiciatico .....	26
7.3.2	Unità Tettonica Cervarola .....	28
7.4	DEPOSITI SUPERFICIALI .....	30
7.4.1	Depositi alluvionali in evoluzione - b1 e terrazzati - b2 .....	30
7.4.2	Conoidi alluvionali .....	31
7.4.3	Depositi di frana attiva - a1 (A), quiescente - a2 (Q) .....	31
7.4.4	Depositi di versante - a3 .....	31
7.4.5	Detrito di falda - a6 .....	31
8	GEOMORFOLOGIA DELL'AREA .....	32
9	INTERFEROMETRIA RADAR .....	34
9.1	INTRODUZIONE .....	34
9.2	GEOPORTALE REGIONE TOSCANA .....	37
10	CARTOGRAFIE DEGLI ENTI PREPOSTI AL GOVERNO DEL TERRITORIO .....	40
10.1	CARTOGRAFIA GEOLOGICA C.A.R.G. .....	40
10.2	CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA REGIONE TOSCANA .....	42

**Progetto Esecutivo**

10.3	INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI (I.F.F.I.).....	50
10.4	PERICOLOSITA' DA FRANA P.A.I. (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE - EX ADB ARNO).....	54
10.5	RISCHIO DA FRANA P.S.A.I. (ADB DISTRETTUALE DEL PO - EX ADB RENO) .....	55
10.6	PIANO SULLA SICUREZZA GEOLOGICA DELLE STRADE REGIONALI .....	56
10.7	PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE .....	56
10.8	CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI .....	56
10.9	PERICOLOSITA' DA FRANA DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI .....	61
10.10	PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (P.G.R.A.) (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE E DEL FIUME PO)....	61
10.10.1	<i>Pericolosità da alluvione fluviale</i> .....	62
11	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	65
11.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE .....	65
11.2	IDROGEOLOGIA AREA DI INTERVENTO .....	67
11.3	SORGENTI E POZZI .....	68
11.4	MISURE PIEZOMETRICHE .....	70
12	ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO FAGLIE CAPACI .....	73
12.1	SISMICITA' STORICA .....	73
12.2	SISMICITA' RECENTE.....	78
12.3	FAGLIE CAPACI (PROGETTO ITACHA) .....	81
12.4	STRUTTURE SIMOGENETICHE.....	83
12.5	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	84
12.6	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI STUDIO.....	87
13	PRINCIPALI ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI INERENTI ALL'AREA DI INTERVENTO .....	88
13.1	CURVA I .....	88
13.2	ZONA CIMITERO DI MONTECARELLI .....	90
13.3	CURVA H.....	90
13.4	CURVA G.....	91
13.5	ZONA SANTA LUCIA.....	92
13.6	CURVA F.....	96
13.7	CURVA E.....	97
13.8	CURVA D – MONTE DI FO' .....	99
13.9	SCALE DELLA FUTA .....	107
13.10	CURVE C-B.....	108
13.11	CURVA A .....	108
13.12	CURVA 4.....	112
13.13	CURVA 3.....	113
13.14	CURVA 2.....	115
13.15	ZONA TRAVERSA - LA SELVA.....	117
13.16	STRADA 850 CAVET.....	123
14	PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO.....	135

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto di adeguamento del tratto di Autostrada A1 relativo all'attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello, sin dal 1990 era stata concepita una miglioria della viabilità locale esterna al nastro autostradale, consistente in un collegamento viario tra lo svincolo attualmente denominato "Firenzuola-Mugello" e l'abitato di Firenzuola.

Dopo varie ipotesi di tracciato prese in esame nel corso degli anni, si è pervenuti alla soluzione attuale, denominata "Bretella di Firenzuola – Miglioramento della sicurezza", che prevede:

- modifiche alla Strada Regionale (ex S.S.) n° 65 "della Futa", nel tratto a cavallo del crinale appenninico compreso tra l'abitato di Montecarelli, a sud, e quello di Selva, a nord;
- varianti alla viabilità attualmente denominata "Strada 850 Cavet", che da Selva, a nord, si dirige verso il Torrente Santerno a sud, per confluire nella Strada Provinciale n° 116 poco a SO di Firenzuola.

Lo scopo del lavoro consiste nell'illustrare gli elementi geologici e geomorfologici riconoscibili lungo il tracciato, utili a focalizzare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dalla viabilità oggetto di studio.

La presente relazione contiene anche una parte di sismica generale, che inquadra il territorio dal punto di vista dei movimenti tellurici, ed un capitolo di inquadramento idrogeologico, che espone un quadro conoscitivo utilizzabile come punto di partenza per analoghi studi di tipo quantitativo.

Le attività di studio sono state così articolate:

- inquadramento e caratterizzazione geologica e geomorfologica ottenute mediante ricerca bibliografica di dati pregressi;
- analisi stereoscopica di foto aeree;
- disamina di documenti progettuali esistenti;
- esecuzione di specifici sopralluoghi;
- interpretazione delle risultanze delle campagne geognostiche eseguite.

Nell'ambito degli obiettivi generali, si intende definire quanto segue:

- unità geologiche presenti, sulla base di una caratterizzazione geologico- strutturale delle singole formazioni;
- assetto geomorfologico del territorio con particolare riferimento ai fenomeni di dissesto in atto.

### 1.1 RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI

La ricerca dei dati è avvenuta presso varie fonti (pubblicazioni di settore, enti e istituzioni territorialmente competenti) ed ha portato all'acquisizione delle informazioni di seguito elencate:

- 1) Cartografia geologica (Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale alla scala 1:250.000 CNR, 1982; Carta Geologica dell'Appennino Emiliano - Romagna alla scala 1:10.000 Regione Emilia – Romagna (originali d'autore); Carta Geologica d'Italia 1:50.000, fogli 252 Barberino di Mugello e 253 Marradi Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia - Romagna; Carta Geologico - Strutturale dell'Appennino Emiliano - Romagna alla scala 1:250.000 Regione Emilia - Romagna – CNR, 2002); Società Geologica Italiana: letteratura geologica dell'area in oggetto;
- 2) Siti internet degli Enti sotto elencati, relativi a cartografia geologica, geomorfologica, rischio sismico, pericolosità da frana e pericolosità idraulica, indagini geognostiche (gli accessi web, ove diversamente specificato, si riferiscono a marzo 2021):
  - o ISPRA "Istituto Superiore per la protezione e la Ricerca Ambientale"
    - § Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI) redatto dal Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA con la collaborazione delle Regioni e Province Autonome

Progetto Esecutivo

(<https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=1f45ee6f77b94d5ab749e58f490d091e>);

(<https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi?@=41.55172525894153,12.57350148381829,1>)

o Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno):

§ P.A.I. Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (approvazione 08/07/2021):  
"Pianificazione SIT Geomorfologia" e "Pianificazione SIT Pericolosità da frana"  
([http://www.appenninoseptentrionale.it/itc/?page\\_id=1305](http://www.appenninoseptentrionale.it/itc/?page_id=1305));  
(<https://geodata.appenninoseptentrionale.it/mapstore/#/viewer/openlayers/1072>)

§ P.G.R.A. Piano Gestione Rischio Alluvioni – direttiva alluvioni II° ciclo di gestione (2021-2027)  
(adozione I° aggiorn. 20/12/2021) ([https://www.appenninoseptentrionale.it/itc/?page\\_id=10089](https://www.appenninoseptentrionale.it/itc/?page_id=10089))

o Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po (ex Autorità di Bacino del Fiume Reno):

§ P.S.A.I. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (aggiorn. 31/01/2017)  
(<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-reno/psai>);

§ P.G.R.A. Piano Gestione Rischio Alluvioni – direttiva alluvioni II° ciclo di gestione (2021-2027)  
(adozione I° aggiorn. 20/12/2021) (<https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021>);

§ Carta del rischio nel territorio del bacino montano (scala 1:25.000) per i Comuni di Barberino di Mugello e Firenzuola (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-reno/psai/tavole-tit1-psai/elaborati-titolo-i-psai>);

§ Zonizzazioni Aree a Rischio perimetrate (schede – Comune di Firenzuola)  
(<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-reno/psai/tavole-tit1-psai/perimetrazioni-rischio-titolo-i-psai>);

§ Rischio Idraulico e Assetto della Rete Idrografica (Comune di Firenzuola)  
(<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-reno/psai/tavole-di-piano-santerno/santerno-tavole>);

o Regione Emilia Romagna - Catalogo delle frane del Bacino del Fiume Reno  
(<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/strumenti-e-dati/frane/catalogo-frane-storiche>);

o Regione Toscana e Consorzio LAMMA

§ Regione Toscana - Piano sulla sicurezza geologica delle strade Regionali – Carta geomorfologica con indicazione dei settori delle viabilità ad elevata propensione al dissesto idrogeologico (scala 1:10.000), Carta della pericolosità alla scala 1:10.000 e schede progettuali associate allo studio (dic. 2008) (<http://www.regione.toscana.it/-/studio-sulla-sicurezza-geologica-delle-viabilita-regionali>);

§ Regione Toscana - Progetto VEL (Valutazione degli effetti locali) Cartografia geologica, geomorfologica ed indagini  
([http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/02rischio/indagini/vel/centri\\_urbani/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/02rischio/indagini/vel/centri_urbani/index.htm))

§ Regione Toscana - GEOSCOPIO Banca Dati geologica comprendente elementi geologici, geomorfologici, fenomeni franosi, indagini geotematiche  
(<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>)  
(<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geomorfologia.html>)

**Progetto Esecutivo**

- § Regione Toscana SITA - Database Geologico Regionale in scala 1:10.000 della Regione Toscana e Continuum Geologico  
(<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.htm#>)
- § Regione Toscana - Interferometria radar (periodo ottobre-dicembre 2014/gennaio 2021)  
([https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa\\_suolo/#/viewer/openlayers/326](https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/326))
- § Servizio Idrologico Regionale (SIR) della Regione Toscana ([sir.toscana.it](http://sir.toscana.it))
- § LAMMA - Banca Dati sottosuolo e Risorsa idrica (BDSRI)  
(<http://www.lamma.rete.toscana.it/territorio/geologia/informazioni-di-base/banche-dati-sottosuolo#geotematiche>)
- § LAMMA - Geoportale (<http://www.lamma.rete.toscana.it/territorio/geoportale/>)
- Provincia di Firenze - Città metropolitana di Firenze (SIT):
  - § P.T.C.P. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - "Atlante delle frane con elevato rischio in provincia di Firenze e prime valutazioni in materia di mitigazione" (approv. 10/01/2013)  
(<http://www.provincia.fi.it/territorio/ptcp/>);
  - § Mappa delle Faglie Attive e dei Terremoti Storici  
(<http://mappe.provincia.fi.it/tolomeo/html/servizi/sismici/mappaSismici.html>)
- Comune di Barberino di Mugello
  - § Piano Strutturale Intercomunale Mugello (elaborati 09/2020, approvazione del Comune di Barberino di Mugello del 30/12/2020);
  - § Piano Strutturale Comunale (approvaz. 27/09/2007) - Cartografia geologica, geomorfologica, idrogeologica, carte di pericolosità, rischio sismico.  
(<http://www.comunebarberino.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/468>)  
(<http://maps.ldpgis.it/barberinomugello/?q=ru>)
  - § Regolamento urbanistico Comunale (aggiorn. 05-2017): Carta delle tutele.
- Comune di Firenzuola
  - § Piano Strutturale Intercomunale Mugello (elaborati 09/2020, approvazione del Comune di Barberino di Firenzuola del 29/01/2021);
  - § Piano Strutturale Comunale: cartografia geologica, geomorfologica, carte di pericolosità, carta dei contesti idraulici ed idrogeologici (1999)  
([http://www.comune.firenzuola.fi.it/opencms/opencms/MenuPrincipale/II\\_Comune/Statuto\\_e\\_r egolamenti/Regolamenti\\_Comunali/Pagina\\_4132.html?pagename=3482](http://www.comune.firenzuola.fi.it/opencms/opencms/MenuPrincipale/II_Comune/Statuto_e_r egolamenti/Regolamenti_Comunali/Pagina_4132.html?pagename=3482)).

Ed inoltre:

- Elementi relativi agli studi idrogeologici della Bretella di Firenzuola realizzati in anni passati;
- Fotogrammi aerei relativi a diversi anni e quote di volo (dati SPEA, Istituto Geografico Militare, CGR-BLOOM, Rossi-BS);
- Dati geognostici e prospezioni sismiche realizzati nel corso delle innumerevoli campagne di indagini svolte nel corso degli anni per la progettazione della Bretella di Firenzuola (Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello - Lotto 14 della Variante di Valico);

**Progetto Esecutivo**

- Misure piezo-inclinometriche registrate nel corso della progettazione per la Bretella di Firenzuola (Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello - Lotto 14 della Variante di Valico);
- Dati geognostici reperiti dalla Banca Dati della Regione Toscana;
- Indagini geognostiche relative al progetto di Viabilità 850 tra il Passo della Futa (Sasso di Castro) e Firenzuola (CAVET) reperite dal Comune di Firenzuola;
- Dati geognostici realizzati all'interno dell'Azienda Faunistico Venatoria Acqua Panna forniti dalla proprietà;
- Dati geognostici realizzati e forniti dalla proprietà "Camping Il Sergente".

## 1.2 FOTOINTERPRETAZIONE

L'area in esame è stata analizzata sotto il profilo geomorfologico, al fine di discriminare e riconoscere, oltre ai corpi di frana, anche l'insieme delle forme e dei fenomeni che possano descrivere l'evoluzione dei versanti nel loro complesso. Tale studio è stato condotto tramite l'osservazione stereoscopica dei fotogrammi aerei. Per il riconoscimento di tutte le forme e dei fenomeni presenti si è proceduto quindi ad una analisi stereoscopica dell'area utilizzando le coperture aeree a diversa scala relative agli anni 1963, 1994, 2002, 2006 e 2010. Le risultanze di questa analisi multitemporale, assieme alle verifiche in situ, sono descritte nel capitolo dedicato alle cartografie geomorfologiche.

Il quadro riepilogativo dei fotogrammi analizzati è riportato in tabella 1.

<b>FORNITORE</b>	<b>ANNO</b>	<b>STRISCIATA</b>	<b>FOTOGRAMMI</b>
ROSSI (BS)	2010	90	da 179 a 188
		91	da 158 a 161
SPEA/CGR	2006	1	da 1205 a 1219
		2	da 1190 a 1203
		3	da 1183 a 1189
SPEA/CGR	2002	2	da 1036 a 1039
		3	da 1030 a 1034
		5	da 1106 a 1108
		6	da 1069 a 1077
		8	da 1106 a 1109
		9	da 1055 a 1057
CGR-BLOOM	1994	3°	da 8016 a 8018
		3°	8120
		3B	8156
		3B	8158

**Progetto Esecutivo**

<b>FORNITORE</b>	<b>ANNO</b>	<b>STRISCIATA</b>	<b>FOTOGRAMMI</b>
IGM	1963	X	da 678 a 680
		XI	da 726 a 727

*Tab. 1 – Elenco dei fotogrammi per l'analisi delle foto aeree*

### **1.3 RILEVAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

Lo studio geologico – geomorfologico è stato sviluppato attraverso i seguenti momenti conoscitivi:

- § rilevamento geologico di dettaglio in scala 1:2.000 finalizzato alla ricostruzione delle successioni stratigrafiche, del loro assetto ed al riconoscimento degli elementi tettonici;
- § rilevamento geomorfologico di dettaglio in scala 1:2.000 volto a controllare ed integrare le informazioni ricavate dall'analisi delle foto aeree, relativamente ai processi di versante, delle acque ed ai depositi antropici.

Vista la scala di dettaglio richiesta dallo studio, per il rilievo in sito ci si è avvalsi di strumentazione GPS che ha contribuito ad un corretto posizionamento degli elementi riconosciuti. L'area è caratterizzata da scarsi affioramenti e da ampie coltri in frana, pertanto, per la ricostruzione delle cartografie e delle sezioni geologiche, sono risultate molto utili le indagini geognostiche specifiche eseguite per il presente progetto, oltre alle indagini geognostiche ed alle elaborazioni cartografiche effettuate in aree limitrofe nel corso di studi precedenti.

### **1.4 ANALISI DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI**

I dati di sottosuolo analizzati riguardano le stratigrafie delle numerose campagne geognostiche eseguite nel corso degli anni nell'ambito della progettazione della Bretella di Firenzuola (per le risultanze delle indagini geognostiche ricadenti nell'area di interesse si rimanda agli specifici elaborati allegati al presente progetto).

Nella fase di interpretazione stratigrafica sono stati attribuiti vari gradi di attendibilità ai dati esaminati; in particolare sono stati considerati più attendibili i sondaggi per i quali è stato possibile effettuare osservazione diretta delle cassette catalogatrici, il secondo livello di attendibilità è stato attribuito ai sondaggi di cui sono state reperite le stratigrafie corredate di documentazione fotografica, infine sono state considerate quelle perforazioni delle quali è risultata disponibile unicamente la stratigrafia.

### **1.5 ANALISI DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE**

Sono state acquisite le risultanze delle prospezioni geofisiche a oggi disponibili e realizzate in diverse fasi progettuali e per diverse finalità (per le risultanze delle indagini geofisiche si rimanda agli specifici elaborati allegati al presente progetto); le informazioni ricavate hanno integrato gli elementi conoscitivi utili alla ricostruzione dell'assetto geologico, geomorfologico e strutturale dell'area di intervento.

### **1.6 ANALISI DELLE MISURE STRUMENTALI**

Di fondamentale importanza al fine di definire il grado di attività dei movimenti franosi riconosciuti è risultato il monitoraggio della strumentazione inclinometrica installata nell'ambito di varie campagne di indagine, ed in particolare:

- Campagna IF (2003-2004): IF3bis;



---

**Progetto Esecutivo**

---

- Campagna IG (2005-2006): IG8bis, IG9, IG10, IG12, IG13, IG14, IG15;
- Campagna BF (2007): BF04, BF09, BF11, BF24bis, BF38, BF40;
- Campagna SD (2015): SD2 (25m), SD4bis (25m), SD6 (30m), SD19 (29m), SD20 (26m), SD21 (22m), SD21bis (25m), SD24bis (60m), SD25 (20m), SD26 (28m), SD27 (20m);
- Campagna SR (2018): SR1 (65m), SR2 (58,5m);
- Campagna SD (2019): SD2BIS (20m), SD4TER (17m), SD25TER (15m);
- Campagna integrative FN (2021): FN1(I) 30m, FN3(I) 30m, FN5 (I) 25m.

Sono state infine visionate alcune letture inclinometriche relative a:

- inclinometri PS-i1, PS-i2 e PS-i3 (derivati dal Piano Strutturale del Comune di Firenzuola e reperiti presso la Banca Dati Geologica della Regione Toscana);
- inclinometri SI1, SI2 ed SI5 (ubiccate in località Monte di Fò e di proprietà del "campeggio Il Sergente").

I dati delle letture inclinometriche a oggi disponibili sono raccolti negli specifici elaborati allegati al presente progetto.

Per quanto attiene il monitoraggio piezometrico, tutte le letture di falda a oggi disponibili sono raccolte nello specifico elaborato allegato al presente progetto.

## 2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei materiali presenti nel sottosuolo sono stati utilizzati dati provenienti da sondaggi geognostici o da geofisica; si è pertanto provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti, privati o indagini di progettazione pregresse) ricadenti all'interno dell'area in esame.

Tutte le informazioni utili recuperate sono state riportate nelle varie planimetrie in funzione della loro ubicazione plano-altimetrica e con simbologia differente in relazione alla tipologia di indagine. Per le risultanze finali (stratigrafie, foto casse, prove eseguite in foro e prove di laboratorio) si rimanda ai certificati di indagine geognostica allegati al presente progetto.

### 2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

I dati pregressi di sottosuolo analizzati riguardano le numerose campagne geognostiche e di prospezione geofisica eseguite in vari anni negli areali interessati dagli studi per la bretella di Firenzuola nell'ambito dell'adeguamento dell'attraversamento Appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello dell'Autostrada A1 (Lotto 14 della Variante di Valico). Sono state inoltre acquisite alcune indagini geognostiche presso il Comune di Firenzuola e presso altri Enti/soggetti. Nella fase di analisi dei dati geognostici si è attribuita una maggiore attendibilità ai sondaggi direttamente analizzati seguiti da quelli con stratigrafia corredata da documentazione fotografica rispetto alle perforazioni per le quali risultava disponibile unicamente il log stratigrafico.

Per quanto attiene alle indagini geofisiche si è fatto riferimento, come accennato, alle varie campagne di indagini pregresse, nelle quali sono stati utilizzati metodi sismici (rifrazione, riflessione) e metodi geoelettrici, talora interpretati mediante tecnica tomografica.

#### Indagini geognostiche di progettazione

- Campagna serie BF/89 (anno 1989)
- Campagna serie S (anno 1992)
- Campagna serie SY (anni 1999-2000)
- Campagna serie IS (anno 2002)
- Campagna serie IF e Campagna By-Pass di Traversa (anni 2003-2004)
- Campagna serie IG (anni 2005-2006)
- Campagna serie BF (anno 2007)

Si ricorda che in alcuni sondaggi pregressi (con particolare riferimento a perforazioni orizzontali) è stata individuata la presenza di acqua in pressione e di gas metano nei fluidi di perforazione.

#### Indagini geognostiche da raccolta bibliografica presso il Comune di Firenzuola

Sondaggi realizzati nell'ambito del progetto ferroviario T.A.V. (tratta Bologna-Firenze) per il Consorzio CAVET relativi alla viabilità "Strada 850 di collegamento S.S. Futa Sasso di Castro con S.P. Firenzuola – Passo della Futa", con particolare riferimento alle verticali T38, T39, T40, T41, T42.

#### Indagini geognostiche da raccolta bibliografica presso altri soggetti

- Sondaggi realizzati nell'ambito della ristrutturazione di edifici ricadenti nell'"Azienda Faunistico-venatoria Panna", con particolare riferimento alle verticali S1, S2, S3, S4 in località Casa di Caccia ed S1, S2, S3, S4 in località Pian d'Arca;
- Dalla Banca Dati Geologica della Regione Toscana sono state estratte tre stratigrafie relative a sondaggi attrezzati con piezometro (verticali PS-p1, PS-p2, PS-p3) e tre sondaggi a distruzione attrezzati con inclinometro (PS-i1, PS-i2, PS-i3) realizzati in località Selva. Questi dati derivano dal Piano Strutturale del Comune di Firenzuola; sono inoltre state reperite le Linee sismiche L1 e T2 (eseguite in località Selva, derivano dal Piano Strutturale del Comune di Firenzuola e sono presenti nella la Banca Dati Geologica della regione Toscana) e le Linee di sismica a rifrazione St14, St,15 ed St25 (derivano dal Progetto V.E.L. della Regione Toscana).
- Indagini zona Monte di Fò:
  - prova penetrometrica SCPT1-SCPT2 (1997)

**Progetto Esecutivo**

- sondaggio S1 (2003)
- sondaggio SD1 (2004)
- sondaggi eseguiti dalla Provincia di Firenze S1, S2, S3 (2004)
- sondaggi con installazione di inclinometri realizzati dalla proprietà "Camping Il Sergente" (SI1, SI2 ed SI5).

## 2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE 2015

Si tratta di sondaggi eseguiti con installazione di piezometri, inclinometri e tubi per geofisica in foro tipo DH:

- Sondaggi SD1, SD2, SD3/SD3bis, SD4/SD4bis, SD5/SD5bis, SD6, SD7, SD8(DH), SD9, SD10(DH), SD11/SD11bis(DH), SD17, SD18, SD18bis, SD19, SD20, SD21/SD21ter, SD21bis, SD22, SD23(DH), SD24/SD24bis, SD25/SD25bis, SD26, SD27/27bis.

Nei sondaggi indicati con (DH) è stata eseguita una prova geofisica in foro di tipo Down Hole.

La maggior parte dei sondaggi sopra menzionati sono stati realizzati anche con finalità ambientale, pertanto prelevando campioni entro 2m di profondità da sottoporre ad analisi chimica; campioni ambientali sono stati prelevati anche a profondità maggiore, ed inoltre sono stati realizzati n° 4 sondaggi specificatamente ambientali, della profondità di 2m, denominati CA28, CA29, CA30 e CA31.

Per la completa trattazione dei tematismi ambientali si rimanda agli specifici elaborati MAM.

## 2.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE MONITORAGGIO INTEGRATIVO 2018

Si tratta di sondaggi eseguiti con installazione di piezometri ed inclinometri ai fini di ulteriore monitoraggio della zona "Rimaggio" loc. La Selva:

- Sondaggi SR1(I), SR2(I), SR2BIS(P), SR2TER(P).

Nei sondaggi indicati con (I) è stata installata una tubazione inclinometrica, mentre nei sondaggi indicati con (P) è stata installata una strumentazione piezometrica (celle casagrande).

## 2.4 INDAGINI GEOGNOSTICHE 2019

Al fine di affinare ulteriormente il modello geologico-geotecnico dei terreni e del substrato attraversato dalla viabilità oggetto di intervento e di ripristinare alcuni inclinometri non più funzionali sono state realizzate le seguenti indagini:

- Sondaggi SD2BIS(I), SD4TER(I), SD17BIS(DH), SD24TER(DH), SD25TER(I).  
 (nei sondaggi indicati con (I) è stata installata una tubazione inclinometrica, mentre nei sondaggi indicati con (DH) è stata eseguita una prova geofisica in foro di tipo Down Hole);
- n° 6 stese sismiche a rifrazione in onde P ed in onde S, con elaborazione tomografica (totale 2135m Vp e 2135m Vs);
- n°18 prospezioni sismiche passive tipo HVSR;
- n°2 prospezioni sismiche in foro Down Hole (totale 91m).

## 2.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE MONITORAGGIO INTEGRATIVO 2021

Si tratta di sondaggi eseguiti con installazione di piezometri ed inclinometri ai fini di ulteriore monitoraggio della zona "Monte di Fò":

**Progetto Esecutivo**

---

- Sondaggi FN1(I), FN2(P), FN3(I), FN4 (P), FN5 (I), eseguiti a carotaggio continuo per una profondità massima di 30m, con realizzazione di prove spt.

Nei sondaggi indicati con (I) è stata installata una tubazione inclinometrica, mentre nei sondaggi indicati con (P) è stata installata una strumentazione piezometrica (tubo aperto).

Nella medesima campagna di indagini è stato inoltre eseguito un sondaggio in zona "Santa Lucia" ai fini della definizione del substrato attraversato:

- Sondaggio FN6 eseguito a carotaggio continuo per una profondità di 15m, con realizzazione di prove spt (non strumentato).

-----

Le indagini geognostiche espressamente concepite per le attività progettuali sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalle seguenti figure:

- § Geologo dell'ufficio geologia (GEO) per la componente geologica
- § Ingegnere dell'ufficio opere all'aperto (APE) per gli aspetti geotecnici
- § Ingegnere dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia
- § Ingegnere del monitoraggio ambientale (MAM) per quanto attiene alla caratterizzazione chimica e chimico-fisica delle acque e delle terre da scavo.

### 3 REDAZIONE ELABORATI CARTOGRAFICI

Sulla base dell'insieme dei dati raccolti, è stato ricostruito un aggiornato assetto geologico-geomorfologico dell'area di studio. Gli elementi acquisiti hanno portato alla compilazione di documenti di sintesi. In particolare sono state redatti i seguenti elaborati:

- planimetria geologica con sezioni geologiche in scala 1:2.000;
- planimetria geomorfologica in scala 1:2.000;
- carta dei movimenti franosi in scala 1:5.000;
- carta della pericolosità e del rischio (da Enti) in scala 1:5.000;
- carta delle pendenze in scala 1:5.000.

#### 3.1 CARTOGRAFIA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E DEI MOVIMENTI FRANOSI

Per quanto concerne la geologia, sono state riportate in carta le successioni stratigrafiche, distinguendo le aree in affioramento da quelle dove l'ammasso roccioso è invece sub-affiorante (ricoperto da modesti spessori di suolo o di detrito).

Dal punto di vista geostrutturale, oltre ai principali sovrascorrimenti ed ai piani di faglia, sono stati inoltre mappati anche i contatti tettonici cosiddetti indifferenziati, ovvero quei contatti in presenza dei quali i rapporti di sovrapposizione tra le formazioni risultano comunque coerenti con la serie stratigrafica.

E' stata inoltre riportata, con apposito simbolo, la faglia attiva segnalata dalla Provincia di Firenze sul portale WebGIS e sulla Mappa delle Faglie Attive e dei Terremoti Storici.

Per quanto attiene agli elementi strutturali ed al relativo assetto, è opportuno evidenziare come la loro ubicazione in planimetria ed in sezione possa, talora, presentare un certo grado di indeterminatezza, in ragione, principalmente, della frammentaria esposizione delle formazioni rocciose.

Nella planimetria geologica sono stati anche indicati:

- ∅ pozzi, sorgenti, opere di captazione (e relative fasce di rispetto con raggio 200m) derivate da studi precedenti relativi alla bretella di Firenzuola (Studio idrogeologico Acqua Panna), da banche dati regionali (B.D.S.R.I. Banca Dati Sottosuolo e Risorse Idriche della Regione Toscana) e da strumenti urbanistici comunali (RUC Barberino di Mugello e PSC Firenzuola) ed intercomunali (PSI Mugello);
- ∅ indagini geognostiche (escluse le indagini sismiche), con sovrassegno grafico indicante l'eventuale strumentazione divelta/non più funzionale a Febbraio 2021.

Gli elementi geologici e strutturali di maggior dettaglio sono stati inseriti nelle sezioni geologiche longitudinali e trasversali in scala 1:2.000: tali sezioni derivano dall'interpretazione della cartografia descritta, unitamente alla disamina delle risultanze delle indagini geognostiche. Tra i sondaggi proiettati nelle sezioni, quelli strumentati con piezometro hanno riportate le letture piezometriche di minima e massima soggiacenza della falda (m da p.c.) a tutt'oggi disponibili.

Per quanto concerne la planimetria geomorfologica, sono state riportate le forme ed i processi geomorfologici riferibili alle seguenti tre categorie principali:

- ∅ Forme e processi dovuti a gravità;
- ∅ Forme e processi dovuti allo scorrimento delle acque;
- ∅ Forme antropiche.

I processi gravitativi comprendono in primo luogo le frane, che sono state suddivise, in funzione del grado di attività, in forme attualmente in evoluzione ed in forme attualmente quiescenti e per le quali, ove possibile, sono state distinte le porzioni di corpo e di corona. Sono state inoltre cartografate le contropendenze, le scarpate morfologiche (attive ed inattive) e le frane di piccole dimensioni (non cartografabili alla scala del rilevamento). Sono stati infine indicati i soliflussi localizzati: i versanti interessati dalla loro presenza devono essere analizzati con cautela a causa della possibile evoluzione di tali fenomeni. Sono state indicate in carta anche le coltri di detrito di versante, in ragione di un loro possibile interessamento da parte di episodi di soliflusso.

Nelle planimetrie geologica e geomorfologica, sono state indicate come attive le frane con evoluzione stagionale o comunque le aree che, anche se attualmente non in movimento, mostrino un'evidente persistenza di forme e segnali di attività percepibili mediante l'analisi delle foto aeree nelle finestre temporali considerate. Sono stati indicati attivi anche quei depositi all'interno dei quali i tubi inclinometrici abbiano registrato movimenti. Diversamente, sono stati indicati come quiescenti quei depositi che attualmente non mostrano segnali di attività ma per i quali sussistono probabilità di riattivazione in quanto non sono venute meno le cause che ne possono determinare l'instabilità.

Si sottolinea comunque che su scala temporale più ampia o in presenza di fenomeni meteorici particolarmente intensi, di terremoti importanti o di interventi antropici a forte impatto non correttamente concepiti, le frane quiescenti qui considerate presentano una forte propensione alla riattivazione.

Si è scelto di rappresentare anche le frane che, all'analisi morfologica, mostrano la presenza di forme che possono essere considerate attive o quiescenti, così come riportato negli specifici elaborati redatti dagli Enti preposti al governo del territorio.

Per quanto attiene alle forme legate allo scorrimento delle acque sono stati riportati i seguenti elementi:

- orli di incisione fluviale;
- orli di scarpata fluviale;
- conoidi alluvionali;
- erosioni diffuse e concentrate;
- alvei in approfondimento;
- aree depresse con frequenti ristagni;
- aree con ristagni.

Sono inoltre indicate forme legate all'attività umana, come rilevati, riporti, aree di cava, orli di scarpata antropica. aree comunque antropizzate.

Nella cartografia geomorfologica sono state riportate anche le lesioni presenti su manufatti riscontrate nel corso di vari sopralluoghi - inizio 2015, fine 2019 e fine 2021 - unitamente alle depressioni individuate nel manto stradale a fine 2019.

Nella carta dei movimenti franosi sono stati inoltre inseriti i Permanent Scatterers presenti nel database "interferometrico radar" della Regione Toscana (Ottobre-Dicembre 2014 ÷ Gennaio 2021).

Da ultimo, si evidenzia che nella planimetria geologica, nella planimetria geomorfologica, nella carta dei movimenti franosi e nella carta delle pendenze viene riportato il limite della Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (D.G.P.V.) quiescente, così come indicato nella "Carta Geomorfologica" redatta a Settembre 2020 in scala 1:10.000 a supporto del Piano Strutturale Intercomunale Mugello (P.S.I.M.). In tale elaborato la D.G.P.V. viene così descritta:

*"[D.G.P.V.] coinvolge la dinamica complessiva di vaste aree di versante ed è riferibile a gruppi di frane quiescenti con caratteristiche plastiche talora obliterate dalle lavorazioni agricole, le cui fenomenologie franose rilevabili in superficie sono accomunabili ad una instabilità profonda di natura probabilmente plastica. Presenta un'evoluzione lenta ed è diffusa nelle aree con costituzione morfologica argillitico-lapidea".*

### 3.2 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA ENTI

E' stata redatta una "Carta della Pericolosità e del Rischio" in scala 1:5.000 che riporta il contenuto dei seguenti documenti ufficiali prodotti da diversi Enti preposti al governo del territorio:

- Ø Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico (PSAI) dell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po (ex AdB Reno) (aggiorn.31/01/2017, accesso web 11/03/2021). In particolare: a) Carta del rischio nel territorio del bacino montano (scala 1:25.000) per i Comuni di Barberino di Mugello e Firenzuola; b) Zonizzazioni Aree a Rischio perimetrate (schede 151 e 152 per il Comune di Firenzuola);
- Ø Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale (ex AdB Arno), scala 1:10.000, adozione 13/01/2020, accesso web 11/03/2021): Zonizzazione aree a diversa pericolosità da frana;
- Ø Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po (ex AdB Reno), direttiva alluvioni 2019 (aggiorn. 11/12/2019, accesso web 11/03/2021);
- Ø Piano sulla sicurezza geologica delle Strade Regionali (Regione Toscana e Provincia di Firenze) (dic. 2008, accesso web 11/03/2021): Carta geomorfologica con indicazione dei settori della viabilità ad elevata propensione al dissesto idrogeologico (zonizzazione aree a diversa pericolosità geologica);
- Ø Piano Strutturale Intercomunale Mugello PSIM (elaborati 09/2020, approvazione del Comune di Barberino di Mugello del 30/12/2020, approvazione del Comune di Firenzuola del 29/01/2021): Carta della pericolosità geologica.

Si sottolinea infine che, al fine di consentire una migliore leggibilità, dato il numero elevato degli elementi da rappresentare, si è scelto di suddividere ogni tavola dell'elaborato della "Carta della pericolosità e del rischio" in due riquadri sovrapposti che riportassero, per una stessa area, perimetrazioni diverse derivate dai vari Enti.

Si evidenzia infine come, rispetto ai limiti delle cartografie originali, possano talora essere presenti alcune lievi discrepanze con quanto rappresentato nel presente studio, inevitabilmente legate alle attività di georeferenziazione dei dati non vettoriali ed alle diverse scale e tipologie delle basi topografiche originali rispetto a quelle qui utilizzate.

### 3.3 CARTA DELLE PENDENZE

E' stata prodotta una Carta delle pendenze in scala 1:5.000 per un'area di circa 20 kmq a cavallo delle viabilità di progetto. Il dataset di partenza è stato il "DTM 10x10 metri" (licenza CC BY 3.0 IT) fornito dalla Regione Toscana, DG Governo del Territorio - Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale. Tramite elaborazione con software specifici si sono ricavate le classi di pendenza qui riportate in Fig.1.

Osservando l'elaborato, si evince in primo luogo come le pendenze comprese tra 0° e 15° caratterizzino i settori costituiti da formazioni a prevalenza argillitica (APA, AVC, SIL), in corrispondenza delle quali si rinvengono frequentemente estesi depositi di frana (attive e quiescenti) spesso coalescenti: in tale contesto, le zone più acclivi corrispondono per lo più a bordi di forre o di altre incisioni fluviali, a qualche coronamento di frana o a locali inclusi litologicamente più competenti. Diversamente, le aree con pendenze tra 15° e 60° ospitano prevalentemente formazioni francamente litoidi (AQR1, TCG1, MLL, PTF, OFI, MOV), che in alcuni casi sostengono acclività anche superiori.

Progetto Esecutivo

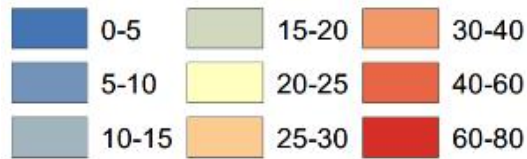


Fig. 1 - Classi di pendenza, espresse in gradi, presenti nella Carta delle Pendenze.

Sulla Carta delle pendenze sono stati riportati i limiti ed i coronamenti delle aree interessate da frana, distinte per grado di attività, i detriti di versante, i rilevati e le aree di cava.

Come già menzionato, nelle carte delle pendenze viene altresì riportato il limite della Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (D.G.P.V.) quiescente, così come indicato nella "Carta Geomorfologica" redatta a Settembre 2020 a supporto del Piano Strutturale Intercomunale Mugello (P.S.I.M.).



## 4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di intervento (Foto 1) si localizza nei Comuni di Barberino di Mugello e Firenzuola lungo la S.R. 65 "della Futa" – tra Montecatelli a sud e Selva a nord - e lungo la "Strada 850 Cavet – tra Selva a nord e il Torrente Santerno a sud.

L'area è morfologicamente distinguibile in due ben distinti settori, separati dallo spartiacque del crinale appenninico: il settore meridionale, situato nelle valli dei Torrenti Sorcella e Stura, affluenti del Fiume Sieve, si erge dall'abitato di Montecatelli (520 m s.l.m.) sino al Passo della Futa (903 m s.l.m.), mentre il settore settentrionale si sviluppa dal Passo della Futa sino alle località Traversa e Selva (ca. 850 m. ca) degradando successivamente sino al Torrente Santerno (480 m s.l.m.) di fronte all'abitato di Castro San Martino.

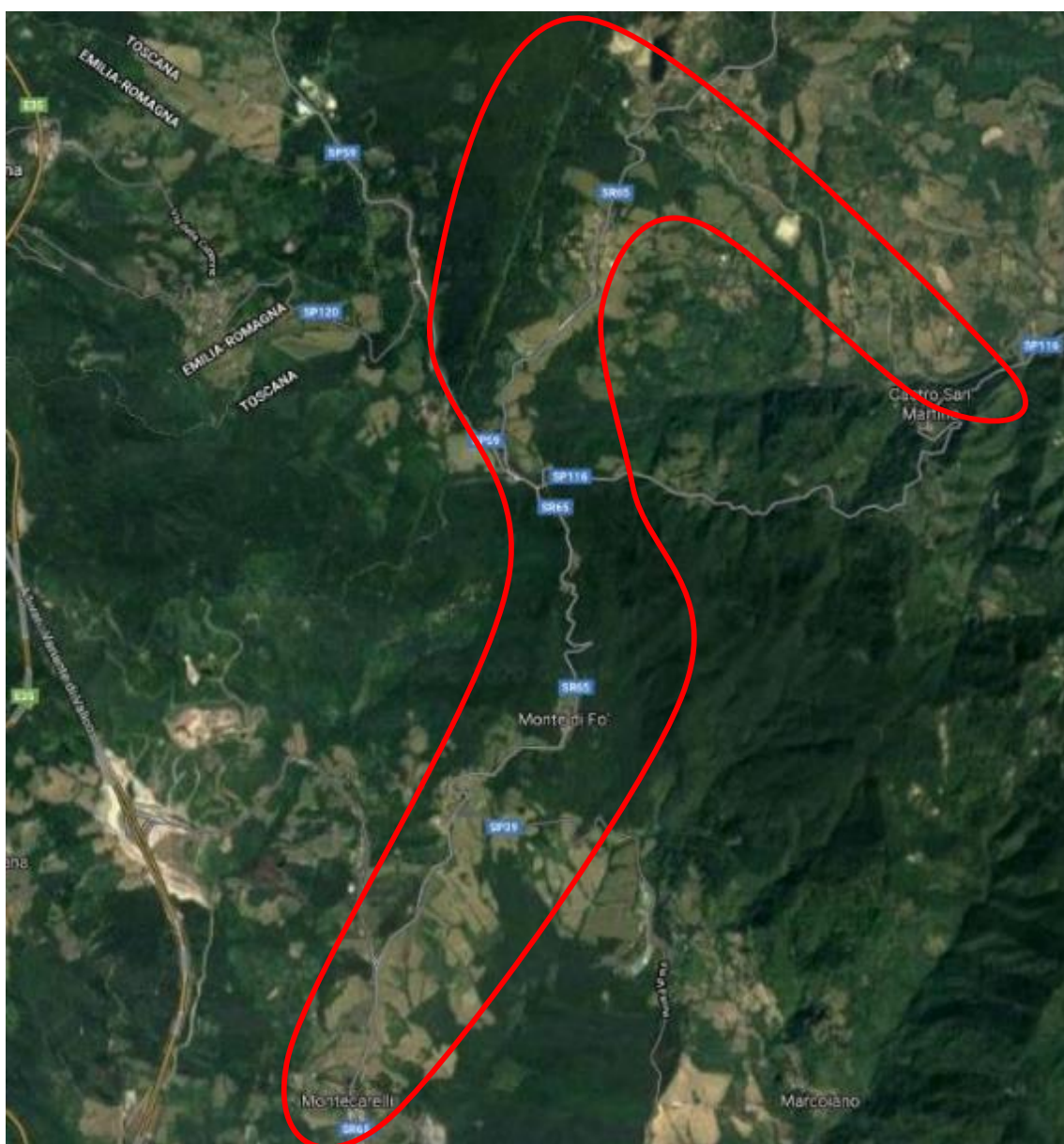


Foto 1 - Inquadramento geografico dell'area di interesse.

## 5 INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO

Relativamente al regime pluviometrico dell'area di intervento, in Fig. 2 si riportano i grafici delle precipitazioni cumulate e giornaliere (mm) relative al 2020 registrate presso la stazione Monte di Fò (sigla TOS01000916) della rete del Servizio Idrologico Regionale (SIR) della Regione Toscana.

Ancora per il 2020, in Fig. 3 sono invece esibiti i grafici delle temperature minime e massime giornaliere, sempre misurate presso la stazione Monte di Fò.

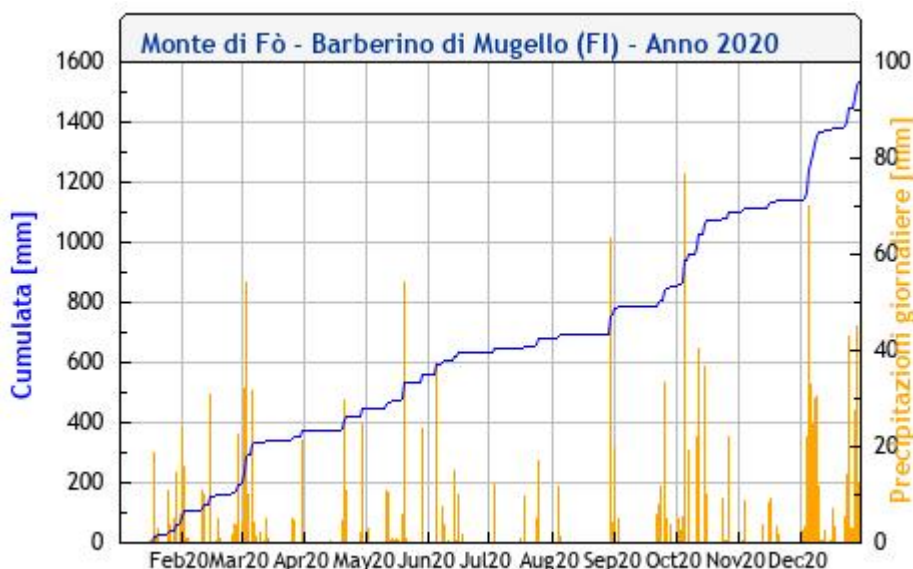


Fig. 2- Andamento delle precipitazioni annue cumulate Stazione Monte di Fò.

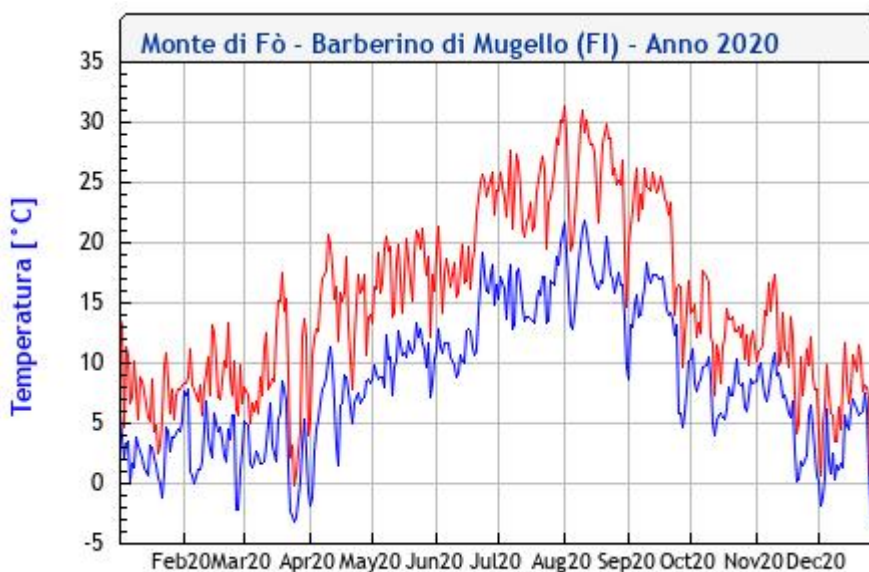


Fig. 3- Andamento delle temperature giornaliere Stazione Monte di Fò.

Progetto Esecutivo

Nella seguente Tab. 2, si riportano alcuni dati di sintesi per l'anno 2020 relativamente alla stazione considerata.

<i>Stazione</i>	<i>Coordinate Gauss-Boaga</i>	<i>Pioggia cumulata annuale [mm]</i>	<i>Totale giorni piovosi [n°]</i>	<i>Temperatura media dei massimi mensili [°]</i>	<i>Temperatura media dei minimi mensili [°]</i>	<i>Temperatura media annuale [°]</i>
Monte di Fò	E 1682652 N 4883263 q. 820m	1537,8	104	15	8,4	11,7

Tab. 2- Sintesi dati pluviometrici e termometrici anno 2020 stazione Monte di Fò.

## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE

L'area di studio si situa a cavallo del crinale principale appenninico che rappresenta un esteso spaccato della parte centrale dell'Appennino toscano - romagnolo.

L'Appennino settentrionale, in cui si inserisce il settore toscano - romagnolo, è costituito da una catena a falde caratterizzata dalla sovrapposizione di elementi paleogeografici più interni su elementi più esterni (i termini interno ed esterno si riferiscono alla polarità della deformazione orogenetica). Questo settore di catena è costituito da unità tettoniche riferibili ai domini ligure e toscano.

I movimenti tettonici che hanno portato alla formazione dell'orogene, benché continui nel tempo, possono essere distinti in alcuni periodi (fasi tettoniche), che hanno lasciato una impronta strutturale riconoscibile. Per questa porzione della catena le unità riconosciute si sono strutturate a partire dalla fase orogenetica mesoalpina (Eocene medio).

Le unità tettoniche sono definibili come corpi rocciosi delimitati da contatti meccanici che le separano le une dalle altre, inoltre ad unità diverse corrispondono anche differenti successioni stratigrafiche. Ripetizioni tettoniche della stessa successione stratigrafica danno invece origine a sotto-unità tettoniche.

Le unità tettoniche riconosciute nell'area indagata (fig. 4) sono riferibili ad elementi di importanza regionale, sui quali esiste un generale accordo tra i ricercatori.

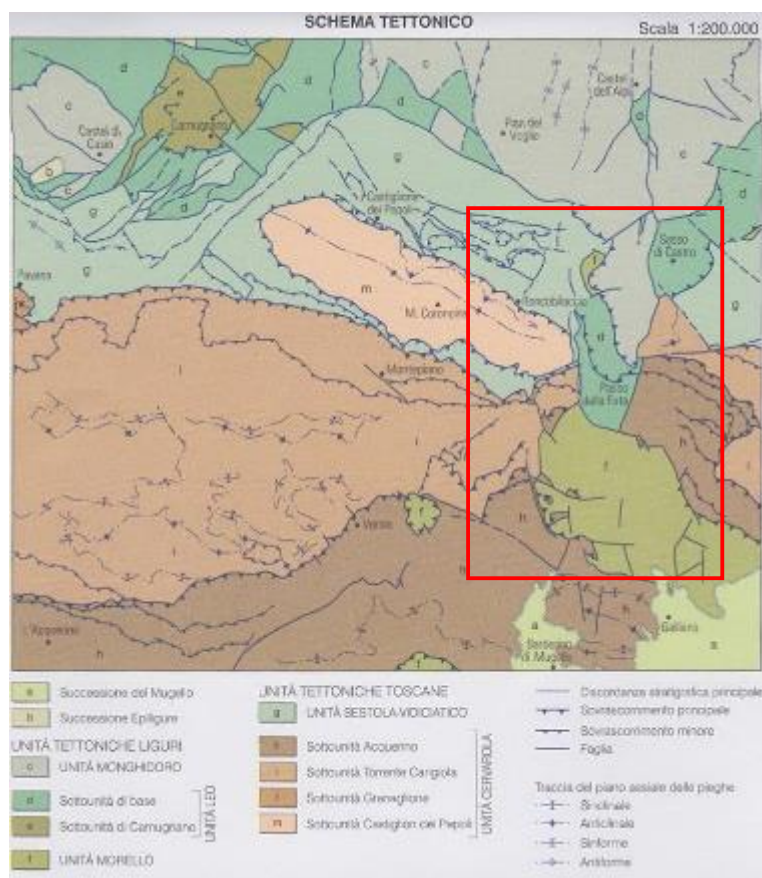


Fig. 4 – Schema strutturale del Foglio 252 Barberino di Mugello (Carta Geologica d'Italia – Servizio Geologico d'Italia - 2002) con indicazione del settore di studio

In particolare, considerando l'orogene dall'alto verso il basso, sono state riconosciute:

## UNITA' TETTONICHE LIGURI

- Unità Monghidoro, costituita dalle formazioni di Monte Venere e Monghidoro; si tratta di flysch del dominio ligure di età compresa tra il Campaniano superiore e il Paleocene; questa Unità corrisponde a parte della Successione della Val Rossenna Auctt. e generalmente costituisce l'Unità ligure più alta;
- Unità Leo, costituita dai "complessi di base" liguridi Auctt., in particolare dalle Argille a Palombini, a cui sono strettamente associati lembi ofiolitici; questa successione, ad eccezione dei corpi ofiolitici di età giurassica medio-superiore, copre un intervallo temporale compreso tra l'Aptiano e il Campaniano inferiore;
- Unità Morello, costituita dal flysch calcareo marnoso della Formazione di Monte Morello (Eocene inferiore-medio) e da successioni scistose con torbiditi arenacee, calcarenitiche e calcari delle formazioni di Sillano e Pietraforte (Cretaceo-Eocene inferiore).

Le Unità sopra menzionate sono regionalmente delimitate da superfici tettoniche con giacitura a basso angolo e si presentano sempre intensamente tettonizzate.

## UNITA' TETTONICHE TOSCANE

- Unità Sestola-Vidiciatico, costituita da una base ad affinità ligure e subligure di età cretaceo-paleocenica (Unità Argilloso-Calcareo) e da una parte superiore ad affinità epiligure o toscana (Brecce Argillose Poligeniche e Argille di Fiumalbo) di età compresa tra l'Eocene medio e il Miocene inferiore; sulla base delle litologie e delle età dei terreni più recenti e di correlazioni e considerazioni a scala regionale, questa Unità è interpretata come la più interna del dominio toscano; in quest'area non affiora la base geometrica; ove affiorante, questa Unità è in contatto tettonico sulle Arenarie del Monte Cervarola Auctt. (alto Appennino Bolognese) e sulla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (alta valle del Santerno).
- Unità Cervarola rappresenta l'unità più profonda di questo settore di catena in quanto sovrascorsa dall'Unità Sestola Vidiciatico e dalle Unità tettoniche Liguri. Successivi episodi deformativi della strutturazione appenninica hanno poi portato questa unità ad occupare una posizione sommitale con il sovrascorrimento dell'unità Cervarola sui terreni dell'Unità Sestola-Vidiciatico.

Al suo interno sono state distinte due sottounità:

Sottounità Acquerino e Sottounità Torrente Carigiola, costituite da una base di terreni marnosi emipelagici (marne varicolori di Villore) (Chattiano – Aquitaniano) e dalle successioni flyschoidi arenaceo pelitiche della formazione dell'Acquerino (Chattiano-Burdigaliano) e della formazione del Torrente Carigiola (Aquitaniano).

Gran parte dei termini affioranti a prevalenza argillitica, sia appartenenti alle unità liguri che alle unità toscane sopra descritte, a causa dell'intensa deformazione e della foliazione pervasiva, erano tradizionalmente definiti "Argille Scagliose" Auctt. e/o "Caotico indifferenziato".

Le fasi orogenetiche compressive responsabili dell'attuale impilamento delle falde sono iniziate, come accennato in precedenza, nell'Eocene medio (fase mesoalpina) e sono terminate nella parte alta del Pliocene inferiore. Successivamente, dal Pliocene medio, la deformazione è continuata con compressioni e distensioni e responsabili del sollevamento della catena, fino ad almeno gran parte del Pleistocene medio.

Le fasi orogenetiche più recenti hanno prodotto riattivazioni dei sovrascorrimenti, anche fuori sequenza, generando strutture prevalentemente fragili contraddistinte da piani subverticali, che talora si concentrano originando zone di faglia. L'orientamento delle strutture è sia parallelo all'asse della catena (direzione appenninica) che trasversale (direzione antiappenninica, variabile tra N-S e NE-SW); lungo tali lineamenti si osservano componenti di movimento sia verticali che orizzontali.

L'attuale "frequente" attività sismica indica inoltre che le deformazioni orogenetiche sono tuttora in corso. Si nota, per altro, che nel settore settentrionale dell'area in esame, lungo il massiccio ofiolitico del Sasso di

---

**Progetto Esecutivo**

---

Castro, è presente un allineamento tettonico Nord-Sud interpretato come faglia attiva nella “Mappa delle Faglie Attive e dei Terremoti Storici” della Provincia di Firenze.

## 7 STRATIGRAFIA

Nell'ambito del quadro strutturale esposto precedentemente, nell'area in esame è stata riconosciuta la seguente successione stratigrafica, descritta per unità tettoniche dall'alto verso il basso dell'orogene. La descrizione segue i normali criteri geologici e riporta eventuali particolari caratteristiche o comportamenti meccanici peculiari al fine di una adeguata ricostruzione del modello. Si rimanda alla specifica relazione geotecnica per quanto concerne la puntuale caratterizzazione meccanica dei materiali attraversati.

### 7.1 UNITÀ TETTONICHE LIGURI

#### 7.1.1 Unità Tettonica Monghidoro

##### Formazione di Monghidoro - MOH

Torbiditi arenaceo - pelitiche in strati da sottili a molto spessi, generalmente spessi, costituite da una base arenacea media o fine, a luoghi grossolana o microconglomeratica, grigia o bruna, che passa a pelite, spesso siltosa, grigio-scura. Il rapporto A/P è generalmente  $> 1$ . Localmente la componente siltosa può essere prevalente per qualche decina di metri. La cementazione della parte basale degli strati è localmente scarsa. Nella porzione inferiore della formazione aumenta la frazione carbonatica. Spessore generalmente di alcune centinaia di metri. Il limite inferiore è stratigrafico su MOV ma nell'area di studio risulta tettonizzato.

Età: Maastrichtiano superiore – Paleocene.

##### Formazione di Montevenere - MOV

Alternanza di torbiditi calcareo - marnose in strati da medi a molto spessi di colore biancastro o grigio-chiaro, con a tetto sottili intervalli argillosi grigio-scuro o nerastrati. Sono presenti anche subordinati pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche fini o medie grigio-brunastre con rapporto A/P generalmente  $> 1$ . Nell'area di studio, nei sondaggi che la hanno intercettata, si presenta spesso tettonizzata. Caratteristica peculiare della formazione è rappresentata dalla ritmicità della successione sedimentaria, sottolineata dalla presenza di megatorbiditi calcareo - marnose, che si susseguono ad intervalli più o meno regolari, separate fra loro da pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche e carbonatiche di minore spessore. Nella porzione inferiore dell'unità aumenta la frazione carbonatica. Lo spessore generalmente è di alcune centinaia di metri. Limite inferiore non preservato, nell'area di studio è tettonico su APA o AGA.

Età: Campaniano superiore - Maastrichtiano superiore.

#### 7.1.2 Unità Tettonica Leo

##### Argille a Palombini - APA

Argille ed argilliti fissili di colore per lo più grigio-scuro, talora verde o rosso-scuro con intercalate calcilutiti grigie, biancastre se alterate, spesso silicee, talora con una base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi. Il rapporto calcareo/argillite è  $\ll 1$ . Subordinatamente sono presenti torbiditi arenaceo-pelitiche, in strati molto sottili o sottili, di colore grigio-scuro. La formazione si presenta quasi sempre intensamente deformata con boudinage degli strati più competenti e presenza di resti di pieghe isoclinali a testimoniare la totale trasposizione della stratificazione primaria. Potenza geometrica fino ad alcune centinaia di metri. Limite inferiore non affiorante.

Età: Aptiano – Turoniano.

Si ritiene opportuno sottolineare l'estrema sensibilità all'acqua del materiale roccioso ascrivibile ad APA, infatti si è notato che le caratteristiche meccaniche delle argilliti sono soggette ad un rapido decadimento connesso alla presenza di acqua.

## Ofioliti

### Brecce Ofiolitiche – OFI

Lembi di basalti rosso scuri in *pillows* spesso brecciati (foto 2). Brecce di basalti con clasti eterometrici. Si trovano spesso inclusi in blocchi di varie dimensioni a SIL, APA ed AVC.

Età: Giurassico



Foto 2 – Particolare affioramento di OFI (loc. Santa Lucia)

### Basalti - OFI $\beta$

Basalti massicci di colore rosso scuro e grigio. Talora presenti inclusi di plagiograniti chiari. Costituiscono i materiali estratti nella cava di Sasso di Castro (foto 3a,b) presente nella parte settentrionale dell'area.

Età: Giurassico.

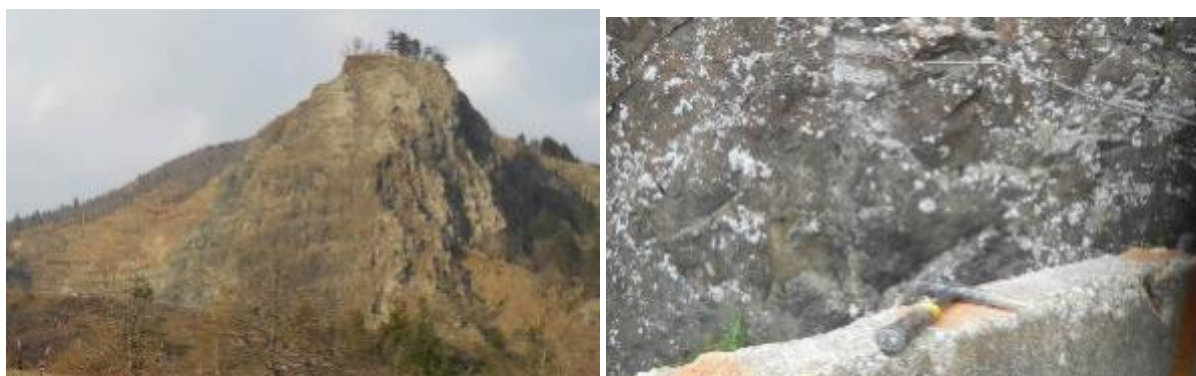


Foto 3a,b – Cava di basalto al Sasso di Castro, e particolare di affioramento di basalto massiccio



### 7.1.3 Unità Tettonica Morello

#### Formazione di Monte Morello MLL

Alternanza di calcari e calcari marnosi nocciola e grigio chiari da compatti a granulosi, talora con base calcarenitica, marne da avana a grigie e siltiti grigie talvolta scure (foto 4a,b). Localmente sono presenti calcilutiti e livelli di calcareniti, a grana fine o media, da sottili a medi, con impronte di fondo dovute a bioturbazione o ad impatto. I calcari e le marne mostrano un caratteristico colore biancastro all'alterazione. Possibile presenza di liste e livelli di selce scura. Il passaggio stratigrafico alla sottostante Formazione di Sillano non è stato riconosciuto in zona: il contatto con la Formazione di Sillano è di tipo tettonizzato nella tratta indagata. All'interno della formazione sono segnalati (area tipo di Monte Morello) spessori fino a decametrici di argilliti prevalenti, con calcareniti sottili e calcari subordinati.

Età: Eocene inf.-medio.



Foto 4a,b – Formazione di Monte Morello-MLL a) affioramento: nella parte alta si riconoscono i livelli calcarei e calcareo-marnosi, in basso le marne. b) aspetto di MLL in sondaggio (SD4bis). I colori più chiari caratterizzano i calcari e quelli lievemente più scuri le porzioni marnose.

#### Formazione di Sillano - SIL

Argilliti e siltiti fittamente clivate ad aspetto talora scaglioso, colore grigio nerastro; sono frequenti gli inclusi costituiti principalmente da calcari, calcari marnosi, marne e calcareniti (foto 5a,b); talora in sondaggio vengono riconosciuti livelli di brecce argillitiche. Frequentemente gli inclusi sono organizzati in strati, che però non mostrano continuità laterale tale da permettere di tracciarne con certezza dei limiti. In sondaggio le porzioni marnoso siltose sono frequentemente molto foliate con diffusissime patine lucide e con fissilità simile a quella delle argilliti.

Età: Cretaceo sup. – Eocene inf.

Si ritiene opportuno sottolineare l'estrema sensibilità all'acqua del materiale roccioso ascrivibile a SIL, infatti si è notato che le caratteristiche meccaniche delle argilliti sono soggette ad un rapido decadimento connesso alla presenza di acqua.



Foto 5a,b – Formazione di Sillano (SIL) – Sondaggio SD4. a) si riconoscono i livelli litoidi talora presenti nelle argilliti. b) particolare delle argilliti con clivaggio riconoscibile

### Pietraforte – PTF

Alternanze arenaceo pelitiche in strati gradati da medi a spessi e molto spessi con rapporto arenaria/pelite di solito >1. Granulometria media talora grossolana delle arenarie. Colore delle arenarie marrone-giallastro in affioramento e grigio al taglio fresco. La porzione pelitica è costituita da marne argillose e siltose, da compatte a foliate, talora argilliti di colore grigio-nerastro, come riconosciute in sondaggio in zone limitrofe. Questi terreni affiorano solo marginalmente nell'area di studio (zona Montecarelli) e sono stati attribuiti a questa formazione in analogia a quanto ipotizzato nel foglio geologico "Barberino di Mugello".

Età: Campaniano sup.- Maastrichtiano sup.

## 7.2 UNITÀ INCERTAE SEDIS

### Argilliti ed Arenarie AGA

Arenarie e calcareniti da grossolane a medie alternate ad argilliti con aspetto scaglioso di colore grigio – nerastro talora verdastro; localmente si intercalano livelli marnoso – siltosi. Sono state mappate nell'ambito degli studi svolti per la Bretella di Firenzuola dove questa unità è stata riconosciuta prevalentemente in sondaggio durante le campagne geognostiche pregresse. Nella campagna di indagine svolta nel 2015, una successione attribuibile ad AGA è presente nel sondaggio SD20 (foto 6) e nei sondaggi SD18 ed SD18bis. La

posizione stratigrafica sembra collocarsi tra le Argille a Palombini (Unità Tettoniche Liguri) e la formazione del Torrente Carigiola (Unità Tettoniche Toscane).

La prevalenza di argilliti ed arenarie e l'assenza di calcari non ne permettono l'attribuzione alle Argille a Palombini. In affioramento sono presenti solo alcuni brandelli che non definiscono in maniera esplicita la presenza di questa unità, infatti nell'area circostante il passo della Futa sono esposti unicamente esigui volumi rocciosi, per lo più costituiti dalla frazione arenacea dell'unità in questione, senza che sia possibile definirne i rapporti percentuali rispetto alla componente argillitica. Il rapporto A/P riscontrato in sondaggio varia da  $\leq 1$  a  $\ll 1$  anche se, come detto, non si può escludere che localmente possa subire un incremento della porzione arenacea.



Foto 6 – Sondaggio SD20 – Aspetto delle argilliti ed arenarie attribuite ad AGA

## 7.3 UNITÀ TETTONICHE TOSCANE

### 7.3.1 Unità Tettonica Sestola-Vidiciatico

L'unità Sestola – Vidiciatico, in accordo con le indicazioni delle pubblicazioni più recenti degli autori, viene inserita nell'ambito delle unità toscane, anche se tradizionalmente (Carta Geologica Foglio 98 "Vergato" scala 1:100.000) era mappata come "terreni caotici" (Argille Scagliose Aucct.). Nell'area esaminata vi affiorano sia i terreni dell'Unità Argilloso Calcarea (AVC) che il membro del Monte Sassolera della formazione (FIU1). Solamente in sondaggio è stato attraversato un substrato ascrivibile alla Formazione delle Arenarie di Suviana, pertanto quest'ultima è stata rappresentata solo in profilo geologico.

#### Arenarie di Suviana – SUV

Arenarie medie e grossolane in strati da medi a molto spessi, di colore grigiastro. Rapporto A/P  $> 1$ . Nel sondaggio SD24bis una parte delle arenarie estremamente fratturate ed alterate presenti sono state ipotizzate appartenere a questa formazione.

Età: Burdigaliano - Langhiano.

### Argille di Fiumalbo – membro del Monte Sassolera FIU1

Arenarie litiche da medie a grossolane in strati da medi a spessi e molto spessi. Di colore grigio verdastro (foto 7). Rapporto arenaria/pelite > e >> di 1 Potenza massima di qualche decina di metri.

Età: Priaboniano-Oligocene inf.



Foto 7 – Affioramento delle arenarie del membro di Monte Sassolera (FIU1) nei pressi della viabilità 850

### Unità Argilloso calcarea – AVC

Argilliti, talora marnose, fissili e di colore bluastro, verde, grigio o nerastro su superficie fresca, nocciola-giallastro se alterate, con intercalazioni strati gradati da medi a spessi di calcilutiti grigie (biancastre su superficie alterata), talvolta marnose; e sottili letti gradati di siltiti ed areniti grigie o marroni (foto 8).

Il rapporto argillite/calcare-arenaria è quasi ovunque >>1; la deformazione ha generato una marcata foliazione messa in evidenza dall'allineamento preferenziale dei frammenti di letti competenti (calcilutiti, siltiti, areniti) e da un clivaggio scaglioso penetrativo nelle peliti che sono spesso interessate da pieghe e vene di calcite. Le calcilutiti sono spesso budinate e solo raramente la stratificazione primaria è conservata. L'unità contiene degli inclusi ofiolitici. Potenza molto variabile, da alcune decine fino a qualche centinaio di metri. Limite inferiore non affiorante.

Età: Albiano – Eocene.

Si ritiene opportuno sottolineare l'estrema sensibilità all'acqua del materiale roccioso ascrivibile ad AVC, infatti si è notato che le caratteristiche meccaniche delle argilliti sono soggette ad un rapido decadimento connesso alla presenza di acqua.



Foto 8 – Affioramento di AVC in zona limitrofa a quella in studio. Nell'area in esame la formazione è ben riconosciuta in sondaggio ma risulta prevalentemente subaffiorante nelle aree rilevate.

### 7.3.2 Unità Tettonica Cervarola

Nell'area esaminata vi affiorano i terreni della Formazione del Torrente Carigiola (TCG1), il membro arenaceo-pelitico della Formazione dell'Acquerinio (AQR1) e delle Marne Varicolori di Villore (MVV). Solamente in sondaggio è stato attraversato un substrato ascrivibile alla Formazione di Castiglion dei Pepoli (CDP), pertanto quest'ultima è stata rappresentata solo in profilo geologico.

#### Formazione di Castiglion dei Pepoli – CDP

Arenarie a grana media, talora medio-fine, di colore grigio, in strati spessi. Rapporto A/P >1. Nel sondaggio SD24bis si presenta molto tettonizzata.

Età: Burdigaliano? - Langhiano.

#### Formazione del Torrente Carigiola –TCG1

Alternanze arenaceo pelitiche in strati gradati, le arenarie sono micacee medio grossolane, gli strati hanno spessore prevalentemente da medio a molto spesso e con banchi, colore grigio. La formazione presenta porzioni con strati arenacei spessi seguiti da abbondanti marne. Sono presenti porzioni con arenarie grossolane intercalate da strati decimetrici di arenarie fini e siltiti. Regionalmente la formazione è caratterizzata da una certa variabilità nei rapporti A/P. Nell'area in esame (foto 9) i rapporti riscontrati negli affioramenti ed in sondaggio mostrano una prevalenza della porzione fine pelitica rispetto a quella arenacea (A/P da < a <<1).  
 Età: Aquitaniano.



Foto 9 – Affioramento della formazione del Torrente Carigiola (TCG1), zona del Voltone. In questo affioramento il rapporto arenaria/pelite è circa 40/60.

#### Formazione dell'Acquerino – AQR1 (membro arenaceo-pelitico)

Alternanze arenaceo-pelitiche di colore grigio nocciola con vario rapporto arenarie/pelite, prevalentemente >1 (foto 10). Strati gradati da medi a molto spessi e banchi.

Età: Chattiano-Aquitano.



Foto 10 – Affioramento della formazione dell'Acquerino (AQR1) nei pressi del sondaggio SD19. Livelli e banchi prevalentemente arenacei.

### Marne Varicolore di Villore – MVV

Marne e marne argillose di colore variegato grigio chiaro, verdino talora rossastro fittamente foliate (foto 11). Rari livelli di arenaria fine e molto fine, di spessore da centimetrico a decimetrico talora senza continuità laterale. Il contatto stratigrafico inferiore non è affiorante in quanto la formazione risulta sempre troncata da sovrascorrimenti.

Età: Chattiano-Aquitano.



Foto 11 – Affioramento delle Marne Varicolori di Villore (MVV) nella zona del Voltone

## 7.4 DEPOSITI SUPERFICIALI

Si tratta di depositi continentali quaternari che ricoprono il substrato roccioso in maniera discontinua; i depositi superficiali rilevabili all'interno dell'area di studio sono suddivisibili in funzione delle loro caratteristiche morfologiche litologiche e tessiturali. Nella zona di studio sono presenti i depositi alluvionali, i depositi di frana, i depositi di versante ed i detriti di falda di seguito descritti.

### 7.4.1 Depositi alluvionali in evoluzione - b1 e terrazzati - b2

I depositi alluvionali sono sedimenti legati ai corsi d'acqua e pertanto sono contraddistinti da granulometria variabile e dipendente dall'energia del flusso idrico che ne ha determinato l'accumulo. Granulometricamente i depositi sono costituiti da ghiaie e ciottoli poligenici di forma arrotondata, immersi in matrice sabbiosa debolmente limosa. Nell'area sono presenti sia depositi alluvionali in evoluzione (all'interno del corso d'acqua) che depositi alluvionali terrazzati che si collocano a quote superiori all'attuale alveo del Torrente Santerno che li ha generati. I depositi alluvionali terrazzati sono indicati con numerazione progressiva dal più giovane al più vecchio. Questo sistema di numerazione è contrario alla prassi stratigrafica, ma agevola il rilevamento e limita le approssimazioni nelle correlazioni tra i vari terrazzi. Nell'area sono presenti depositi terrazzati di ordine b2. Età: Pleistocene - Olocene.

#### 7.4.2 Conoidi alluvionali

Depositi costituiti da ghiaie, clasti e blocchi con scarsa classazione granulometrica e locale grossolana stratificazione; si rileva la presenza di matrice per lo più sabbiosa o sabbioso-limosa, talora ossidata per alterazione.

#### 7.4.3 Depositi di frana attiva – a1 (A), quiescente – a2 (Q)

Si tratta di accumuli eterogenei di materiali non elaborati e non classati, messi in posto ad opera di scorrimenti e scivolamenti crolli o di colamenti in massa; dal punto di vista granulometrico si tratta di elementi lapidei di varie dimensioni immersi in abbondante matrice argilloso - limosa o limoso - sabbiosa.

Nelle planimetrie geologiche-geomorfologiche sono state indicate come attive a1 (A) le frane con evoluzione stagionale o comunque le aree che, anche se attualmente non in movimento, mostrassero all'analisi morfologica una evidente persistenza di forme e segnali di attività. Sono state indicate attive anche le frane per le quali fossero segnalati movimenti dalle risultanze delle letture inclinometriche. Sono state indicate come quiescenti a2 (Q) le frane che non mostrano segnali di attività ma per le quali sussistono probabilità di riattivazione perché le cause che le determinano non sono venute meno.

Si è scelto di rappresentare anche le frane che, all'analisi morfologica, mostrano la presenza di forme che possono essere considerate attive a1\* (A\*) o quiescenti a2\* (Q\*) così come riportato nella cartografia redatta dagli Enti preposti al governo del territorio.

#### 7.4.4 Depositi di versante - a3

Accumuli eterogenei di materiali eterometrici ed eterogenei in matrice argilloso-limoso-siltosa presenti sui versanti. In carta e sezione questi depositi sono stati indicati quando rilevati in sito e/o quando intercettati dai sondaggi per spessori significativi (>5m). Non si esclude che possano essere presenti coltri di alterazione e detrito di spessori plurimetrici anche in altre zone interferenti con il tracciato.

#### 7.4.5 Detrito di falda – a6

Depositi di materiale clastico caratterizzato dalla diffusa presenza di blocchi in matrice limoso argillosa o sabbiosa, sono presenti alla base delle scarpate più acclivi (detrito di falda) in zona Sasso di Castro.



## 8 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

L'area di studio si situa nella zona del Passo della Futa, che costituisce lo spartiacque tra due bacini idrografici. I versanti oggetto di indagine sono pertanto distinguibili in due settori, uno a sud, nel tratto compreso tra i Torrenti Sorcella, ad est, e Torrente Stura, ad ovest, ed uno a nord, ricadente nel bacino del Torrente Santerno e dei suoi affluenti. Le quote variano da 400 metri circa a 903 metri s.l.m. nel settore meridionale e da circa 500 m a 1200 metri s.l.m. nella parte settentrionale. Vengono di seguito descritti i fenomeni e le forme che interessano l'area di studio rappresentate nelle allegate cartografie (Planimetria geomorfologica in scala 1:2.000 e Carta dei movimenti franosi in scala 1:5.000).

Fermo restando la presenza di tutti gli elementi (forme e processi) mappati nella cartografia geomorfologica sopra ricordata, vengono di seguito analizzate le forme ed i processi caratterizzanti l'area di studio in termini di diffusione areale e criticità. Un elemento geomorfologico di primaria importanza è rappresentato sicuramente dalle frane, che interessano diffusamente l'area di studio. Le tipologie più frequenti sono rappresentate da scivolamenti e da colamenti, mentre le frane di crollo risultano meno diffuse. Il grado di attività è stato valutato attraverso lo studio di foto aeree di varie finestre temporali e dall'attività di rilevamento e controllo in sito. Come accennato in precedenza, come "frana attiva" si indicano non solo i dissesti con evoluzione stagionale ma anche le aree che, analizzate su più anni, mostrano un'evidente persistenza di segnali di attività: questi ultimi, in alcuni casi, possono venire obliterati dalle lavorazioni agricole.

Ampie e numerose sono anche le frane quiescenti, intendendo con questo termine le frane che non mostrano segnali di attività attuali ma per le quali sussistono probabilità di riattivazione in quanto non sono venute meno le cause che ne possono determinare l'instabilità: infatti, considerando una scala temporale più ampia o in presenza di fenomeni meteorici particolarmente intensi, di terremoti importanti o di interventi antropici a forte impatto non correttamente concepiti, le frane quiescenti qui considerate possono manifestare una spiccata propensione al dissesto.

Va inoltre precisato che le litologie a prevalenza argillitica, le loro coltri di alterazione ed i depositi sciolti con presenza di matrice argillosa o argilloso-siltosa sono frequentemente interessati da difficoltà di drenaggio e, soprattutto sui versanti con blanda pendenza o nelle zone con contropendenze, sono spesso sede di ristagni idrici: tale circostanza può favorire l'attivazione o l'accelerazione di movimenti franosi sia di coltre che più profondi.

Sono inoltre diffusi i fenomeni di soliflusso che si impostano sia su frane quiescenti che su formazioni subaffioranti: le aree interessate da questi fenomeni devono essere trattate con particolare attenzione, a causa della possibile evoluzione dei cinematismi, condizione che rendono tali dissesti del tutto equiparabili alle frane superficiali.

I fossi in erosione possono concorrere all'attivazione o all'accelerazione di dissesti, mentre i cigli acclivi dei torrenti (forre) e le scarpate attive favoriscono l'instaurarsi di fenomeni franosi. Si sottolinea inoltre come il regime torrentizio - che caratterizza tutti i corsi d'acqua presenti nell'area di interesse - possa determinare, in concomitanza di importanti eventi piovosi, un'accelerazione dei fenomeni erosivi e di dissesto lungo le sponde degli stessi corsi d'acqua.

### Settore Montecarelli – Passo della Futa

Questo settore è caratterizzato, nella parte sud, da una prevalenza di litologie argillitiche (SIL) - con subordinati lembi di ofioliti (OF1, calcari marnosi (MLL) e arenarie (PTF) - mentre nella parte nord è principalmente interessato da termini arenaceo-pelitici (AQR1, TCG1), con rispettive morfologie passanti da dolci a basso angolo ad aspre piuttosto acclivi. Numerosi dissesti interessano tutta l'area, con caratteristiche dei movimenti per lo più riconducibili a fenomeni di scivolamento e colamento, solo in subordine di crollo.

In generale i movimenti sono piuttosto lenti anche se accelerazioni sono possibili soprattutto in concomitanza di fattori eccezionali, quali eventi meteorici particolarmente intensi, importanti eventi sismici, attività antropica a forte impatto mal concepita.

Nell'area sono inoltre presenti contropendenze, diffusi soliflussi - sia su frane quiescenti che su terreni subaffioranti - e zone con cattivo drenaggio e ristagni idrici.

Nel settore dove affiorano le Unità Tettoniche Toscane (AQR1 e TCG1) si rinvencono altresì scarpate attive i cui cigli sono talora interessati da fenomeni di dissesto non cartografabili (zona Monte di Fò).

Settore Passo della Futa – Torrente Santerno

Dal Passo della Futa sino al fondovalle del Torrente Santerno sono presenti terreni appartenenti alle Unità Tettoniche Liguri e Toscane sia a prevalenza argillitica (APA, AVC), che calcareo/arenacea (MOV e MOH, TCG1 e CDP) ed ofiolitica. I versanti sono interessati da ampi dissesti prevalentemente quiescenti, talora coalescenti, probabilmente imputabili a movimenti complessi. Il tratto di versante compreso tra Traversa e Selva è caratterizzato dalla presenza di frane quiescenti ed attive: queste ultime sono di varia dimensione, passando da piccoli dissesti siti all'interno di depositi quiescenti, a forme particolarmente estese. Nei pressi della viabilità oggetto di intervento, in particolare lungo il tracciato della "Strada 850 Cavet", i contestuali ampi depositi di frana attiva sono probabilmente in parte formati dal succedersi di una serie di dissesti di minore entità tra loro coalescenti, come deducibile dal susseguirsi di numerose nicchie di distacco. Gli spessori di queste frane sono da ritenersi estremamente variabili, anche se va tenuto presente come un pregresso monitoraggio inclinometrico eseguito nell'area mise in luce la presenza di deformazioni attive a profondità anche superiori a 60 m: questo all'interno di un importante corpo di frana, che è stato riportato nella Carta dei Movimenti Franosi nella zona dei sondaggi IG8 ed IG8bis, in località Pian di Guidoni.

Molto frequenti sono qui anche le contropendenze e le zone di ristagno idrico.

Sono altresì molto diffusi i fenomeni di soliflusso, aventi le caratteristiche più volte menzionate in precedenza.

Sono inoltre presenti incisioni di fossi e torrenti con orli di scarpata molto acclivi: l'azione di scalzamento operata dalle acque incanalate può favorire l'instaurarsi o l'evolversi dei dissesti.

Si precisa infine che:

- Nel settore del rilievo di Sasso di Castro è presente un'ampia falda di detrito ai piedi dell'ammasso ofiolitico ed interessante sia la viabilità della Futa che l'abitato di Selva. Tale corpo detritico è stato distinto in quiescente ed attivo con significato analogo a quello utilizzato per le frane. Le scarpate attive poste più a monte sono da considerarsi sede di possibili distacchi di blocchi rocciosi e tutta l'area va quindi trattata con particolare attenzione.
- Lungo la "Strada 850 Cavet" si rileva la presenza di due significative aree di deposito antropico (in località "La Fossaccia"):
  - Ø L'area più a nord è stata utilizzata nel recente passato come area di deposito temporaneo del materiale di "smarino" proveniente dallo scavo di alcune gallerie ed è già stato oggetto di rimodellamento ambientale;
  - Ø L'area più a sud è tuttora oggetto di attività di deposito/estrazione, all'origine di repentini cambi morfologici.

## 9 INTERFEROMETRIA RADAR

Relativamente ai fenomeni di deformazione del suolo, è stata consultata la banca dati della Regione Toscana costruita appositamente per l'interferometria SAR (Synthetic Aperture Radar) satellitare e resa fruibile attraverso il Geoportale pubblico del Consorzio LaMMA.

### 9.1 INTRODUZIONE

I sistemi radar (acronimo di radio detecting and ranging) satellitari sono sensori di tipo attivo, ossia inviano un segnale che viene riflesso dalla superficie terrestre e ricevuto dal sensore. Rispetto ai più noti sistemi ottici operano con continuità, potendo acquisire dati sia in presenza di copertura nuvolosa sia di notte.

Il principio di funzionamento è il medesimo per tutti i sistemi radar: un apparecchio trasmittente illumina lo spazio circostante con un'onda elettromagnetica (con determinata lunghezza d'onda e frequenza) che incide su eventuali oggetti subendo un fenomeno di riflessione disordinata (diffusione, scattering). Una parte del campo diffuso torna verso la stazione trasmittente, equipaggiata anche per la ricezione; così possono essere misurate le sue caratteristiche. Il dispositivo è in grado di individuare il bersaglio elettromagnetico (detection) e, misurando lo sfasamento tra il segnale emesso e quello ricevuto, riesce a valutare la distanza (ranging) a cui il bersaglio è posizionato, localizzandolo in modo preciso lungo la direzione di puntamento dell'antenna (direzione di range). La direttività dell'antenna utilizzata per trasmettere e ricevere il segnale radar, e cioè la selettività nell'illuminazione dello spazio circostante, consente di localizzare l'oggetto anche lungo l'altra dimensione (detta di azimuth, ovvero la direzione parallela all'orbita del satellite).

Le immagini radar contengono due tipi di informazione: la fase, indice della distanza sensore bersaglio e l'ampiezza, ossia l'ampiezza del segnale riflesso dal terreno. Ogni cella di un'immagine contiene entrambe le informazioni. L'ampiezza individua la parte di campo elettromagnetico incidente riflessa verso il sensore e può essere utilizzata per valutare il cambiamento delle superfici nel tempo (ad esempio la variazione di umidità nei terreni agricoli). La fase rappresenta l'informazione più importante ai fini delle applicazioni interferometriche e viene utilizzata per ricavare, attraverso algoritmi specifici, gli spostamenti del terreno.

Il dataset utilizzato per le analisi è quello ottenuto elaborando immagini acquisite dalla costellazione di satelliti Sentinel-1 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), tramite la tecnica multi-interferometrica PSInSAR SqueeSAR (Permanent Scatterers Interferometric Aperture Radar); la tecnica SqueeSAR (Ferretti et al., 2011) rappresenta l'evoluzione della tecnica PSInSAR (Ferretti et al., 2001; Colesanti et al., 2003), sviluppata e brevettata nel 1999 dal Politecnico di Milano e concessa in licenza esclusiva nel 2000 a Tele-Rilevamento Europa (TRE) S.r.l., spinoff del Politecnico.

Visto che l'interferometria satellitare si basa sulla misura delle variazioni di fase tra due acquisizioni del satellite nello stesso punto; in figura 5 viene illustrato in maniera schematica questo principio. Il satellite passa su di un punto acquisendo un segnale la cui fase è dipendente dalla distanza sensore-bersaglio in quel dato momento. In caso di movimento del terreno (nell'esempio un abbassamento tettonico) la distanza sensore bersaglio aumenta e di conseguenza la fase subisce una variazione misurabile. Questo tipo di elaborazione viene comunemente chiamata interferometria differenziale (acronimo DInSAR). L'obiettivo della tecnica interferometrica differenziale è quello di isolare gli effettivi contributi di fase dovuti al movimento del bersaglio e non imputabili a disturbi atmosferici o rumore, ovvero di stimare accuratamente la differenza di fase ( $\Delta\phi$ ) dell'onda elettromagnetica trasmessa in due successive acquisizioni e retrodiffusa dal bersaglio a terra. Il prodotto dell'elaborazione viene chiamato interferogramma.

Progetto Esecutivo

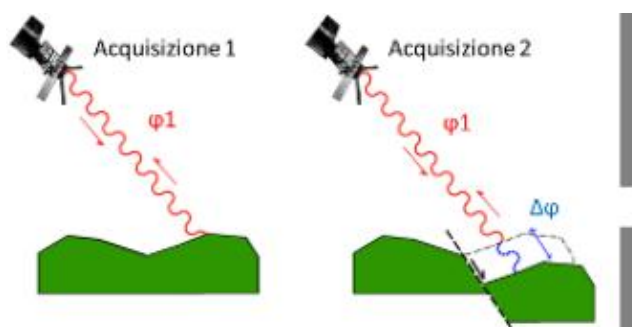


Fig. 5 – Principio base dell'interferometria. A sinistra la prima acquisizione nella quale viene misurata la distanza tra il punto a terra e il sensore (fase  $\phi_1$ ). A destra la variazione della distanza sensore-bersaglio a causa di un terremoto; la fase è pari a  $\phi_1 + \Delta\phi$

Lo sviluppo, a partire dai primi anni 2000, delle tecniche multi-interferometriche ha permesso di superare i limiti intrinseci dell'interferometria differenziale, poiché consentono di contenere i fenomeni di decorrelazione temporale e geometrica e stimare i contributi di fase legati ai cambiamenti subiti dall'atmosfera tra le diverse acquisizioni.

Le tecniche multi-interferometriche si basano sulla definizione in ogni immagine radar dei cosiddetti riflettori permanenti (Permanent Scatterers, PS), elementi già presenti al suolo che mantengono la stessa "firma elettromagnetica" in tutte le immagini al variare della geometria di acquisizione e delle condizioni climatiche, preservando quindi l'informazione di fase nel tempo. Questi punti, essendo praticamente immuni da effetti decorrelazione temporale e spaziale, consentono di seguire gli spostamenti intercorsi tra multiple immagini radar.

I PS corrispondono generalmente ad elementi quali strutture di origine antropica (edifici, monumenti, strade, linee ferroviarie, antenne, tralicci, elementi metallici, etc.), oppure elementi naturali (affioramenti rocciosi, accumuli di detrito): ovvero a tutti quegli elementi già presenti al suolo, le cui caratteristiche elettromagnetiche non variano sensibilmente al variare della geometria di acquisizione e delle condizioni climatiche e atmosferiche.

In figura 6 è schematizzato il principio di funzionamento della tecnica interferometrica, basato sulla misura di variazione di distanze satellite-bersaglio a terra.

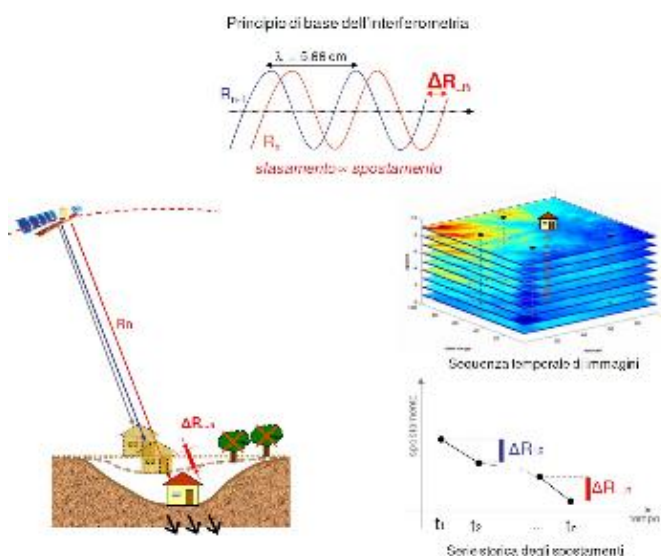


Fig. 6 - Principio di funzionamento della tecnica interferometrica, basato sulla misura di variazione di distanze satellite-bersaglio a terra.

Nel 2011 è stato sviluppato l'algoritmo PSInSAR di seconda generazione, SqueeSAR, il quale rappresenta la tecnica InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) che è in grado di estrarre informazione di movimento in aree dove altre tecniche non sono ancora in grado di farlo, e con la più alta densità possibile di punti di misura, aumentando la comprensione generale dei movimenti relativi ad un'area di interesse. La tecnica SqueeSAR (figura 7) consente il monitoraggio non solo delle aree urbane ma anche di quelle extra-urbane, dove la densità delle misure PS può talvolta risultare non soddisfacente. L'innovazione consiste nell'aver individuato una nuova famiglia di "bersagli" monitorabili da satellite, i cosiddetti Distributed Scatterers o DS, che si vanno ad aggiungere ai PS: sono DS le aree detritiche, i campi non coltivati, le aree desertiche non sabbiose.

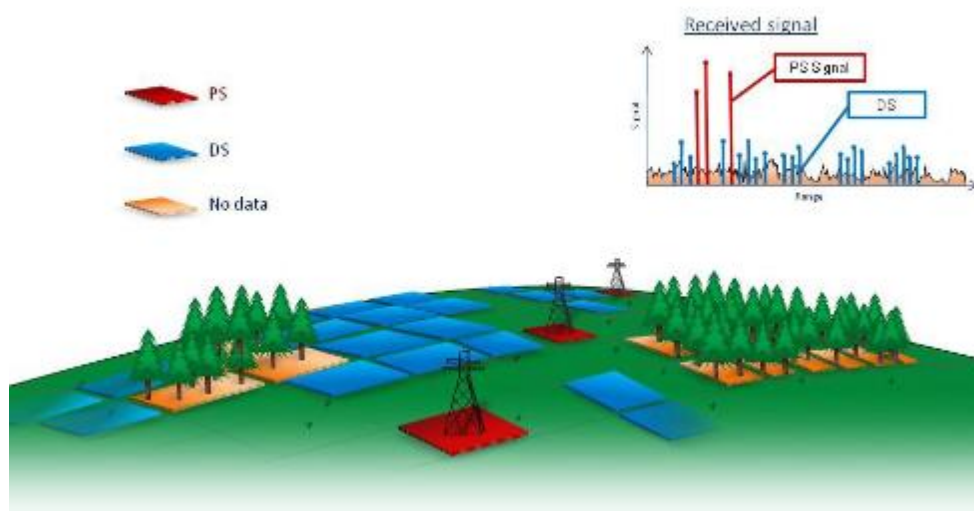


Fig. 7 - DS (Distributed Scatterer) e PS (Permanent Scatterer).

Per ogni singolo bersaglio (PS o DS) si ricavano la posizione (le sue coordinate geografiche: latitudine, longitudine, quota), il trend medio di deformazione (calcolato in mm/anno come l'interpolazione lineare dello spostamento misurato nell'intero periodo di monitoraggio) e l'intera serie temporale degli spostamenti, fornendo un valore di spostamento per ognuna delle acquisizioni disponibili. Tutte le misure sono sempre calcolate lungo la congiungente sensore-bersaglio (linea di vista del sensore, LOS), che è inclinata rispetto alla verticale di un angolo ( $\theta$ ) che varia secondo il satellite utilizzato. Inoltre, tutte le misure sono di tipo differenziale, ottenute dopo avere determinato uno o più punti di riferimento a terra (reference points), di coordinate note e supposti fermi (su basi geologiche oppure indicati come tali ad esempio da misure GPS o di livellazione ottica). Inoltre, tutte le informazioni di movimento fornite dai PS sono relative e non assolute, cioè sono riferite temporalmente alla data di acquisizione della immagine master, usata come misura "zero" (es.: prima acquisizione disponibile nell'arco temporale analizzato)

La particolare combinazione tra il moto del satellite che orbita intorno alla Terra e il movimento di rotazione della Terra stessa, permette al sensore di rilevare la stessa area geografica secondo due differenti geometrie (figura 8):

- in modalità ascendente, quando il satellite percorre l'orbita da S verso N, e illumina l'area da O verso E;
- in modalità discendente, quando il satellite percorre l'orbita da N verso S, e illumina l'area da E verso O.

Come conseguenza delle diverse geometrie di acquisizione si possono registrare deformazioni di segno opposto (positive oppure negative). Per convenzione si hanno segni positivi per spostamenti in avvicinamento lungo la congiungente sensore-bersaglio e segni negativi per allontanamenti rispetto al sensore. Un moto con

componente prevalentemente verticale come la subsidenza determina velocità di deformazione simili in entrambe le geometrie sia come intensità che come segno (i.e., in allontanamento rispetto al satellite in entrambe le geometrie). Ugualmente, un fenomeno di sollevamento determina velocità di deformazione simili sia come intensità che come segno (anche se in questo caso si avrà un avvicinamento in entrambe le geometrie). Al contrario, un moto con componente orizzontale non trascurabile (come una frana) determina velocità di deformazioni diverse nelle due geometrie, sia come intensità che come segno: in una geometria si hanno velocità negative (ovvero il sensore registra un allontanamento), nell'altra si hanno velocità positive (ovvero il sensore registra un avvicinamento).

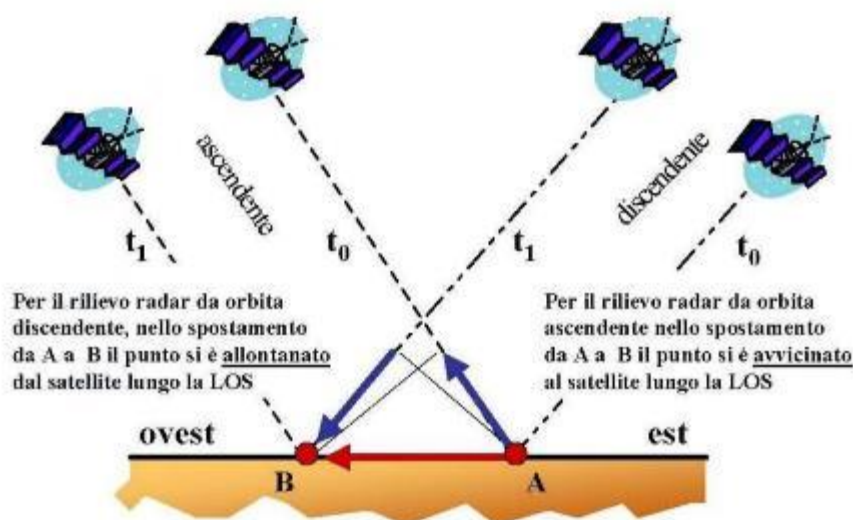


Fig. 8 - Scomposizione del moto nelle direzioni verticale e orizzontale (indicate in verde), risultata dalla combinazione delle misure in geometria ascendente e discendente.

Il suddetto sistema sfrutta la possibilità di elaborare un lungo archivio storico di immagini radar (dal 1992 ad oggi, grazie agli archivi ESA), che permette di condurre delle analisi storiche, vale a dire delle indagini a ritroso nel passato, di fondamentale importanza per comprendere l'evoluzione di fenomeni di deformazione del suolo già avvenuti, consentendo di recuperare informazioni altrimenti non reperibili con le tradizionali tecniche di monitoraggio basate a terra.

Il lancio del satellite Sentinel-1A dell'ESA nell'aprile 2014 ha permesso un flusso continuo di dati radar satellitari acquisiti con regolarità, ogni 12 giorni, su vaste aree del pianeta. Questo intervallo temporale si è accorciato a 6 giorni da quando anche i dati di Sentinel1B, lanciato il 25 aprile 2016, sono disponibili.

## 9.2 GEOPORTALE REGIONE TOSCANA

I dati interferometrici del geoportale Regione Toscana vengono forniti come shapefile puntuale e visualizzati in maniera interattiva all'interno del portale. I dati PS vengono visualizzati utilizzando una specifica scala colori la quale potrà essere riprodotta dall'utente attraverso un file di vestizione consegnato congiuntamente ai dati puntuali. La scala colori è mostrata in figura 9. I punti di misura sono classificati secondo la velocità media annua di deformazione (espressa in mm/anno) secondo tale convenzione:

- il colore verde corrisponde a quei punti la cui velocità di deformazione è molto bassa, compresa tra -2,0 e +2,0 mm/anno, ovvero all'interno dell'intervallo di sensibilità della tecnica interferometrica e definito sulla base della deviazione standard dei dati utilizzati;

Progetto Esecutivo

- con i colori da giallo a rosso sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione negativa, che corrisponde a movimenti in allontanamento dal satellite lungo la linea di vista sensore-bersaglio;
- con i colori da azzurro a blu sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione positiva, che corrisponde a movimenti in avvicinamento al satellite lungo la linea di vista sensore-bersaglio.

- vel [mm/yr] < -20
- -19.9 <= vel [mm/yr] < -10.0
- -9.9 <= vel [mm/yr] < -5.0
- -4.9 <= vel [mm/yr] < -2.0
- -1.9 <= vel [mm/yr] < 2.0
- 2.1 <= vel [mm/yr] < 5.0
- 5.1 <= vel [mm/yr] < 10.0
- 10.1 <= vel [mm/yr] <= 20.0
- vel [mm/yr] >= 20.1

Fig. 9 – Scala colori standardizzata per tutti i prodotti interferometrici visualizzati nel geoportale.

I dati sono disponibili in entrambe le orbite di acquisizione del satellite Sentinel-1, ascendente (da Sud a Nord) e discendente (da Nord a Sud). Ogni punto PS sul geoportale è interrogabile dall'utente. La tabella degli attributi associata ad ogni punto contiene diverse informazioni utili al fine dell'interpretazione dei movimenti.

Di seguito sono elencati i campi che contraddistinguono ogni punto:

- CODE, codice univoco di riconoscimento del PS;
- HEIGHT, quota del punto estratta a partire dal modello digitale del terreno usato per elaborare le immagini radar;
- EFF\_AREA, se uguale a zero il punto è un PS. Se maggiore di zero il punto è un DS, quindi riferito ad un'area e non ad un oggetto puntuale (il valore è in m2);
- VEL, valore di velocità media del punto misurato lungo la LOS del satellite ed espresso in mm/anno;
- V\_STDEV, valore di deviazione standard della velocità media (espressa in mm/anno);
- H\_STDEV, stima dell'errore della stima della quota del PS (espresso in m);
- COHERENCE, indice che misura l'accordo tra i dati ed il modello di spostamento utilizzato in fase di analisi (numero compreso tra 0 e 1, rispettivamente nessuna attinenza ed elevato accordo con il modello). Essa indica la qualità della serie temporale per ogni punto. Se il valore è superiore a 0.75 la serie temporale si considera molto affidabile.

Per ogni punto di misura è possibile visualizzare la serie temporale di deformazione dall'inizio del periodo monitorato fino alla data dell'ultima acquisizione satellitare disponibile (figura 10).



Fig. 10 – Esempio di serie temporale di deformazione. In ascissa la data di acquisizione, in ordinata lo spostamento registrato in millimetri.

---

**Progetto Esecutivo**

---

Nell'ambito della "Carta dei movimenti franosi" redatta in scala 1:5.000 sono stati riportati i Permanent Scatterers presenti nel database "interferometrico radar" della Regione Toscana (periodo ottobre-dicembre 2014/gennaio 2021).

Tali PS sono stati sovrapposti al rilievo geomorfologico, alle evidenze di campo (presenza di lesioni su asfalto/manufatti) ed alle letture inclinometriche degli strumenti installati nell'area, ciò ai fini della perimetrazione dei dissesti. In particolare, grazie al contributo dell'interferometria radar è stato possibile perimetrare un ampio corpo di frana attiva che lambisce la cava di Sasso di Castro ed è incisa dal Torrente Rimaggio (si rimanda alle planimetrie geologiche e geomorfologiche).



## 10 CARTOGRAFIE DEGLI ENTI PREPOSTI AL GOVERNO DEL TERRITORIO

L'area di studio è compresa in numerose cartografie geologico-geomorfologiche ed in banche dati prodotte da vari Enti pubblici preposti al governo del territorio.

Vengono pertanto brevemente descritti gli elementi principali delle diverse cartografie che sono state analizzate sia in fase di inquadramento dell'area che di confronto al termine delle attività di fotointerpretazione e rilevamento originali effettuate per il presente studio.

### 10.1 CARTOGRAFIA GEOLOGICA C.A.R.G.

La cartografia del Foglio Geologico d'Italia 252 Barberino di Mugello (ISPRA, 2002) (fig. 11) mostra come l'area sia caratterizzata dalla presenza di terreni appartenenti alle Unità Tettoniche Liguri (Unità Leo, Monghidoro e Monte Morello) ed alle unità Tettoniche Toscane (Unità Tettonica Sestola Vidiciatico e Unità Tettonica Cervarola). Tali unità tettoniche presentano sia successioni argillitiche che arenaceo-pelitiche. Sono inoltre cartografate le diffuse coltri di frana distinte, per grado di attività, in attive e quiescenti.

Le suddivisioni stratigrafiche utilizzate per il presente studio si rifanno alla nomenclatura proposta in questa cartografia ufficiale, salvo l'introduzione di unità riconosciute in sottosuolo durante le campagne geognostiche relative ai progetti della bretella di Firenzuola. Le caratteristiche delle formazioni presenti sono descritte in dettaglio nel capitolo successivo.

Progetto Esecutivo

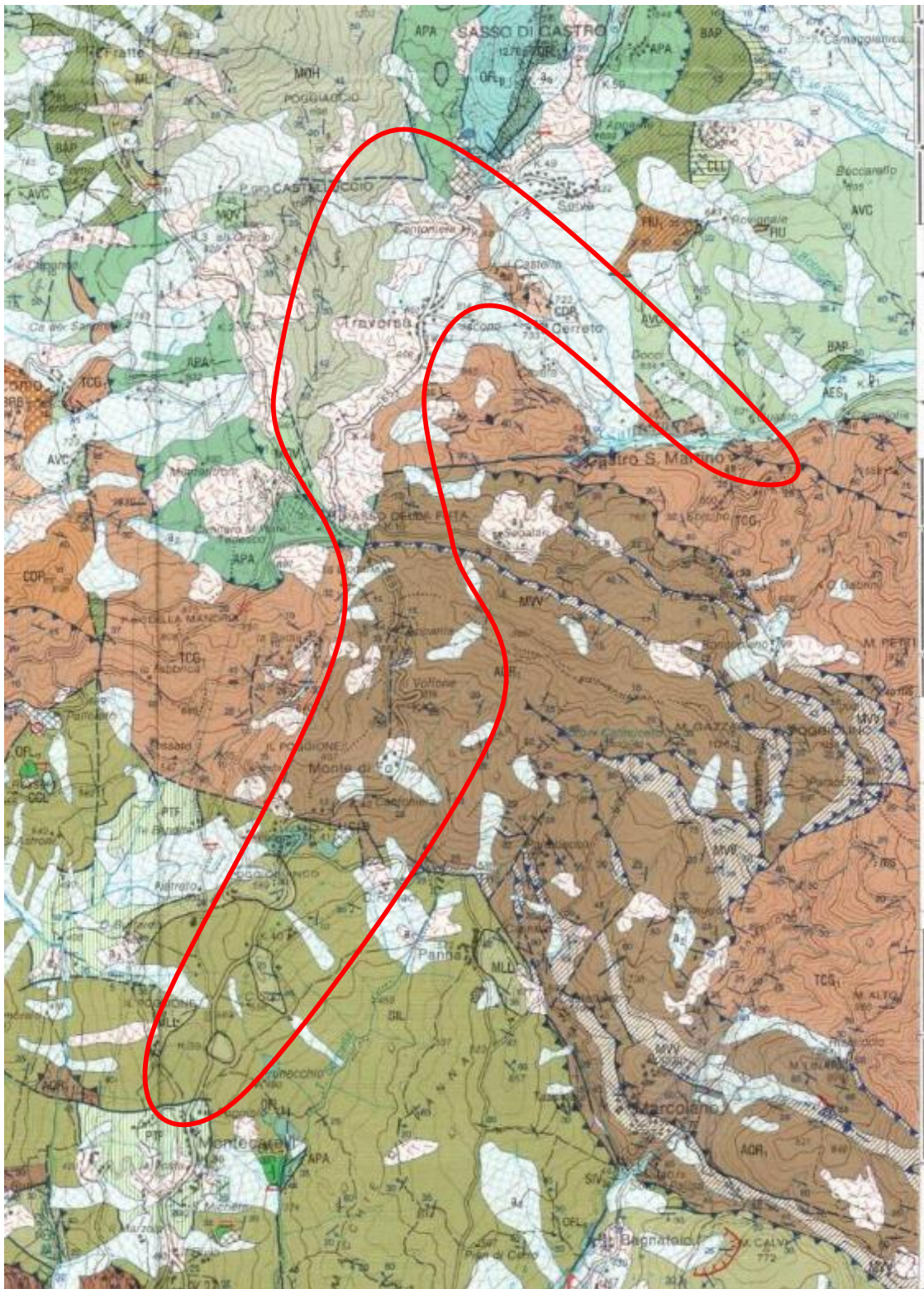
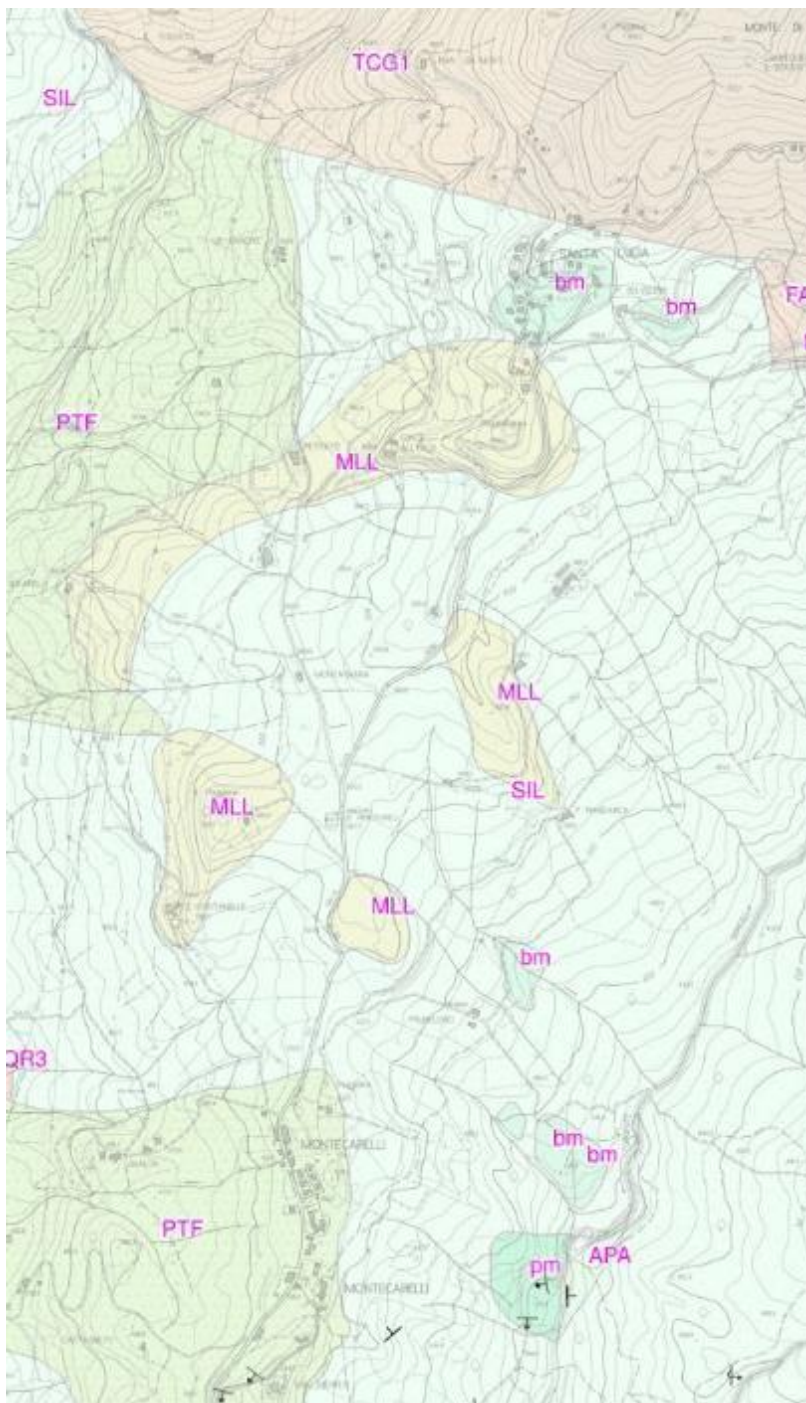
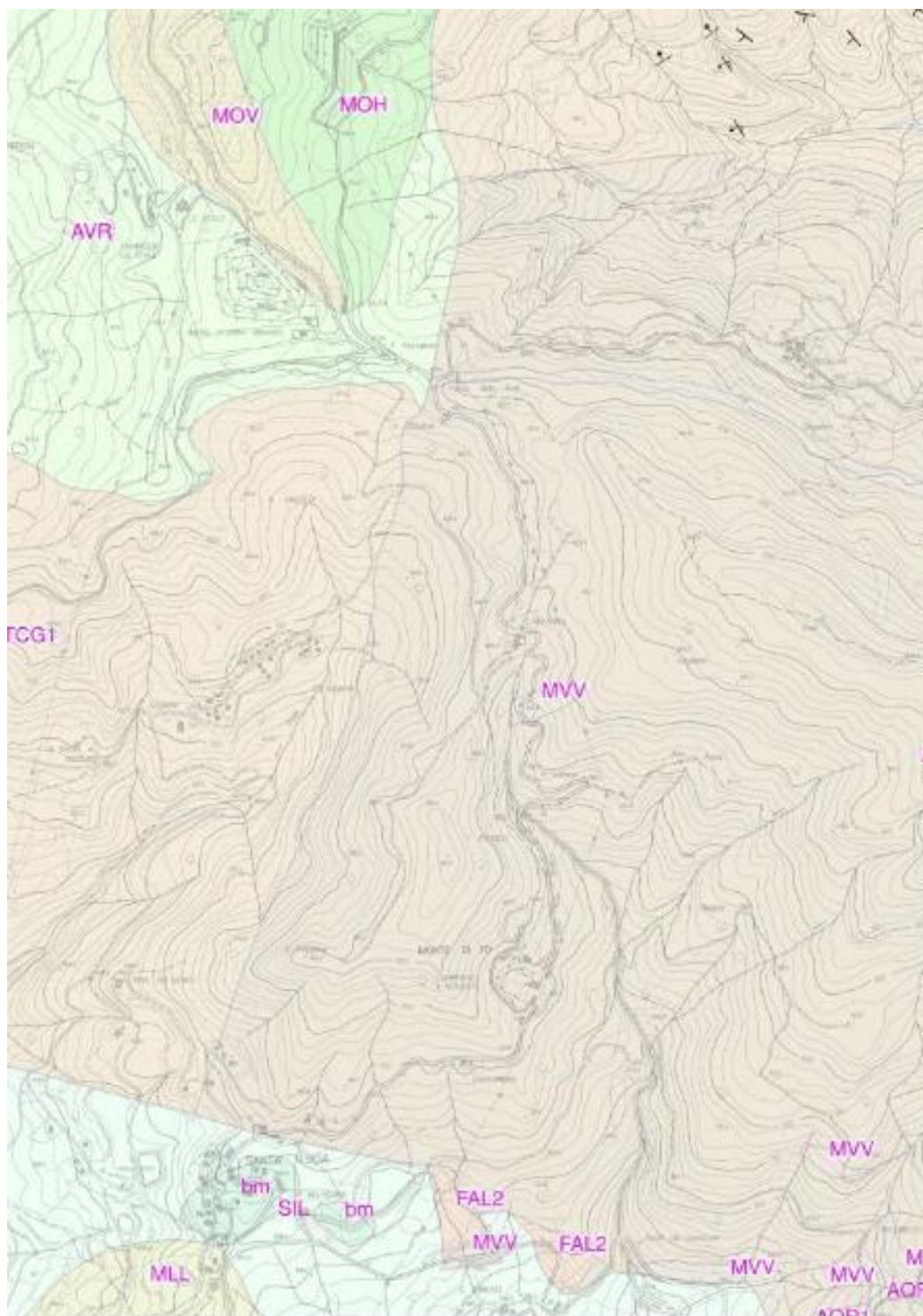


Fig. 11 – Foglio Geologico 252 “Barberino di Mugello” scala 1:50.000 ISPRA Progetto CARG. Le sigle degli elementi di substrato sono quelle presenti negli elaborati del presente studio. In retino rosso sono mappate le frane attive (a1) ed in blu le frane quiescenti (a2)

## 10.2 CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA REGIONE TOSCANA

Il Geoportale GEOscopio è lo strumento webgis con cui è possibile visualizzare ed interrogare i dati geografici della Regione Toscana (database geologico e database geomorfologico); nelle figure seguenti si riportano alcuni Stralci planimetrici del database geologico della Regione Toscana (accesso web 24/08/2021):





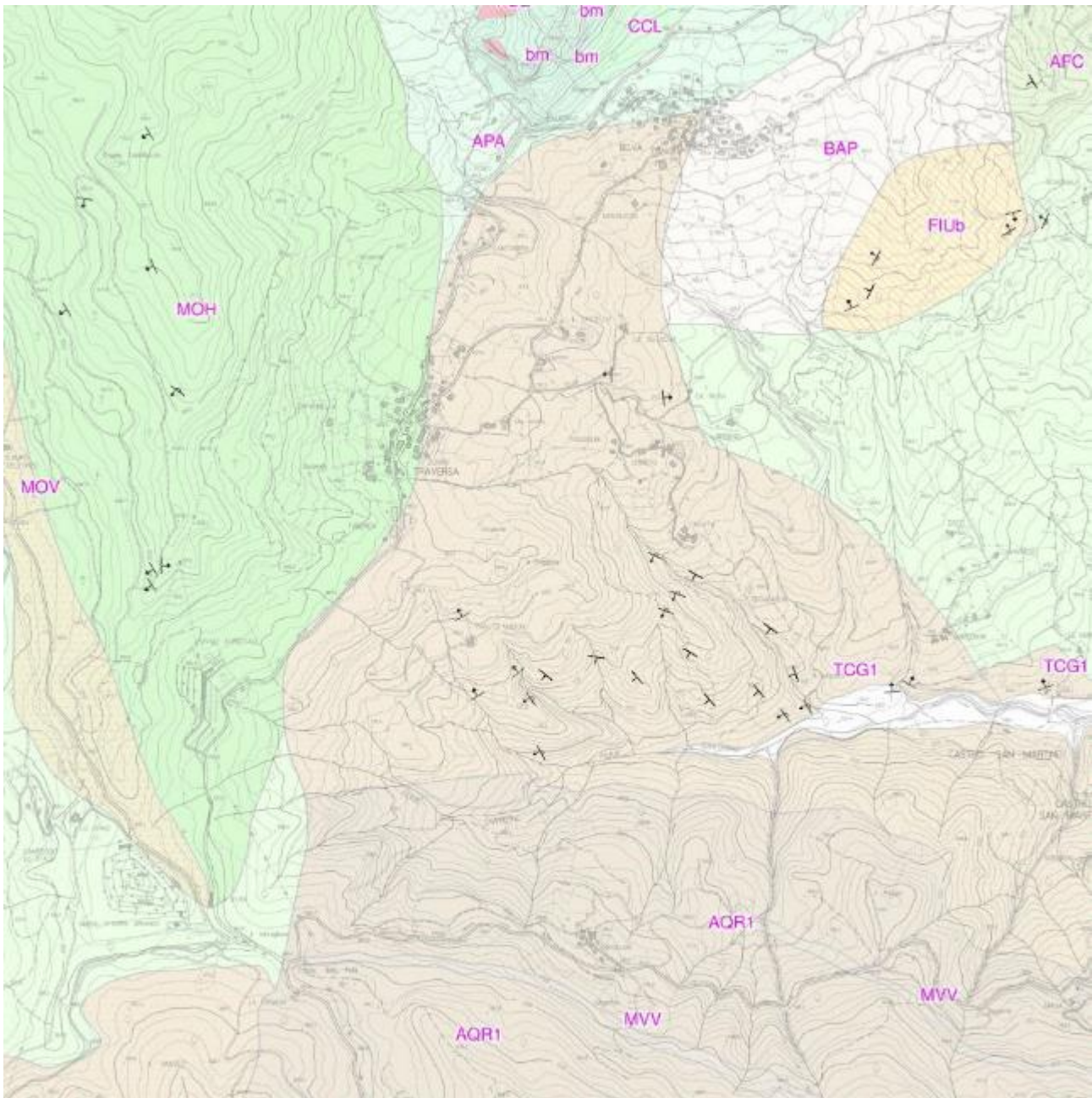
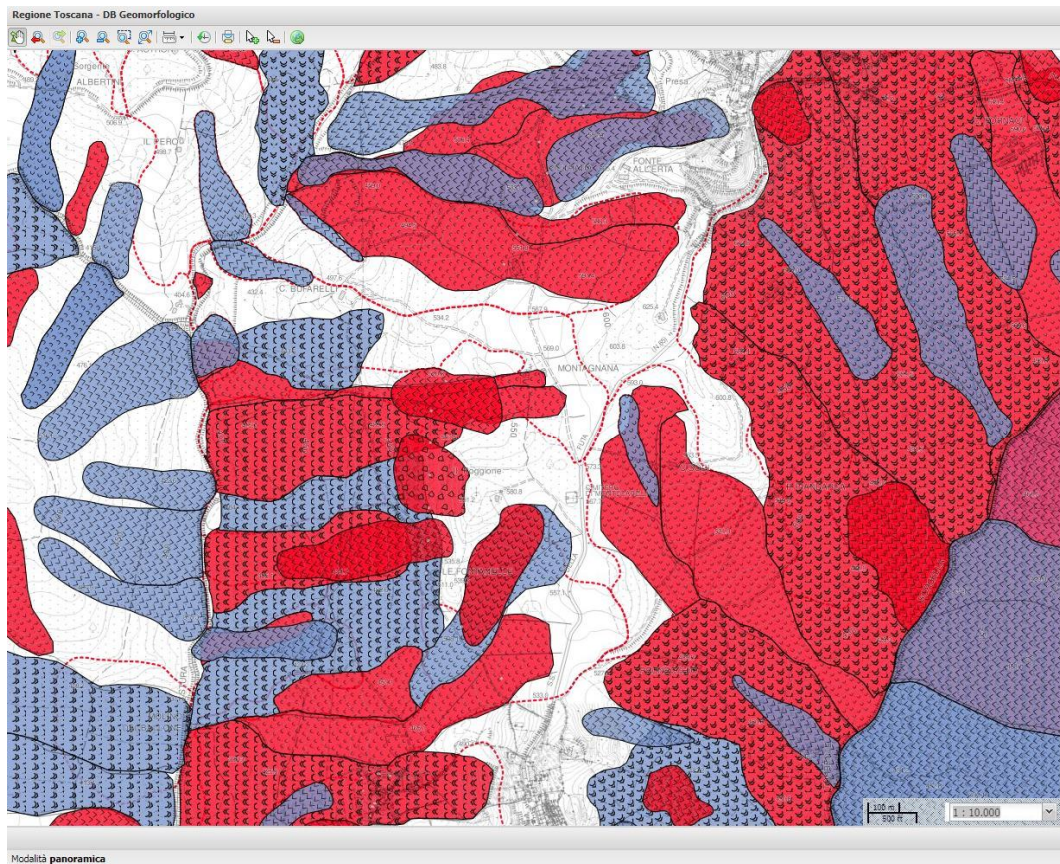


Fig. 12a,b,c – Stralci planimetrici database geologico Regione Toscana (accesso web 24/08/2021).

La cartografia geologica presente sul sito GEOscopio della Regione Toscana (Continuum Geologico e DB Geologico) ben si accorda con la cartografia CARG-ISPRA.

Di seguito si riportano alcuni stralci del DB geomorfologico della Regione Toscana con relative legende:

Progetto Esecutivo



Modalità panoramica

FR - Frane

- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Movimento indeterminato
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Scorrimento (velocita' indeter)
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Crollo
- Quiescente - Movimento indeterminato
- Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)
- Quiescente - Colamento (velocita' indeterminata)
- Stabilizzata, artificialmente o naturalmente; frana relitta - Scorrimento (velocita' indeterminata)

FR\_aggFI-PO-GR-PI-SI-LI

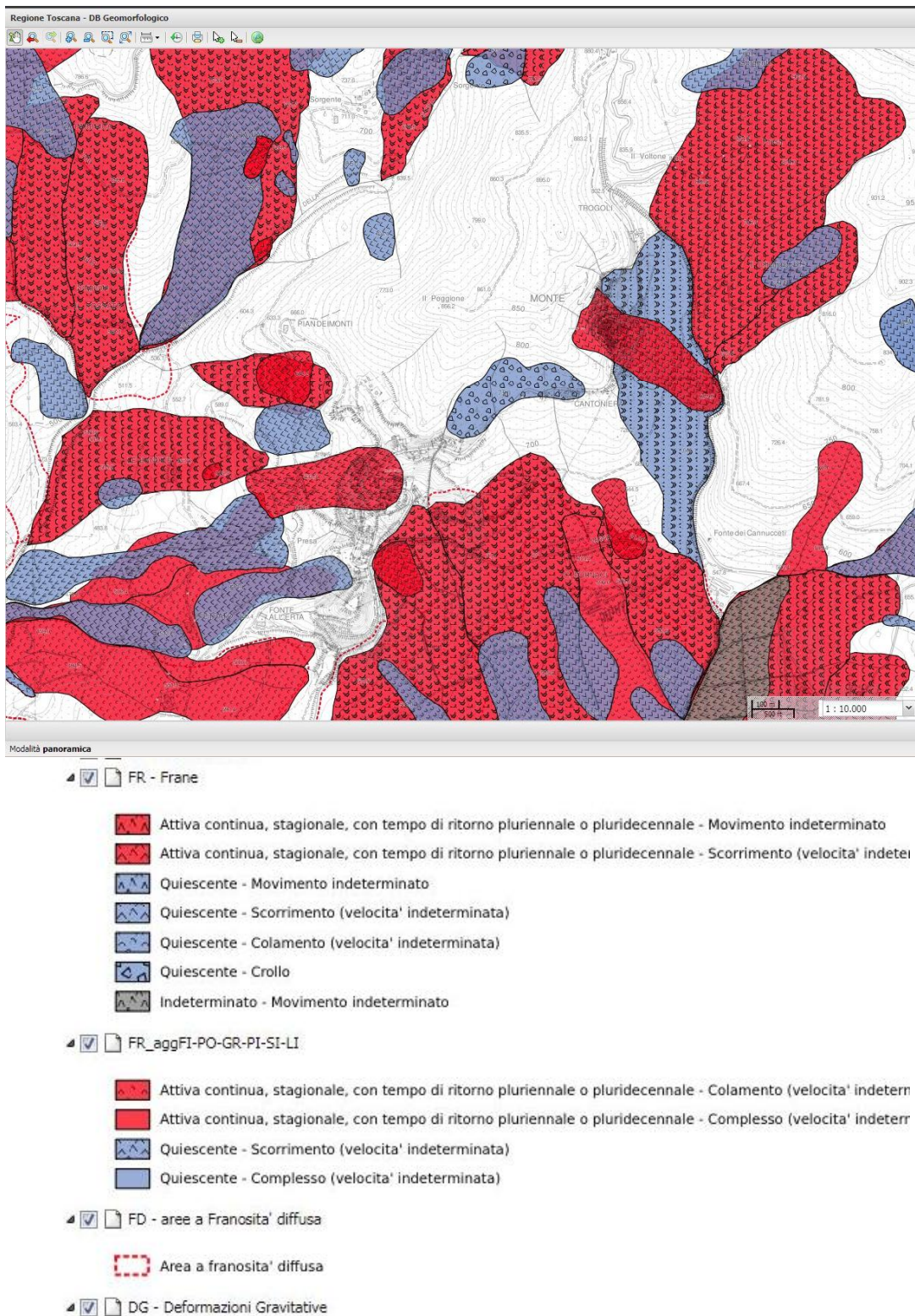
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Colamento (velocita' indeter)
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Complesso (velocita' indeter)
- Quiescente - Colamento (velocita' indeterminata)
- Quiescente - Complesso (velocita' indeterminata)

FD - aree a Fransita' diffusa

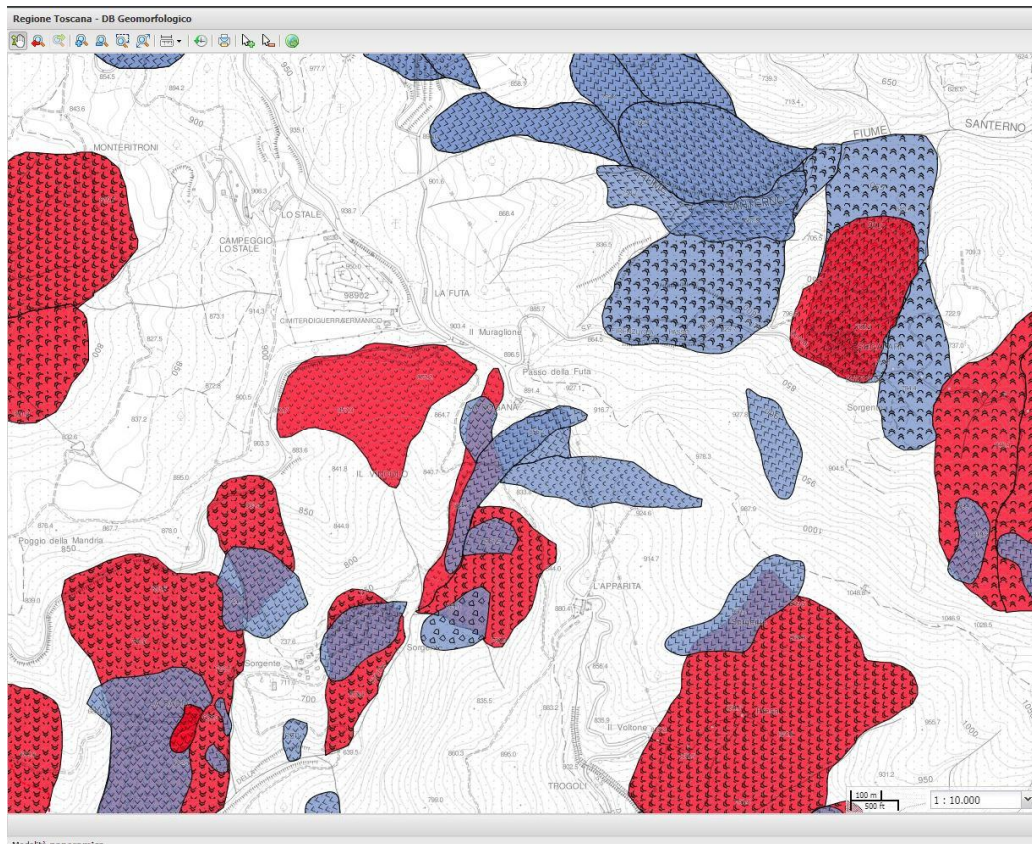
- Area a fransita' diffusa

DG - Deformazioni Gravitative

Progetto Esecutivo



**Progetto Esecutivo**



Modelità panoramica

FR - Frane

- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Movimento indeterminato
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Scorrimento (velocita' indete
- Quiescente - Movimento indeterminato
- Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)
- Quiescente - Colamento (velocita' indeterminata)
- Quiescente - Crollo

FR\_aggFI-PO-GR-PI-SI-LI

- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Colamento (velocita' indeter
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Complesso (velocita' indeter
- Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)
- Quiescente - Colamento (velocita' indeterminata)
- Quiescente - Complesso (velocita' indeterminata)

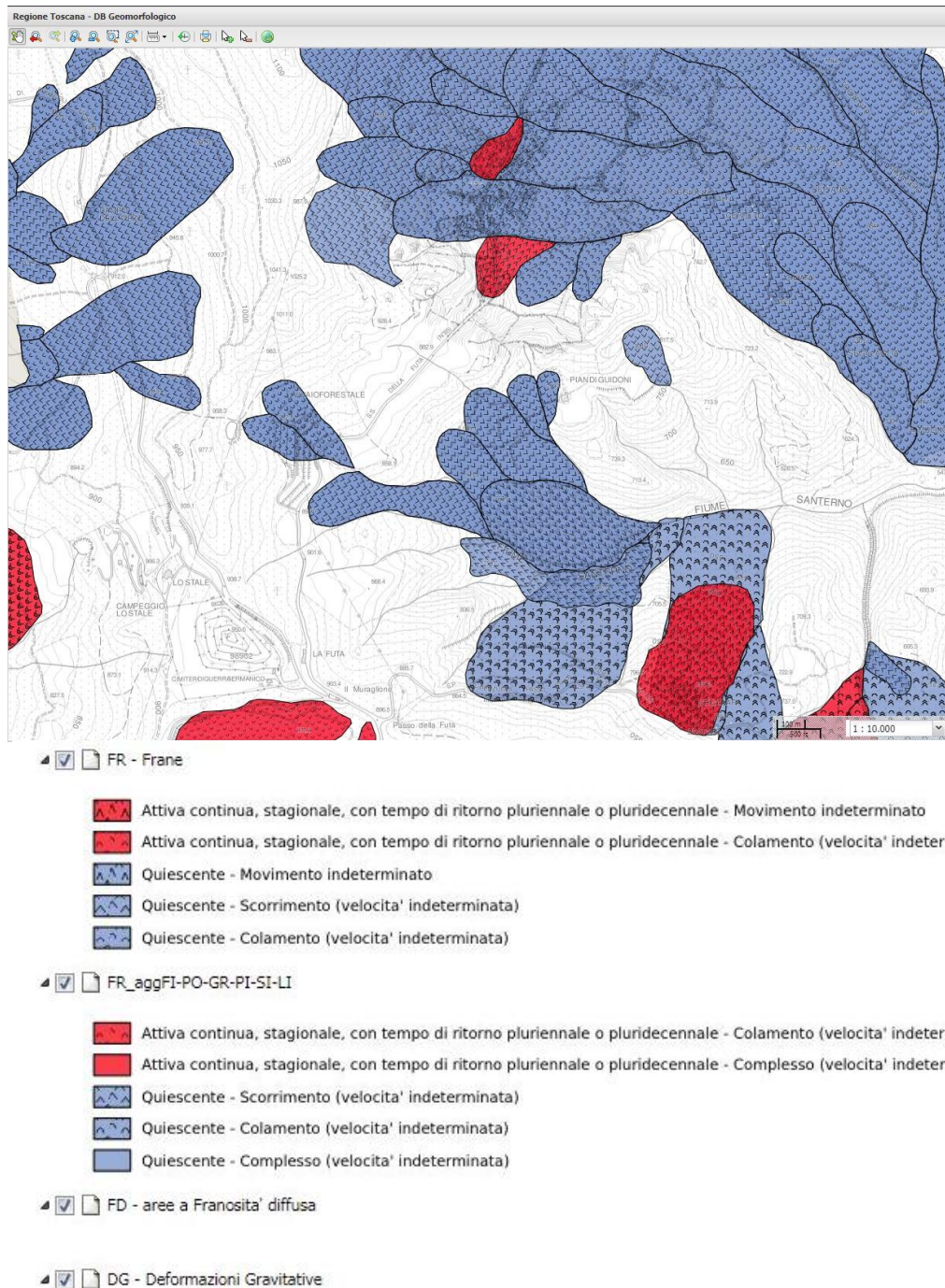
FD - aree a Franosita' diffusa

- Area a franosita' diffusa

DG - Deformazioni Gravitative



**Progetto Esecutivo**



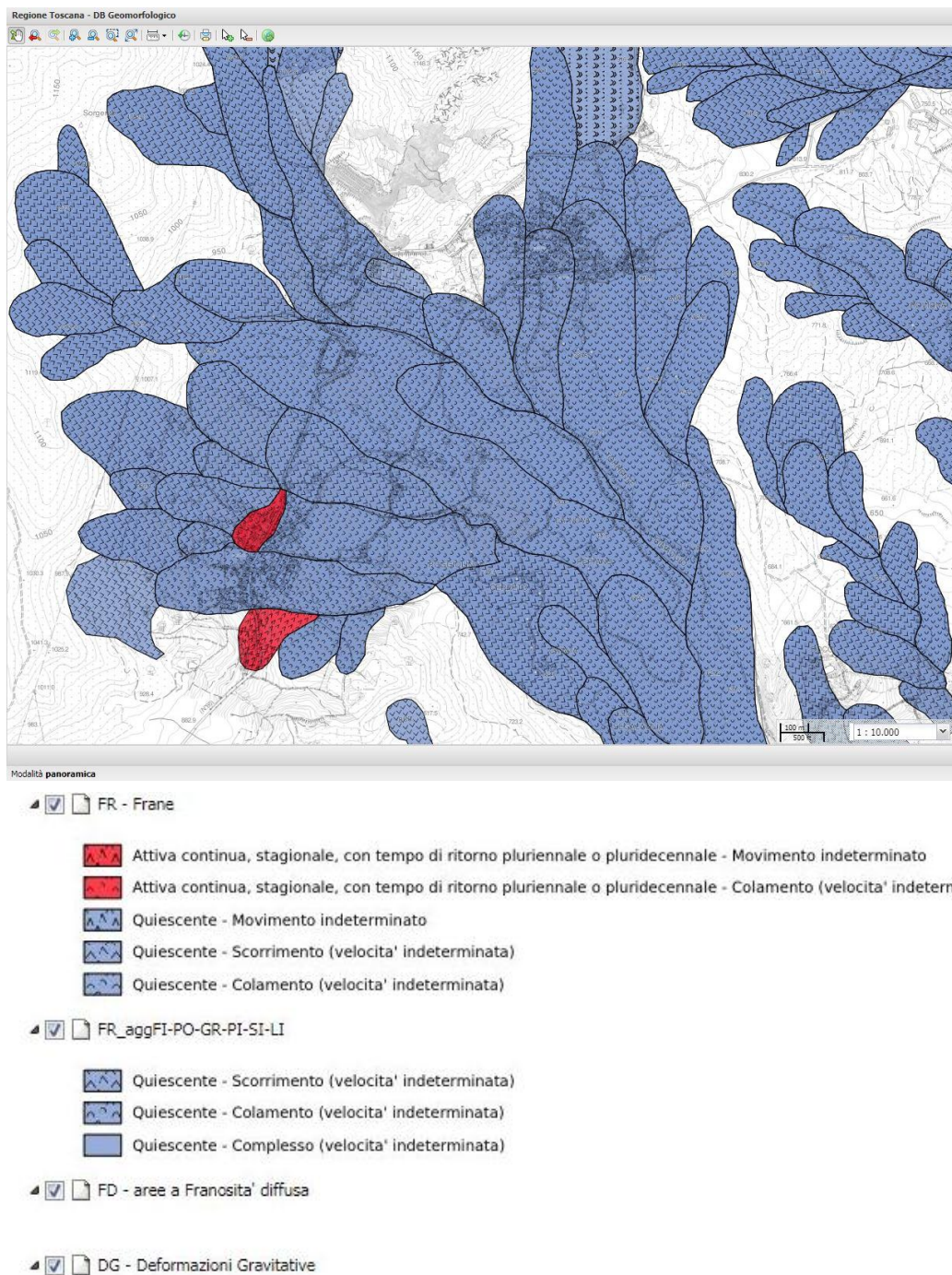


Fig. 13 a,b,c,d,e,f – Stralci planimetrici database geomorfologico Regione Toscana e relative legende (accesso web 24/08/2021)

Dal confronto tra la cartografia geomorfologica presente sul sito GEOscopio della Regione Toscana (DB Geomorfologico) e la cartografia CARG-ISPRA si notano alcune diversità nella perimetrazione dei depositi superficiali (corpi di frana).

### 10.3 INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI (I.F.F.I.)

A seguito degli eventi che nel 1998 colpirono alcuni centri abitati nella zona di Sarno in Campania venne istituito il progetto nazionale "Inventario dei Fenomeni Franosi" (I.F.F.I.) per il censimento e perimetrazione dei dissesti presenti sull'intero territorio italiano. Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico generale ed alcuni stralci di dettaglio (accesso web del 24-08-2021) con la perimetrazione dei corpi di frana definite "attive/riattivate/sospese" afferenti alla porzione di territorio in cui ricade la viabilità oggetto di intervento:

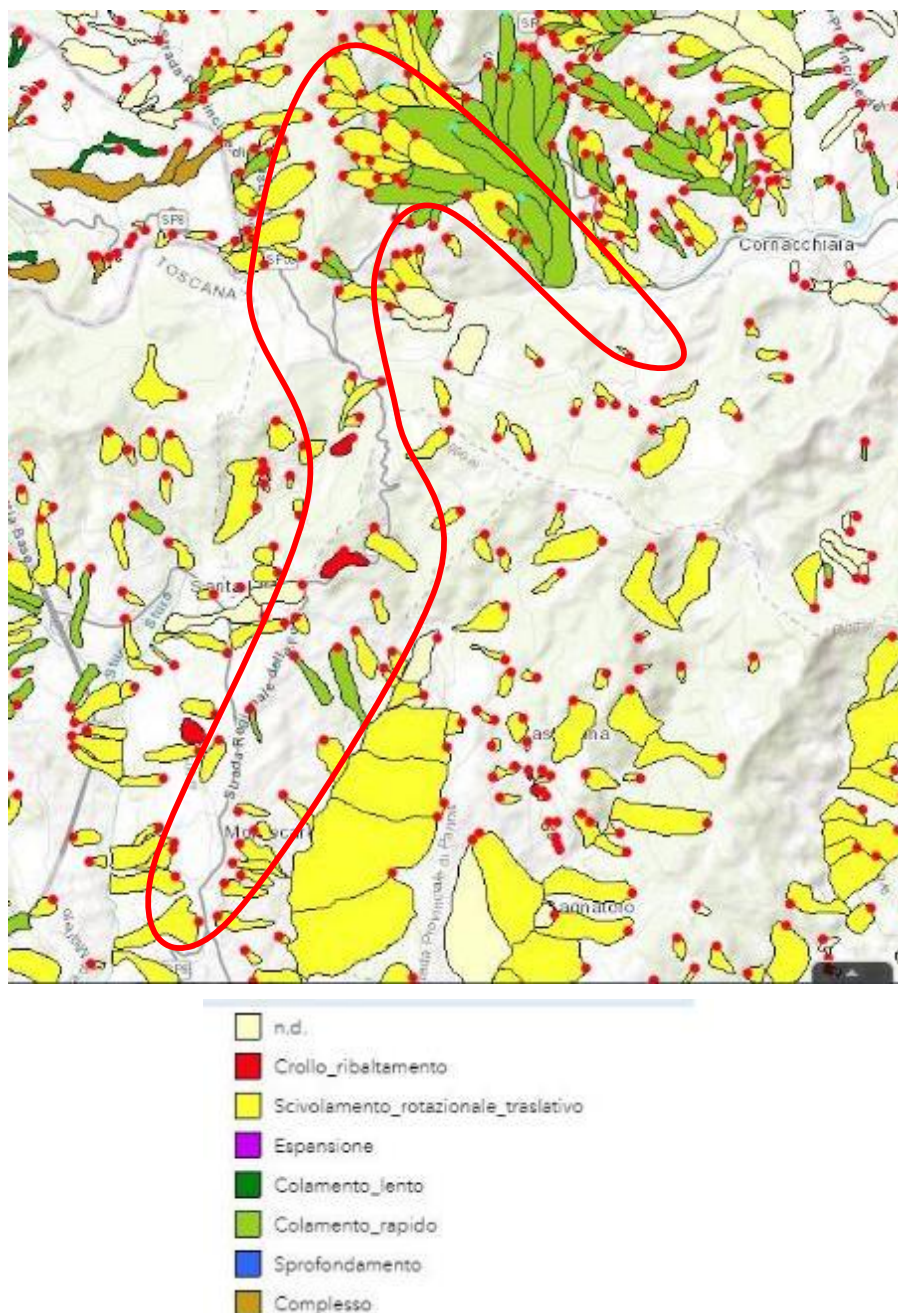


Fig. 14 – Stralcio planimetrico database IFFI e relativa legenda (accesso web 24/08/2021)

**Progetto Esecutivo**

IdroGEO ISPRA

Toscana > Barberino di Mugello  
**Frana**  
 ID: 0487577600 Livello: 1

Condividi Stampa report

**Dettagli**

**Regione**  
Toscana

**Provincia**  
Città metropolitana di Firenze

**Comune**  
Barberino di Mugello

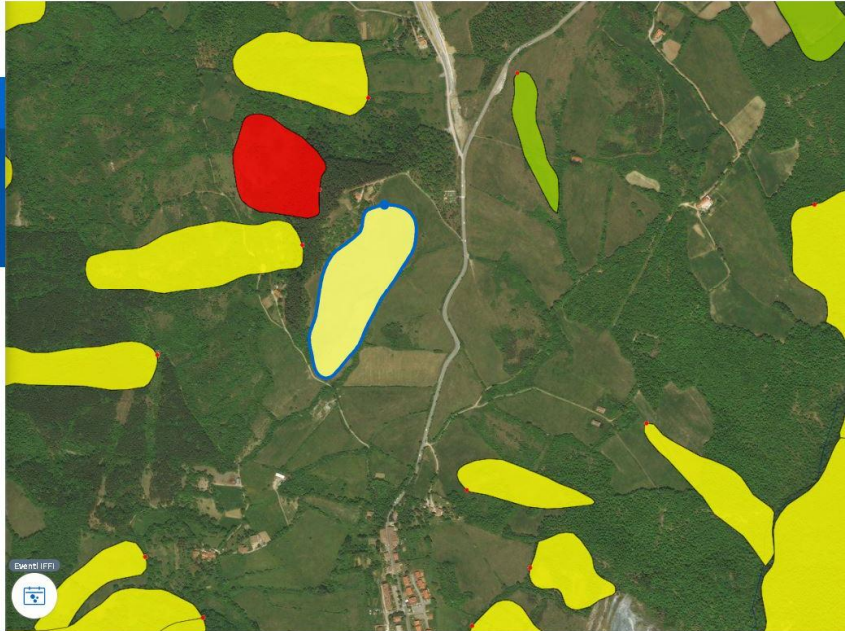
**Autorità di Bacino Distrettuale**  
Appennino Settentrionale

**Tipo di movimento**  
Scivolamento rotazionale/traslativo

**Descrizione**  
Fonte: AdB\_Arno.

**Attività**  
Attivo/riattivato/sospeso

**Litologia**  
n.d.



IdroGEO ISPRA

Toscana > Barberino di Mugello  
**Frana**  
 ID: 0481037900 Livello: 1

Condividi Stampa report

**Regione**  
Toscana

**Provincia**  
Città metropolitana di Firenze

**Comune**  
Barberino di Mugello

**Autorità di Bacino Distrettuale**  
Appennino Settentrionale

**Tipo di movimento**  
Scivolamento rotazionale/traslativo

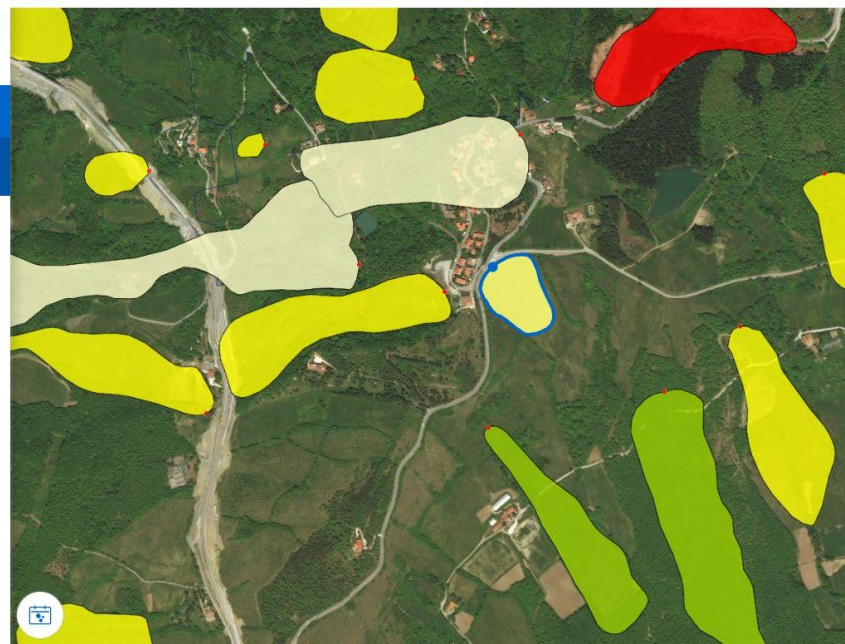
**Descrizione**  
Fonte: AdB\_Arno.

**Attività**  
Attivo/riattivato/sospeso

**Litologia**  
n.d.

**Uso Suolo**

**Metodo**  
Dato storico/archivio



**Progetto Esecutivo**

IdroGEO ISPRA

Toscana > FI > Barberino di Mugello  
**Frana**  
 ID: 0487051600 Livello: 1

Condividi Stampa report

**Regione**  
Toscana

**Provincia**  
Città metropolitana di Firenze

**Comune**  
Barberino di Mugello

**Autorità di Bacino Distrettuale**  
Appennino Settentrionale

**Tipo di movimento**  
n.d.

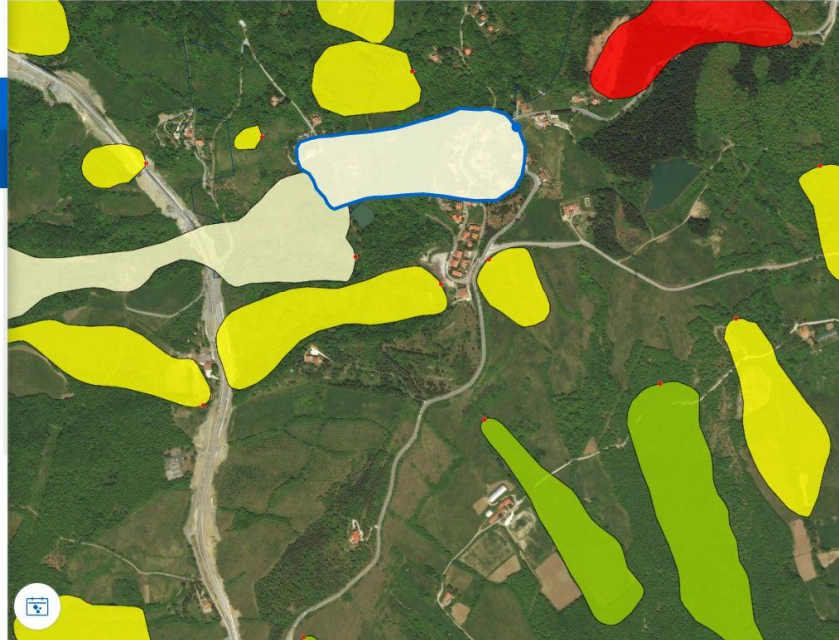
**Descrizione**  
Fonte: DIANA.

**Attività**  
Attivo/riattivato/sospeso

**Litologia**  
n.d.

**Uso Suolo**

**Metodo**  
n.d.



IdroGEO ISPRA

Toscana > FI > Barberino di Mugello  
**Frana**  
 ID: 0481033400 Livello: 1

Condividi Stampa report

**Regione**  
Toscana

**Provincia**  
Città metropolitana di Firenze

**Comune**  
Barberino di Mugello

**Autorità di Bacino Distrettuale**  
Appennino Settentrionale

**Tipo di movimento**  
Scivolamento rotazionale/traslativo

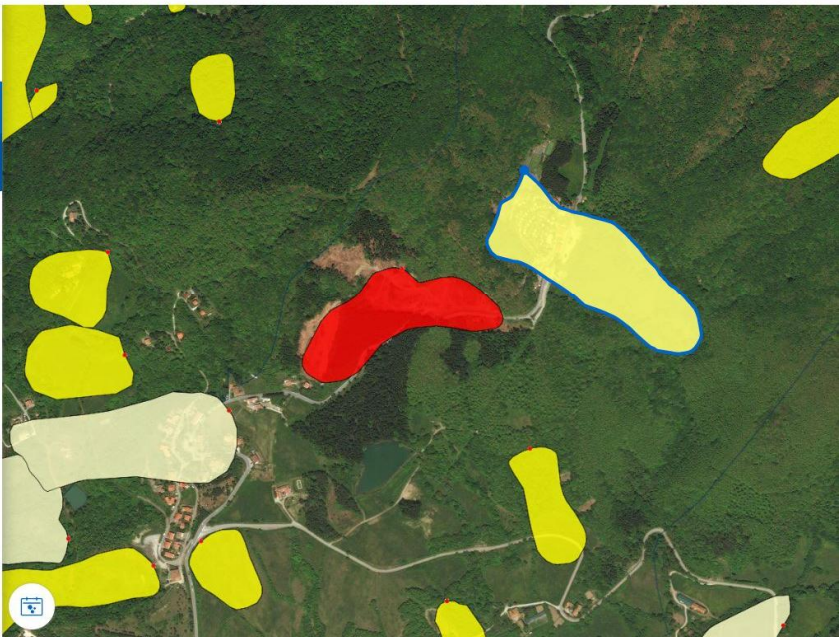
**Descrizione**  
Fonte: DIANA.

**Attività**  
Attivo/riattivato/sospeso

**Litologia**  
n.d.

**Uso Suolo**

**Metodo**  
Dato storico/archivio



**Progetto Esecutivo**

IdroGEO ISPRA

Toscana > FI > Firenzuola  
**Frana**  
 ID: 0487052400 Livello: 1

Condividi Stampa report

**Regione**  
Toscana

**Provincia**  
Città metropolitana di Firenze

**Comune**  
Firenzuola

**Autorità di Bacino Distrettuale**  
Po

**Tipo di movimento**  
n.d.

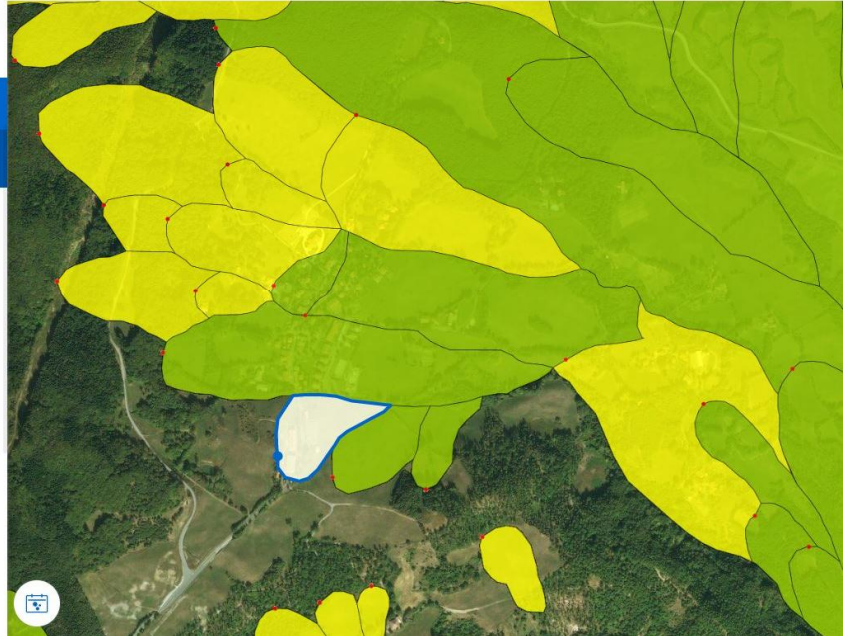
**Descrizione**  
Fonte: DI/ANA.

**Attività**  
Attivo/riattivato/sospeso

**Litologia**  
n.d.

**Uso Suolo**

**Metodo**  
n.d.



IdroGEO ISPRA

Toscana > FI > Firenzuola  
**Frana**  
 ID: 0487053000 Livello: 1

Condividi Stampa report

**Regione**  
Toscana

**Provincia**  
Città metropolitana di Firenze

**Comune**  
Firenzuola

**Autorità di Bacino Distrettuale**  
Po

**Tipo di movimento**  
Colamento rapido

**Descrizione**  
Fonte: DI/ANA.

**Attività**  
Attivo/riattivato/sospeso

**Litologia**  
n.d.

**Uso Suolo**

**Metodo**  
n.d.

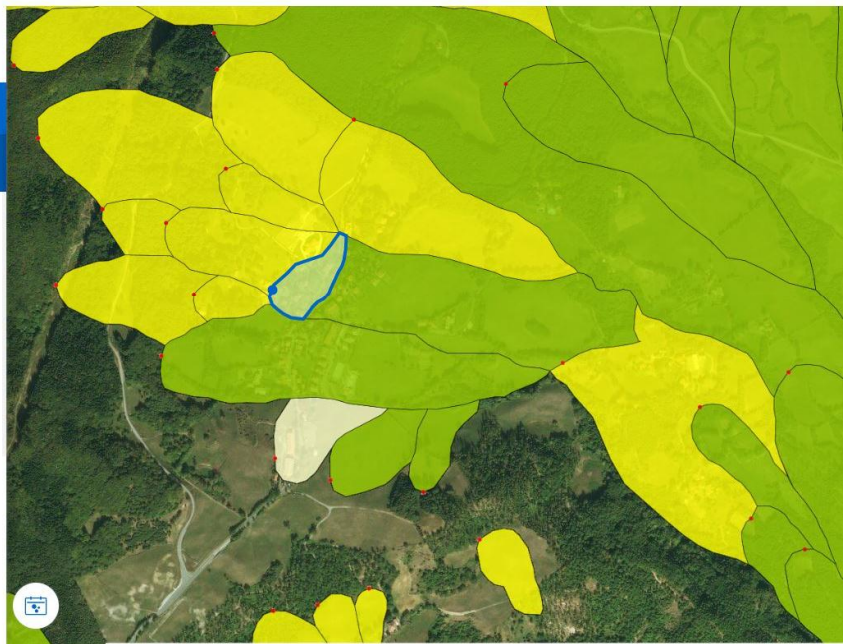


Fig. 15a,b,c,d,e,f – Stralci planimetrici di dettaglio database IFFI con evidenziate le frane definite “attive/riattivate/sospese” (accesso web 24/08/2021)

## 10.4 PERICOLOSITA' DA FRANA P.A.I. (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE - EX ADB ARNO)

La riforma delle Autorità di bacino distrettuali, avviata con l'art. 51 della legge 28 dicembre 2015, n. 221 e attuata con il d.m. n. 294 del 25 ottobre 2016 e il successivo d.p.c.m. 4 aprile 2018, hanno introdotto a scala nazionale un nuovo assetto di governance distrettuale, articolato su **7 distretti idrografici** cui fanno capo altrettante Autorità:

- Alpi Orientali;
- Padano;
- Appennino Settentrionale;
- Appennino Centrale;
- Appennino Meridionale;
- Sardegna;
- Sicilia.

La riforma è stata improntata alla riduzione del numero di enti (da 7 Autorità di bacino nazionali e 30 Autorità di bacino interregionali e regionali si è infatti passati a 7 Autorità distrettuali), alla razionalizzazione delle competenze (l'Autorità di bacino distrettuale predispone, nell'esercizio delle funzioni di pianificazione e programmazione, il Piano di bacino distrettuale e i relativi stralci) e alla semplificazione delle filiera decisionale, con un rinnovato ruolo di indirizzo, coordinamento e controllo da parte del Ministero dell'Ambiente, l'attribuzione delle funzioni pianificatorie per il distretto esclusivamente in capo alle Autorità di bacino distrettuali e compiti di attuazione dei Piani alla scala sub distrettuale e territoriale (regionale) in capo alle singole Regioni. Nel distretto dell'Appennino Settentrionale sono parzialmente ricomprese tre regioni: Liguria, Toscana ed Umbria.

La porzione di tratta oggetto di riqualifica ricompresa tra Montecarelli (a sud) ed il cimitero germanico ricade nell'ambito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex AdB Arno); relativamente agli aspetti geomorfologici, la suddetta Autorità ha redatto il Piano di Bacino Stralcio Assetto idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (P.A.I.): a supporto del Piano sono state redatte alcune mappe, ed in particolare:

- Mappa delle frane da geomorfologia;
- Mappa della pericolosità da frana;
- Mappa della propensione al dissesto.

L'attuale P.A.I. dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (approvazione 08/07/2021), se confrontato con la cartografa P.A.I. immediatamente precedente (gennaio 2020), introduce numerosi corpi di frana sia di tipo quiescente che attivo, spesso modificando lo stato di attività pregressa (es. da frana stabilizzata a frana attiva); tale aggiornamento è stato recepito nell'ambito del presente progetto.

Le aree a pericolosità del P.A.I. sono direttamente connesse alle forme definite nell'elaborazione della Mappa geomorfologica sopra menzionata: il poligono della pericolosità comprende l'area del dissesto, l'area di possibile evoluzione del dissesto stesso, e l'area con possibili interazioni dirette o indirette con il processo geomorfologico. La porzione di area a pericolosità esterna alla forma geomorfologica è definita come "area d'influenza" del dissesto.

Il P.A.I. definisce le seguenti classi di pericolosità:

- pericolosità molto elevata (P4): aree instabili interessate da fenomeni di dissesto attivi di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali /artificiali o lungo le pendici (franosità diffusa e franosità superficiale attiva, dissesti attivi);
- pericolosità elevata (P3): aree potenzialmente instabili, suddivise in due sottoclassi:
  - (P3a) – aree non interessate da fenomeni di dissesto attivi ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la

**Progetto Esecutivo**

- riattivazione dei dissesti (aree potenzialmente instabili per deformazioni superficiali, dissesti quiescenti);
- o (P3b) - aree interessate da possibili instabilità di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali /artificiali o lungo le pendici, per effetto di condizioni geomorfologiche e fisiche sfavorevoli che determinano elevata propensione al dissesto.
- pericolosità media (P2): aree stabilizzate, aree stabili interessate tuttavia da litologie e condizioni strutturali e geomorfologiche che possono dar luogo a modifica della loro condizione di stabilità;
- pericolosità moderata (P1): aree stabili con condizioni litologiche, strutturali e geomorfologiche aventi caratteri per lo più favorevoli alla stabilità.

Si specifica che per l'Arno ed i bacini toscani, al di là delle differenze di nome, gli attuali criteri di definizione delle pericolosità da frana risultano i seguenti: nella classe più elevata (PF4 e PFME) sono ricompresi i fenomeni attivi, mentre nella classe immediatamente seguente (PF3 e PFE) sono inclusi i fenomeni franosi quiescenti e/o (per l'Arno) quelli attivi che tuttavia non presentano conseguenze dirette per abitati ed infrastrutture. In considerazione di ciò, nella cartografia omogenea ricavata per l'Arno e per i bacini regionali toscani nella classe P4 sono stati inseriti i poligoni già appartenenti rispettivamente alle classi PF4 e PFME e, più in generale, tutti fenomeni già presenti nelle mappe per i quali è riconoscibile lo stato "attivo". Quindi è stata eliminata per l'Arno anche l'ambiguità legata alla attribuzione di fenomeni attivi con grado di rischio diverso a classi differenti: in P4 sono ricompresi tutti i fenomeni "attivi" qualunque sia la classe del PAI originaria. Nella classe P3a sono stati di conseguenza inseriti i fenomeni originariamente cartografati in PFE nei bacini regionali ed in PF3 (sia in scala 1:10.000 che 1: 25.000) per l'Arno. Nell'attuale PAI per il bacino dell'Arno viene a scomparire la distinzione dei fenomeni di dissesto in due carte in scala diversa (1: 10.000 e 1: 25.000) ma, come per il resto del territorio, è presente un'unica mappa di pericolosità rappresentata in scala 1: 10.000.

Nell'ambito delle "carte della pericolosità e del rischio" allegate al presente progetto è stata riportata, per l'ambito di competenza dell'ex AdB Arno, la nuova perimetrazione PAI per le classi P4, P3a e P2. Viceversa, la classe P3b non viene considerata, perché esprime la "propensione al dissesto", ovvero la presenza di aree attualmente prive di indicatori geomorfologici diretti. In ogni caso, nell'areale di intervento non risultano presenti perimetrazioni a pericolosità di tipo P3b.

## **10.5 RISCHIO DA FRANA P.S.A.I. (ADB DISTRETTUALE DEL PO - EX ADB RENO)**

Relativamente al bacino del Reno, il referente della pianificazione territoriale nei confronti della pericolosità idraulico-geologica è l'Autorità di Bacino del fiume Po (L.183/89) che ha stilato, attraverso la stesura delle Norme, i cosiddetti Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico relativi al bacino idrografico di riferimento; essi rappresentano sostanzialmente il risultato della modellazione geologica e idraulica. A seguito della seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 23 maggio 2017 è diventata operativa l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po che subentra alla già Autorità di Bacino del fiume Po alla quale vengono annessi i Bacini interregionali del Reno, del Fissero-Tartaro-CanalBianco, del Conca-Marecchia e i bacini regionali Romagnoli.

Nell'ambito del PAI sono identificati e descritti i criteri di pericolosità idraulica e di instabilità geomorfologica, finalizzati alla redazione di strumenti di pianificazione per la salvaguardia del territorio.

La porzione di tratta oggetto di riqualifica ricompresa tra la strada Cavet (a nord) ed il cimitero germanico ricade nell'ambito dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po (ex AdB Reno); secondo la cartografia redatta da questo Ente, l'area di interesse è principalmente soggetta a rischi da frana.

Si ricorda che per rischio da frana si intende "la probabilità di interferenza tra elementi di dissesto ed elementi antropici ed è definito dal prodotto dell'indice di pericolosità osservata per il valore socio-economico degli elementi esposti a rischio in una determinata U.I.E (Unità Idromorfologica Elementare)" (art. 4 Norme PSAI). La Carta del Rischio del PSAI, a scala 1:25.000 nel territorio del bacino montano, riporta il rischio connesso agli eventi di frana distinto in quattro categorie (moderato R1, medio R2, elevato R3 e molto elevato R4). Le aree dei centri e nuclei abitati e dei principali insediamenti produttivi che interferiscono o possono interferire con i dissesti (classificate in classe R3 ed R4), sono perimetrate, zonizzate e normate secondo quanto previsto dall'art.5 delle Norme PSAI. Per ognuna di esse il PSAI redige una cartografia (scala 1:5.000)



che individua i settori a diversa pericolosità ed una scheda con la valutazione ed analisi del rischio oltre ad un programma di interventi. Questi dettagli sono stati omessi nella cartografia prodotta per il presente studio (“carte della pericolosità e del rischio geologico-geomorfologico”) al fine di ottenere una migliore leggibilità, pertanto le aree rappresentate sono quelle delle quattro classi (da R1 ad R4) mentre le aree perimetrate e zonizzate (R3+R4), presenti, sono indicate con unico apposito retino assieme al numero della scheda di riferimento che rimanda agli allegati del PSAI.

## **10.6 PIANO SULLA SICUREZZA GEOLOGICA DELLE STRADE REGIONALI**

Il Settore Viabilità della Regione Toscana unitamente ad alcune Amministrazioni Provinciali ha avviato in anni passati un progetto finalizzato all'individuazione dei settori delle viabilità regionali ad elevato rischio di dissesto gravitativo. La strada Regionale 65 della Futa ricade tra quelle analizzate, per cui, nella specifica cartografia allegata al presente studio, sono stati riportati i settori della viabilità ad elevata propensione al dissesto idrogeologico (derivati dalla omonima cartografia alla scala 1:10.000) e le perimetrazioni della carta della pericolosità alla scala 1:10.000 fornita in formato digitale.

Le informazioni presenti nelle schede progettuali facenti parte dello studio della Regione Toscana, sono state utilizzate nella redazione delle cartografie geomorfologiche e tenute in considerazione per le valutazioni riportate nel capitolo finale di questa relazione. Si è notato un discreto accordo tra i rilievi in situ effettuati per il presente lavoro e quanto riportato nelle schede di pericolosità regionali (anno 2008), a testimonianza di una persistenza di fenomeni in molte delle zone segnalate.

## **10.7 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE**

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) è lo strumento di pianificazione che definisce l'assetto del territorio. Approvato dalla Provincia nel 1998, ai sensi della L.R. 5/95 Norme per il governo del territorio come l'atto di programmazione con il quale la Provincia esercita, nel governo del territorio, un ruolo di coordinamento programmatico e di raccordo tra le politiche territoriali della Regione e la pianificazione urbanistica comunale.

La L.R. 3 gennaio 2005 n.1 “Norme per il governo del territorio” ha profondamente innovato la normativa sul governo del territorio e con essa il quadro degli strumenti della pianificazione territoriale e la loro modalità di formazione.

Con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 1 del 10/01/2013 n°1 del 2013 è stata approvata la variante di adeguamento del PTCP, ai sensi dell'art.17 della L.R. 1/05. L'avviso relativo all'approvazione è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n°11 del 13.03.2013. Lo strumento di pianificazione in oggetto ha acquistato efficacia dalla data di tale pubblicazione.

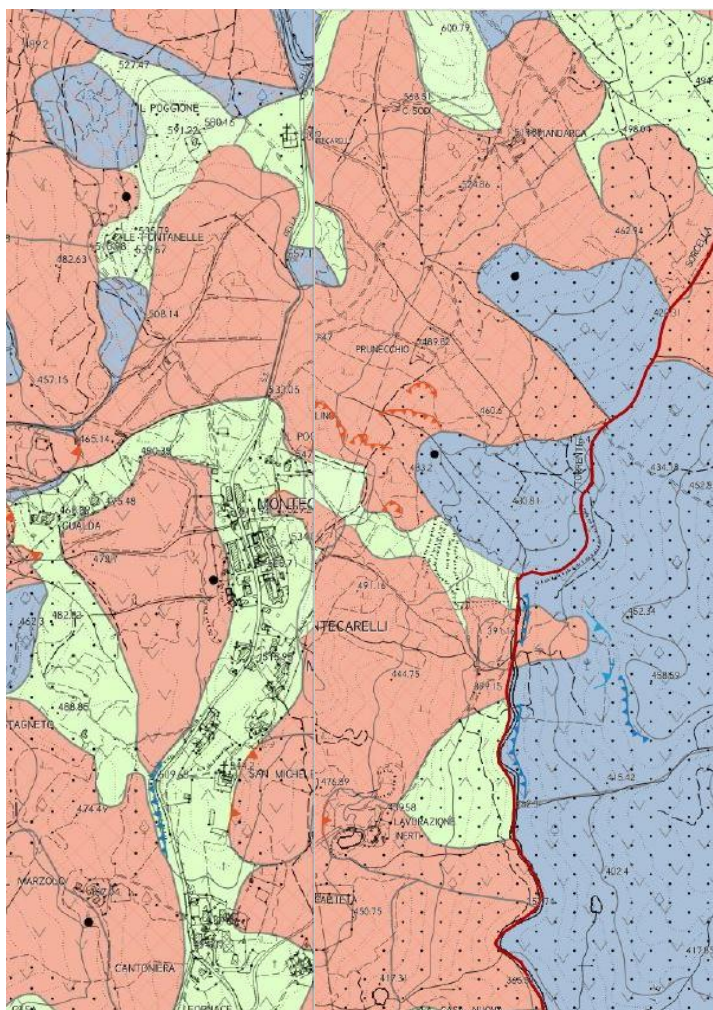
Il PTCP vigente si compone di più documenti, tra cui la Carta dello Statuto del Territorio, redatta in scala 1:20.000, a cui è collegata l'elaborato Statuto del Territorio e Norme di attuazione, ove sono contenute norme, prescrizioni, criteri e direttive per la pianificazione urbanistica a livello comunale. Alcune norme sono collegate anche alla Carta del grado di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento 1:50.000.

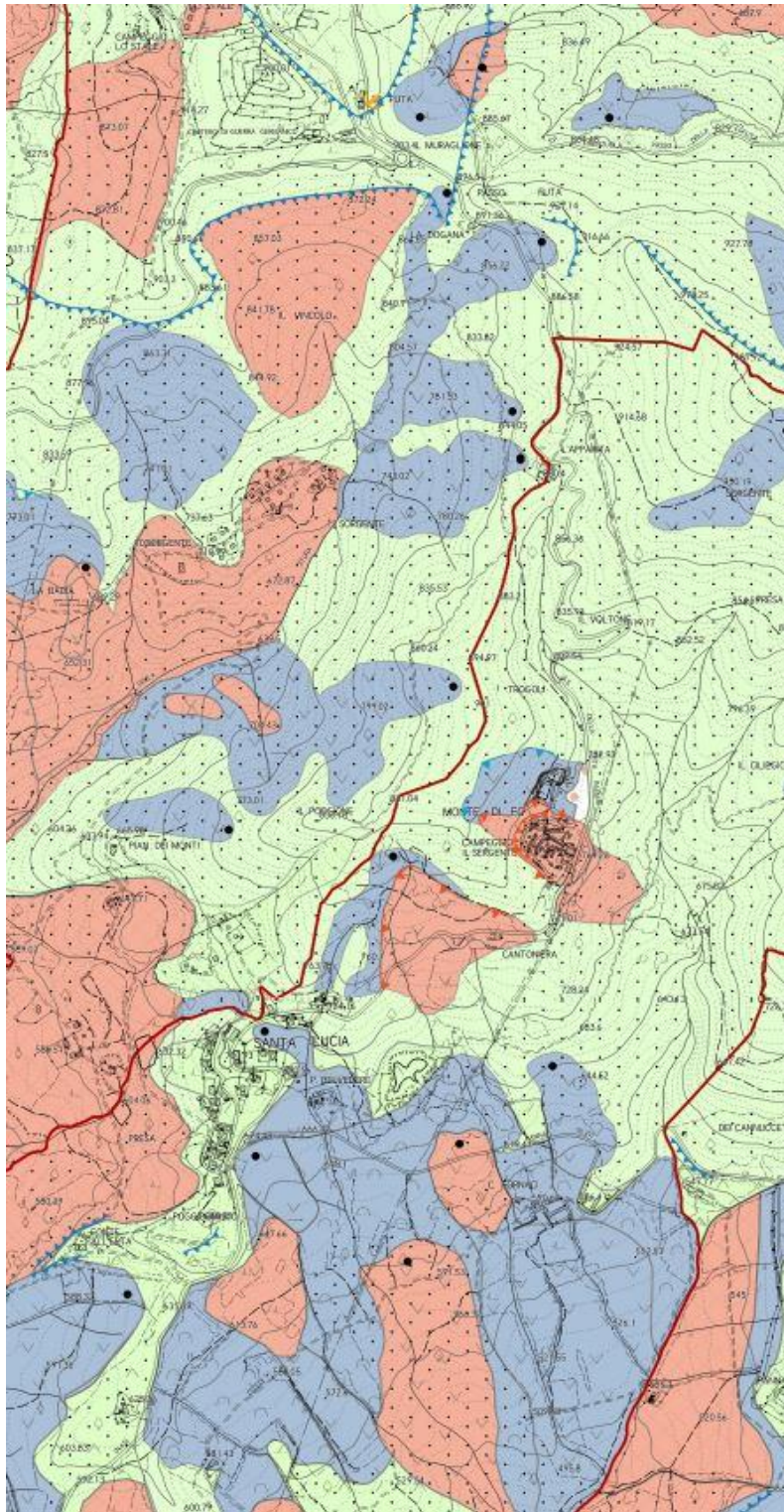
A oggi risulta avviato, con deliberazione del Consiglio Metropolitan di Firenze n°99 del 19/12/2018, il procedimento di formazione del Piano Territoriale Metropolitan (P.T.M.), strumento che sostituirà il P.T.C.P.

## **10.8 CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI**

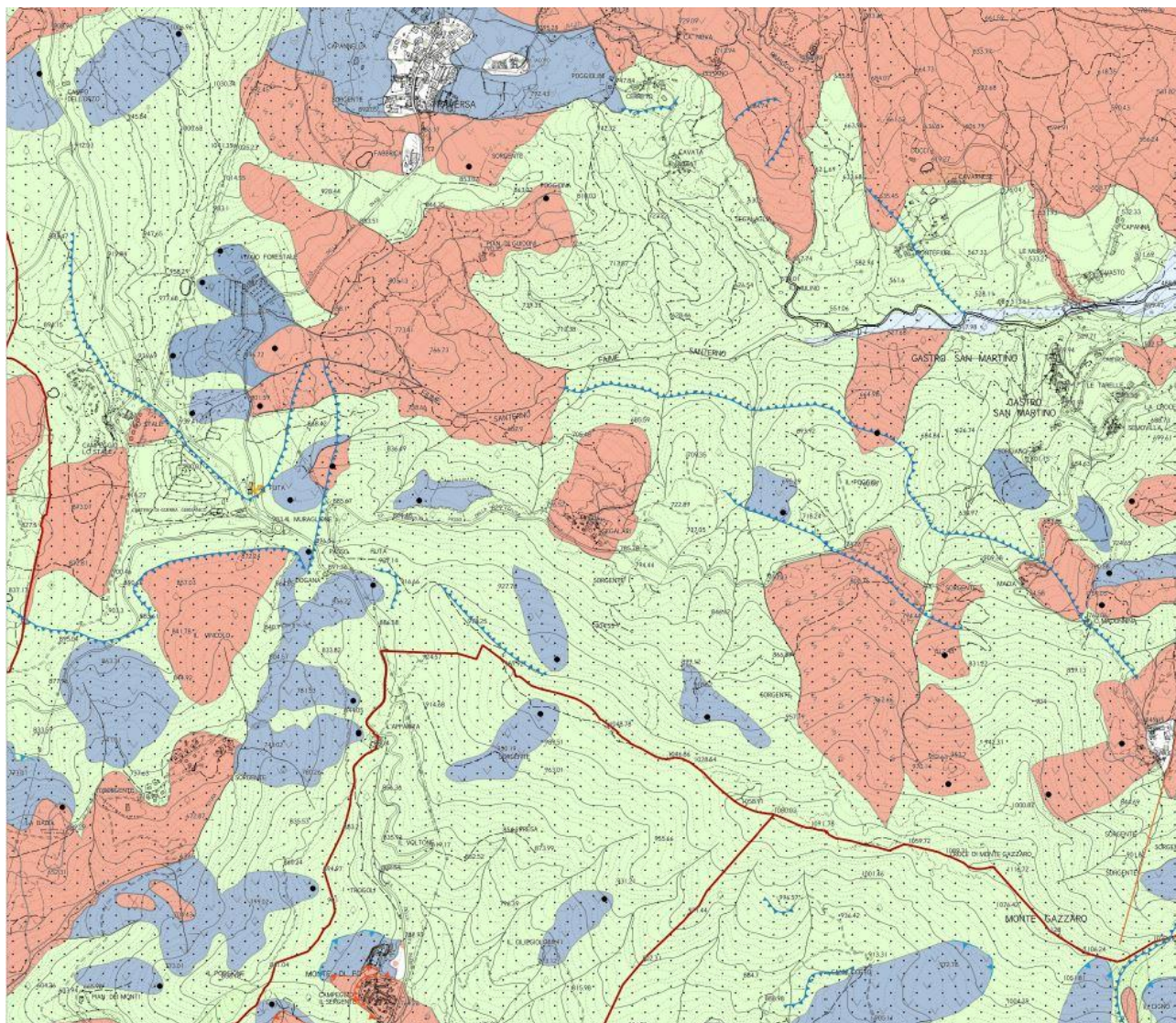
Tra gli elaborati di approvazione redatti a supporto del Piano Strutturale Intercomunale del Mugello (elaborati 09/2020, approvazione del Comune di Barberino di Mugello del 30/12/2020, approvazione del Comune di Barberino di Firenzuola del 29/01/2021) sono presenti cartografie geomorfologiche, di cui vengono di seguito riportati alcuni stralci:

Progetto Esecutivo

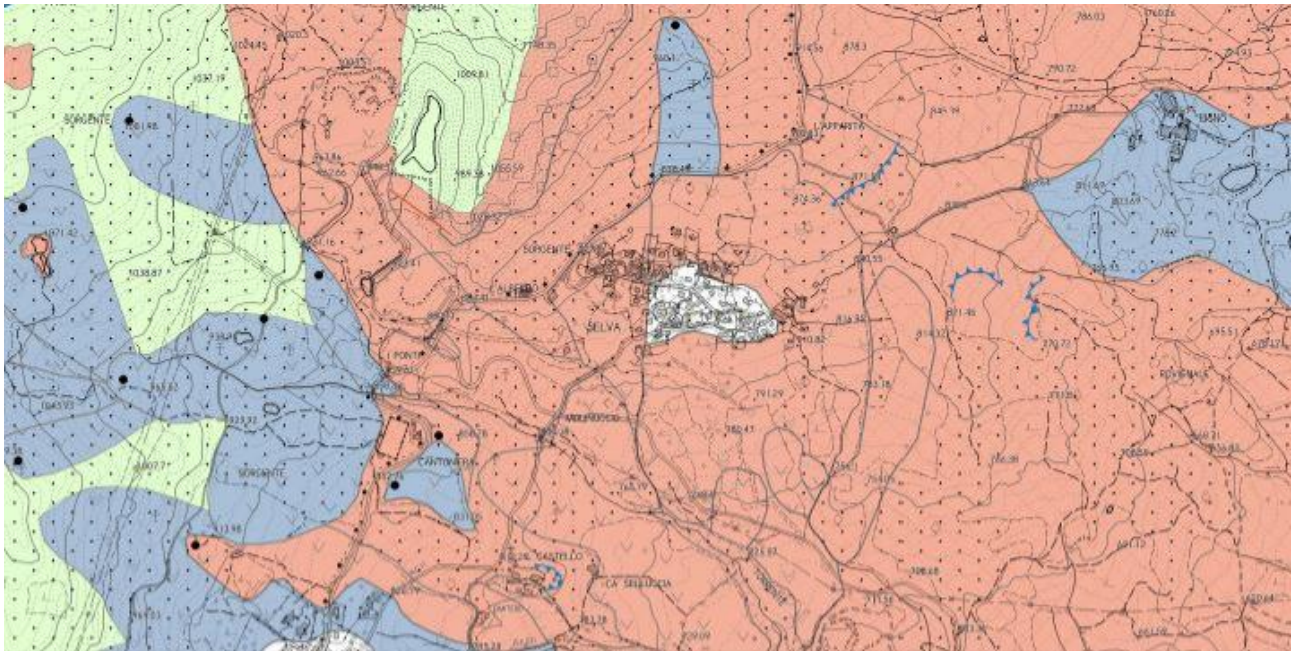




Progetto Esecutivo



**Progetto Esecutivo**



**FORME E PROCESSI DOVUTI ALLA GRAVITA'**

**Forme di denudazione**

- Corona di frana attiva
- Corona di frana quiescente
- Cresta di degradazione
- Orlo di scarpata di degradazione attiva
- Orlo di scarpata di degradazione quiescente

- Area a franosità diffusa attiva
- Area con fenomeni di soliflusione e/o deformazione superficiale attivi
- Area potenzialmente soggetta a fenomeni di deformazione superficiale
- ? Fenomeni di soliflusso non cartografabili
- Sommità di corona di frana

**Deformazioni gravitative profonde**

- Deformazione gravitativa profonda di versante

**Forme dovute a gravità e relativi depositi**

- Frana per crollo attiva
- Frana per scivolamento attiva
- Frana per colamento attiva
- Frana complessa attiva
- Frana per crollo quiescente
- Frana per scivolamento quiescente
- Frana per colamento quiescente
- Frana complessa quiescente

**FORME E PROCESSI DI EROSIONE FLUVIALE**

- Orlo di terrazzo fluviale
- Tratto di alveo in approfondimento
- Erosione fluviale attiva e relative aree di instabilità indotta
- Forma di erosione calanchina
- Fascia di dinamica fluviale legata a processi erosivi

**FORME ANTROPICHE**

- Orlo di scarpata antropica
- Riporti di spessore significativo
- Area estrattiva
- Area di coltivazione mineraria in sotterraneo

**FORME STRUTTURALI**

- Scarpata di faglia con incidenza morfologica
- Giacitura di strato incidente su morfologia o stabilità (scarpate e roccia a reggipoggio, versanti a franapoggio)

**PREDISPOSIZIONE AL DISSESTO**

- Area con elevata propensione al dissesto (PAI 2019)
- Area con potenziale instabilità connessa alla giacitura, alla attività, alla litologia

Fig. 16a,b,c,d – Stralci “Carta geomorfologica” da P.S.I. Mugello e relativa legenda (elaborati 09/2020 approvati)

## 10.9 PERICOLOSITA' DA FRANA DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI

Nell'ambito delle "carte della pericolosità e del rischio" sono state riportate anche le aree a pericolosità geologica presenti negli elaborati del Piano Strutturale Intercomunale del Mugello (elaborati 09/2020, approvazione del Comune di Barberino di Mugello del 30/12/2020, approvazione del Comune di Barberino di Firenze del 29/01/2021).

Il suddetto piano distingue aree con le seguenti classi di pericolosità geologica:

- classe di pericolosità molto elevata (G4): fenomeni franosi attivi;
- classe di pericolosità elevata (G3): fenomeni franosi quiescenti;
- classe di pericolosità medio-elevata (G2pl): aree e tipologie classificate di potenziale instabilità per i seguenti fattori:
  - o Litologia connaturata alla specifica costituzione argillosa dei depositi neogenici del bacino lacustre, caratterizzati da valori di pendenze non elevati ma prossimi al limite di equilibrio naturale e da scadenti caratteristiche meccaniche;
  - o Pendenza su versanti rocciosi con valori medi anche superiori a 40°, soggetti a erosione superficiale e stacchi di materiali, vulnerabili alla deforestazione: talora delimitati da scarpate acute rappresentano un limite oggettivo alla lavorazione con mezzi meccanici;
  - o Erosione precalanchiva: costituzione litologica marnoso-argillosa, senza mai assumere caratteri, di veri calanchi, si presenta con una successione di creste acute di degradazione e versanti ripidi in erosione superficiale. La presenza di orizzonti di arenarie compatte conferisce una generale stabilità d'insieme, mentre in corrispondenza dei numerosi livelli argilloso-marnosi si rilevano condizioni di franosità attiva e quiescente per scivolamento e solifluzione puntualmente rilevati.
- classi di pericolosità media (G2) e bassa (G1): terreni pianeggianti sostanzialmente stabili e senza particolari prescrizioni come i depositi delle pianure alluvionali, di terrazzamento e i terreni detritici a bassa pendenza < 25%.

## 10.10 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (P.G.R.A.) (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE E DEL FIUME PO)

La normativa di riferimento in materia di valutazione e gestione del rischio di alluvioni è la Direttiva europea 2007/60/CE conosciuta anche come "Direttiva Alluvioni".

La Direttiva, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispose la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, intende creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone pertanto l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

Il recepimento della normativa europea da parte della legislazione nazionale ha portato alla definizione dei Distretti idrografici, soggetti competenti per gli adempimenti previsti dalla Normativa, tra i quali fondamentale importanza ha la redazione delle mappe di pericolosità idraulica e rischio idraulico. In Italia, sono stati individuati 7 Distretti Idrografici. Il territorio dei Distretti è stato a sua volta suddiviso in Unit of Management (UoM) ovvero unità territoriali omogenee di riferimento per la gestione del rischio di alluvione corrispondenti ai principali bacini idrografici, ognuna delle quali fa riferimento alla relativa Autorità Competente o Competent Authority (CA).

Nel caso del progetto in esame, i due distretti competenti sono il Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino Arno - ITN002) ed il Distretto Idrografico del Fiume Po (ex Autorità di Bacino Reno - ITI021) (Fig. 17a):



Fig. 17a – Distretti idrografici.

### 10.10.1 Pericolosità da alluvione fluviale

Il P.G.R.A. è un Piano composito, in quanto ogni Unit of Management (UoM) di cui si compone il distretto di riferimento ha predisposto il proprio P.G.R.A.: i diversi Piani prodotti sono stati poi coordinati e resi congruenti dall'Autorità Distrettuale.

Il P.G.R.A. ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate, tenendo conto delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato e sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui all'art. 6, le misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino finalizzate alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio.

La rappresentazione degli scenari di pericolosità idraulica avviene attraverso tre classi in funzione della frequenza di accadimento come di seguito specificato:

---

Progetto Esecutivo

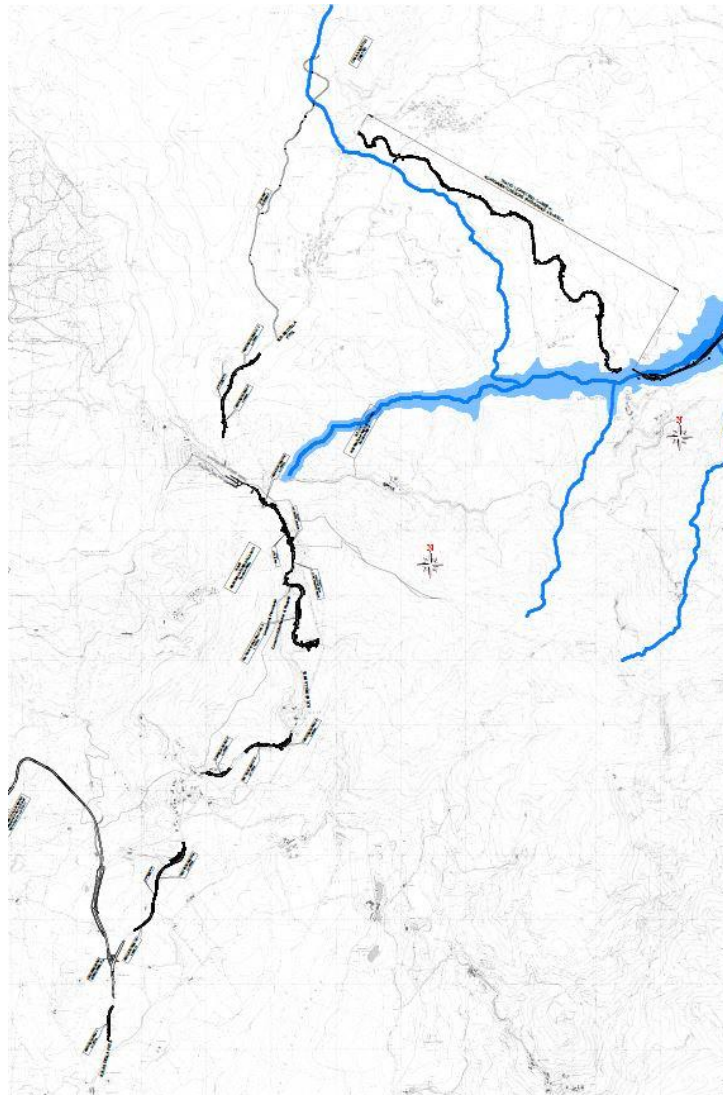
---

- *Pericolosità da alluvione elevata (P3):* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno TR minore/uguale a 30 anni (è la classe con maggior frequenza di accadimento);
- *Pericolosità da alluvione media (P2):* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- *Pericolosità da alluvione bassa (P1):* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Relativamente all'areale di intervento risultano presenti aree a pericolosità (relativa al reticolo principale) riferibili Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale ed al Bacino Distrettuale del Fiume Po (direttiva alluvioni II° ciclo di gestione 2021-2027, adozione I° aggiorn. 20/12/2021); solo gli elementi riportati da quest'ultima Autorità ricadono nella specifica cartografia "carte della pericolosità e del rischio" allegate al presente progetto.

Si riporta di seguito uno stralcio della suddetta cartografia PGRA in cui ricade l'area di intervento:





*Pericolosità idraulica del Reticolo Naturale Principale:*

- Aree a pericolosità elevata (P3): alluvioni frequenti
- Aree a pericolosità media (P2): alluvioni poco frequenti
- Aree a pericolosità bassa (P1): alluvioni rare

*Fig. 17b – Stralcio planimetrico della cartografia PGRA e relativa legenda.*

Dalla figura si può osservare che nei pressi della viabilità oggetto di intervento, appena a nord-est del tratto in cui è prevista la rettifica della Curva A sono perimetrate aree a pericolosità da alluvioni media ed elevata (in corrispondenza del Fosso Santerno); inoltre, risulta a pericolosità elevata da alluvioni il Torrente Rimaggio, che scorre per un lungo tratto quasi in affiancamento alla strada Cavet 850, oggetto di intervento.

## 11 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area di studio si situa nella zona del Passo della Futa che costituisce lo spartiacque tra due bacini idrografici. I versanti oggetto di indagine sono pertanto distinguibili in due settori, uno a sud, nel tratto compreso tra i Torrenti Sorcella, ad est, e Torrente Stura, ad ovest, ed uno a nord, ricadente nel bacino del Torrente Santerno e dei suoi affluenti. Le quote variano da 400 metri circa a 903 metri s.l.m. nel settore meridionale e da circa 500 m a 1200 metri s.l.m. nella parte settentrionale.

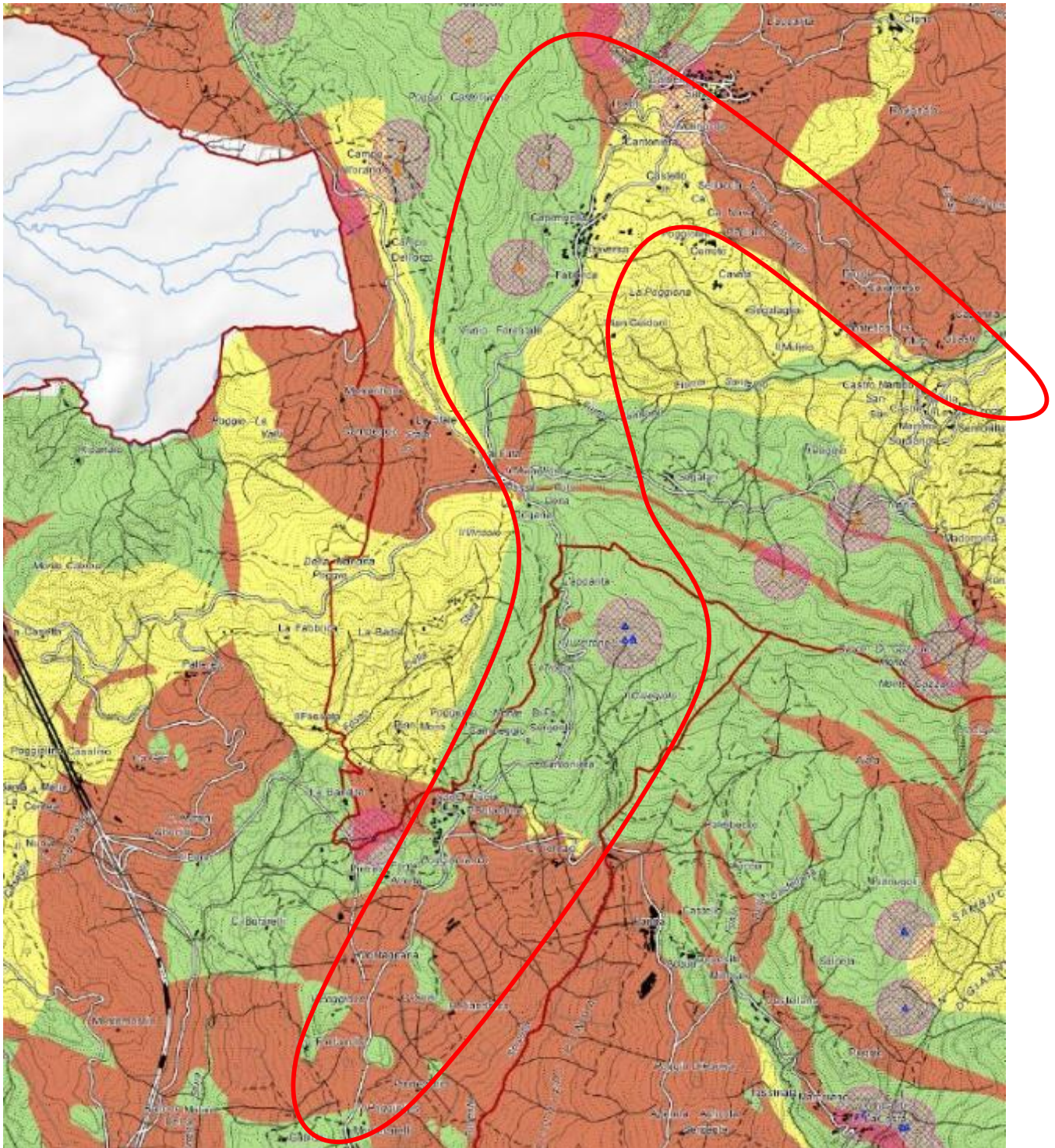
### 11.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista geologico - strutturale è necessario operare una distinzione fra le diverse scale di osservazione; sulla base delle osservazioni territoriali si fa riferimento alla distribuzione delle grandi strutture regionali ed alle loro ripercussioni idrogeologiche, mentre focalizzando l'attenzione alla mesoscala si fa riferimento all'effetto idrogeologico connesso alla fratturazione. Gli elementi in grado di influenzare l'assetto idrogeologico regionale sono rappresentati dalle strutture tettoniche fragili (faglie, sovrascorrimenti) e secondariamente dalle strutture duttili (pieghe).

Le faglie generalmente si associano a conduzione idrica sotterranea, anche se è necessario applicare una distinzione in quanto le faglie distensive presenti nell'area, legate alla formazione del Bacino del Mugello, sono quelle che evidenziano maggiore attitudine all'immagazzinamento idrico: in particolare vanno evidenziate quelle ad inclinazione molto elevata (superiore ai 60-70°) e direzione E-W. Si segnala inoltre che anche alcune faglie dirette NNE-SSW assumono importanza dal punto di vista dell'idroconduzione (es. faglie del sistema Monte di Fo – Segalari – Castro S. Martino). Gli specifici studi idrogeologici pregressi hanno stimato, per queste strutture, una permeabilità dell'ordine di  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  m/s.

Le altre faglie non appaiono univocamente idroconduttive, infatti possono anche avere permeabilità paragonabili a quella dell'ammasso roccioso circostante o addirittura inferiori; i sovrascorrimenti svolgono un ruolo idrogeologico meno esplicito rispetto a quello delle faglie subverticali e solitamente si associano a manifestazioni sorgentizie per tamponamento.

A supporto del recente Piano Strutturale Intercomunale Mugello (elaborati 09/2020 per approvazione) è stata redatta la "Carta della tutela della risorsa idrogeologica" (scala 1:25.000), di cui di seguito si riporta uno stralcio planimetrico (e relativa legenda), in cui sono indicati i pozzi e le sorgenti ad uso acquedottistico con relative zone di rispetto e le classi di permeabilità:



Progetto Esecutivo

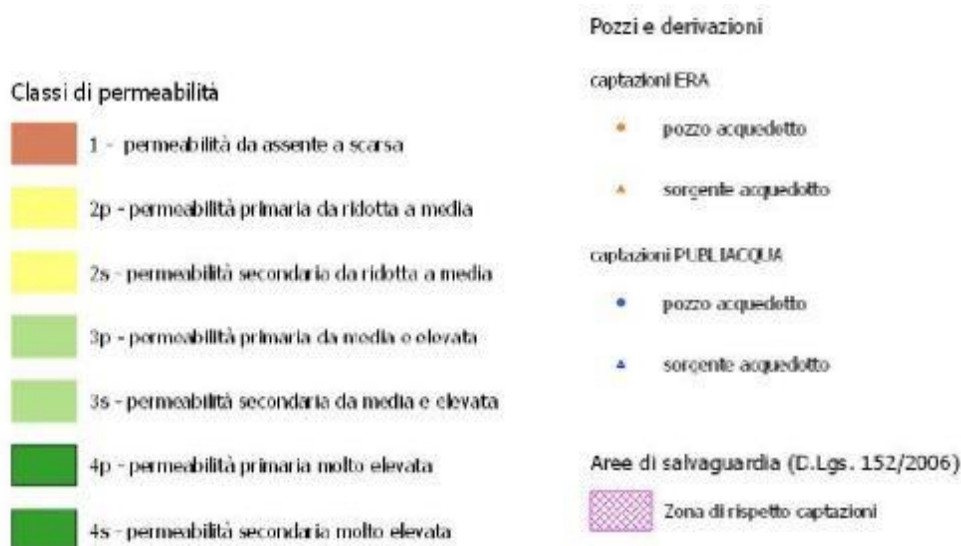


Fig. 18 – Stralcio planimetrico della “Carta della tutela della risorsa idrogeologica” (scala 1:25.000), e relativa legenda (in rosso l’area di intervento).

## 11.2 IDROGEOLOGIA AREA DI INTERVENTO

La circolazione dell’acqua nel sottosuolo deriva principalmente dalle caratteristiche litologiche e strutturali delle formazioni geologiche presenti. Idrogeologicamente i terreni non lapidei (coltri detritiche e di frana, depositi alluvionali) presentano una permeabilità primaria dove la granulometria dei depositi condiziona la porosità efficace (fusi granulometrici grossolani risultano maggiormente permeabili dei fusi granulometrici fini). Gli ammassi rocciosi sono caratterizzati da permeabilità secondaria. Litologicamente le formazioni presenti nell’area, riconosciute sia in affioramento sia individuate al di sotto delle estese coltri detritiche tramite sondaggio, sono distinguibili in due grandi categorie, rocce a prevalenza argillitica (SIL, APA, AVC, MVV, AGA) e rocce a prevalenza calcareo-marnosa (MLL), arenacea ed arenaceo-pelitica (MOH, MOV, PTF, TCG1, AQR1, CDP, FIU1) od ofiolitica (OFI $\alpha$  ed OFI $\beta$ ).

Le caratteristiche litologiche influiscono sul comportamento idrogeologico delle diverse formazioni assieme alla presenza di strutture tettoniche (faglie, sovrascorrimenti) ed alla conseguente fratturazione che influenza la permeabilità degli ammassi. Per una caratterizzazione idrogeologica di dettaglio dell’area si rimanda agli elaborati prodotti in anni recenti per il progetto della Bretella di Firenzuola, in particolare alla Relazione geologica del “Progetto definitivo” 2008 della Bretella di Firenzuola (Lotto 14 della Variante di Valico) ed agli studi specifici in essa menzionati. Da questa relazione si estraggono le seguenti valutazioni e considerazioni sulle permeabilità degli ammassi rocciosi derivati dalle risultanze delle prove Lugeon realizzate nelle formazioni dell’area di interesse nell’ambito di varie campagne di indagine di progettazione della Bretella:

### Permeabilità per porosità

- Depositi alluvionali (B1 e B) con  $10^{-5} < k < 10^{-3}$  m/s;
- Depositi di versante e/o depositi di frana (a1, a2, a3) con  $10^{-6} < k < 10^{-4}$  m/s.

### Permeabilità per fratturazione

- I terreni ascrivibili alle unità a flysch con prevalente componente arenacea (AQR1, MOH, CDP) sono caratterizzati da permeabilità secondaria per fratturazione, che si attesta su bassi valori ( $10^{-7} < k < 10^{-5}$  m/s); pertanto la circolazione idrica sotterranea si concentra principalmente nelle zone di alterazione superficiale e nelle zone fratturate associate alle deformazioni tettoniche, cioè negli ambiti in cui i valori

**Progetto Esecutivo**

di permeabilità medie possono subire incrementi anche significativi. Non si hanno dati sui valori di permeabilità del membro di Monte Sassolera (FIU1), peraltro presente solo in una piccola plaga all'interno delle argilliti AVC.

- I terreni ascrivibili alle unità flyschoidi con importanti componenti marnoso-siltose e/o argillitiche (TCG1, MOV, MLL, PTF) presentano permeabilità da basse a molto basse ( $10^{-8} < k < 10^{-6}$  m/s) e pertanto non costituiscono acquiferi di importanza significativa.
- I terreni a prevalente componente argillitica (APA, SIL, AVC, MVV) presentano permeabilità da molto basse ad estremamente basse ( $k < 10^{-7}$  m/s) e costituiscono pertanto un limite nei confronti della circolazione sotterranea delle acque. Per questi terreni è stato ipotizzato che la permeabilità possa ridursi anche al di sotto dei valori misurati mediante le prove Lugeon, poiché l'impiego di acqua nelle fasi di perforazione e di prova verosimilmente può determinare il rammollimento delle argilliti che costituiscono le pareti del foro. Tale accadimento è in grado di determinare una non perfetta tenuta degli otturatori e l'instaurarsi di moti di filtrazione che, viste le basse permeabilità in gioco, possono condurre alla sovrastima dei valori della costante K.

Ulteriori considerazioni presenti nell'ambito degli studi precedenti fanno notare come i valori assunti per definire la permeabilità dei complessi idrogeologici di substrato siano derivati direttamente dall'elaborazione statistica delle prove di permeabilità in sito, pertanto risulta lecito attendersi che i valori di K indicati possano subire un incremento qualora considerati alla scala dell'intero ammasso roccioso; in particolare l'incertezza intrinseca nella definizione di tali limiti di permeabilità è normalmente stimabile, sulla base delle esperienze maturate (prova di pompaggio eseguite in pozzi limitrofi), nell'ambito di un ordine di grandezza. Quanto sopra esposto è conseguenza del fatto che le prove Lugeon possono essere eseguite solamente in corrispondenza di tratti di perforazione stabili e pertanto non possono tenere conto del comportamento idraulico delle porzioni d'ammasso maggiormente fratturate.

Quanto riportato deve considerarsi un inquadramento dell'area dal punto di vista delle caratteristiche di permeabilità, i cui range di valori stimati risultano sostanzialmente compatibili con le risultanze delle prove d'acqua puntuali eseguite nell'ambito dell'area di studio (prove Lugeon in avanzamento e prove Lefranc a carico variabile): i certificati delle suddette prove sono allegati alla documentazione delle relative indagini geognostiche a cui si rimanda per l'utilizzo a fini ingegneristici specifici del progetto.

La definizione della falda di progetto e la definizione delle interferenze dell'infrastruttura con la falda idrica, sia come impatto sull'ambiente idrico, sia come ripercussioni ingegneristiche a contrasto delle azioni erosive delle acque di superficie, non è oggetto della presente relazione.

### 11.3 SORGENTI E POZZI

Nella planimetria geologica allegata al presente progetto sono riportate le captazioni (sorgenti, pozzi e derivazioni superficiali) ricadenti nell'area di interesse, nonché le scaturigini rilevate nel corso del rilevamento in sito e dei sopralluoghi effettuati in vari anni. Per quanto riguarda le caratteristiche delle captazioni censite si rimanda agli studi precedentemente citati.

L'areale di studio si colloca in gran parte all'interno dell'area di Concessione/Tutela Panna (fig.19 fornita dalla Società Acqua Panna); si precisa che il tracciato della S.R. 65 oggetto di miglioramento ricade all'interno dei limiti di protezione ambientale dell'Acqua Panna da c.a. il bivio Santa Lucia-Panna (ad esclusione dell'abitato di Santa Lucia) fino a poco oltre la località Dogana (appena prima del Passo della Futa).

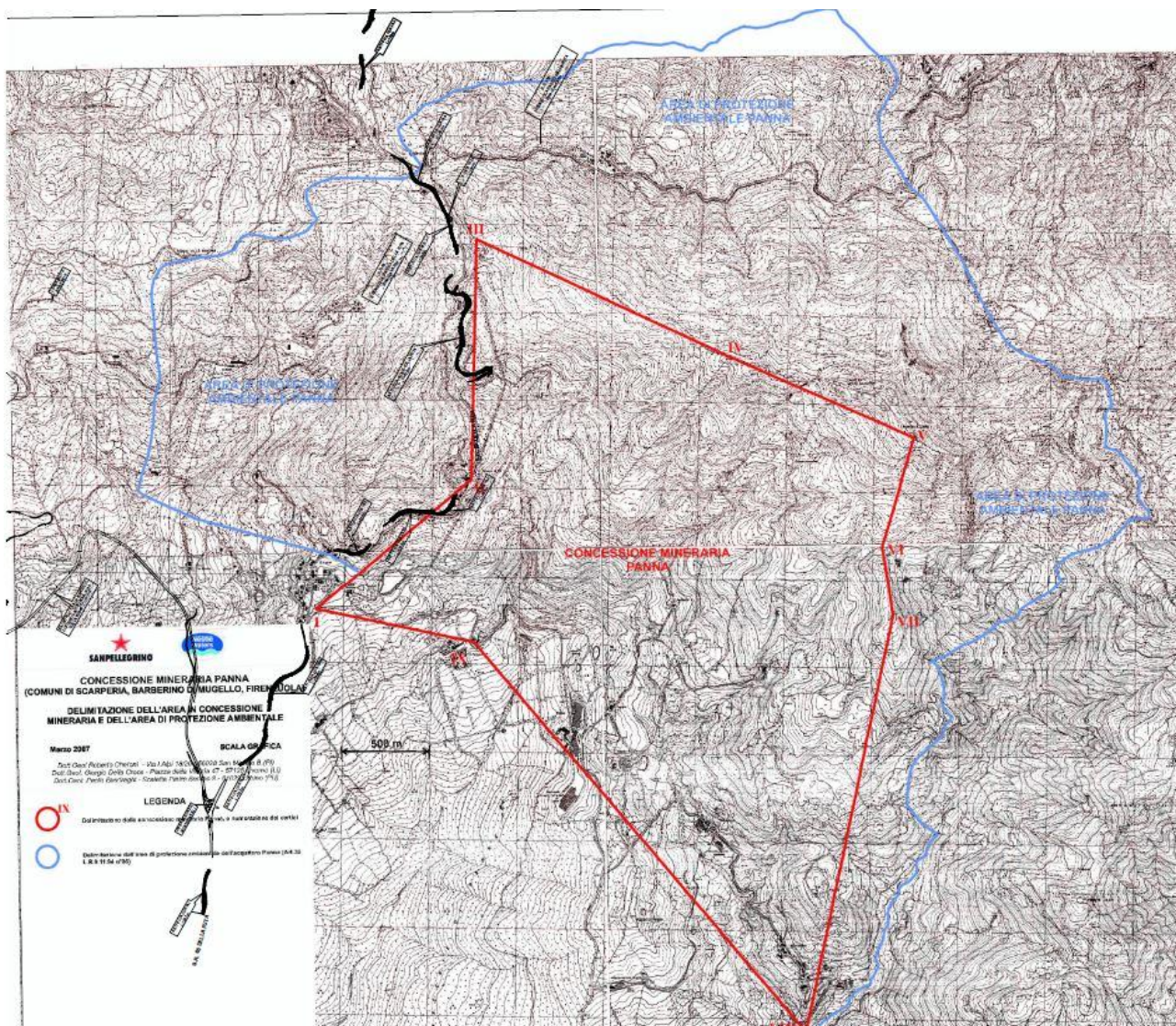


Fig. 19 – Delimitazione della concessione mineraria Panna (in rosso) e delimitazione dell'area di protezione ambientale dell'acquifero Panna (in celeste). Dati forniti da Società Acqua Panna. In nero i tratti di viabilità oggetto di intervento.

Per quanto concerne i pozzi e le sorgenti utilizzate per l'estrazione delle acque di falda, sono riportati in planimetria geologica quelli della proprietà Panna ricadenti nell'area di studio, quelli segnalati dalla Banca Dati di sottosuolo e delle Risorse Idriche della Regione Toscana - Lamma (a cui il codice fa riferimento) implementati da quelli indicati nel Regolamento urbanistico Comunale di Barberino di Mugello ("Carta delle tutele"), nel Piano Strutturale del Comune di Firenzuola ("Carta dei contesti idraulici ed idrogeologici") e nel recente Piano Strutturale Intercomunale del Mugello ("Carta della tutela della risorsa idrogeologica", ove sono indicati i pozzi e le sorgenti ad uso acquedottistico in gestione ad Hera e Publiacqua).

Si sottolinea che tra i pozzi ricadenti nell'area di indagine è presente, nei pressi del Passo della Futa, il pozzo P34 progettato e perforato nel corso degli studi per la galleria Serventi (ex Poggione) in prossimità di un grosso lineamento tettonico ad andamento N-S. Le prove di emungimento condotte hanno rilevato modeste quantità d'acqua avvalorando l'ipotesi di una minore importanza idrogeologica dei lineamenti tettonici diretti N-S rispetto a quelli diretti E-W e NNE-SSW. Per la caratterizzazione chimico-fisica e l'inquadramento idrogeochimico delle acque presenti nell'area si rimanda allo studio sopra citato.

## 11.4 MISURE PIEZOMETRICHE

Nell'area di interesse sono stati installati diversi piezometri durante le varie campagne di indagine eseguite nel tempo; nella tabella seguente si riportano le caratteristiche principali degli strumenti piezometrici significativi per il presente progetto:

Sigla	Tipo piezometro	Profondità (m) da stratigrafia
SD1	Cella Casagrande	13,50
SD3	Cella Casagrande	18,50
SD3bis	Tubo aperto	5,00 - tratto filtrante 2-5
SD4	Cella Casagrande	18,00
SD5	Cella elettrica	24,00 - tratto filtrante 7-25
SD7	Cella elettrica	29,00 - tratto filtrante 6-30
SD9	Cella elettrica	32,00 - tratto filtrante 6-33
SD11	Cella elettrica	32,00 - tratto filtrante 12-33
SD17	Cella elettrica	23,00 - tratto filtrante 6-25
SD21ter	Cella Casagrande	9,50
SD22	Cella Casagrande	18,50
SD24	Cella Casagrande	9,50
	Cella Casagrande	32,50
SD25bis	Cella Casagrande	5,30
	Cella Casagrande	14,50
SD27bis	Tubo aperto	10,00 - tratto filtrante 4-10
BF58	Cella Casagrande	17,00
SR2BIS	Cella Casagrande	30,00
SR2TER	Cella Casagrande	16,00
FN2	Tubo aperto	25,00 - tratto filtrante 3-25
FN4	Tubo aperto	25,00 - tratto filtrante 3-25

Tab. 3 – Caratteristiche principali degli strumenti piezometrici ricadenti nell'ambito del presente progetto.

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche del 2015, 2018 e 2019, al fine di evitare ogni possibile inquinamento delle falde sono stati adottati particolari accorgimenti sia durante le perforazioni che in fase di realizzazione dei chiusini a bocca-foro: in particolare per i piezometri ricadenti nell'area di concessione o di tutela ambientale Panna sono state installate celle elettriche-trasduttori di pressione inserite all'interno di un tratto filtrante posto a quota variabile; la porzione di foro compresa tra il tratto filtrante ed il piano campagna è stato intasato con miscela cementizia, lasciando all'interno di un pozzetto di protezione carrabile solamente un cavetto elettrico con apposita scatola di connessione.

Come anticipato relativamente al monitoraggio piezometrico, tutte le letture di falda a oggi disponibili sono state raccolte nello specifico elaborato allegato al presente progetto. Inoltre, nell'ambito delle sezioni geologiche redatte sono state riportate le letture piezometriche di minima e massima soggiacenza della falda (m da p.c.), che di seguito vengono indicate in forma tabellare:

Progetto Esecutivo

ID strum	DATA	Casagrande 1 cella		Casagrande 2 cella		Tubo Aperto	
		Soggiacenza (m da p.c.)	Fondo Foro	Soggiacenza (m da p.c.)	Fondo Foro	Sogg. (m da p.c.)	Fondo Foro
SD1	30/11/2016	0,00	14,75				
	13/05/2015	1,61	14,75				
SD3	30/11/2018	0,60	18,32				
	26/08/2015	2,02	18,32				
SD3 bis	30/11/2018					0,70	5,53
	08/07/2016					3,89	5,53
SD4	10/05/2017	6,60	16,70				
	13/05/2015	4,15	16,70				
SD21 ter	11/02/2021	1,45	9,60				
	28/09/2015	2,60	9,60				
SD22	05/07/2016	4,55	17,85				
	29/04/2015	1,76	17,85				
SD24	11/02/2021	9,70	33,00	Secco per tutte le letture	11,00		
	28/09/2015	14,60	33,00				
SD25 bis	11/02/2021	0,20	14,30	0,20	5,50		
	28/09/2015	1,90	14,80	2,05	5,50		
SD27 bis	28/09/2015					7,95	10,25
	29/04/2015					3,08	10,25
BF58	28/01/2020	6,05	18,80				
	25/02/2016	6,85	18,80				
SR2 bis	11/02/2021	0,98	30,40				
	16/11/2018	6,40	30,40				
SR2 ter	11/02/2021	0,98	15,8				
	16/11/2018	2,8	15,8				
FN2	30/11/2021					23,60	25,00
	01/10/2021					24,30	25,00
FN4	30/11/2021					7,15	25,00
	26/10/2021					9,41	25,00

Tab. 4a – Letture di falda (minima e massima soggiacenza degli strumenti piezometrici classici (tubo piezometrico/cella casagrande)



Progetto Esecutivo

Sondaggio con cella elettrica	Profondità cella el. da p.c. (m)	Data lettura	Soggiacenza falda (m da p.c.)	NOTE
SD5	24,00	29/09/15	23,26	
		04/04/16	12,34	
SD7	29,00	29/09/15	28,51	
		11/02/21	27,09	
SD9	32,00	29/09/15	21,34	
		30/11/18	17,57	
SD11	32,00	11/02/21	p.c.	NOTA: Falda a p.c. in tutte le misure per probabile risalita di acqua in pressione (segnalata a quota 13m durante la perforazione)
SD17	23,00	29/09/15	13,40	
		28/01/20	8,00	

Tab. 4b – Letture di falda (minima e massima soggiacenza) degli strumenti piezometrici (celle elettriche)

Relativamente alle verticali SD8 ed SD11, si fa presente che durante la perforazione è stata rilevata la presenza di acqua in pressione rispettivamente a 15 m e 13 m da p.c.

Dalle tabelle sopra riportate è possibile valutare l'entità delle escursioni della falda.

## 12 ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO FAGLIE CAPACI

Nel presente capitolo viene in primo luogo descritta la sismicità storica del territorio di interesse, quindi viene presentato un inquadramento dell'assetto normativo attualmente in vigore riguardo al rischio sismico. I dati esposti sono stati desunti dai documenti e/o siti internet sottoelencati.

- CPT15 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 dal 1000 al 2005: (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: <https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/>
- DBMI15 - Database Macrosismico Italiano 2015 (L'utilizzo, anche parziale, del database è consentito a condizione che la fonte sia sempre citata come segue: Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: <https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/>
- Database ISIDE (Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE) Sismicità recente dell'I.N.G.V. disponibile on-line all'indirizzo <http://cnt.rm.ingv.it/>
- Faglie capaci: catalogo delle faglie capaci ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) dell'Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale (ISPRA): <http://sgi2.isprambiente.it/mapviewer/>
- Strutture sismogenetiche: Database DISS3.2.1 (Database of Individual Seismogenic Sources) disponibile on-line all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- Classificazione Sismica Nazionale: disponibile on-line all'indirizzo <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>
- Classificazione sismica Regione Toscana.

### 12.1 SISMICITA' STORICA

Con riferimento all'analisi della sismica storica sono stati esaminati i dati riportati nel database DMI 2015, che contiene 86.071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1.684 terremoti il cui epicentro ricade all'interno dell'area CPT15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015); i dati sono riferiti a 15.416 località di cui 14.150 in territorio italiano. In particolare si riportano di seguito alcune tabelle inerenti le intensità macrosismiche registrate dal 1542 al 2019 relativamente al Comune di Barberino di Mugello e dal 1542 al 2005 relativamente al Comune di Firenzuola.

Per ogni terremoto indicato in tabella vengono riportati i valori di intensità al sito ( $I_s$ ), l'area epicentrale, il numero di osservazioni ( $nP$ ) l'intensità epicentrale massima ( $I_0$ ) e la magnitudo momento ( $M_w$ ).

Inoltre per lo stesso periodo è riportato il grafico rappresentativo dei terremoti storici del Comune di Barberino di Mugello (Fig. 20) e Firenzuola (Fig. 21), dove non sono rappresentati i terremoti con  $I_s$  inferiore a 3 e quelli classificati NF, ossia "non avvertito".

E' bene precisare che l'Intensità macrosismica ( $I_s$ ) definisce gli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente, classificandoli in dodici gradi attraverso la scala Mercalli: in tale contesto, quindi, l'intensità non rappresenta una misura dell'energia del terremoto, bensì del grado di danneggiamento, che tiene conto, principalmente, non della violenza dello scuotimento ma delle caratteristiche degli edifici e della densità di popolazione.

Progetto Esecutivo

Seismic history of Barberino di Mugello [44.002, 11.238]					
Total number of earthquakes: 46					
Effects	Anno Me Gi Or	Earthquake occurred:	nP	Io	Mw
Is		Area epicentrale			
8-9	1542 06 13 02:15	Mugello	46	9	5.94 ±0.21
6	1661 03 22 12:50	Appennino romagnolo	79	9	6.09 ±0.16
7	1843 10 25 03:30	Mugello	17	6-7	5.12 ±0.29
7	1864 12 11 17:40	MUGELLO	9	7	5.11 ±0.73
3	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144		5.93 ±0.16
3	1887 11 14 05:48:05	Fiorentino	101	6	4.54 ±0.13
NF	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
4-5	1895 05 18 19:55:12	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
5	1899 06 26 23:17:22	Valle del Bisenzio	138	7	5.06 ±0.15
5	1904 02 25 18:47:50	Reggiano	62	6	5.05 ±0.18
4	1904 06 10 11:15:28	Frignano	102	6	5.03 ±0.18
5	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
2-3	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10
5	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
3	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
7	1919 06 29 15:06:12	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
6	1929 07 18 21:01:58	Mugello	56	6-7	5.02 ±0.17
3	1930 05 24 22:02:05	FIUMALBO	43	5	4.81 ±0.17
5-6	1931 12 15 03:31:22	Mugello	26	6	4.85 ±0.24
5	1939 02 11 11:16:54	MARRADI	31	7	5.01 ±0.23
3	1952 07 04 20:35:12	Appennino romagnolo	64	7	4.99 ±0.18
4	1956 04 26 03:00:03	Appennino tosc-emiliano	75	6	4.77 ±0.14
3	1956 05 26 18:39:57	Appennino romagnolo	79	7	4.99 ±0.15
3	1956 06 03 01:45:57	Appennino romagnolo	62		
4	1959 03 24 10:24	FIorentino	28	7	4.84 ±0.40
7	1960 10 29 00:08:39	Mugello	69	7	4.97 ±0.15
5	1964 09 05 21:08	RONCOBILACCIO	22	5	4.71 ±0.21
3-4	1970 02 09 07:39:13	MERCATO SARACENO	30	5-6	4.63 ±0.29
NF	2000 05 08 12:29:56	Emilia Romagna	126	5	4.66 ±0.09
NF	2000 05 10 16:52:12	Emilia Romagna	151	5-6	4.86 ±0.09
5	2003 09 14 21:42:53	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09
NF	2003 12 07 10:20:33	Forlivese	165	5	4.18 ±0.09
NF	2005 07 15 15:17:01	Forlivese	173	4-5	4.29
6	2019 12 09 03:37:00	Mugello	11	5	4.69

Progetto Esecutivo

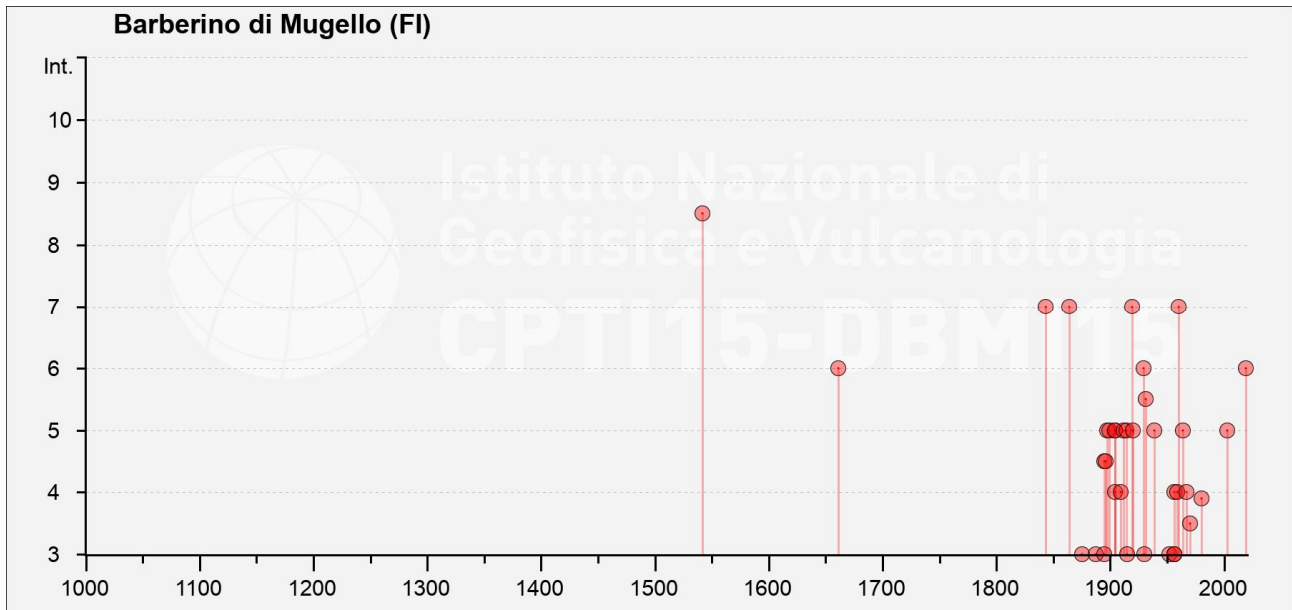


Fig. 20 - Intensità macrosismiche dal 1500 al 2019 nel Comune di Barberino di Mugello

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di Barberino di Mugello sono pari a IS=8-9 per l'evento del 1542 e IS=7 per gli eventi del 1843, 1864, 1919 e 1960. Si rammenta inoltre il recente evento sismico del 2019.

**Progetto Esecutivo**

<b>Seismic history of Firenzuola</b>					
<b>[44.119, 11.379]</b>					
Total number of earthquakes: 67					
Effects Is	Anno Me Gi Or	Earthquake occurred: Area epicentrale	nP	Io	Mw
6	1542 06 13 02:15	Mugello	46	9	5.94 ±0.21
5	1849 01 06 03:00	Alta valle del Santerno	4	6	4.72 ±0.34
7	1864 12 11 17:40	MUGELLO	9	7	5.11 ±0.73
6	1874 10 07	IMOLESE	60	7	5.02 ±0.18
3	1881 09 28	CESENA	24	6-7	4.82 ±0.27
3	1885 02 26 20:48	SCANDIANO	78	6	5.19 ±0.15
3	1887 02 23 05:21:50	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
2-3	1887 11 14 05:48:05	Fiorentino	101	6	4.54 ±0.13
4	1889 03 08 02:57:04	Bolognese	38	5	4.73 ±0.22
3	1891 06 07 01:06:14	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
4-5	1892 12 29 13:48	Appennino bolognese	19	5-6	4.52 ±0.33
3-4	1895 05 18 19:55:12	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
NF	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
NF	1902 03 05 07:06	Garfagnana	83	7	4.96 ±0.17
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
4	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7	5.28 ±0.11
NF	1913 02 13 16:39:50	Appennino tosco-emiliano	27	5	4.54 ±0.25
F	1913 07 21 22:35	VALLE DEL LAMONE	43	5-6	4.78 ±0.19
NF	1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20
5	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
5	1916 08 16 07:06	Alto Adriatico	257		6.14 ±0.14
4	1917 12 02 17:39	GALEATA	32	6-7	5.09 ±0.20
7	1919 06 29 15:06:12	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
6	1929 07 18 21:01:58	Mugello	56	6-7	5.02 ±0.17
2	1930 05 24 22:02:05	FIUMALBO	43	5	4.81 ±0.17
3	1930 10 30 07:13:13	SENIGALLIA	263	8	5.81 ±0.09
4	1931 04 05 13:34	Faentino	14	6	4.80 ±0.25
7	1931 09 05 01:25:53	Mugello	28	6	4.80 ±0.22
5-6	1931 12 15 03:31:22	Mugello	26	6	4.85 ±0.24
4	1935 06 05 11:48:02	Faentino	27	6	5.16 ±0.25
5	1939 02 11 11:16:54	MARRADI	31	7	5.01 ±0.23
3	1952 07 04 20:35:12	Appennino romagnolo	64	7	4.99 ±0.18
5	1956 04 26 03:00:03	Appennino tosco-emiliano	75	6	4.77 ±0.14
5	1956 05 26 18:39:57	Appennino romagnolo	79	7	4.99 ±0.15
3	1956 06 03 01:45:57	Appennino romagnolo	62		
4	1960 10 29 00:08:39	Mugello	69	7	4.97 ±0.15
5	1964 09 05 21:08	RONCOBILACCIO	22	5	4.71 ±0.21
2-3	1970 02 09 07:39:13	MERCATO SARACENO	30	5-6	4.63 ±0.29

Progetto Esecutivo

Seismic history of Firenzuola [44.119, 11.379]						
Total number of earthquakes: 67						
Effects	Anno Me Gi Or	Earthquake occurred:		nP	Io	Mw
Is		Area epicentrale				
3	1983 11 09 16:29:52	Parmense		850	6-7	5.06 ±0.09
NF	2000 05 06 22:07:04	Emilia Romagna		84	5	4.17 ±0.09
NF	2000 05 08 12:29:56	Emilia Romagna		126	5	4.66 ±0.09
2-3	2000 05 10 16:52:12	Emilia Romagna		151	5-6	4.86 ±0.09
5-6	2003 09 14 21:42:53	Appennino bolognese		133	6	5.29 ±0.09
3	2003 12 07 10:20:33	Forlivese		165	5	4.18 ±0.09
NF	2005 07 15 15:17:01	Forlivese		173	4-5	4.29

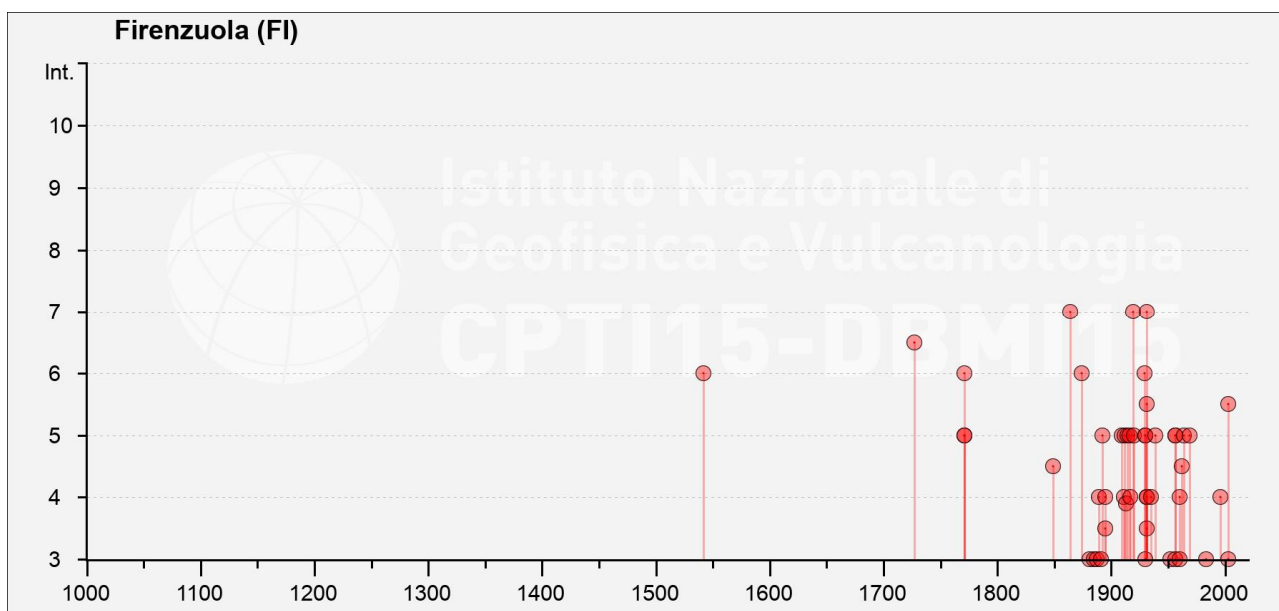


Fig. 21 - Intensità macrosismiche dal 1500 al 2005 nel Comune di Firenzuola

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di Firenzuola sono pari a IS=7 per gli eventi del 1864, 1919 e 1931.

## 12.2 SISMICITA' RECENTE

A partire da Marzo 2017 il data base ISIDE (catalogo che fornisce i parametri dei terremoti ottenuti integrando i dati provenienti da localizzazioni effettuate in tempo quasi-reale con i dati del Bollettino Sismico Italiano) è stato sostituito dal nuovo portale dati del Centro Nazionale Terremoti (CNT), che mostra i dettagli di ogni evento sismico registrato e localizzato presso le sale operative dell'INGV.

Il Data Base è accessibile al seguente link: <http://cnt.rm.ingv.it/>; questo sito pubblica i parametri dei terremoti localizzati in tempo reale durante il servizio di sorveglianza sismica e i parametri ipocentrali rivisti giornalmente dagli analisti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Centro Nazionale Terremoti) pubblicati nel Bollettino Sismico italiano. I segnali sismici e le fasi provengono dalla Rete Sismica Nazionale Italiana o da altre reti locali, regionali e nazionali che appartengono ad altre istituzioni italiane o estere.

La Fig. 22 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Data Base in un intorno di 50 km dal Comune di Firenzuola nel periodo dal 13/01/1985 al 23/12/2021 e magnitudo compresa tra 1 e 10. In tale area, per l'intervallo di tempo considerato, sono segnalati n. 9677 terremoti. Le magnitudo più rappresentate sono comprese tra 1.0 e 2.0. In generale le profondità sono per la maggior parte entro i 10 km.

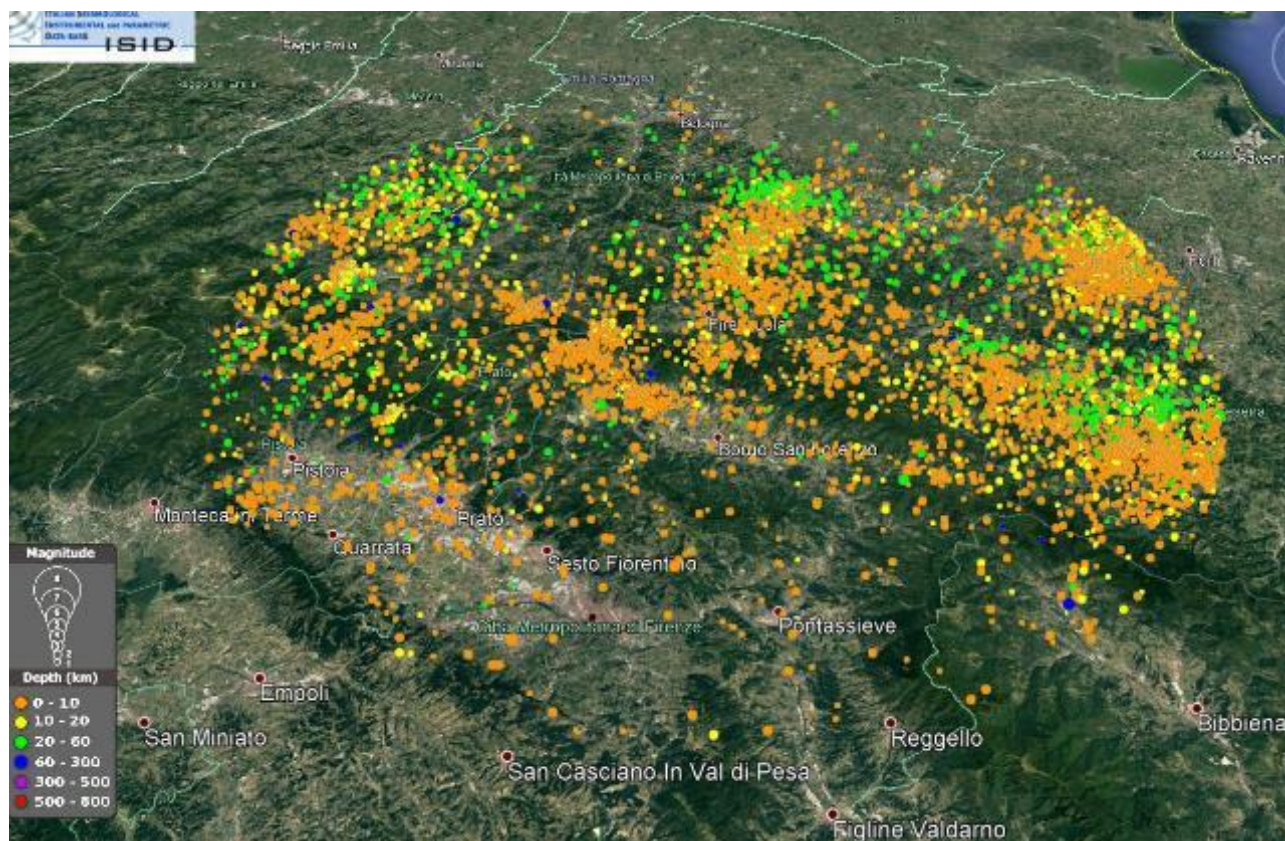


Fig. 22 - Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di 50 km dal Comune di Firenzuola (data base Centro Nazionale Terremoti).

Nelle seguenti immagini (da Montecarelli a Firenzuola – figg.23 a,b,c) sono evidenziati i terremoti avvenuti dal 1985 ad oggi nelle aree più prossime alla viabilità oggetto di adeguamento.

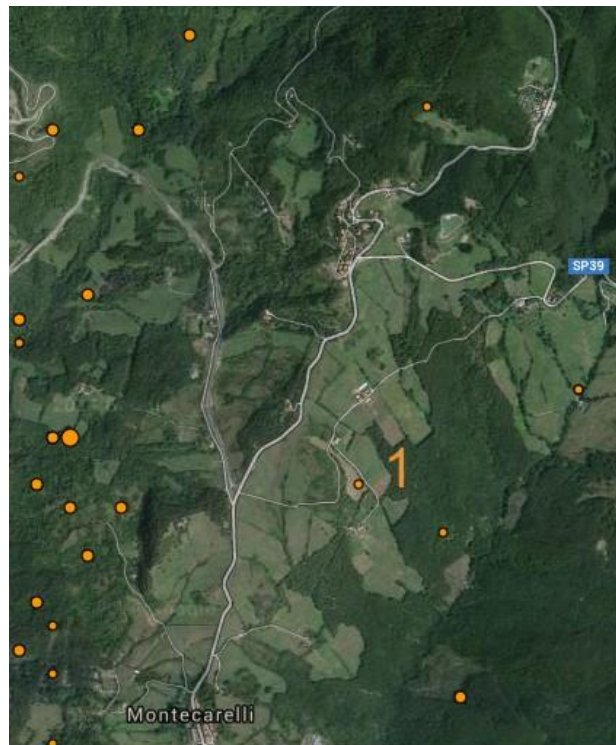


Fig. 23a – Database ISIDE: distribuzione terremoti periodo 1985-2021 (dettaglio).

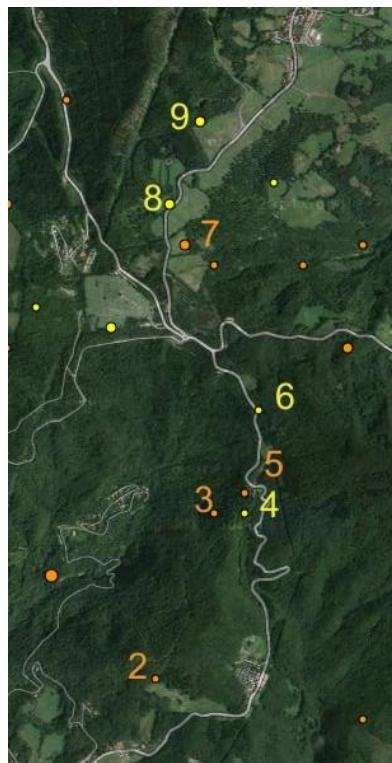


Fig. 23b – Database ISIDE: distribuzione terremoti periodo 1985-2021 (dettaglio).





Fig. 23c – Database ISIDE: distribuzione terremoti periodo 1985-2021 (dettaglio).

I 14 eventi segnalati nei pressi dei punti di intervento hanno le seguenti caratteristiche (da Montecarelli a Firenzuola):

ID	Magnitudo	Profondità (km)	Data (UTC)
1	1.8	9.0	15/09/2009
2	1.9	9.9	19/09/2009
3	1.6	5.3	01/03/2008
4	1.2	17.3	05/03/2012
5	1.3	8.8	15/06/2013
6	1.4	13.5	10/10/2009
7	2.1	5.6	01/03/2008
8	2.2	10.2	01/03/2008
9	2.1	10.4	01/03/2008
10	1.7	10.3	01/03/2008
11	2.0	9.5	09/12/1995
12	1.2	19.3	20/06/2006
13	2.1	12.4	21/11/2004
14	1.9	7.8	17/06/2016

Si evidenziano epicentri di eventi sismici molto recenti nei pressi della viabilità oggetto di intervento (2012, 2013, 2016).

### 12.3 FAGLIE CAPACI (PROGETTO ITACHA)

Il termine “faglie capaci” viene utilizzato per descrivere le faglie “sismiche” con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni e pertanto potenzialmente “capaci” di produrre deformazioni in superficie.

L’attivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere  $\geq$  VIII-IX grado della scala ESI 2007.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci “ITHACA ITaly HAZard from CAbable faults”, disponibile “on-line” all’indirizzo:

<http://sqi2.isprambiente.it/mapviewer/>

Nella seguente figura 24 si riporta uno stralcio planimetrico della distribuzione delle faglie capaci del Progetto ITHACA relativamente ad un ampio areale contenente la tratta in oggetto:



Fig. 24 - Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA" (ITaly HAZard from Capable faults Catalogo delle faglie capaci presenti sul territorio italiano - ISPRA) (in verde l'area di studio).

Dalla fig. 24 si evince che la viabilità oggetto di intervento non interferisce con faglie capaci, tuttavia si segnala la presenza di una faglia capace più a sud, tra Barberino del Mugello e Montecatelli, riferibile al sistema del Mugello. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della suddetta faglia:

**Progetto Esecutivo**

<b>FAULT NAME</b>	Mugello System
<b>FAULT CODE</b>	62200
<b>REGION NAME</b>	Toscana
<b>SYSTEM NAME</b>	Mugello System
<b>KINEMATICS</b>	NORMAL
<b>AVERAGE STRIKE</b>	100
<b>DIP DIRECTION</b>	SSW
<b>LENGTH (Km)</b>	28
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Medium reliability
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE</b>	ND

Si segnala inoltre che, dal sito internet della Provincia di Firenze – Città Metropolitana di Firenze (Sistema Informativo Territoriale - S.I.T.), è possibile visionare le Mappe delle faglie attive e dei terremoti storici, pertanto di seguito (fig. 25) si riporta uno stralcio cartografico in cui sono indicati i seguenti elementi (evidenziati con poligono rosso):

- presenza di una faglia attiva (definita minore) ubicata in località La Selva: tale faglia è già stata menzionata nella presente relazione ed è stata riportata nella planimetria geologica allegata;
- indicazione, nell'area di studio, di due epicentri dei principali terremoti storici: uno nei pressi della località Monte di Fò (evento del 1969) e l'altro a est di Montecatelli (evento del 1864).

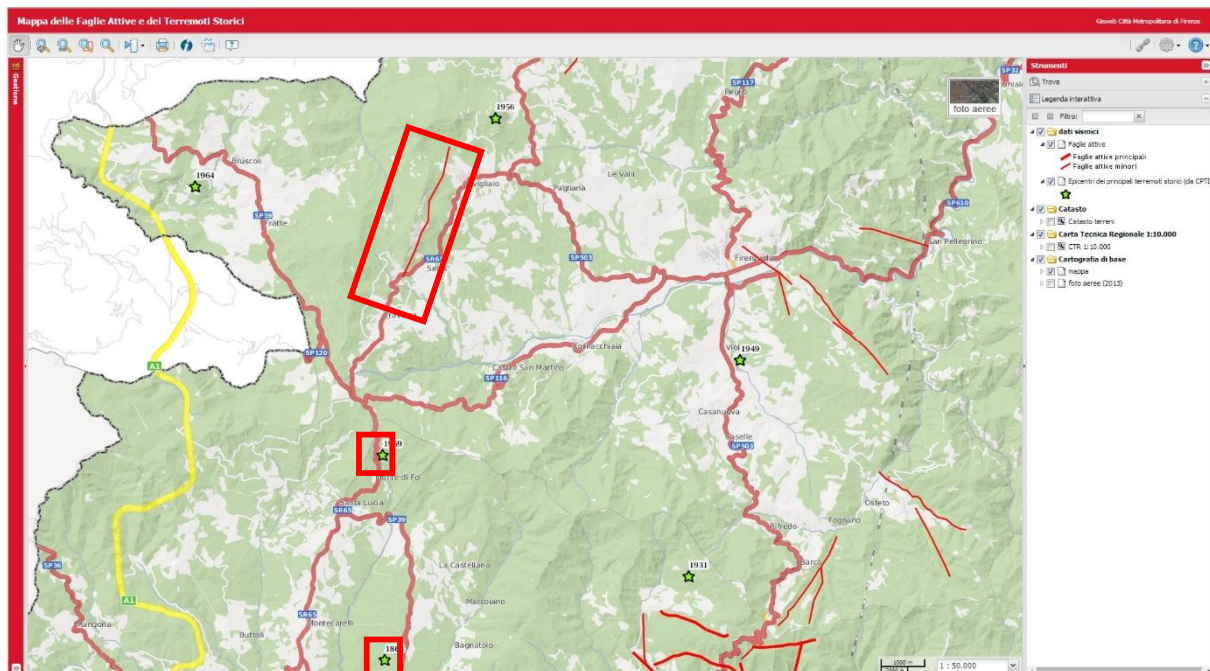


Fig. 25 - Mappa delle faglie attive e dei terremoti storici (da Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Firenze) (con riquadro rosso sono evidenziate la faglia ed i due terremoti prossimi al tracciato)

## 12.4 STRUTTURE SIMOGENETICHE

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata a movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del rigetto ecc.) non possono essere definite solamente attraverso la classica analisi geomorfologica ma derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di configurare la geometria della sorgente dai dati derivanti dalla distribuzione dei terremoti storici e dalla loro intensità.

L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Nella seguente Fig. 26 sono evidenziate in marrone le fasce sismogenetiche prossime all'area di interesse, definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture profonde ritenute attive, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse al loro interno (poligoni contornati in arancione chiaro), mentre in arancione scuro sono indicati i sistemi di faglia; con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3" (stralcio di fig. 26) si osserva che la viabilità oggetto di intervento si snoda parzialmente nell'area sismogenetica Mugello Ovest (ITIS087).

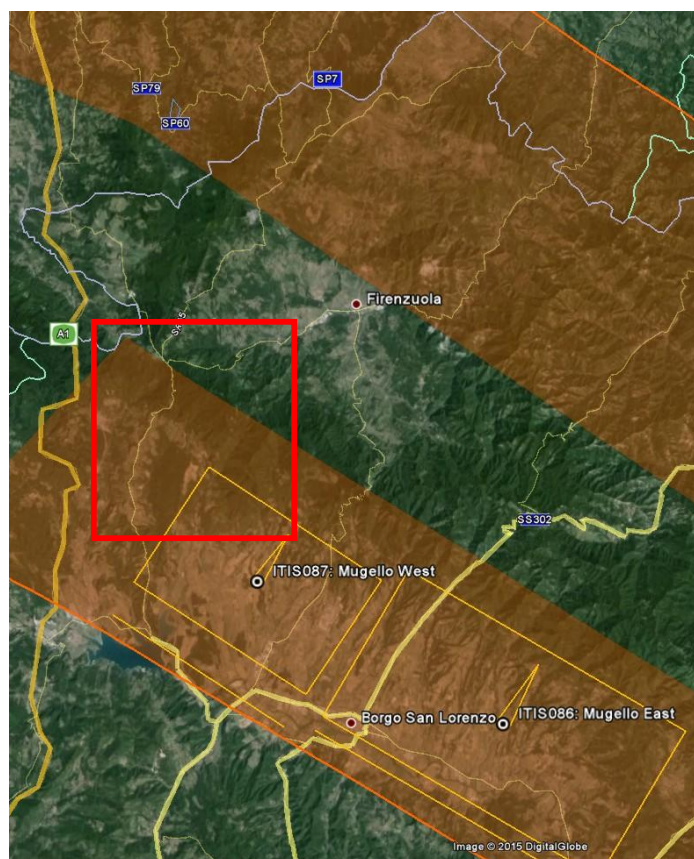


Fig. 26 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse - Database DISS3.

La codifica utilizzata nel database per identificare le strutture include 4 caratteri e 3 numeri:

1. i primi due caratteri si riferiscono al Paese considerato (IT per Italia):

**Progetto Esecutivo**

2. gli altri due caratteri identificano il tipo di dati:
- IS per Individual Seismogenic Source
  - CS per Composite Seismogenic Source
  - DS per Debated Seismogenic Source

Di seguito si riporta una tabella di sintesi relativa alla struttura sismogenetica di interesse per l'area oggetto di studio.

Code	Name	Compiled By	Latest Update	Min Depth (km)	Max Depth (km)	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Slip Rate (mm/y)	Max Magnitude (Mw)
ITIS087	Mugello West	Burrato, P., and E. Baroux	10/09/2007	1	4.5	301	30	270	0.1 - 1	5.9

## 12.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Dal 1999 al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 ha rappresentato una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si sono stabiliti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche introducendo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani (successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006) ed abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

L'intero territorio nazionale è stato così suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco "ag" su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, condizione che ha portato a definire come sismico l'intero territorio italiano attraverso l'eliminazione delle aree cosiddette "non classificate". In presenza di zona 4, è facoltà delle Regioni prescrivere o meno l'obbligo della progettazione antisismica.

L'appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni.

	Caratteristiche	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
<b>Zona 1</b>	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	ag > 0.25
<b>Zona 2</b>	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	0.15 < ag ≤ 0.25
<b>Zona 3</b>	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.	0.05 < ag ≤ 0.15
<b>Zona 4</b>	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.	ag ≤ 0.05

**Progetto Esecutivo**

---

Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata invece adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale (INGV 2004), e sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche su base probabilistica. I nuovi criteri per la determinazione della classificazione sismica individuano 12 fasce e sono basati, innovando le disposizioni del precedente OPCM 3274/2003, su valori delle accelerazioni massime al suolo "ag" con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi. Tale classificazione è quindi basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro "ag" secondo limiti amministrativi (criterio di "zona dipendente").

Nel rispetto degli indirizzi e dei criteri stabiliti a livello nazionale, le Regioni hanno inoltre riclassificato il proprio territorio in termini di livello di pericolosità, o mantenendo le quattro zone nazionali o adottando le sole zone 1, 2 e 3 e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle locali caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta operata dalla Regione, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ("ag").

Allo stato attuale, tale valore di pericolosità di base non ha diretta influenza sulla progettazione: infatti, con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008 e s.m.i.) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) avviene direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nelle stesse NTC), indipendentemente dai contestuali limiti amministrativi.

L'allegato A di tali norme prevede inoltre che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica proposti dall'INGV, utilizzati per determinare la forma dello spettro di risposta elastico di riferimento. L'approccio "sito dipendente" della stessa normativa permette di riferirsi, per ogni manufatto, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa.

Di seguito si riporta uno stralcio della mappa di "Classificazione Sismica" pubblicata dalla Protezione Civile ad Aprile 2021 (Fig. 27).

**Progetto Esecutivo**

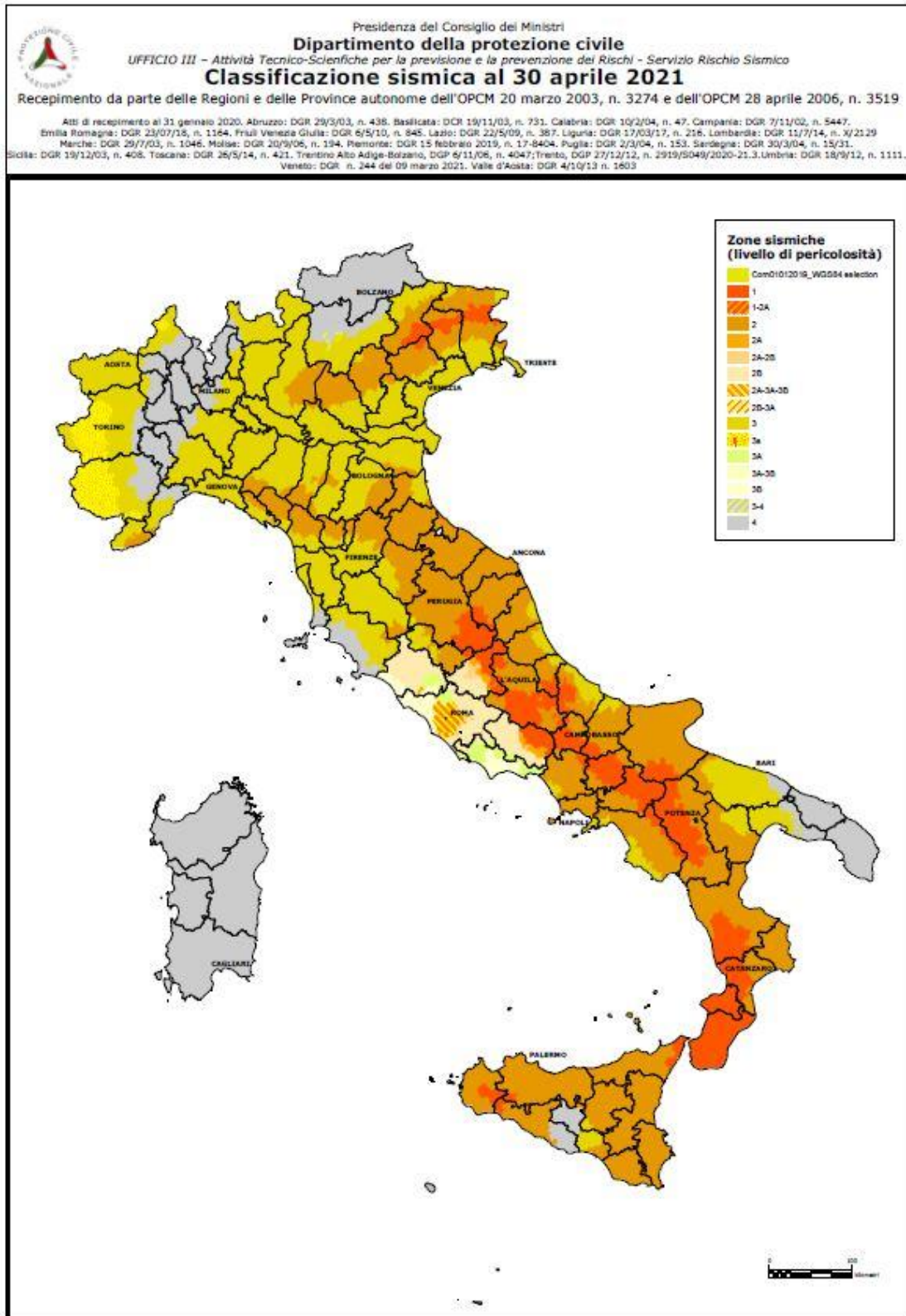


Fig. 27 - Classificazione Sismica ad aprile 2021 (Fonte: Protezione Civile).

## 12.6 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI STUDIO

In ambito locale, la normativa nazionale è stata recepita dalla Regione Toscana con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, che ha approvato la classificazione sismica regionale, relativa all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 Ottobre 2012.

Di seguito si riporta la "Mappa di aggiornamento della classificazione Sismica della Regione Toscana da Delibera del GRT 421/2014":



Fig. 28 - Classificazione Sismica al 2014 (Fonte: Regione Toscana).

In conformità alla normativa vigente, il comune interessato dal progetto ricade nelle seguenti classi:

Regione	Provincia	Codice Istat	Denominazione	Classificazione 2020 (Protezione Civile)
Toscana	Firenze	48002	Barberino di Mugello	2
Toscana	Firenze	48018	Firenzuola	2



## 13 PRINCIPALI ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI INERENTI ALL'AREA DI INTERVENTO

Vengono di seguito descritti gli elementi geologico-geomorfologici ritenuti di maggiore interesse in relazione agli interventi previsti per la miglioria della viabilità esistente denominata "Bretella di Firenzuola – Miglioramento della Sicurezza": la descrizione parte dall'abitato di Montecarelli a sud sino alla località di Selva a nord, per poi dirigersi nuovamente verso sud sino al raggiungimento del T. Santerno nelle vicinanze di Firenzuola.

### 13.1 CURVA I

La porzione meridionale dell'area di studio parte dall'abitato di Montecarelli e si sviluppa sul crinale che separa le vallate dei Torrenti Sorcella e Stura, su terreni appartenenti prima alla "Formazione della Pietraforte" e poi alla "Formazione di Sillano". Questo tratto della SR65, che porta al settore che sottende il primo intervento, non presenta al momento particolari criticità, in quanto vi si notano unicamente alcune lievi lesioni nel manto stradale (presumibilmente imputabili ai fenomeni di soliflusso caratterizzanti i versanti adiacenti alla viabilità). Si raggiunge quindi la **Curva I** di progetto nei pressi del sondaggio SD1: qui il manto stradale presenta alcune lesioni, evidenziate nel sopralluogo di inizio 2015 e in quello di Dicembre 2019 (Foto 12 a,b,c).



a)

Progetto Esecutivo



b)



c)

Foto 12 a,b,c– Lesioni nel manto stradale lungo la SR65, nei pressi dell'intervento "Curva I" (da sud a nord, foto Dicembre 2019).

Questa zona è considerata tra quelle ad elevata propensione al dissesto dal “Piano sulla Sicurezza Geologica delle Strade Regionali” (P.S.G.S.R. nel proseguo). Il sondaggio SD1 mostra la presenza di una limitata coltre di alterazione/detrito superficiale di ca. 2.5 m di spessore, poggiante sui sottostanti terreni argillitici della Formazione di Sillano. In corrispondenza del sondaggio e nelle immediate adiacenze della strada sono presenti dei fenomeni di soliflusso, ai quali è possibile imputare le lesioni riscontrate. La porzione di intervento alla “Curva I” più meridionale interferisce parzialmente con un deposito di frana quiescente, mentre quella più settentrionale lambisce un altro deposito di frana, sempre quiescente, sito appena più a valle della viabilità. In corrispondenza della “Curva I” il PAI del Distretto Appennino Settentrionale indica un’interferenza con un areale a franosità diffusa attiva (FD3), cui corrisponde principalmente una pericolosità da frana molto elevata (P4): solo nell’ultimissima porzione l’intervento intercetta invece un’area a pericolosità elevata (P3a). Inoltre, sempre in corrispondenza dell’intervento, la Regione Toscana indica un’area a franosità diffusa, mentre il PSI-Mugello segnala un’area a franosità diffusa attiva associata a pericolosità geologica da elevata a molto elevata. La minima soggiacenza misurata nel piezometro di SD1 risulta corrispondente al piano campagna.

### 13.2 ZONA CIMITERO DI MONTECARELLI

Il tratto successivo della SR65, che comprende la zona del cimitero di Montecarelli sino al bivio per Poggiolino, è anch’esso segnalato tra quelli con alta propensione al dissesto da P.S.G.S.R. La scheda redatta in questo studio (anno 2008) lega le lesioni allora riscontrate a fenomeni di “soliflusso quiescente” e sottolinea la mancanza di drenaggio della zona. Nel 2015 erano state riscontrate fessurazioni nel manto stradale - peraltro recentemente sono stati realizzati lavori di riqualifica del tratto di interconnessione con il raccordo al nuovo casello autostradale - e lievi lesioni nel muro del cimitero di Montecarelli (porzione SE oggetto di recente sistemazione).

L’analisi geomorfologica da foto aeree ha rilevato la presenza di un deposito di frana, dato confermato dalle risultanze del sondaggio SD2 realizzato immediatamente a valle della strada, che ne ha determinato lo spessore in ca. 9.5 m all’interno delle argilliti della Formazione di Sillano.

La frana risulta attiva in ragione dei seguenti elementi:

- presenza “storica” di lesioni nei manufatti;
- riscontri derivanti da foto aeree scattate in tempi diversi, indicanti una diffusa, per quanto lenta, instabilità;
- risultanze dell’inclinometro installato nel sondaggio SD2, che ha indicato una deformazione a ca. 10.3 m di prof. dal p.c. (questa verticale inclinometrica è stata di recente ripristinata con la sigla SD2bis e segnala una deformazione intorno a 2 m di prof. dal p.c.).

Una criticità di quest’area è inoltre rappresentata dalla presenza di diffusi fenomeni di ristagno delle acque meteoriche, a testimonianza di un pessimo drenaggio dell’area che potrebbe far progredire il dissesto. Questo tratto di viabilità, secondo il PAI del Distretto Appennino Settentrionale è lambito da un esteso dissesto attivo - cui corrisponde un areale a pericolosità da frana elevata (P4) - mentre per la Regione Toscana interferisce con un’area a franosità diffusa, infine per il PSI-Mugello interessa un’area a franosità diffusa attiva associata ad una pericolosità geologica da elevata a molto elevata.

### 13.3 CURVA H

Il tracciato prosegue ancora nelle argilliti della Formazione di Sillano, raggiungendo la **curva H** oggetto di rettifica. Il primo tratto della curva è lambito da una frana attiva (a1\*), mentre verso il termine dell’intervento è stato realizzato il sondaggio SD3, che indica la presenza di una coltre di detrito/alterazione di ca. 3.60 m (non riportato nella sezione geologica a causa dell’esiguo spessore) al di sopra delle argilliti di SIL. La sezione geologica 2-2’, eseguita perpendicolarmente alla curva, intercetta invece un lembo di Formazione di Monte Morello che si trova in contatto tettonico con la sottostante Formazione di Sillano, mentre la sezione 2bis-2’bis, passante per il suddetto sondaggio, indica la presenza della sola Formazione di Sillano.

Progetto Esecutivo

Il P.S.G.S.R. segnala che nel 2008 la sede stradale è stata qui interessata da lesioni attribuite ad un movimento attivo. L'analisi geomorfologica svolta per il presente lavoro rileva infatti la presenza di diffusi fenomeni di soliflusso oltre che frequenti episodi di ristagno idrico. Questi elementi suggeriscono una particolare cautela, in quanto i soliflussi sono da considerarsi qui fenomeni attivi, soprattutto in presenza di un cattivo drenaggio. A tale proposito si segnala la presenza di una piccola risorgiva nei pressi dei sondaggi SD3/SD3bis con soggiacenza minima della falda pari a 0.6-0.7m.

Per la Regione Toscana questo intervento lambisce un'area a franosità diffusa, mentre per il PSI-Mugello interferisce parzialmente con una deformazione gravitativa profonda di versante (D.G.P.V.) di tipo quiescente, associata ad un'area a pericolosità geologica da medio-elevata a elevata: ancora, per il PAI il primo tratto dell'intervento interferisce con un'area a pericolosità molto elevata (P4), mentre l'ultimo tratto di intervento interessa un'area a pericolosità elevata (P3a) associata ad un'area potenzialmente instabile per deformazione superficiale (FD2).

### 13.4 CURVA G

L'intervento alla **curva G** è previsto in una zona che attualmente mostra lesioni del manto stradale di forma arcuata e marcate ondulazioni (Foto 13).



Foto 13 – Nella parte alta della foto ondulazioni del tracciato esistente e nella parte centrale lesioni nel manto stradale (foto dic. 2019)

Il sondaggio SD4bis, realizzato a valle della strada, ha evidenziato un corpo di frana spesso ca. 6.90 m (si veda la sezione geologica 3bis-3'bis). Si tratta di una frana attiva collocata, secondo gli Enti, in un versante interessato da un'estesa coltre di dissesto attivo. Il monitoraggio inclinometrico SD4bis indica una netta

**Progetto Esecutivo**

deformazione a ca. 7.30 m di prof. dal p.c.: questa verticale inclinometrica è stata recentemente ripristinata con la sigla SD4ter.

Le litologie interessate in questa zona di intervento sono i calcari e marne della Formazione di Monte Morello (MLL), che risulta qui subaffiorante, in un contesto comunque costantemente contraddistinto dalla vicinanza della sede stradale a coronamenti di ampie frane attive/quiescenti.

In questo tratto la Regione Toscana indica aree a franosità diffusa che, poco più a valle, lasciano il posto ad estesi areali di dissesto attivo, mentre per il PSI-Mugello l'intervento lambisce nuovamente una D.G.P.V. quiescente ed interferisce con un'area a pericolosità geologica da medio-elevata a elevata: infine per il PAI l'intervento interferisce con un'area a pericolosità da frana molto elevata (P4) associata per un breve tratto iniziale a frana attiva e per il restante tratto ad un'area a franosità diffusa attiva.

### 13.5 ZONA SANTA LUCIA

La strada regionale 65, appena prima di raggiunge l'abitato di Santa Lucia nei pressi del bivio per Panna, risulta non molto distante da un corpo di frana attivo: secondo la Regione Toscana e l'IFFI tale tratto è lambito da un dissesto attivo, che il PSI-Mugello cartografa invece come D.G.P.V. quiescente, mentre dal punto di vista della pericolosità il PAI indica l'area come a pericolosità da frana elevata (P4) ed il PSI-Mugello come a pericolosità geologica elevata.

Oltre il bivio per Panna, lungo la SR65 è presente una marcata lesione ed un avvallamento nel manto stradale. Questo settore nel 2008 è stato segnalato dal P.S.G.S.R. come lesionato. Già allora era presente la gabbionata riconoscibile sotto la scarpata stradale. Geomorfologicamente l'area è caratterizzata da una coltre di frana quiescente interessata da fenomeni di soliflusso, questi ultimi presenti anche al di fuori del corpo franoso. Questo tratto, quindi, presenta una certa criticità in quanto soggetto a fenomeni superficiali attivi.

La strada prosegue attraversando l'abitato di Santa Lucia, dove sono stati cartografati alcuni dissesti attivi che hanno, tra l'altro, provocato una leggera rotazione del muro ubicato nei pressi del sondaggio FN6 (Foto 14): tali dissesti sono stati altresì messi in luce dall'analisi di diversi punti di riflessione interferometrica rilevati della Regione Toscana, che indicano la presenza di significativi spostamenti. Per i riflettori di maggiore interesse si riportano nelle seguenti Figg. 29a,b,c,d la loro ubicazione ed i relativi i grafici spostamento-tempo.

L'IFFI e la Regione Toscana evidenziano in questo settore un ampio dissesto attivo, mentre il PAI indica un esteso areale a pericolosità da frana elevata (P3a) associato a dissesti di scivolamento e colata lenta inattivi.

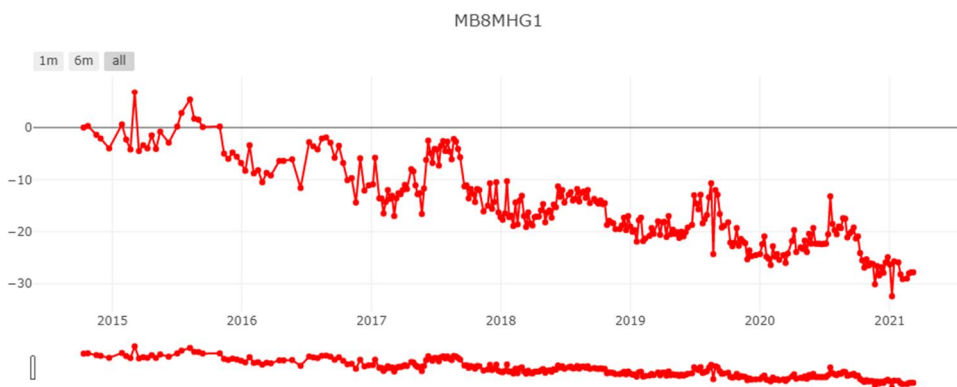
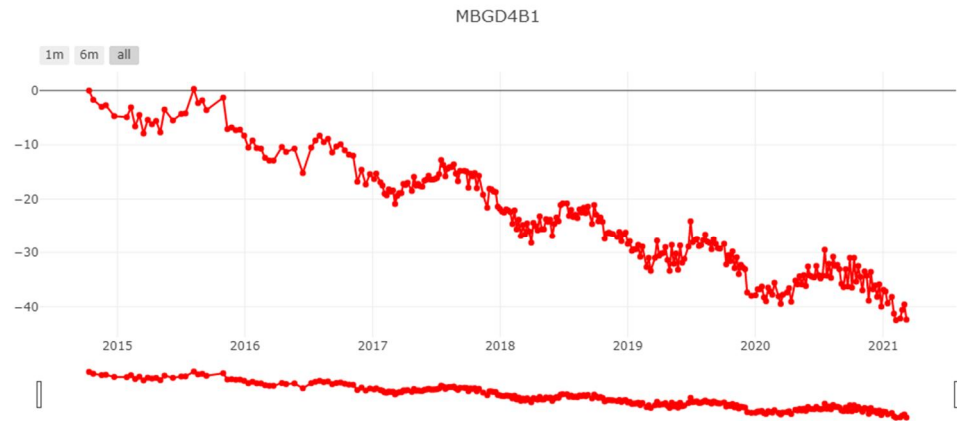
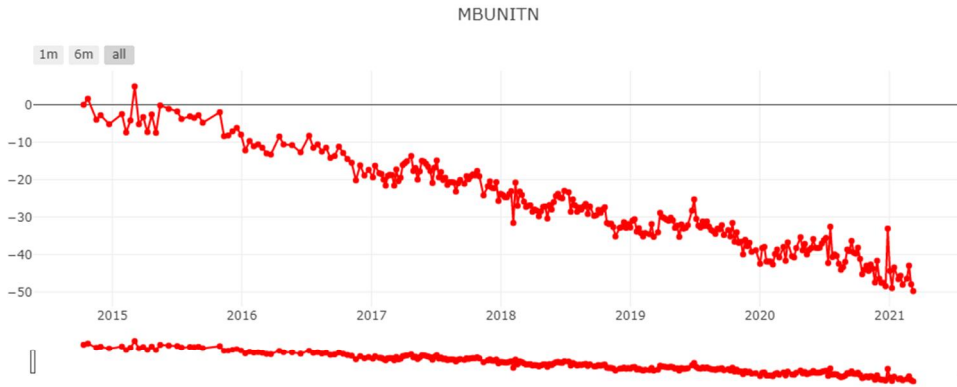
Si precisa infine che il sondaggio FN6 ha attraversato del detrito per i primi 8.5 m, intercettando quindi il substrato ofiolitico sino a 14.70 m di prof. dal p.c.



*Foto 14 – Muro leggermente ruotato nei pressi del sondaggio FN6 (Dicembre 2021).*



Fig. 29a – Ubicazione punti Permanent Scatterers della Regione Toscana nella zona dell'abitato di Santa Lucia (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).



*Fig. 29b,c,d – Grafici spostamento (mm) punti Permanent Scatterers della Regione Toscana relativi alla zona dell'abitato Santa Lucia (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).*



### 13.6 CURVA F

Appena oltrepassato l'abitato di Santa Lucia, il progetto prevede la rettifica della **curva F**. Il sondaggio SD5, eseguito a tergo del tracciato attuale, è caratterizzato dalla presenza, al di sotto di una coltre di detrito/alterazione di ca. 5 m, di arenarie fratturate/molto fratturate e diffusamente ossidate probabilmente a seguito di eventi tettonici. La minima soggiacenza misurata nel piezometro SD5 risulta corrispondente a 12.34 m. Si sottolinea che la parte terminale dell'intervento affianca il vecchio sedime della strada SR65, che ha qui subito un collasso del muro di sottoscarpa (Foto 15): tale dissesto, ubicato al coronamento di un ampio fenomeno franoso quiescente, ha messo a giorno un affioramento di arenaria e siltite ascrivibile alla formazione AQR1 (Foto 16).

Per questo tratto le varie cartografie degli Enti non indicano elementi di particolare criticità, eccezion fatta per il PAI che segnala l'interferenza delle due estremità dell'intervento con aree a pericolosità da frana elevata (P3a).



Foto 15 – Collasso di parte del muro di sottoscarpa del vecchio sedime della SR65 (Dicembre 2019).



Foto 16 – Affioramento AQR1 al di sotto del vecchio sedime della SR65.

Si evidenzia infine che, dal punto di vista geologico-strutturale, il sondaggio SD5bis ha identificato la presenza, al di sotto di una coltre di detrito di 8.5 metri, di arenarie e siltiti di AQR1 molto fratturate, poggianti a loro volta, su ca. 1 m di marne e marne argillitiche rossastre appartenenti alle Marne Varicolori di Villore (MVV): queste ultime risultano in contatto tettonico (*backthrust*) con le sottostanti argilliti e calcari della Formazione di Sillano (SIL).

### 13.7 CURVA E

Il settore interessato dall'intervento alla **curva E** interferisce integralmente con una serie di corpi di frana attiva, associati a fenomeni attivi di soliflusso. Il sondaggio SD6 indica uno spessore della coltre di frana di ca. 24.10 m, al di sotto del quale è stato reperito un limitato livello di substrato brecciato ed alterato, passante a sua volta, a 25 m di prof. dal p.c. ad arenarie della formazione AQR1 poco fratturate (si veda la sezione geologica 4-4'). Il monitoraggio inclinometrico SD6 registra una netta deformazione a ca. 20.7m di prof. dal p.c. Nell'ambito delle indagini pregresse, sono state, tra l'altro, recuperate le indagini di proprietà del Campeggio "Il Sergente", riguardanti i tre inclinometri SI1, SI2 e SI3: tra questi, l'inclinometro SI2 - ubicato appena a monte della curva in oggetto (Foto 17) e nelle vicinanze dello strumento SD6 - ha indicato una netta deformazione a ca. 4.5 m di prof. dal p.c., mentre l'inclinometro SI5 - recentemente installato dietro alla vicina Casa Cantoniera - non ha invece sinora registrato movimenti.

Appena oltrepassata la stessa Casa Cantoniera è stato rilevato un avvallamento della sede stradale esistente (Foto 18).

Per questo tratto il PAI cartografa un ampio areale a pericolosità da frana molto elevata (P4), l'IFFI e la Regione Toscana indicano una frana quiescente, mentre il PSI-Mugello segnala un dissesto attivo.



Foto 17 – Inclinometro privato SI2 ubicato appena a monte della curva E.

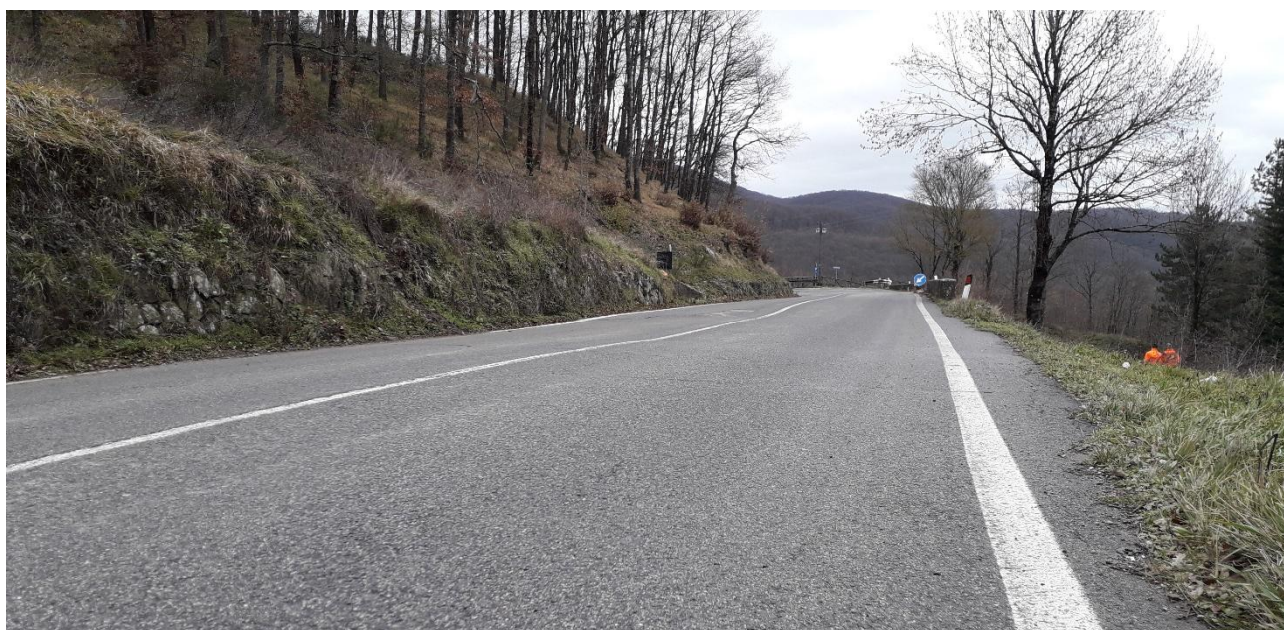


Foto 18 – Deformazione asfalto SR65 appena oltre la Casa Cantoniera (Dicembre 2019).

### 13.8 CURVA D – MONTE DI FO'

L'area della rettifica della **curva D** è stata indagata da una serie di sondaggi eseguiti in tempi diversi e cioè:

- Sondaggio SD7 (2015), posizionato all'interno della curva ad una quota superiore, che conferma la presenza, in profondità, di AQR1 con arenaria prevalente sulla pelite (localmente l'ammasso è intensamente fratturato): la porzione superficiale di detrito/alterazione è qui di ca. 5.5 m.
- Sondaggi FN3(I), FN4(P) e FN5(I), eseguiti nel 2021 al fine di installare ulteriore strumentazione di monitoraggio inclinometrico e piezometrico. Il carotaggio FN3 ha rinvenuto inizialmente ca. 4.5 m di riporto, quindi detrito sino a 18.6 m di prof. dal p.c. e successivamente arenarie e peliti sino a 30 m di prof. dal p.c., mentre il sondaggio FN5 ha attraversato prima 4 m di riporto, quindi detrito sino a 15.2 m di prof. dal p.c. ed infine il substrato arenaceo-siltitico sino a 25m da p.c.

La minima soggiacenza registrata nel piezometro SD7 risulta pari a 27.09 m (lettura del 11/02/2021), mentre quella misurata in FN4 risulta pari a 7.15 m (lettura del 30/11/2021).

In questo tratto si segnala la presenza di due dissesti attivi: il primo ubicato a valle della strada attuale in corrispondenza della prima porzione del parcheggio di Monte di Fò di recente realizzazione (Foto 19, 20a, 20b e 20c) e il secondo che, oltre alla restante parte di parcheggio, coinvolge anche l'attuale sede stradale (Foto 23, 24).



Foto 19 – Fratture al contatto della rampa di accesso al parcheggio con la sede della SR65 (Dicembre 2021).



Foto 20a – Cedimenti (nei punti evidenziati in rosso) del ciglio del parcheggio in località Monte di Fò a valle della strada S.R.65 (Dicembre 2021)



Foto 20b – Cedimento del ciglio del parcheggio in località Monte di Fò a valle della strada S.R.65 (dettaglio 1° punto).



Foto 20c – Cedimento del ciglio del piazzale del parcheggio in località Monte di Fò a valle della strada S.R.65 (dettaglio 2° punto).

I cedimenti, oggi visibili, del ciglio del piazzale del parcheggio si collocano in una zona scoscesa di versante caratterizzata da una scarpata attiva.

In corrispondenza della curva da riqualificare, nel mese di Maggio 2004 è avvenuto un dissesto che ha coinvolto circa metà della corsia in direzione Bologna ed il versante di valle: tale circostanza ha indotto la Provincia di Firenze ad eseguire interventi urgenti di messa in sicurezza attraverso la realizzazione di due palificate di micropali tirantate, di cui quella superiore ubicata a valle della strada (Foto 21) e quella inferiore posta a valle del parcheggio (Foto 22).

Come accennato in precedenza, il recente sondaggio a carotaggio continuo (sigla FN5), ha attraversato ca. 4 m di riporto: tale reperimento è correlabile agli interventi di sistemazione del dissesto.



Foto 21 – Testa dei tiranti della palificata superiore a valle della strada S.R.65 (Dicembre 2021).



Foto 22 – Cedimento del ciglio del parcheggio in località Monte di Fò a valle della strada S.R.65 (particolare della palificata inferiore, Dicembre 2021)

Nella porzione di parcheggio ubicata più a nord sono presenti estesi riporti antropici adiacenti alla S.R. 65, a valle della quale sono stati realizzati interventi di ingegneria naturalistica, quali viminate, a presidio della sede stradale. Localmente le viminate sono ammalorate, così come interessati da cedimenti sono il cordolo con parapetto in legno ed il ciglio del parcheggio (Foto 23). A monte della strada, un vecchio edificio presenta diverse lesioni (Foto 24).



*Foto 23 – Cedimento del cordolo con parapetto in legno e del ciglio del parcheggio in località Monte di Fò (Dicembre 2021).*



*Foto 24 – Lesioni vecchio edificio in località Monte di Fò (Dicembre 2021).*



**Progetto Esecutivo**

Come accennato, il recente sondaggio a carotaggio continuo FN3 ha attraversato ca. 4.5 m di riporto e successivamente ca. 14 m di detrito.

Procedendo ancora verso nord, in località Monte di Fò il versante ospitante la sede stradale è caratterizzato da un ampio dissesto considerato attivo, in cui ricadono il campeggio ed il ristorante "Il Sergente", di fronte ai quali è presente un ampio parcheggio sterrato di età pluridecennale di cui è prevista la riqualificazione (Foto 25): tale parcheggio, secondo informazioni locali, è stato interessato da un limitato cedimento al ciglio sud appena dopo la sua realizzazione (anni '60).

Ai fine di potere eseguire campagne di monitoraggio piezometrico-inclinometrico in quest'area, sono stati appositamente eseguiti nel 2021 i sondaggi FN1(I) e FN2(P): il carotaggio di FN1 ha rinvenuto ca. 12 m di detrito ossidato, seguito da arenarie variamente fratturate/tettonizzate.



*Foto 25 –Parcheggio sterrato in località Monte di Fò (Dicembre 2021).*

A tutt'oggi gli inclinometri recentemente installati nell'area compresa tra Curva D e località Monte di Fò non evidenziano deformazioni, anche se va tenuto conto del breve tempo di esercizio di questa strumentazione. Per completezza di informazione si riferisce comunque che l'inclinometro S12 eseguito nel campeggio "Il Sergente" è risultato interrotto nel 2018 alla profondità di 7.5m dal p.c. (dal 2005 al 2010 non sono tuttavia state registrate particolari deformazioni).

Per quest'area il P.S.G.S.R. di Regione Toscana (anno 2008) riporta una scarpata attiva immediatamente a nord, segnalata a causa della sua posizione a margine di una frana quiescente, del contestuale cattivo drenaggio e degli scarichi derivanti dalla mancata canalizzazione delle acque meteoriche. In questo settore, il PAI del Distretto Appennino Settentrionale indica un'estesa area a pericolosità di frana molto elevata connessa alla presenza di un ampio dissesto attivo che comprende sia l'abitato di Monte di Fò che il versante da questo

Progetto Esecutivo

degradante: analogamente, IFFI e Regione Toscana segnalano un corpo di frana attivo lungo tutto il versante, mentre il PSI-Mugello indica a monte della strada un dissesto attivo e a valle della stessa un'area con fenomeni di soliflussione e/o deformazione superficiale attivi.

Per quest'ampio areale in dissesto, l'analisi di alcuni punti interferometrici divulgata dalla Regione Toscana indica spostamenti dei quali si riporta di seguito l'ubicazione ed i relativi i grafici "spostamento-tempo" (vedi Figg. 30 a,b,c,d,e).

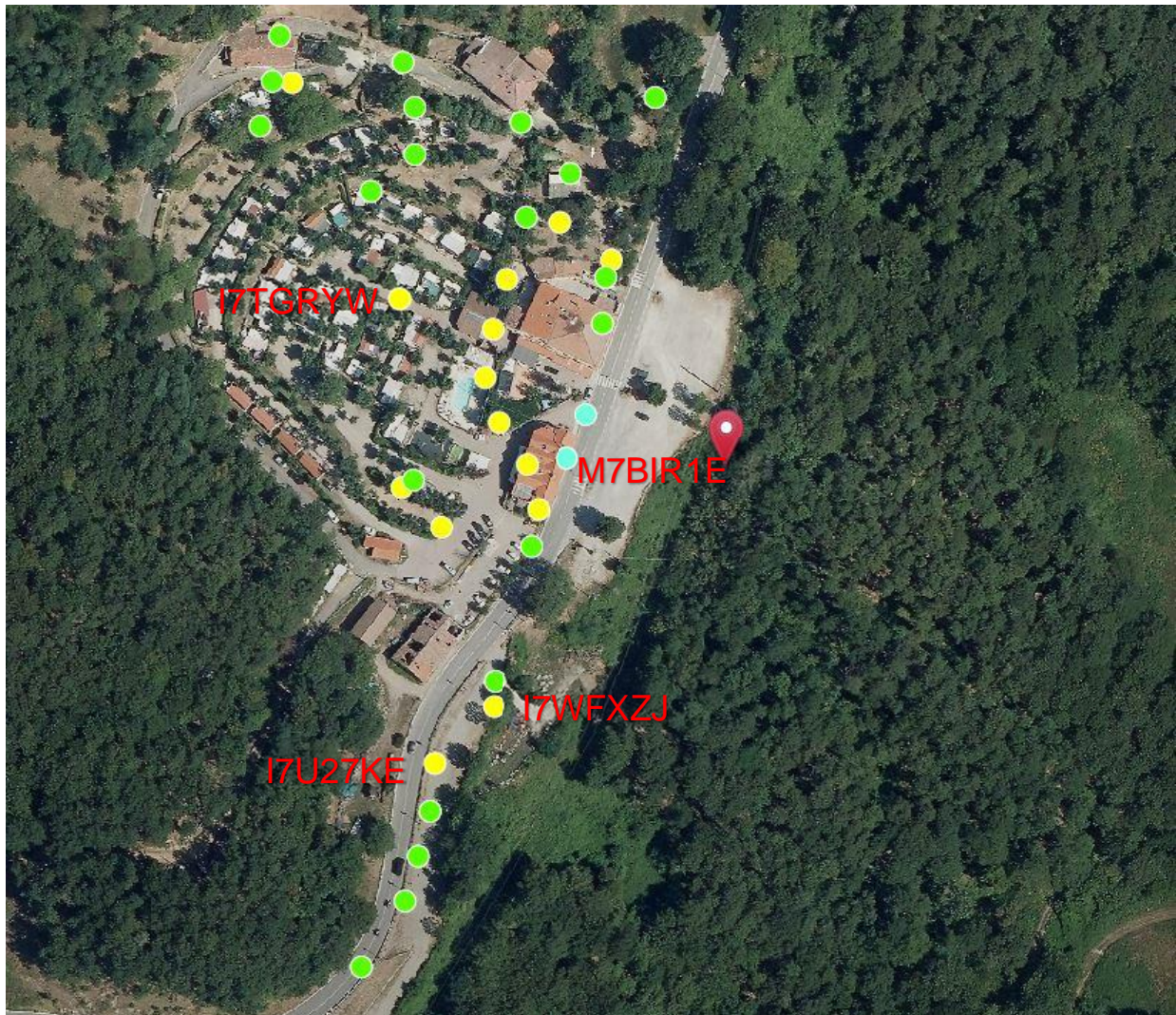
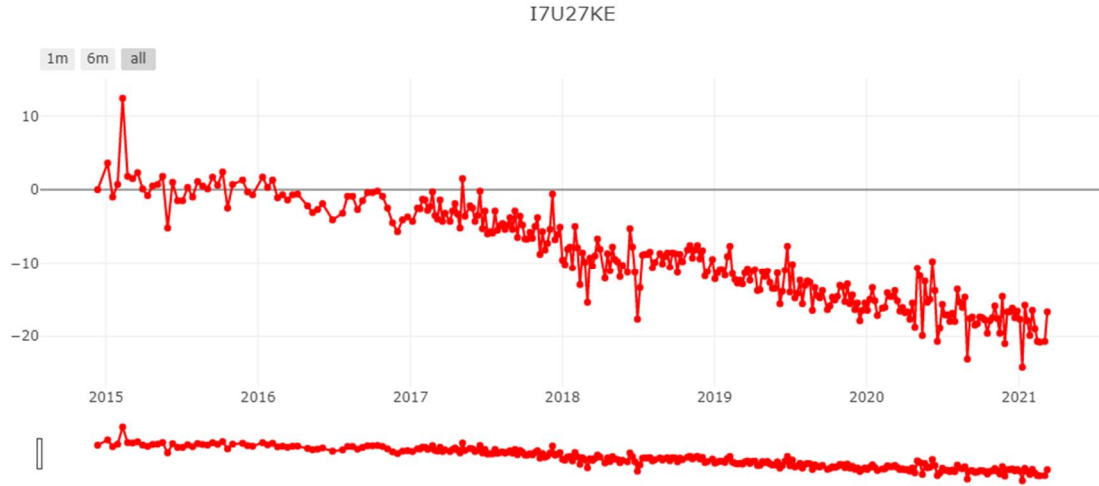
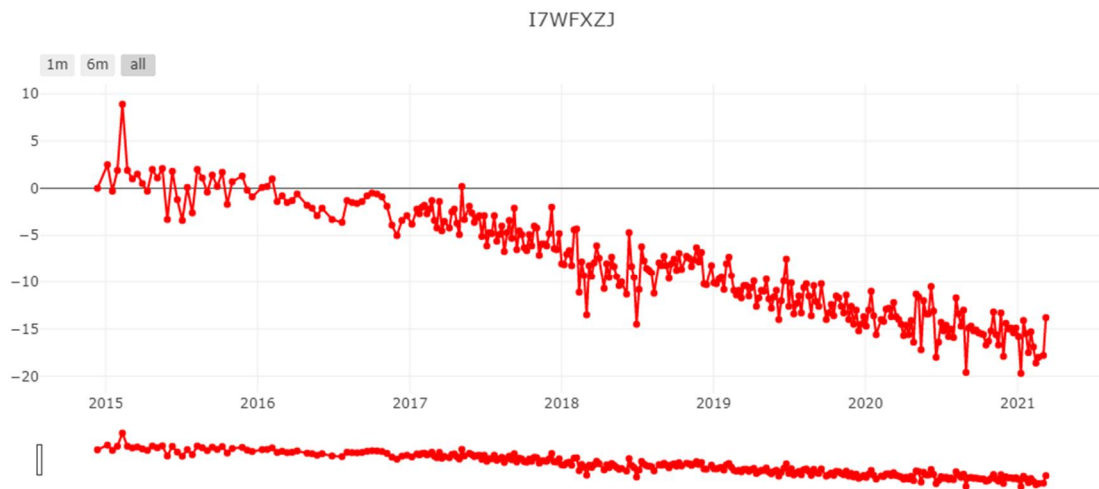


Fig. 30 a – Ubicazione punti Permanent Scatterers della Regione Toscana nella zona dell'abitato di Monte di Fò (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

Progetto Esecutivo

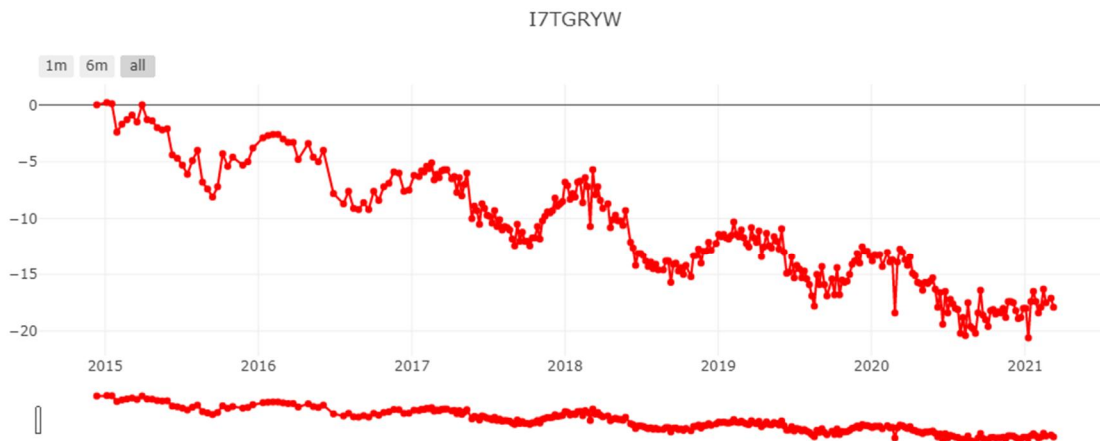


b)

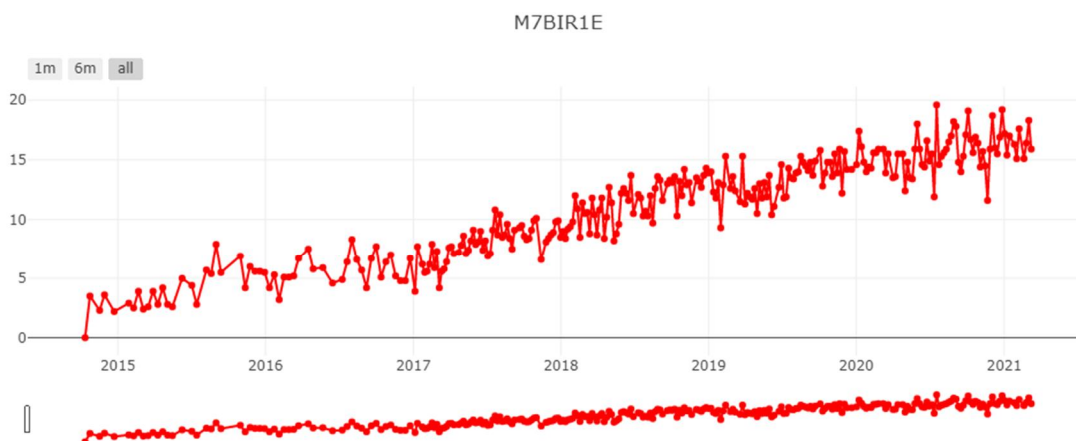


c)

Progetto Esecutivo



d)



e)

Fig. 30 b,c,d,e– Grafici spostamento (mm) punti Permanent Scatterers della Regione Toscana relativi alla (zona dell'abitato di Monte di Fò (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

### 13.9 SCALE DELLA FUTA

Il tracciato stradale prosegue nelle arenarie AQR1 sino a raggiungere il settore Voltone–Apparita (rettifica “Scale della Futa”). In quest’area si notano elementi geologici importanti quali il sovrascorrimento delle arenarie AQR1 - caratterizzate da prevalenti arenarie - sulla Formazione del Torrente Carigiola (TCG1), quest’ultima contraddistinta da alternanze di arenarie e peliti con rapporti A/P da <1 a <<1. In corrispondenza del sondaggio SD8 le arenarie di AQR1 sono state reperite molto fratturate in ragione della contestuale presenza di una faglia orientata circa N-S (riportata in planimetria) e presentano nei primi ca. 10 m di carotaggio anche una forte alterazione del materiale tettonizzato. Il successivo sondaggio SD9 intercetta inizialmente una coltre di detrito di ca. 5 m, quindi una porzione di substrato arenaceo alterato sino a ca. 7.10

Progetto Esecutivo

m di prof. dal p.c., per intercettare successivamente la Formazione dell'Acquerino (AQR1), in questo caso francamente arenacea. La minima soggiacenza registrata nel piezometro SD9 risulta pari a 17.57m.

Appena prima del sondaggio SD10 il tracciato interferisce con una limitata area in dissesto quiescente.

All'altezza delle curve del tracciato nelle vicinanze del sondaggio SD10 affiorano le Marne Varicolori di Villore MVV che costituiscono la base della Formazione dell'Acquerino. I contatti stratigrafici presenti tra AQR e MVV sono qui considerati tettonizzati anche se i rapporti stratigrafici di sovrapposizione risultano coerenti. Le marne MVV sovrascorrono sulla Formazione del Torrente Carigiola (TCG1): quest'ultima nel sondaggio SD10 è caratterizzata da una netta prevalenza delle siltiti rispetto alle arenarie, qui presenti in strati sottili e con granulometria molto fine. Si è optato per un'attribuzione stratigrafica come quella rappresentata in carta, nonostante che gli ammassi rocciosi ascritti a TCG1 in questo settore siano caratterizzati da alternanze di arenarie e peliti con rapporti decisamente a favore delle peliti (A/P da < di 1 a <<1): in particolare, questa interpretazione è stata ritenuta maggiormente verosimile rispetto ad altre che considerassero la presenza di "code" marnose della Formazione AQR, poiché tiene conto sia delle facies stratigrafiche individuate dalla più recente letteratura geologica sia della posizione strutturale in cui si colloca questo settore rispetto all'intero edificio orogenetico.

Il sondaggio SD11 intercetta inizialmente una coltre di detrito di ca. 12 m, posta al di sopra dell'unità TCG1, anch'essa brecciata per qualche metro di spessore. Il substrato vero e proprio è riconoscibile a partire da 13.50 m di prof. dal p.c., in facies molto fratturata. La soggiacenza registrata nel piezometro SD11 risulta sempre corrispondente al piano campagna per probabile risalita di acqua in pressione da una profondità di 13 m dal p.c..

L'ultimo tratto di intervento interferisce con un dissesto quiescente.

Nel settore delle "Scale della Futa", Regione Toscana identifica un ampio corpo di frana attiva che lambisce la strada in prossimità di località Voltone, IFFI non indica particolari criticità, PSI-Mugello segnala un'area a pericolosità geologica medio-elevata, mentre secondo PAI l'intervento di riqualifica lambisce e, localmente, intercetta un areale a pericolosità da frana elevata (P3a) associato ad un'area potenzialmente instabile per deformazione superficiale (FD2). Sempre secondo PAI, il tratto più settentrionale di questo settore interferisce con un'area a pericolosità da frana elevata (P3) associata ad un dissesto quiescente.

### 13.10 CURVE C-B

In immediata susseguenza alla rettifica delle **curve C-B** è prevista la realizzazione del "Ponte Futa" (l=36 m), in corrispondenza del quale sono stati eseguiti i sondaggi SD17 e SD17bis.

Il sondaggio SD17 mostra la presenza, al di sotto di una coltre di materiale detritico di ca. 6.50 m, di arenarie appartenenti alla Formazione dell'Acquerino (AQR1) passanti, da 22.70 m di prof. dal p.c. sino a fondo foro, a prevalenti siltiti attribuibili alla Formazione del Torrente Carigiola (TCG1). Il contatto tra le due formazioni è di tipo tettonico, anche se in questo settore non si riscontra un'intensa brecciatura degli ammassi rocciosi.

Diversamente, il sondaggio SD17bis ha reperito, al di sotto di uno spessore di detrito di coltre di ca. 7.50 m, banchi di prevalenti arenarie alternate a prevalenti siltiti ascrivibili alla Formazione del Torrente Carigiola (TCG1). La minima soggiacenza registrata nel piezometro installato in SD17 risulta pari a 8 m.

In questo ambito il PAI del Distretto Appennino Settentrionale cartografa un'ampia frana attiva di cui un lembo risulta interferente con la spalla nord della nuova opera: a tale dissesto corrisponde un'area a pericolosità da frana molto elevata (P4). Inoltre PSI-Mugello indica pericolosità geologica medio-elevata, IFFI in questo tratto non indica dissesti, mentre la Regione Toscana segnala un corpo di frana quiescente.

### 13.11 CURVA A

Proseguendo verso nord, nella prima porzione della **curva A** interessata dalla rettifica, la strada si presenta attualmente interessata da numerosi avvallamenti e lesioni (Foto 26): anche in ragione delle risultanze della fotointerpretazione e del monitoraggio inclinometrico si evidenzia qui la presenza di un ampio dissesto attivo (in particolare, l'inclinometro SD19 ha registrato una deformazione a ca. 3 m di prof. da p.c.). Dal punto di vista

Progetto Esecutivo

litologico, il sondaggio SD19 ha intercettato un deposito di frana di 7 m di spessore posto al di sopra di AQR1, avente qui un rapporto in percentuale tra arenaria e pelite pari a ca. 70/30 (si veda la sezione geologica 6-6').



Foto 26 – Tratto di curva A: ondulazioni e lesioni.

Il presente tratto interferisce con un corpo di frana attiva anche in località Dogana: tale circostanza è nota sin dal 2002, come si può evincere osservando la seguente sequenza fotografica (Foto 27a,b,c,d ), che documenta le varie fasi del fenomeno franoso e i suoi effetti sulle fondazioni del muro posto a presidio di un edificio ubicato in adiacenza alla strada.



Foto 27a – Frana attiva in località Dogana (Dicembre 2002)



Foto 27b – Frana attiva in località Dogana (Inizio 2015)



Foto 27c – Frana attiva in località Dogana (Dicembre 2019)



Foto 27d – Frana attiva in località Dogana: particolare dello scalzamento del terreno in corrispondenza delle fondazioni del muro di presidio dell'edificio esistente (Dicembre 2021)

A conferma della problematicità di questo tratto stradale – classificato da P.S.G.S.R., nel 2008, ad elevata propensione al dissesto - in sua corrispondenza PAI evidenzia un'ampia area a pericolosità da frana molto



elevata (P4), il PSI-Mugello indica un'area a pericolosità geologica elevata, IFFI e Regione Toscana segnalano un'interferenza con una frana quiescente.

Proseguendo verso nord, appena oltre località Dogana, la rettificata della curva A attraversa una faglia che separa i terreni della Formazione dell'Acquerino (AQR1) a sud, da quelli attribuiti all'unità "incertae sedis" AGA (argilliti prevalenti ed arenarie) a nord: quest'ultima unità è stata attraversata dai sondaggi SD18 ed SD18bis, in corrispondenza dei quali si è presentata sotto forma di argilliti prevalenti talora parzialmente alterate e/o a struttura brecciata sino a ca. 8 m di prof. dal p.c. Come accennato in precedenza, non si può escludere che la componente arenacea di quest'unità possa essere localmente maggiore rispetto a quanto evidenziato da questi due sondaggi.

Ancora più a nord, tale tratto stradale intercetta il sovrascorrimento che separa AGA dalla Formazione delle Argille a Palombini (APA): appena a valle della sede viaria, viene qui cartografata una frana quiescente, cui corrisponde, secondo PAI, un'area a pericolosità da frana elevata.

### 13.12 CURVA 4

Oltrepassato il Passo della Futa si entra in un settore geologicamente caratterizzato dalla presenza di formazioni appartenenti alle Unità Liguri sovrapposte alla successione delle Unità Toscane. In questa zona la strada S.R. 65 scorre con blando saliscendi attraverso un'area morfologicamente poco acclive ma comunque interessata da diffuse coperture franose: queste ultime, talora coalescenti, raggiungono il fondovalle del Torrente Santerno.

Più in dettaglio, l'intervento di adeguamento previsto per la **curva 4** si colloca in un'area caratterizzata da un'estesa coltre di frana attiva (Foto 28). Il sondaggio SD20 ha qui intercettato detrito per ca. 9 m di spessore al di sopra della Formazione di Montevenere, contestualmente molto tettonizzata ed in sovrascorrimento sull'unità AGA, a sua volta in facies prevalentemente argillitica e subordinatamente arenacea (oltre al sondaggio SD20 si veda la sezione geologica 7-7'). L'inclinometro SD20 ha registrato una netta deformazione a ca. 14 m di prof. dal p.c.



Foto 28 – Versante in frana a sud del sondaggio SD20 (Dicembre 2021)

In questo tratto Regione Toscana e IFFI non indicano particolari criticità, mentre PSI-Mugello segnala un corpo di frana quiescente a monte della strada fino al ciglio superiore della stessa (cui corrisponde una pericolosità geologica elevata), ed un corpo di frana attivo dal ciglio superiore della strada verso valle (cui corrisponde una pericolosità geologica molto elevata). A sua volta, PSAI indica un contestuale rischio da frana moderato (R1).

### 13.13 CURVA 3

La viabilità prosegue in frana quiescente sino alla **curva 3** di progetto, che è invece interessata da un dissesto attivo ben evidente e che coinvolge anche l'attuale manto stradale, interessato da lesioni arcuate e da scalini significativi (vedi Foto 29 a,b). Le lesioni indicano un arretramento in atto della nicchia di frana, favorito dal fatto che l'area si inserisce in una più ampia frana quiescente. La coltre di frana riscontrata a monte della strada (sondaggio SD21) risulta spessa 11.50 m e poggia su un substrato ascrivibile alla Formazione delle Argille a Palombini (APA) (si veda la sezione geologica 8-8'). Quest'area è segnalata con criticità anche dallo studio P.S.G.S.R. di Regione Toscana (anno 2008), che rileva analoghe problematiche. Inoltre, il PSI-Mugello indica un corpo di frana quiescente a monte della strada ed attivo a valle di essa, cui è associata un'area a pericolosità geologica da elevata a molto elevata, mentre Regione Toscana e IFFI indicano l'interferenza della strada con un corpo di frana quiescente. In questo ambito, infine, il PSAI indica un rischio da frana moderato (R1).

L'inclinometro installato in SD21, ubicato appena a monte della strada, ha risentito del dissesto deformandosi intorno a 3 m di prof. dal p.c., mentre il piezometro installato in SD21ter registra una soggiacenza minima pari a 1.45 m.

Progetto Esecutivo



a)



b)

Foto 29 a,b – Lesioni sul manto stradale all'altezza della curva n° 3, indicanti un fenomeno di retrogressione del coronamento della frana attiva (Dicembre 2019).

A sua volta, il sondaggio SD21bis ha intercettato, sino a ca. 7.60 m di prof. dal p.c., un deposito di frana quiescente, sempre poggiate al di sopra delle argilliti APA. L'inclinometro installato in SD21bis non ha indicato particolari criticità.

## 13.14 CURVA 2

L'adeguamento della **curva 2** interessa un piccolo crinale principalmente caratterizzato da una coltre di detrito di ca. 7.30 m di spessore, poggiante su substrato di argilliti e calcari APA (sondaggio SD22). La curva presenta attualmente una depressione ed alcune lesioni significative (Foto 30), che suggeriscono di considerare attivo il dissesto presente a fianco del detrito. In questo tratto Regione Toscana e IFFI non indicano particolari criticità, mentre PSI-Mugello identifica qui una zona a franosità diffusa, cui corrisponde un'area a pericolosità geologica molto elevata. Anche per questo ambito il PSAI segnala un rischio da frana moderato (R1).

Il piezometro installato in SD22 indica una soggiacenza minima pari a 1.76 m.



Foto 30 – Deformazione e lesioni stradali all'altezza della curva n° 2 (Dicembre 2019).

Si segnala che, poco oltre questa curva e sino allo svincolo "By-pass di Traversa", sono presenti lesioni sul manto stradale (Foto 31a,b) presumibilmente correlabili alle frane attive ed ai soliflussi diffusi che "tormentano" questo tratto di versante. A suffragare tale ipotesi, in questo ambito PSAI passa da rischio da frana moderato (R1) a rischio da frana molto elevato (R4).



a)



b)

Foto 31 – a) Lesioni stradali all'altezza dello svincolo By-pass di Traversa b) Soliflusso a monte dello svincolo (Foto 2015).

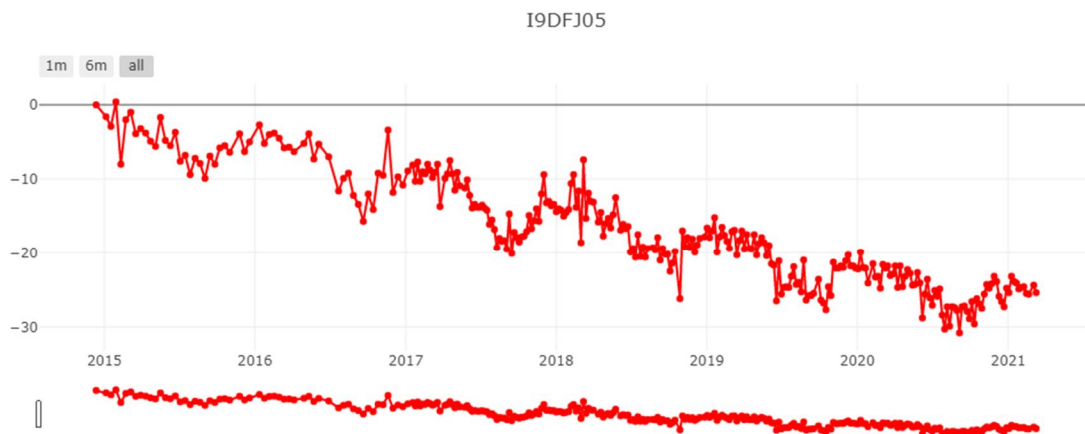
### 13.15 ZONA TRAVERSA - LA SELVA

Dalla curva 2 alla località "La Selva", il tracciato della S.R. 65 interferisce costantemente con depositi di frana sia attivi che quiescenti. In particolare, poco prima dell'abitato di Traversa, la viabilità attraversa due dissesti attivi, in corrispondenza dei quali sono stati registrati spostamenti da parte di alcuni punti interferometrici, la cui ubicazione ed i relativi grafici "spostamento-tempo" vengono riportati nelle Figg. 31a, b, c. Ancora più in dettaglio, si precisa che il secondo di questi due dissesti attivi viene segnalato anche da IFFI, Regione Toscana e PSI-Mugello: quest'ultimo Ente fa inoltre ricadere tale tratto in un ampio areale a pericolosità geologica molto elevata.

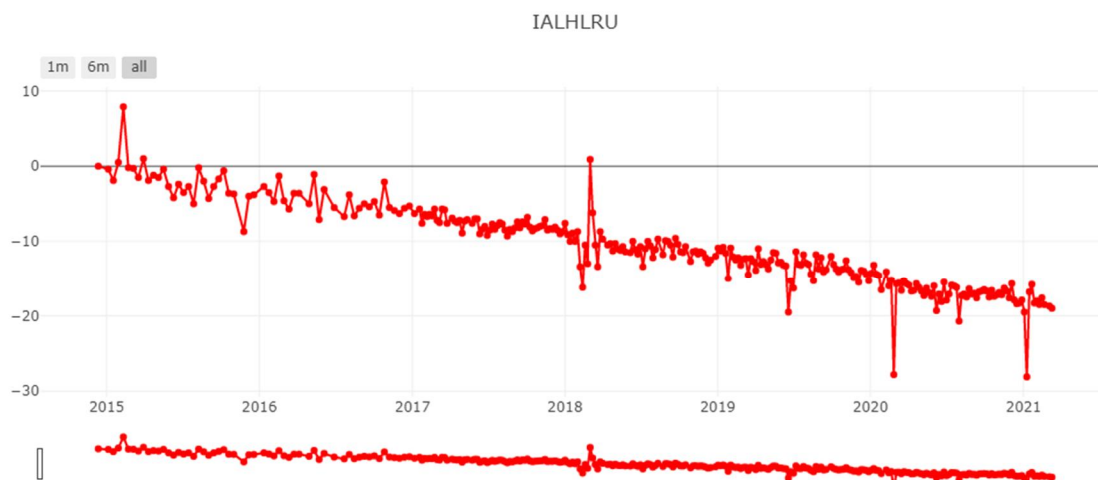


Fig. 31a – Ubicazione punti Permanent Scatterers della Regione Toscana nella zona che precede l'abitato di Traversa (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

Progetto Esecutivo



b)



c)

Fig. 31b,c – Grafici spostamento (mm) punti Permanent Scatterers della Regione Toscana relativi alla zona che precede l'abitato di Traversa (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

Nel tratto rettilineo posto al termine dell'abitato di Traversa, prima di località Cantoniera, la S.R. 65 interferisce con tre corpi di frana attiva, presso i quali sono stati riscontrati movimenti da alcuni punti interferometrici, la cui ubicazione ed i relativi grafici "spostamento-tempo" vengono riportati nelle Figg. 32a, b, c,d. Peraltro, in questo tratto la sede stradale è attualmente interessata solo da alcune blande ondulazioni.

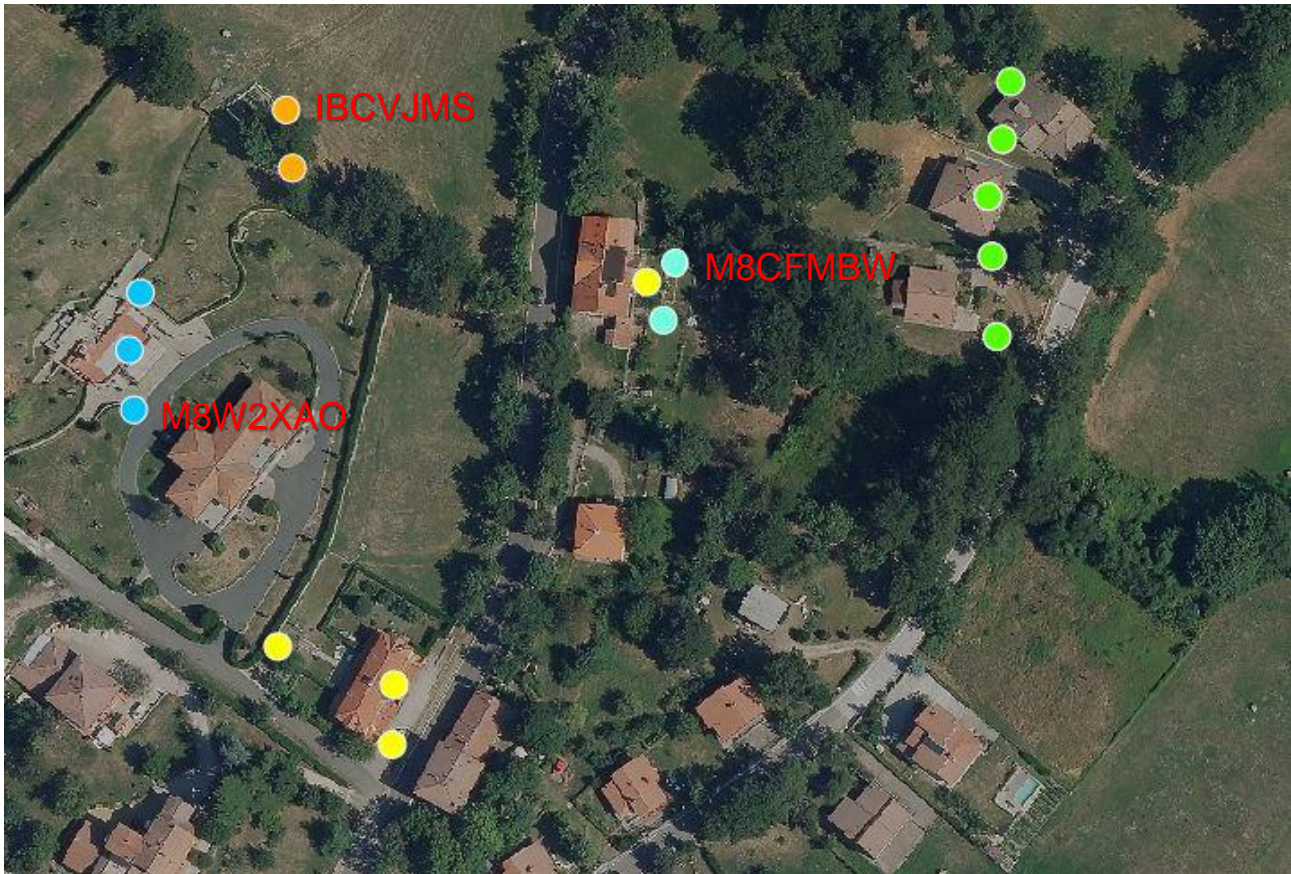
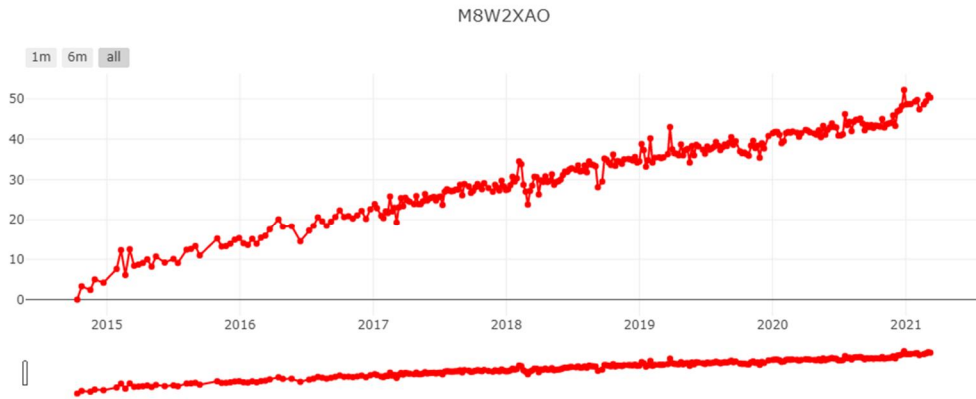


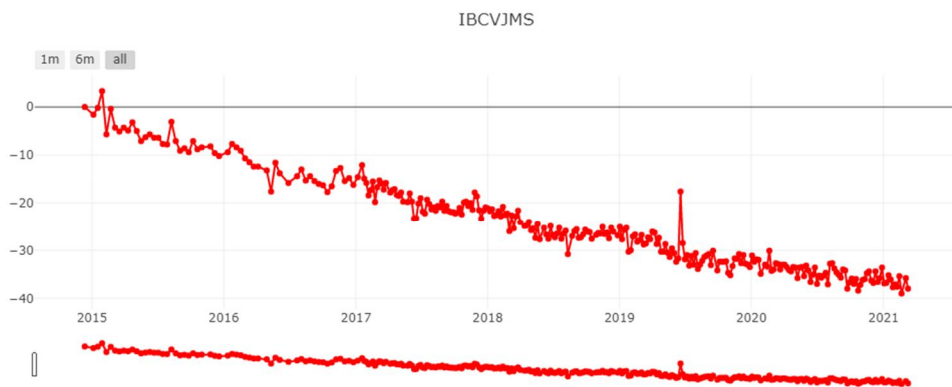
Fig. 32 a – Ubicazione punti Permanent Scatterers della Regione Toscana nella zona dell'abitato di Traversa (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).



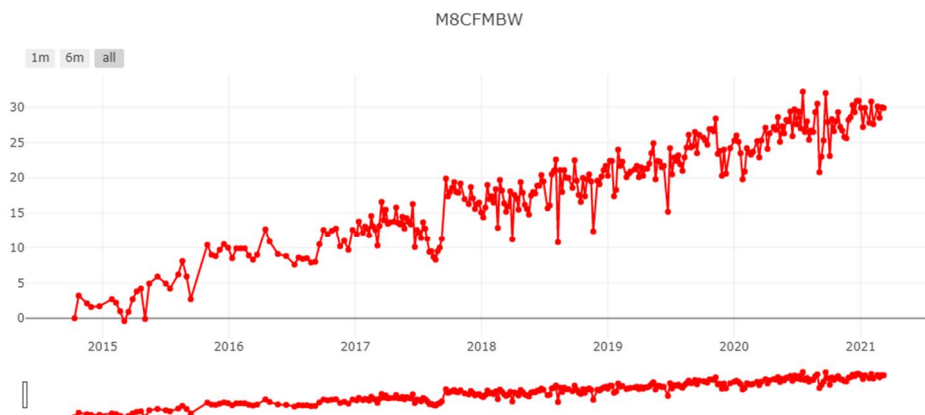
Progetto Esecutivo



b)



c)



d)

Fig. 32 b,c,d – Grafici spostamento (mm) punti Permanent Scatterers della Regione Toscana relativi alla zona dell'abitato di Traversa (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

Progetto Esecutivo

Per questo ambito i documenti P.S.G.S.R. del 2008 indicano un settore con “*Cattiva regimazione delle acque superficiali con ristagni lungo la strada e nel versante sottostante dentro un corpo di frana quiescente*”. A loro volta IFFI e Regione Toscana segnalano qui una serie di dissesti quiescenti coalescenti, con una porzione attiva che lambisce la SR65 a monte di essa. Il PSI-Mugello riporta invece un corpo di frana quiescente con una zona attiva interferente con la SR65 corrispondente ad un areale a pericolosità geologica da elevata a molto elevata. Infine il PSAI indica, per l'intero tratto di viabilità Traversa-La Selva, un rischio da frana elevato e molto elevato (R3+R4).

In località "i Ponti" la S.R. 65 interseca il fosso del Torrente Rimaggio, che è caratterizzato da cigli molto acclivi lungo i quali vi sono testimonianze di antichi manufatti in pietra realizzati a suo tempo per l'attraversamento del corso d'acqua. In questo settore è presente una frana attiva di notevoli dimensioni, che è stata perimetrata sulla base dei dati geomorfologici, della presenza di lesioni sui manufatti, delle risultanze dei vari inclinometri installati in zona e dei dati di interferometria radar: questi ultimi sono stati acquisiti in corrispondenza di alcuni punti, la cui ubicazione ed i relativi grafici “spostamento-tempo” sono riportati nelle Figg. 33 a,b,c,d. L'areale qui considerato si situa peraltro in un'area indicata da PSAI a rischio da frana elevato e molto elevato (R3+R4).

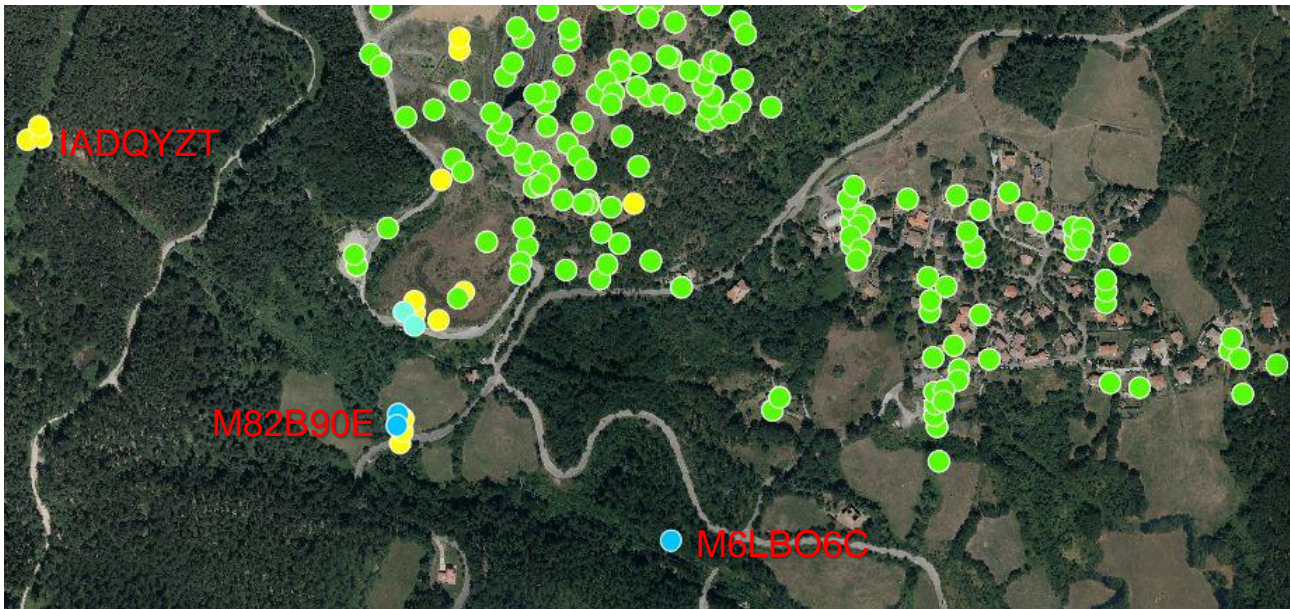
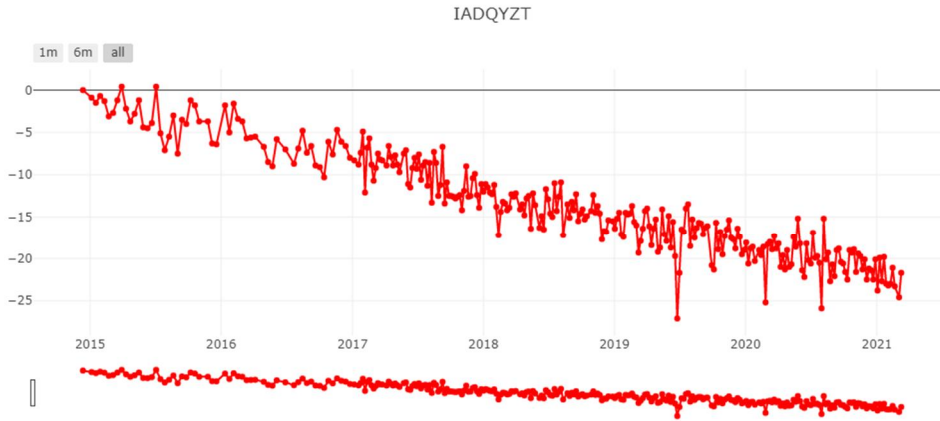
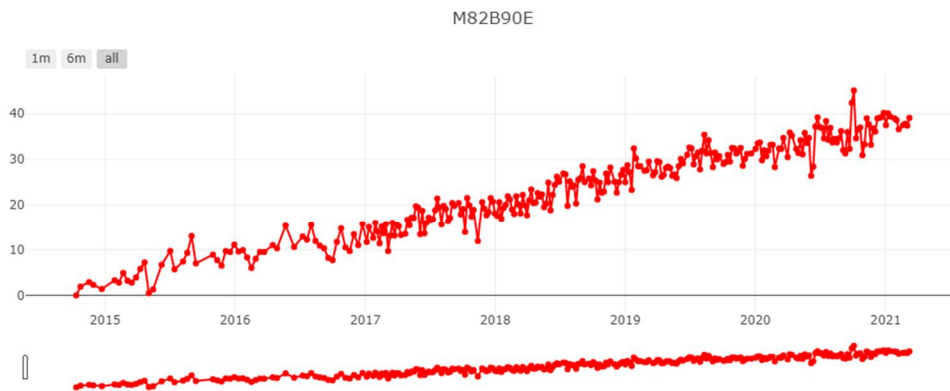


Fig. 33 a – Ubicazione punti Permanent Scatterers della Regione Toscana nella zona Rimaggio-La Selva (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

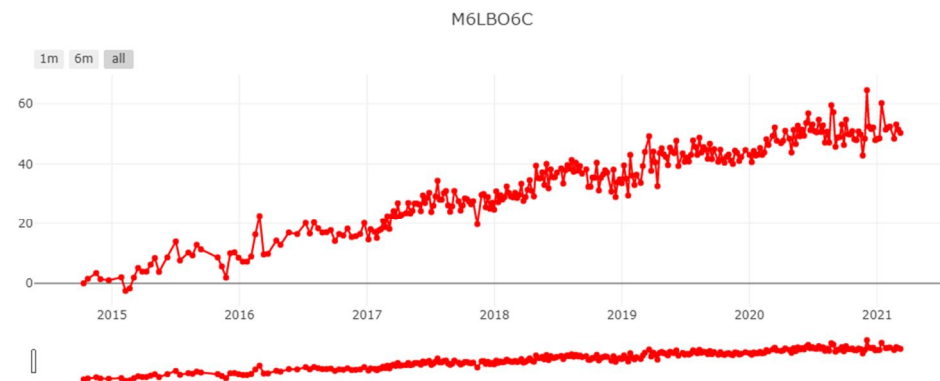
Progetto Esecutivo



b)



c)



d)

Fig. 33 b,c,d – Grafici spostamento (mm) punti Permanent Scatterers della Regione Toscana relativi alla zona Rimaggio-La Selva (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

L'insieme dei dati raccolti evidenzia che tutto questo settore è interessato da depositi di frana di rilevante spessore, oltretutto in un contesto geostrutturale caratterizzato da una serie di strutture tettoniche che hanno determinato le pessime caratteristiche meccaniche del substrato roccioso.

In particolare, il sondaggio SD23, ha intercettato una frana quiescente spessa ca. 21.70 m poggiante su arenarie attribuibili alla formazione di Castiglion dei Pepoli (CDP), mentre i sondaggi SD24 e SD24bis, ubicati al limite di una scarpata antropica, hanno messo in luce una frana attiva di ca. 35.60 m di spessore, al di sotto della quale, è presente un substrato roccioso dalle pessime caratteristiche meccaniche: quest'ultimo è infatti caratterizzato da termini sia siltitici che arenacei entrambi soggetti a una tettonizzazione molto intensa che ne ha determinato il decadimento allo stato di breccia. In profondità, è altresì presente un'intensa e diffusa alterazione che, frequentemente, ha ridotto gli elementi arenacei allo stato di sabbia più o meno addensata e/o cementata. A loro volta, le siltiti si presentano foliate e brecciate con clasti di arenaria intercalata. Nel sondaggio SD24bis da ca. 50 m di prof. dal p.c., prevalgono siltiti foliate e argilliti nerastre scagliose con presenza di calcari verdastri e noduli sempre verdastri di probabile natura ofiolitica attribuibili ad AVC. Seppur con qualche difficoltà nel posizionamento dei contatti tettonici, la brecciatura presente al di sotto della frana è probabilmente ascrivibile al sovrascorrimento delle arenarie di Castiglion dei Pepoli (CDP) – facenti parte dell'Unità Tettonica Cervarola - sulle formazioni dell'Unità Tettonica Sestola-Vidiciatico. In particolare, CDP sovrascorre sul flysch arenaceo-pelitico delle Arenarie di Suviana (SUV) che a loro volta si accavallano sulle argilliti dell'Unità Argilloso Calcarea (AVC), come rappresentato nella sezione geologica 9ter-9'ter della cartografia allegata. Questi contatti, seppur non così intensamente tettonizzati ove visibili in affioramento, sono stati comunque riconosciuti lungo tutto il fronte dell'accavallamento dell'Unità Cervarola sull'Unità Sestola Vidiciatico presente in questo settore dell'Appennino.

Dal punto di vista cinematico, si segnala che l'inclinometro SD24bis ha registrato una netta deformazione a 50 m di prof. dal p.c., circostanza confermata dall'analoga deformazione registrata a ca. 52 m di prof. dal p.c. dal vicino inclinometro SR1: tali riscontri portano a considerare plausibile la presenza di un importante scivolamento in corrispondenza del sovrascorrimento sulle argilliti AVC. In tale contesto, non è inoltre da escludersi la presenza di acqua in pressione in profondità per "tamponamento" delle argilliti sulle arenarie, circostanza che potrebbe comportare un ulteriore deterioramento delle già scadenti caratteristiche meccaniche del substrato.

In tale ambito, si specifica che la sezione geologica 9ter-9'ter è stata allestita con un procedimento a ritroso, scegliendone la traccia sulla scorta di un'analisi che ha portato a considerarla la più critica tra quelle possibili: ciò è stato operato indipendentemente dai riscontri geomorfologici di superficie, in quanto questi ultimi derivano dalla sovrapposizione di un gran numero di eventi franosi più o meno superficiali, potenzialmente in grado di obliterare la dinamica della frana più profonda. Quest'ultima detiene qui una forma particolarmente stretta rispetto al suo sviluppo in direzione della massima pendenza: tale geometria è peraltro confermata sia dai dati inclinometrici che da quelli interferometrici acquisiti da satellite. Sempre osservando la sezione 9ter-9'ter, appare evidente che la pendenza del piano di scorrimento è verosimile per terreni con le scadenti caratteristiche meccaniche delle varie formazioni costituenti il substrato.

In questo ambito IFFI e Regione Toscana evidenziano ampi dissesti quiescenti coalescenti, il PSI-Mugello segnala vari dissesti attivi ed aree a franosità diffusa attiva associati ad un areale a pericolosità geologica molto elevata, mentre il PSAI indica un rischio da frana elevato e molto elevato (R3+R4).

### 13.16 STRADA 850 CAVET

Il tracciato sede degli interventi in progetto prosegue lungo la **strada 850 Cavet**, viabilità che collega la S.R. 65 "della Futa" in località Sasso di Castro con la S.P. 116 di Firenzuola sul fondo valle del Torrente Santerno. Geologicamente, questo versante è caratterizzato dai terreni a prevalenza argillitica dell'Unità Argilloso Calcarea (AVC) sui quali si sono imposte ampissime coltri di frana con diverso grado di attività, spesso tra loro coalescenti. In questa porzione di territorio, IFFI e Regione Toscana indicano una serie di dissesti quiescenti coalescenti, mentre PSI-Mugello segnala una serie di dissesti attivi e di aree a franosità diffusa attiva in un ambito a preminente pericolosità geologica molto elevata.

La viabilità, all'altezza del sondaggio SD25, mostra lesioni di una certa importanza nel manto stradale, recentemente riasfaltato, mentre il muro posto a valle della strada presenta, lungo i giunti, uno spostamento di circa 20 cm (Foto 32a,b,c). Lo stesso sondaggio SD25, realizzato appena a valle del muro, ha evidenziato

**Progetto Esecutivo**

una coltre di frana attiva di materiale coesivo spessa 5.70 m, poggiante su un substrato argillitico e calcareo appartenente ad AVC (si veda la sezione geologica 10-10'). L'inclinometro installato in SD25, recentemente ripristinato con la perforazione SD25ter, ha registrato una netta e rapida deformazione a ca. 5 m di prof. dal p.c. - dato confermato da un analogo riscontro evidenziato a ca. 5.5 m di prof. dal p.c. dall'inclinometro SD25ter - mentre il piezometro SD25bis ha individuato la falda in prossimità del piano campagna (soggiacenza minima pari a 0.20 m).



a)



b)



Foto 32 – a) Lesioni sul manto stradale all'altezza del sondaggio SD25 (Dicembre 2019), b) Recente ripristino dell'asfalto all'altezza del sondaggio SD25 (Dicembre 2021), c) Spostamento lungo i giunti del muro stradale di ca. 20 cm all'altezza del sondaggio SD25 (Foto Dicembre 2021).

La viabilità 850 Cavet prosegue verso il fondovalle attraversando ampi corpi di frana quiescente interessati da settori con dissesti attivi. Come specificato in precedenza, in questa zona l'attribuzione dei dissesti ad una tipologia di frana attiva deriva principalmente dalla comparazione di foto aeree scattate in tempi diversi e dai sopralluoghi succedutisi nel tempo. Nelle varie finestre temporali esaminate, sono stati qui costantemente riscontrati segnali che fanno ritenere queste aree interessate da un'evoluzione dei meccanismi di dissesto, seppur piuttosto lenta e talora mascherata da attività agricole. Va però tenuto presente che piovosità

Progetto Esecutivo

importante, cattivo drenaggio e interventi mal realizzati possono favorire improvvise e rapide accelerazioni dei fenomeni franosi. Gli estesi areali attivi sono peraltro da ritenersi formati da una serie di dissesti di minore dimensione tra loro coalescenti, così come intuibile dalla presenza di numerose nicchie di distacco.

Un ulteriore elemento degno di attenzione rilevabile lungo la strada esistente 850 Cavet è costituito dalla presenza di due aree di deposito antropico in località "La Fossaccia", posta a circa metà dello sviluppo della viabilità: quella più a sud è stata oggetto, anche di recente, da movimentazione del terreno che ha portato a repentini cambi morfologici (vedi Foto 33a,b,c), mentre quella più a nord è stata utilizzata, nel recente passato, come area di deposito temporaneo del materiale di smarino proveniente dagli scavi di alcune gallerie ed è già stata oggetto di rimodellamento ambientale (Foto 34).



Foto 33a - Depositi antropici in località "La Fossaccia" da ripresa aerea del 2013.

Progetto Esecutivo



Foto 33b - Depositi antropici in località "La Fossaccia" da ripresa aerea del 2014.

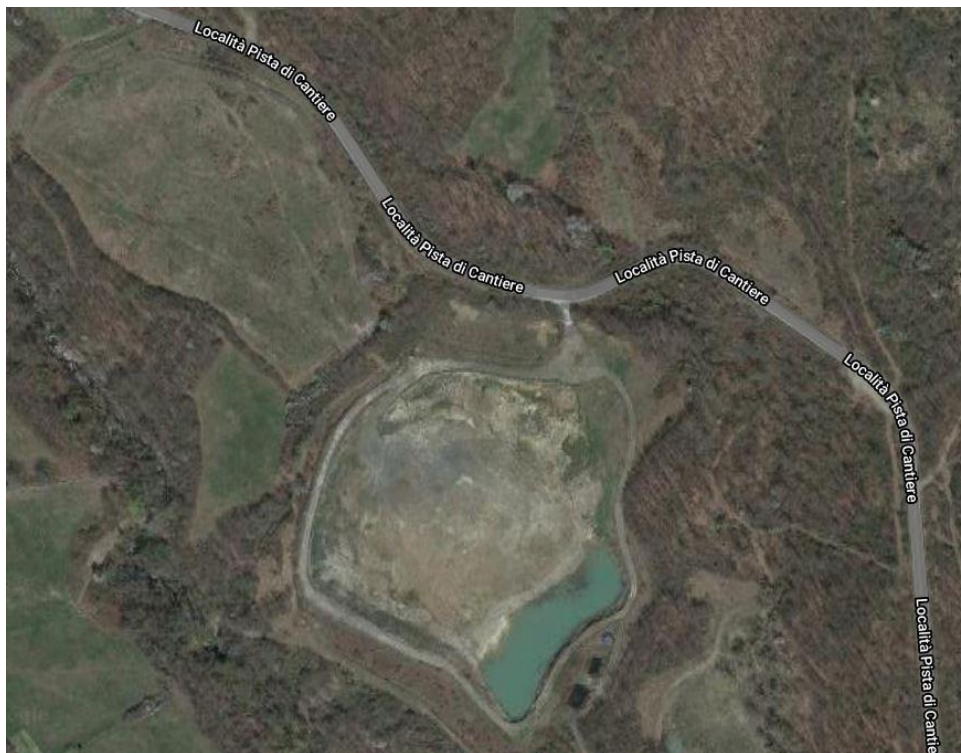


Foto 33c - Depositi antropici in località "La Fossaccia" da ripresa aerea del 2021.





Foto 34 - Deposito antropico rimodellato in Località "La Fossaccia" (Dicembre. 2019).

Procedendo ancora verso sud, la strada 850 Cavet raggiunge il sondaggio SD26, la cui perforazione ha inizialmente attraversato una coltre di frana quiescente di 7 m di spessore per poi approfondirsi all'interno di AVC, dapprima intensamente tettonizzato in materiale plastico con scadenti caratteristiche meccaniche - sino a ca. 17.60 m di prof. dal p.c. – e quindi invece caratterizzato da argilliti di migliore qualità (si veda la sezione geologica 11-11').

L'inclinometro installato in SD26 non presenta particolari deformazioni.

La curva della viabilità 850 Cavet collocata in prossimità del sondaggio SD27 si colloca al margine interno di una frana attiva, al limite di un deposito quiescente a luoghi interessato da soliflussi. In questo tratto la sede stradale presenta delle lesioni (Foto 35) ed inoltre in sua corrispondenza risultano presenti alcuni punti interferometrici che registrano spostamenti: la loro ubicazione ed il più significativo tra i relativi grafici "spostamento-tempo" vengono di seguito riportati nelle Figg. 34a, b.



Foto 35 – Settore del sondaggio SD27, lesioni nel manto stradale (Dicembre 2019).



Fig. 34a – Ubicazione punti Permanent Scatterers della Regione Toscana nella zona del sondaggio SD27 (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

Progetto Esecutivo

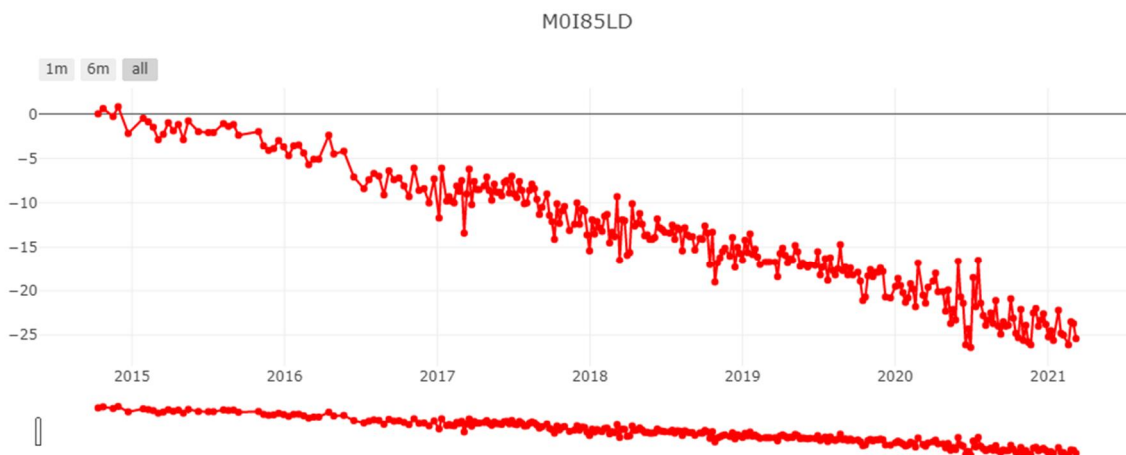


Fig. 34b – Grafico spostamento (mm) punto Permanent Scatterers della Regione Toscana relativo alla zona del sondaggio SD27 (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

Il sondaggio SD27 mostra una coltre di frana dello spessore di ca. 4.80 m, poggiate sulla Unità Argilloso-calcareo AVA, qui dapprima caratterizzata da un lembo di calcari ed arenarie prevalenti - spesso ca. 5 m - e quindi passante ad argilliti prevalenti intensamente foliate (si vedano le sezioni geologiche 12-12' e 12bis-12'bis).

L'inclinometro installato in SD27 ha evidenziato una deformazione intorno a 3 m di prof. dal p.c., mentre il piezometro SD27bis ha registrato una soggiacenza minima pari a 3.08 m.

Al tornante successivo, all'altezza dell'indagine pregressa T40, lungo la strada sono presenti alcune lesioni, riscontrate nel corso di vari sopralluoghi: in particolare è attualmente individuabile una lesione a forma di lunetta, compatibile con il coronamento di una frana attiva (vedi Foto 36a,b,c).

Dalla stratigrafia del sondaggio T40, il corpo di frana attiva ha uno spessore di ca. 8-10 m e si adagia su un substrato argillitico e calcareo ascrivibile all'Unità Argilloso Calcareo AVA.

Appena oltre (settore tra sondaggi pregressi T40-T41) è presente un'altra lesione ben evidente (Foto 37).

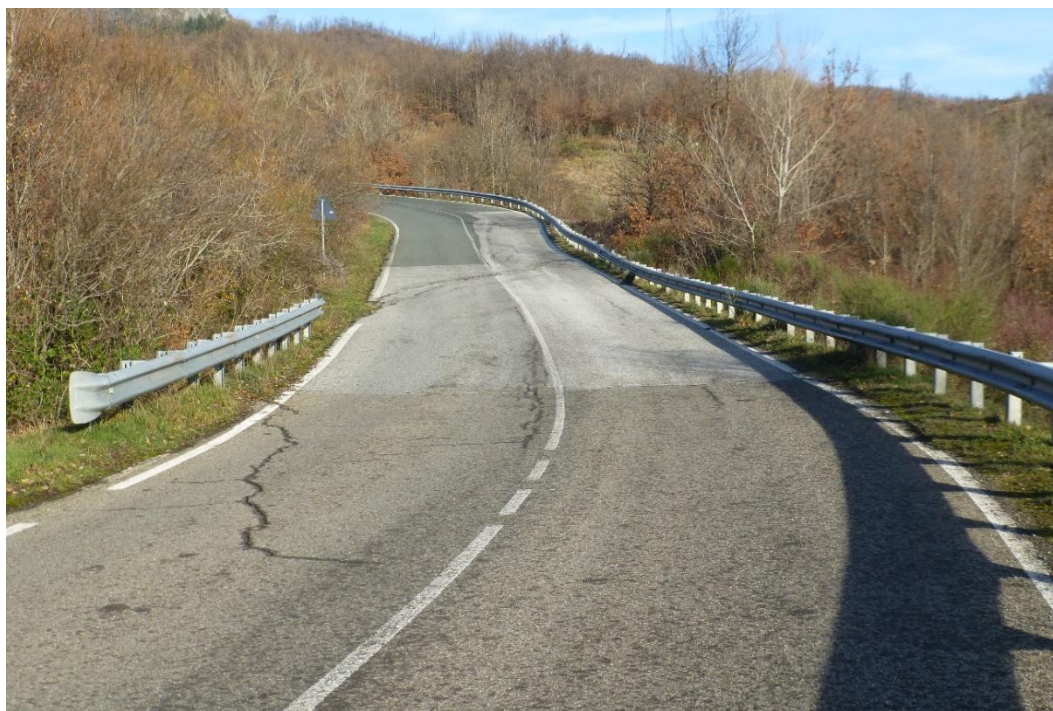
Progetto Esecutivo



a)



b)



c)

Foto 36 – a) Settore del sondaggio T40, lesioni lungo la sede stradale (Dicembre 2019), b) ) Settore del sondaggio T40, fratture sul ciglio stradale (Dicembre 2019), c) Settore del sondaggio T40. fessura a forma di lunetta (Dicembre 2021).



Foto 37 – Settore tra i sondaggi T40-T41: lesioni a forma di lunetta presenti lungo la sede stradale (Dicembre 2019).

Proseguendo ancora verso sud, appena oltre il sondaggio BF58, a valle della strada punti interferometrici registrano uno spostamento, in questo caso riferibile ad una frana non cartografabile: la loro ubicazione e il grafico “spostamento-tempo” relativo al punto ILJ14LO sono riportati nelle Figg. 35a,b.

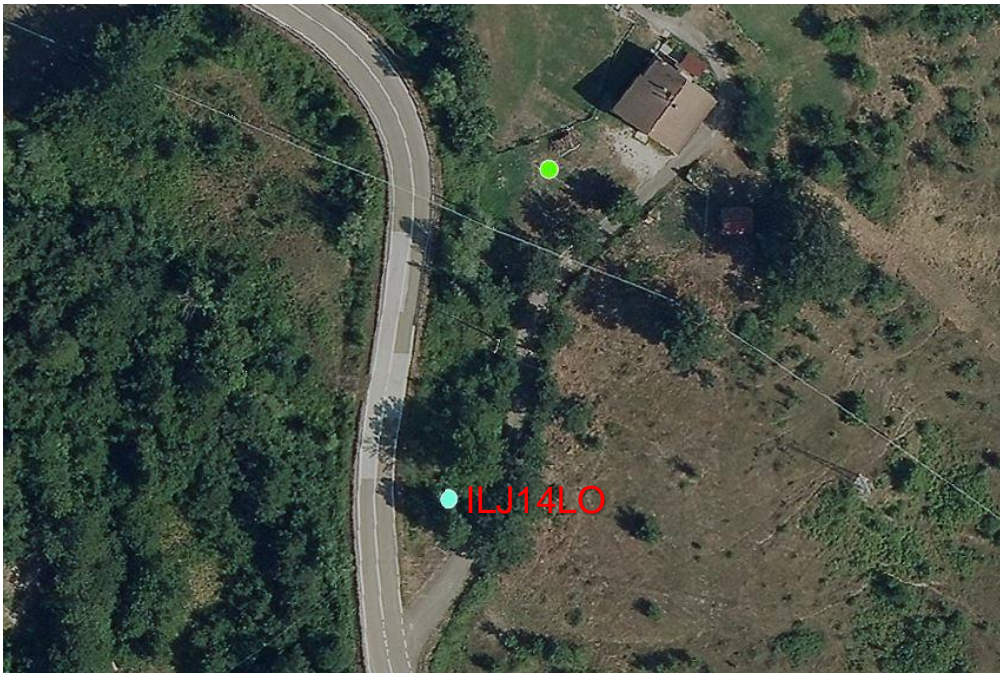


Fig. 35a – Ubicazione punti Permanent Scatterers della Regione Toscana nella zona a sud del sondaggio BF58 (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

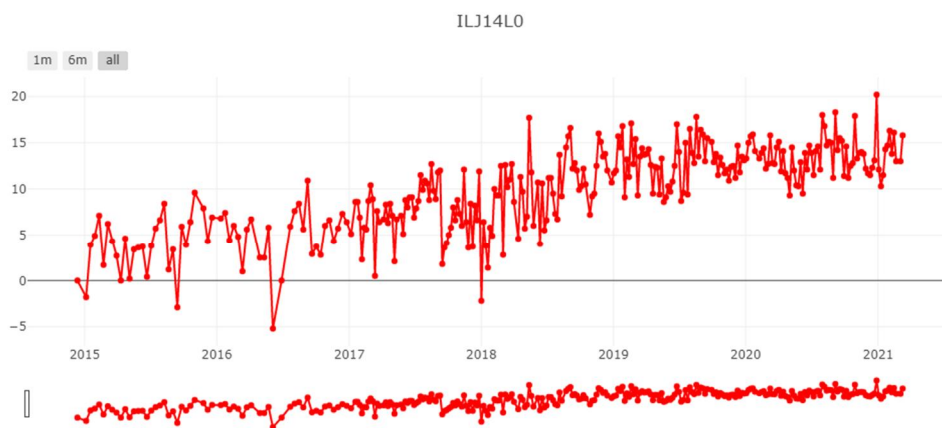


Fig. 35b – Grafico spostamento (mm) punto Permanent Scatterers della Regione Toscana relativo alla zona a sud del sondaggio BF58 (periodo considerato da Ottobre-Dicembre 2014 a Gennaio 2021).

## 14 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

Si evidenziano qui le problematiche di natura geologica identificabili nell'area interessata dal progetto, anche nell'ottica di consentire la verifica della compatibilità dell'opera così come prescritto dalle NTC 2018 e dalla sua Circolare attuativa n. 7 del 21/01/2019.

La determinazione della pericolosità è concepita in letteratura con diverse declinazioni, che comprendono sia quelle statistiche afferenti soprattutto al governo del territorio (pertinenza degli Enti pubblici) sia quelle euristiche e deterministiche finalizzate soprattutto alla progettazione di opere specifiche (pertinenza del Progettista).

Premesso che la pericolosità definita dagli enti pubblici deve essere considerata con attenzione e deve indurre il progettista a concentrare le proprie verifiche negli ambiti maggiormente critici, qui di seguito si definisce in maniera univoca la pericolosità geologica attinente alla realizzazione dell'intervento in oggetto. In particolare, si fa riferimento a quanto suggerito in § 6.12.1 del DM 14/01/2008 e s.m.i.:

“Gli studi devono caratterizzare la zona d'interesse in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni ed esterni e devono consentire d'individuare gli eventuali limiti imposti al progetto”.

In altre parole, la pericolosità a cui si riferisce la relazione geologica deve essere intesa come la descrizione dell'insieme di quegli elementi che vincolano il progetto, ovvero gli aspetti geologici non ordinari ai quali le opere progettate devono far fronte.

In ragione di quanto sopra, di seguito si riassumono i principali elementi geologici di interesse ingegneristico desunti dagli studio geologici, geostrutturali, geomorfologici, ed idrogeologici sviluppati per il presente progetto e integrati con informazioni desumibili dagli studi sismo-tettonici e dalle cartografie di pericolosità redatte dagli enti preposti al governo del territorio.

Questi elementi consentiranno all'ingegnere progettista di valutare la compatibilità delle opere progettate con la componente geologica (analisi del sistema opera-sottosuolo), in aderenza a quanto previsto dall'Art. 26 del DPR n. 207 / 2010 e s.m.i.

In particolare, le criticità geologiche che hanno maggiore influenza per la progettazione delle opere in oggetto sono quelle descritte nel seguito.

- L'area di intervento è interessata da diffuse coltri di frana sia attive che quiescenti, caratterizzate da cinematismi che si instaurano all'interno di terreni contraddistinti da scadenti caratteristiche meccaniche: in particolare, in numerosi casi sono presenti dissesti al momento attivi interferenti con tratti di viabilità da riqualificare.
- Particolari eventi naturali (piovosità intensa, eventi sismici importanti) o interventi antropici fortemente impattanti gestiti in modo non adeguato possono riattivare fenomeni franosi quiescenti o innescarne dei nuovi. Ciò è verosimile soprattutto dove sono presenti substrati a prevalente componente argillitica. In generale, è possibile parlare di una forte propensione al dissesto.
- Anche in assenza di veri e propri corpi di frana, sussistono aree potenzialmente instabili - come quelle interessate da franosità diffusa o da soliflusso – che devono essere trattate con cautela a causa della loro potenzialità di evolvere in dissesti attivi.
- Le litologie argillitiche sono pressoché impermeabili e determinano un drenaggio difficoltoso. In particolare, le aree ove siano presenti condizioni geomorfologiche che possano agevolare il ristagno idrico devono essere attentamente valutate, in quanto potenzialmente in grado di favorire l'innescio di nuovi episodi franosi o la riattivazione di quelli quiescenti.



**Progetto Esecutivo**

---

- I fossi in erosione possono concorrere all'attivazione o all'accelerazione dei dissesti, mentre i cigli torrentizi acclivi (forre) e le scarpate sono suscettibili all'instaurarsi di nuovi fenomeni franosi. Si sottolinea inoltre come il regime torrentizio, che caratterizza tutti i corsi d'acqua presenti all'interno dell'area di intervento, possa, in concomitanza di eventi piovosi particolarmente intensi, determinare un'accelerazione dei fenomeni erosivi e di dissesto lungo le sponde.
- Da PGRA sussiste un areale a pericolosità da alluvioni elevata in corrispondenza dell'incisione del Torrente Rimaggio, che scorre per un lungo tratto pressochè in affiancamento all'attuale strada Cavet 850.
- E' presente una faglia attiva ubicata in località La Selva (da Provincia di Firenze – Città Metropolitana di Firenze, Sistema Informativo Territoriale - S.I.T.);
- Secondo il recente Piano Strutturale Intercomunale Mugello, alcuni settori della viabilità oggetto di intervento (curve G e H) interferiscono/lambiscono una deformazione gravitativa profonda di versante (D.G.P.V.) di tipo quiescente;
- La viabilità oggetto di intervento si snoda parzialmente all'interno dell'area sismogenetica Mugello Ovest (ITIS087 "Database of Individual Seismogenetic Sources - DISS 3);
- Dal 1985 ad oggi sono stati segnalati n°14 eventi sismici nei pressi dei tratti di intervento (magnitudo massima 2.2)
- Il tracciato della S.R. 65 oggetto di miglioramento ricade all'interno dei limiti di protezione ambientale dell'Acqua Panna, da circa il bivio Santa Lucia-Panna (ad esclusione dell'abitato di Santa Lucia) sino a poco oltre località Dogana (appena prima del Passo della Futa): tale circostanza rende ancor più necessaria l'adeguata attivazione, durante le lavorazioni, di ogni precauzione atta ad evitare ogni possibile inquinamento della falda.

Si sottolinea infine la necessità che il progettista riservi particolare attenzione all'estrema variabilità intrinseca che caratterizza gli elementi geologici, nell'ottica di un progetto del tutto aderente al contesto geologico qui esposto e al suo campo di variabilità.