

## AUTOSTRADA (A1): MILANO-NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA  
NEL TRATTO INCISA - VALDARNO

LOTTO1

### PROGETTO ESECUTIVO


#### DOCUMENTAZIONE GENERALE

#### GEOLOGIA PARTE GENERALE

#### RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA

IL GEOLOGO  Dott. Vittorio Boerio Ord. Geol. Lombardia N. 794  <b>Responsabile Geologia</b>	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725	IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496  <b>Progettazione Nuove Opere Autostradali</b>
--	---	---

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				XXX
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
119941	LL01	PE	DG	GEO	GE000	00000	R	GEO	1001	-1	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:  Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725	SUPPORTO SPECIALISTICO:  Dott.ssa Silvia Rosselli Ord. Geol. Toscana N. 575	REVISIONE
			n.      data 0      OTTOBRE 2019 1      OTTOBRE 2020
	REDATTO:	VERIFICATO:	

VISTO DEL COMMITTENTE    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Furio Cruciani	VISTO DEL CONCEDENTE    <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
---	---

## Sommario

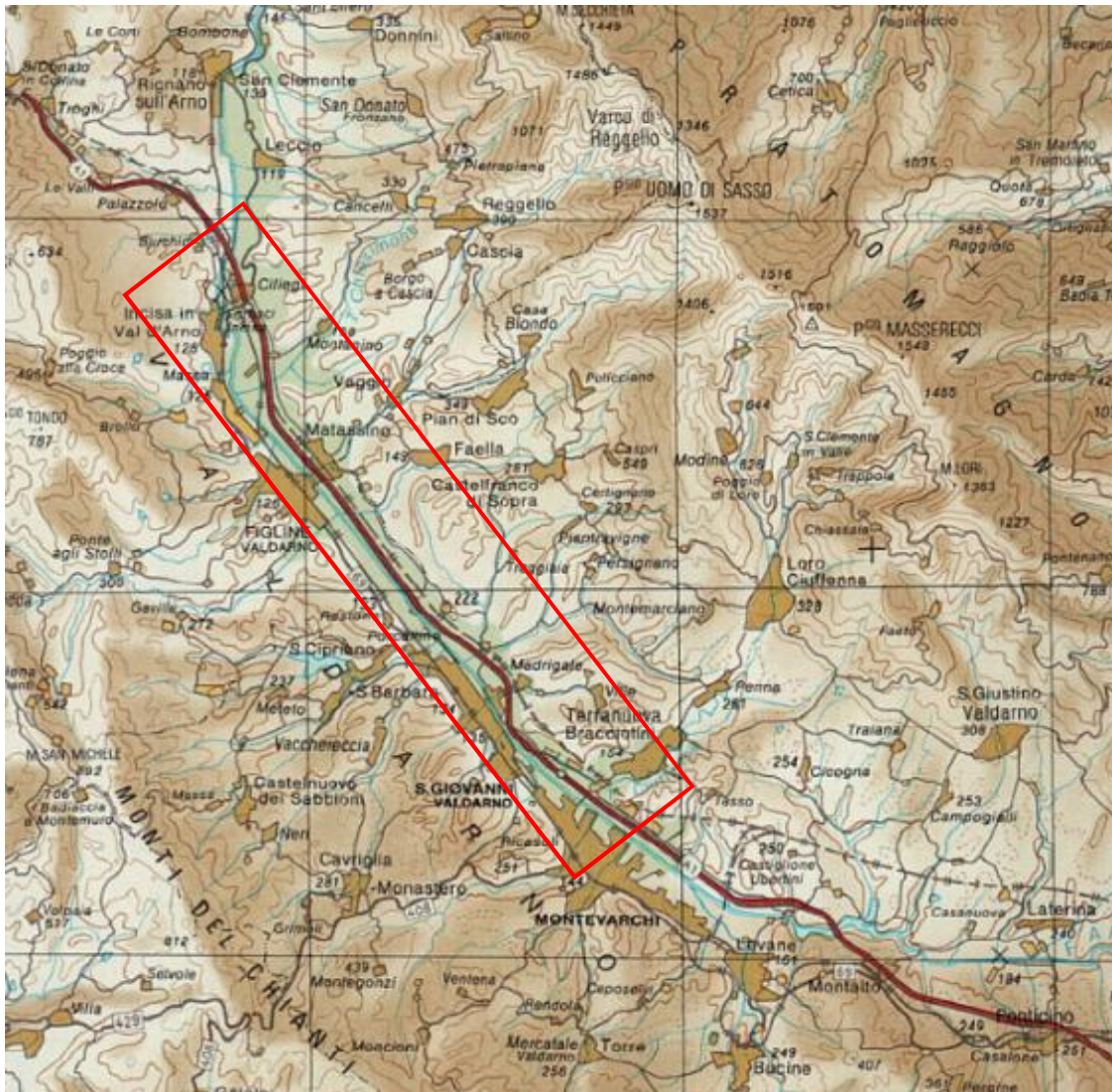
1	INTRODUZIONE .....	3
1.1	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI .....	4
2	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	6
2.1	INDAGINI BIBLIOGRAFICHE (DA ENTI E PROFESSIONISTI) .....	6
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE .....	6
2.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE FASE A, B, E (TRATTA FIRENZE SUD-INCISA) .....	7
2.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE FASE A, B (TRATTA INCISA VALDARNO) .....	7
2.5	INDAGINI AMBIENTALI (TRATTA INCISA VALDARNO) .....	8
2.6	INDAGINI GEOGNOSTICHE PROGETTO ESECUTIVO LOTTO 1 .....	8
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	10
4	ASSETTO TETTONICO DELL' AREA .....	12
5	GEOMORFOLOGIA DELL'AREA.....	15
5.1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE .....	15
5.1.1	<i>Reticolo idrografico</i> .....	15
5.2	METODOLOGIA E CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA .....	24
5.3	ELEMENTI GEOLOGICO – STRUTTURALI .....	26
5.4	ELEMENTI GEOMORFOLOGICI RILEVATI .....	27
5.4.1	<i>Forme fluvio denudazionali</i> .....	27
5.4.2	<i>Morfologie di versante dovute alla gravità</i> .....	29
5.4.3	<i>Idrografia</i> .....	32
5.4.4	<i>Forme antropiche</i> .....	33
6	GEOLOGIA DELL'AREA .....	36
6.1	CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOLOGICA .....	36
6.2	STRATIGRAFIA .....	39
7	CARTOGRAFIE DEGLI ENTI PREPOSTI AL GOVERNO DEL TERRITORIO .....	44
7.1	PERICOLOSITA' DA FRANA (I.F.F.I. E P.A.I.).....	44
7.2	PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE FLUVIALE (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE) .....	46
7.2.1	<i>Piano di gestione rischio alluvioni (P.G.R.A.)</i> .....	46
7.2.2	<i>Carta guida delle aree allagate (AdB Arno)</i> .....	49
7.3	PERICOLOSITÀ DA FLASHFLOOD (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE) .....	50
7.4	CARTE DELLA PERICOLOSITÀ DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI .....	51
7.4.1	<i>Piano Strutturale Comune di Figline-Incisa Valdarno</i> .....	51
7.4.2	<i>Piano Strutturale Comune di Reggello</i> .....	55
8	SUBSIDENZA.....	63
9	LIQUEFAZIONE .....	65
10	ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO FAGLIE CAPACI .....	66
10.1	SISMICITA' STORICA .....	66
10.2	SISMICITÀ STRUMENTALE - INGV (1985-2019).....	70
10.3	FAGLIE CAPACI (PROGETTO ITHACA) .....	72
10.4	ZONAZIONE SISMOGENETICA E STRUTTURE SISMOGENETICHE .....	75
10.5	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	77
11	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	81

Progetto Esecutivo

12	PRINCIPALI PROBLEMATICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE INERENTI IL TRACCIATO .....	85
12.1	DALLA PROGR. KM 317+265 (INIZIO INTERVENTO) ALLA PROGR. 317+758 C.A. (TRACCIATO ASSE VARIANTE NORD) .....	85
12.2	DALLA PROGR. KM 317+758 ALLA PROGR. KM 318+620 C.A. (TRACCIATO ASSE VARIANTE NORD E ASSE GALLERIA) .....	86
12.3	DALLA PROGR. KM 318+620 C.A. ALLA PROGR. KM 319+197 C.A. (ASSE GALLERIA) .....	87
12.3.1	<i>Viabilità LC17</i> .....	91
12.4	DALLA PROGR. KM 319+261 C.A. ALLA PROGR. KM 319+308 C.A. (TRACCIATO ASSE VARIANTE NORD).....	91
12.5	DALLA PROGR. KM 319+308 C.A. ALLA PROGR. KM 319+439 C.A. (TRACCIATO ASSE NORD).....	91
12.6	PROGR. 319+439 – PROGR. 320+157 (TRACCIATO ASSE NORD) .....	91
12.7	DALLA PROGR. KM 320+157 C.A. ALLA PROGR. KM 320+909 C.A.....	92
12.8	DALLA PROGR. KM 320+909 C.A. ALLA PROGR. KM 321+123 C.A. (FRANA LE COSTE) .....	93
12.9	DALLA PROGR. KM 321+123 C.A. ALLA PROGR. KM 321+757 C.A.....	94
12.10	DALLA PROGR. KM 321+757 C.A. ALLA PROGR. KM 322+154 C.A. ....	95
12.11	DALLA PROGR. KM 322+154 C.A. ALLA PROGR. KM 323+810 (FINE INTERVENTO).....	96
13	PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO.....	97
	BIBLIOGRAFIA.....	100

# 1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta a supporto del progetto esecutivo di ampliamento alla terza corsia del tratto dell'Autostrada A1 Milano Napoli tra Incisa (progr. km 317+265) e lo Svincolo di S. Giovanni Valdarno (progr. km 335+705.610). Il tratto oggetto del presente studio è il Lotto 1 (da pk 317+265 a pk 323+810), che ricade nella provincia di Firenze ed in particolare nell'ambito territoriale dei comuni di Figline-Incisa Valdarno e Reggello.



**Figura 1-1 - Ubicazione dell'area (base topografica Regione Toscana-SELCA)**

Le analisi inerenti il Lotto 1 si inseriscono nello studio generale effettuato lungo tutta la tratta oggetto di allargamento (dal Fiume Arno allo Svincolo di S. G. Valdarno), che è stato condotto su una fascia di territorio che si sviluppa per una lunghezza di circa 19 km ed un'ampiezza di circa 2 km a cavallo dell'attuale tracciato autostradale. Le attività di studio sono state articolate secondo il seguente schema:

- inquadramento e caratterizzazione geologica e geomorfologica ottenuta mediante la ricerca bibliografica di dati pregressi, l'analisi dei documenti progettuali precedenti, l'esecuzione di rilievi in sito e l'analisi di foto aeree;
- esecuzione di specifiche campagne di indagine;

Progetto Esecutivo

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

- unità geologiche presenti, sulla base di una caratterizzazione litologico-tecnica e strutturale delle singole formazioni che, nel contempo, tenga conto delle classificazioni litostratigrafiche e cronostatigrafiche convenzionali;
- assetto geomorfologico del territorio con particolare riferimento ai fenomeni in atto.

L'insieme delle attività svolte ha permesso di redigere i seguenti elaborati planimetrici:

- planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche in scala 1:5.000;
- carta geologica in scala 1:5.000 corredata di un profilo geologico longitudinale in scala 1:5.000/500 e 1:5.000;
- una serie di cartografie geologiche di dettaglio con profili geologici trasversali alla scala 1:2.000 raccolti in un apposito elaborato;
- carta geomorfologica in scala 1:5.000.

La presente relazione descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati al progetto; inoltre, contiene un capitolo di sismica generale, che inquadra il territorio dal punto di vista della sismicità, ed un capitolo di inquadramento idrogeologico, che espone un quadro conoscitivo utilizzabile come punto di partenza per studi quantitativi di idrologia sotterranea.

La definizione dell'accelerazione sismica di riferimento, della quota di falda di progetto, delle interferenze fra infrastruttura e la falda idrica, la stima quantitativa dei volumi potenzialmente instabili, la definizione degli interventi di minimizzazione / stabilizzazione, la caratterizzazione delle terre provenienti dagli scavi in ordine alla loro possibile riutilizzabilità, la definizione del modello geotecnico, i criteri per la scelta delle fondazioni delle opere non sono argomenti oggetto della presente relazione geologico – geomorfologica. Qualora la progettazione delle opere in argomento e/o i vincoli territoriali implicassero la definizione dei tematismi sopra elencati, essi sarebbero sviluppati nell'ambito di specifiche relazioni ingegneristiche.

## 1.1 RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI

Per la redazione dello studio è stata utilizzata la documentazione progettuale precedente oltre ai dati raccolti sia attraverso pubblicazioni di settore, sia interessando gli enti e istituzioni territorialmente competenti come sotto elencato:

- Università degli Studi di Firenze relativamente alle seguenti tematiche:
  - letteratura geologico - strutturale e sedimentologica dell'area in oggetto;
- Società Geologica Italiana: letteratura geologica dell'area in oggetto;
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA):
  - Progetto di Cartografia Geologica alla scala 1:50.000 (Foglio 276 "Figline Valdarno");
  - Dati relativi ai sinkholes;
  - Progetto I.F.F.I.
- Regione Toscana, Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno), Provincia di Firenze, Provincia di Arezzo, Comuni:
  - cartografia geologica della Regione Toscana (accesso sito web Geoscopio);
  - Grotte e fenomeni carsici presenti sul sito web Geoscopio - Regione Toscana;
  - Pericolosità Idraulica: "Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – P.G.R.A." dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale relativamente a pericolosità da alluvione e da flashflood (consultata sul sito internet: <http://dati.adbarno.it/mapstore/composer?locale=it&mapId=252&configId=175&config=ConfigComposerAdBx>);
  - " Carta guida delle aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 - 1999) " dell'A.d.B. Arno (scala 1:25.000) (da: [http://www.adbarno.it/adb/?page\\_id=1324](http://www.adbarno.it/adb/?page_id=1324));
  - "Analisi di subsidenza nel territorio dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno" - A.d.B. Arno in collaborazione con l'Università degli Studi di Firenze (Dipartimento di Scienze della Terra);
  - Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex AdB Arno) siti internet;
  - Tavole "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (scala 1:10.000 e 1:25.000);

Progetto Esecutivo

- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Firenze;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Arezzo;
- Piano Strutturale del Comune di Figline e Incisa Valdarno;
- Piano Strutturale del Comune di Reggello;
- Piano Strutturale del Comune di San Giovanni Valdarno;
- Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini;
- Piano Strutturale del Comune di Montevarchi;
- Piano Strutturale del Comune di Pian di Scò;
- documentazione geologica relativa al PE “Variante alla S.R. 69 da Levane a S. Giovanni Valdarno con raccordo al casello Autosole” (Provincia di Arezzo - Servizio Grandi Infrastrutture);
- documentazione geologica relativa al PD “S.R.T. “di Valdarno” Variante in riva destra dell’Arno dalla località Ciliegi al confine di Provincia” (2008) (Provincia di Firenze-Direzione Generale Infrastrutture);
- documentazione geologica relativa ai progetti delle Casse di espansione Pizziconi, Prulli e Restone (Regione Toscana);
- dati geognostici e di monitoraggio forniti da Professionisti;
- dati interferometrici ENVISAT ed ERS del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare riferiti al 2017.

Inoltre:

- foto aeree relative ai voli:
  - Volo IGMI (1955-1956) – scala 1:33.000;
  - Volo Italia (Compagnia Generale Riprese Aeree S.p.a., 1988 e il 1989) – scala 1:75.000;
  - Voli realizzati per il progetto di allargamento alla 3° corsia dell’autostrada A1: volo basso 1:4.000 circa e volo alto 1:15.000 circa (2009);

Gli accessi ai siti internet, quando non diversamente evidenziato, sono riferibili al mese di ottobre 2018.

## 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 pozzi; si è pertanto provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti, privati o indagini di progettazione pregresse realizzate all'interno dell'area in esame) per una fascia di circa 1,5 km a cavallo dell'intero tracciato in allargamento (Lotto 1 e Lotto 2).

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.

Tutte le informazioni utili recuperate sono state riportate negli elaborati cartografici in scala 1:5000 in funzione della loro ubicazione plano-altimetrica e con simbologia differente in relazione alla tipologia di indagine.

### 2.1 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE (DA ENTI E PROFESSIONISTI)

La documentazione bibliografica consiste, specialmente per quella più datata, in stratigrafie di difficile interpretazione, in quanto derivate da perforazioni (es. pozzi per acqua) scavati talora a distruzione di nucleo (ricostruzione granulometrica deriva da analisi di cutting e fanghi), in tal caso le descrizioni del materiale sono risultate sommarie (soprattutto per quanto attiene agli strati più superficiali e significativi ai fini della progettazione) e prive di quegli elementi indispensabili per una inequivocabile attribuzione alle unità geologiche (fuso granulometrico, colore ed alterazione dei granuli); spesso inoltre, non sono corredate da prove geotecniche (SPT, prove di permeabilità, etc.).

Sono state raccolte le indagini fornite dalla Provincia di Arezzo e di Firenze (in particolare quelle a supporto della progettazione della variante alla SR69), le indagini presenti nei database della Regione Toscana (Consorzio Lamma ed ARPAT-SIRA Sistema Informativo Regionale Ambientale) e nei Piani Strutturali dei Comuni di Figline-Incisa Valdarno, Reggello, San Giovanni Valdarno, Castelfranco-Pian di Scò, Monteverchi e Terranuova Bracciolini.

Sono inoltre state reperite indagini da professionisti locali (indagini del 2006 per l'area dissesto in località Le Coste fornite dal Dott. Bonechi).

### 2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

La consultazione delle stratigrafie e delle fotografie delle cassette catalogatrici (ove disponibili) ha riguardato numerosi ambiti di indagine geognostica pregressa:

- Aree di dissesto (1961-1989): le ubicazioni dei sondaggi sono state derivate dagli stralci planimetrici inseriti nella documentazione geognostica e sono, quindi, indicative; inoltre, l'area di dissesto indicata sulle stratigrafie pregresse al "km 321+000" in realtà è ubicata al km 322+000 della progressivazione corrente);
- Sondaggi per opere singolari (1987-1988);
- Area frana Poggilupi (2009, 2012 e 2015);
- Area di Servizio Reggello Ovest (2003-2004);
- Area di servizio Arno Est (2006);
- Area di parcheggio Vallombrosa Est (2004);
- Area di parcheggio San Giovanni Ovest (2007) (in planimetria sono stati riportati unicamente i sondaggi geotecnici; per il dettaglio sulle altre indagini si rimanda alla planimetria di dettaglio allegata alle risultanze di geognostica stesse).

## 2.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE FASE A, B, E (TRATTA FIRENZE SUD-INCISA)

Sono state svolte le seguenti attività ricadenti nella tratta oggetto del presente progetto:

*Campagna di indagine Progetto di Ampliamento alla terza corsia nel Tratto Firenze Sud - Incisa - FASE A*

- sondaggi verticali a carotaggio continuo (sigla SAxx);
- sismica a rifrazione.

*Campagna di indagine Progetto di Ampliamento alla terza corsia nel Tratto Firenze Sud - Incisa - FASE B*

- sondaggi verticali a carotaggio continuo (sigla SBxx, SSBxx);
- sismica a rifrazione;
- rilievi geomeccanici.

*Campagna di indagine Progetto di Ampliamento alla terza corsia nel Tratto Firenze Sud - Incisa - FASE E*

- sondaggi verticali a carotaggio continuo (sigla ESxx).

In laboratorio, sui campioni prelevati nei sondaggi di fase A, B ed E sono state eseguite prove di identificazione (granulometrie e limiti) e prove meccaniche.

## 2.4 INDAGINI GEOGNOSTICHE FASE A, B (TRATTA INCISA VALDARNO)

*Campagna di indagine Progetto di Ampliamento alla terza corsia nel Tratto Incisa - Valdarno - FASE A*

Nel periodo compreso tra marzo ed aprile 2009 è stata eseguita una apposita campagna di indagini (sondaggi denominati SV-A) in corrispondenza delle principali opere in progetto, al fine di verificare direttamente la litologia e le caratteristiche geotecniche dei terreni coinvolti dal progetto ed installare strumentazione per il controllo dei livelli di falda.

In particolare sono state svolte le seguenti attività:

- N. 11 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità Lefranc (eseguite a carico variabile e costante), prove pressiometriche e prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati da sottoporre ai test di laboratorio. Nei sondaggi sono stati poi installati piezometri per monitorare le variazioni dei livelli di falda.
- N. 5 pozzetti esplorativi eseguiti in prossimità dei principali rilevati, comprendenti l'esecuzione di prove di carico su piastra.

*Campagna di indagine Progetto di Ampliamento alla terza corsia nel Tratto Incisa - Valdarno - FASE B*

Nel periodo compreso tra luglio 2010 e gennaio 2011 è stata eseguita un'ulteriore campagna di indagini (sondaggi denominati SV-B).

In particolare sono state svolte le seguenti attività:



**Progetto Esecutivo**

- N. 16 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, prove pressiometriche e dilatometriche e prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati da sottoporre ai test di laboratorio. Nei sondaggi sono stati poi installati piezometri per monitorare le variazioni dei livelli di falda;
- N. 8 sondaggi a distruzione con esecuzione di prove Cross Hole e installazione di strumentazione (2 inclinometri);
- N. 7 pozzetti esplorativi eseguiti in prossimità dei principali rilevati, comprendenti l'esecuzione di prove di carico su piastra;
- N. 10 prove penetrometriche dinamiche eseguite in sede autostradale per verifica delle caratteristiche dei rilevati;
- N. 6 prove geofisiche in foro tipo Cross-hole nei sondaggi: SV1-B/SV1-B-BIS, SV5-B/SV5-B-BIS, SV13-B/SV13-B-BIS, SV22-B/SV22-B-BIS, SV25-B/SV25-B-BIS, SA32BIS/SA32TER.

In laboratorio, sui campioni prelevati nei sondaggi di fase A e B sono state eseguite prove di identificazione (granulometrie e limiti) e prove meccaniche.

## **2.5 INDAGINI AMBIENTALI (TRATTA INCISA VALDARNO)**

Le indagini geognostiche a finalità ambientale e relative alla caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo sono state eseguite sulla base di un progetto redatto dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (MAM). Tali indagini sono state realizzate prelevando campioni di terreno lungo l'asse di ampliamento autostradale (sigla PZ-LL-xx), nell'ambito di tutte le aree di cantiere e di supporto (sigla PZ-CN-xx) e nell'ambito dei campi base (sigla PZ-CB-xx).

Per l'ubicazione delle suddette indagini ed i certificati di analisi chimica di laboratorio si rimanda agli specifici elaborati AMB-MAM allegati al presente progetto.

## **2.6 INDAGINI GEOGNOSTICHE PROGETTO ESECUTIVO LOTTO 1**

Le indagini geognostiche sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalla figure indicate qui di seguito: dal geologo responsabile dell'ufficio geologia (GEO) per quanto riguarda la componente geologica; dagli ingegneri responsabili degli uffici opere all'aperto (APE) e tunnelling (TUN) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre e delle rocce; dall'ingegnere responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea.

In particolare per il Lotto 1 è stata eseguita un'apposita campagna di indagini con le seguenti caratteristiche:

- N. 19 sondaggi a carotaggio continuo (di cui N. 2 a distruzione di nucleo) con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, prove dilatometriche e prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati da sottoporre ai test di laboratorio. Nei sondaggi sono stati installati piezometri per monitorare le variazioni dei livelli di falda, inclinometri e tubazioni per geofisica in foro;
- N. 1 pozzo per acqua + n. 2 sondaggi, con esecuzione di una prova di pompaggio a gradini ed una prova di pompaggio a lunga durata;
- N. 4 pozzetti superficiali;
- N. 2 prove CPTU;
- N. 2 rilievi geomeccanici (si rimanda agli specifici elaborati allegati al presente progetto);

Progetto Esecutivo

---

- N. 11 stese sismiche a rifrazione;
- N. 1 stesa sismica a riflessione;
- N. 1 prova geofisica in foro tipo Down Hole nel sondaggio SE3.

Nell'ambito della Galleria Bruschetto esistente, in carreggiata nord, sono state eseguite nel periodo fine giugno-inizio luglio 2018 numerose attività di indagine geognostica, quali:

- N. 3 sondaggi a carotaggio continuo ad andamento orizzontale;
- N. 6 carotaggi in cls con carotatrice elettrica
- N. 6 prove doorstopper;
- N. 12 prove con martinetti piatti.

In laboratorio, sui campioni prelevati nei sondaggi sono state eseguite prove di identificazione (granulometrie e limiti) e prove meccaniche (anche su campioni di calcestruzzo prelevati nel rivestimento della galleria stessa).

La definizione della caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi delle aree omogenee non è oggetto della presente relazione.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame appartiene alla fascia mediana dell'Appennino Settentrionale. L'Appennino è una catena a falde e thrust formatasi a partire dal Cretaceo superiore in seguito a più fasi tettoniche legate alla chiusura dell'Oceano Ligure – Piemontese ed alla conseguente collisione continentale tra le placche europea ed adriatica.

L'area di interesse si situa a tergo del crinale principale ed immediatamente a nord-est dell'importante motivo strutturale M.Orsaro - M.Cimone - Montalbano - M. del Chianti - M.Cetona che si sviluppa per oltre 200 km longitudinalmente alla catena appenninica. Lungo questo allineamento avviene l'impilamento della Falda Toscana (comprendente le successioni della Serie Toscana) sulle Unità Toscane più orientali (Unità Falterona o Cervarola-Falterona secondo alcuni autori) (Fig. 3.1)

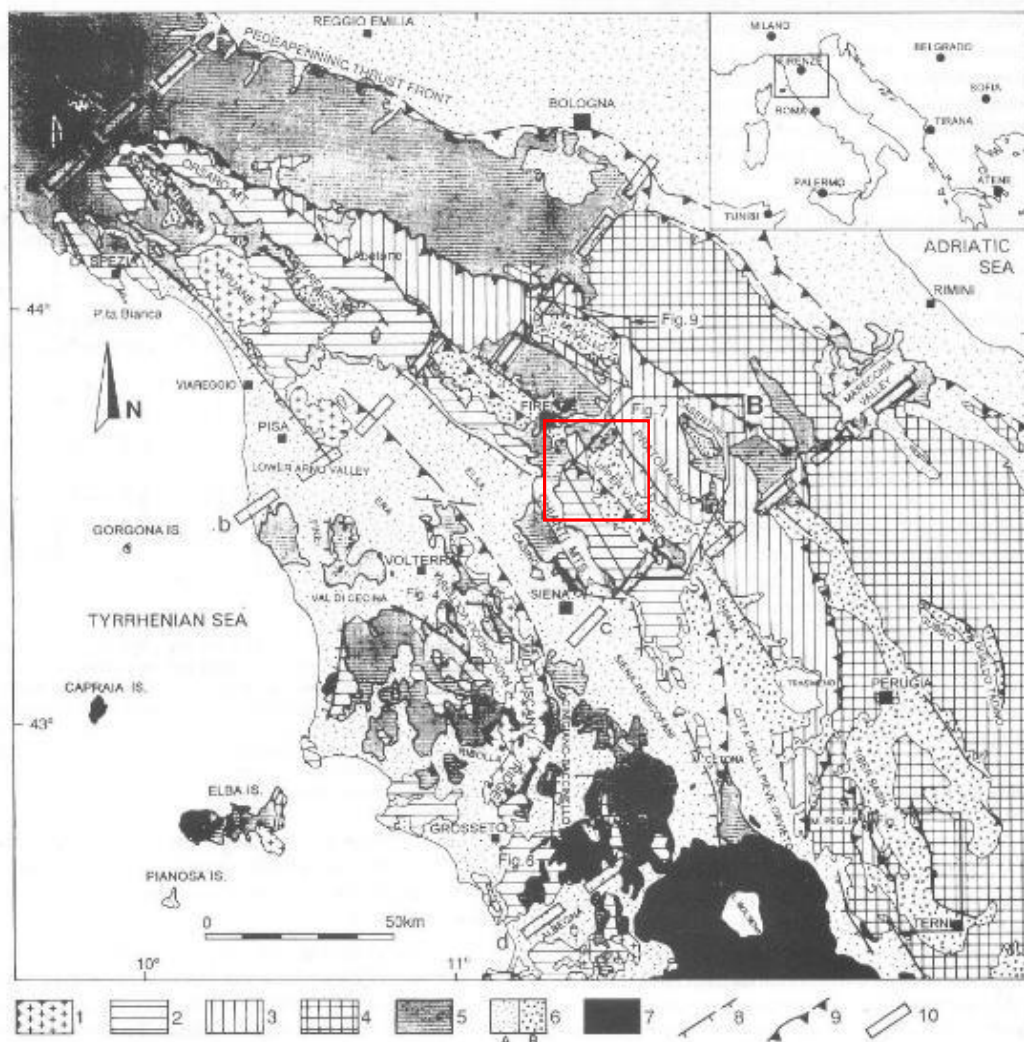


FIG.1: Geological sketch of the Northern Apennines. 1) Metamorphic units ; 2) Tuscan unit ; 3) Cervarola-Falterona and Castel Guerrino units ; 4) Umbro-Marchean units ; 5) Ligurian, Subligurian and Epiligurian units ; 6) A : Neogene-Quaternary deposits ; B : Intermontane Villafranchian basins ; 7) Magmatic rocks ; 8) Principal normal faults ; 9) Principal thrust fronts: outcropping, in subsurface ; 10) Principal tectonic transversal lines : a-Taro line, b-Livorno-Sillaro line, c-Arbia-Marecchia line, d-Albegna line. The squares indicate the locations of the studied basins (Figs. 4, 6, 7, 9, 10).

**Figura 3.1 - Carta schematica strutturale dell'Appennino settentrionale. (1. Unità metamorfiche; 2. Unità Toscane; 3. Unità Cervarola-Falterona e Castel Guerrino 4. Unità Umbro-Marchigiane 5. Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri 6. A-Depositi neogenico-quadernari, B-Bacini Villafranchiani intramontani 7. Rocce magmatiche 8. Principali faglie normali (affioranti e sepolte) 9. Principali fronti di accavallamento (affioranti e sepolti) 10. Principali linee trasversali: a-Linea del Taro, b-Linea Livorno-Sillaro, c-Linea Arbia-Marecchia, d-Linea dell'Albegna (Boccaletti et alii, 1996). In rosso l'area di studio.**

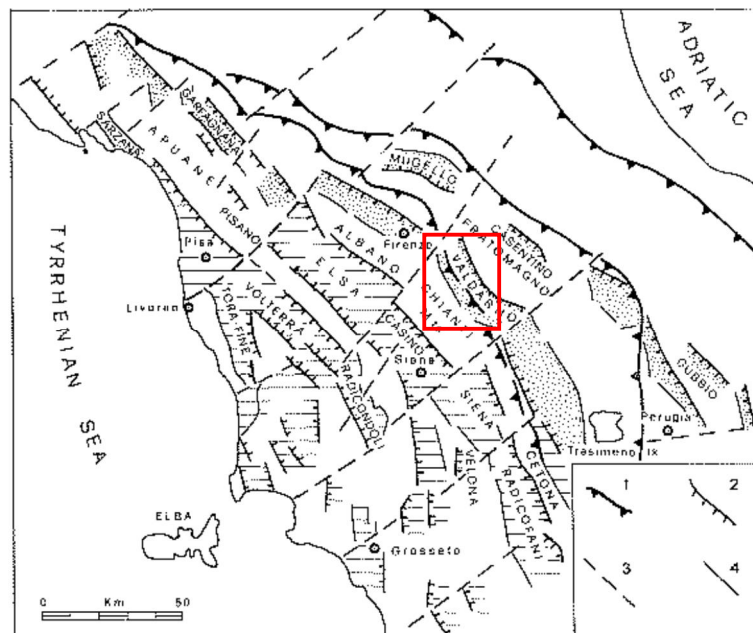
Progetto Esecutivo

La storia tettonica che ha portato alla formazione dell'Appennino Settentrionale si è sviluppata in modo continuo ed è tuttora in atto, come dimostrato dalla sismicità. Durante l'evoluzione della catena è possibile distinguere alcuni periodi (fasi tettoniche) in cui l'intensità delle deformazioni è risultata particolarmente elevata e tale da lasciare una registrazione stratigrafica degli eventi così sintetizzabili:

- Dal Cretaceo all'Eocene medio (fase oceanica) si verifica la progressiva chiusura del paleo oceano ligure - piemontese con la conseguente formazione di un prisma di accrezione che coinvolge successioni liguri e subliguri. All'interno di questa fase (Fase Ligure *Auctt.*) se ne riconoscono in realtà molte, separate nel tempo. La fase tettonica principale è riferibile all'Eocene medio ed è testimoniata dall'importante discordanza (diacrona e sempre più recente verso l'esterno) fra la Successione Epiligure e le sottostanti Liguridi precedentemente deformate.
- Le fasi deformative succedutesi dall'Oligocene in poi, si sono verificate in un quadro geodinamico molto differente (fase continentale) rappresentato da un regime collisionale e post - collisionale in cui sono state via via coinvolte nella deformazione le successioni dell'avampaese toscano e umbro con i sovrastanti depositi di avanfossa (Macigno, Modino, Cervarola, Marnoso Arenacea). Durante la collisione Oligo-Miocenica le Unità Liguri, precedentemente impilate fra loro, sovrascorrono sulle Unità Toscane ed Umbro Marchigiane. La migrazione continua del fronte deformativo verso l'esterno è stata accompagnata dalla traslazione delle Unità Liguri verso nord-est che ha generato la presenza di olistostromi con prevalenti terreni liguri intercalati nei depositi flyschoidi.

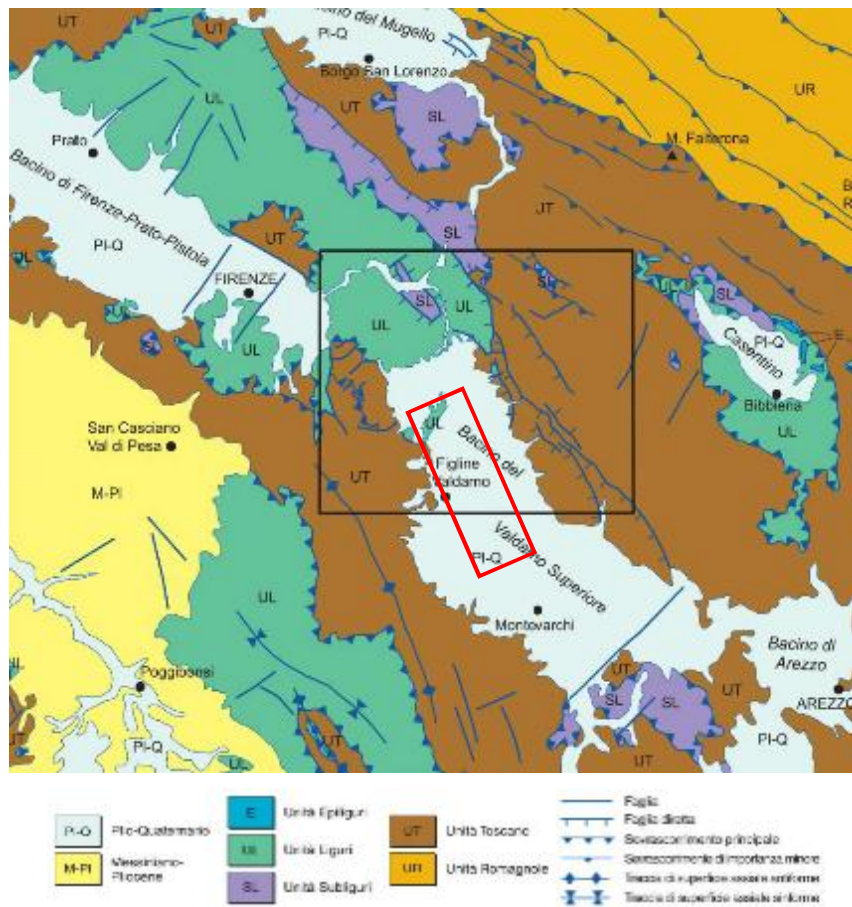
Lo spostamento del fronte deformativo durante il Miocene ed il Pliocene ha coinvolto successivamente i domini più esterni dell'avampaese appenninico (dominio umbro - marchigiano e padano) fino a determinare la configurazione attuale della catena nord - appenninica.

- Dal Tortoniano superiore nella parte interna della catena appenninica si sono sviluppati dei bacini (es. Bacino del Mugello, Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, Bacino del Valdarno) (**fig. 3.2**) che classicamente sono stati interpretati come generati in regime distensivo. Tale regime infatti era spiegato mediante un modello evolutivo della catena che prevedeva la migrazione del fronte compressivo verso est e l'instaurarsi di un regime di estensione nelle zone più interne. In un contesto di tettonica a placche i bacini intramontani sono stati interpretati come bacini di retro arco permettendo di inquadrare in questo modello anche la diffusa presenza in Toscana di corpi magmatici intrusivi ed effusivi (Boccaletti *et alii*, 1995). Studi recenti ipotizzano riattivazioni in compressione dei thrust, anche crostali, durante il tardo Miocene, il Pliocene ed il Pleistocene (Boccaletti e Sani, 1998).



**Figura 3-2.** - Distribuzione dei principali bacini neogenici e quaternari dell'Appennino Settentrionale. Campitura a trattini-bacini toscano-tirrenici del tardo Miocene-Pliocene Superiore. Campitura con punti - bacini intramontani Plio-Pleistocenici 1=principali fronti di accavallamento; 2=faglie principali ai bordi dei bacini; 3=linee morfo-tettoniche trasversali; 4=faglie minori (Martini & Sagri, 1994). In rosso l'area di studio.

## 4 ASSETTO TETTONICO DELL' AREA



**Figura 4-1** - Schema tettonico dell'area. In nero l'area del Foglio 276 "Figline Valdarno", in rosso l'area di studio (da sito ISPRA - ottobre 2018)

L'opera in progetto si inserisce in un'area nella quale sono presenti:

- le Unità Liguri, appartenenti alle porzioni più esterne del dominio oceanico Ligure-Piemontese;
- I depositi del bacino intermontano del Valdarno Superiore (Successione del Bacino del Valdarno Superiore).

Le relazioni geometriche tra le unità presenti nell'area indagata si inquadrano nella complessa storia deformativa della catena come brevemente delineata nel capitolo precedente. Particolare interesse riveste la storia deformativa più recente.

Come accennato, la genesi dei bacini neogenico quaternari del settore interno dell'Appennino Settentrionale è classicamente spiegata con un modello evolutivo di migrazione del fronte compressivo verso est e l'instaurarsi di un regime di estensione nelle zone più interne legato all'apertura del Mar Tirreno settentrionale. I bacini erano pertanto interpretati come graben simmetrici (Lazzarotto e Mazzanti, 1976) e successivamente come semi-graben (Martini e Sagri, 1993) regolati da master faults.

Più recentemente un diverso modello prevede un assottigliamento della parte interna della catena tramite l'attività di faglie normali a basso angolo immergenti da E a NE che hanno agito dal Miocene legate ad un collasso gravitativo tardo orogenico (Bertini *et alii*, 1991; Carmignani *et alii* 1994; Brogi, 2005; Brogi *et alii*, 2005). Faglie ad alto angolo si sarebbero sviluppate successivamente (tardo Tortoniano) ed avrebbero controllato lo sviluppo dei bacini intramontani e la deposizione dei sedimenti (Costantini *et alii*, 2002).

Come già accennato, un modello alternativo più complesso è stato proposto in seguito al riconoscimento di episodi compressivi nei terreni più antichi di questi bacini (Bonini *et alii*, 1999). Il succedersi di fasi compressive

**Progetto Esecutivo**

e distensive legate all'apertura del Mar Tirreno sono documentati anche in depositi della Corsica che mostrano a partire dal Miocene inferiore tale alternanza (Fellin *et alii*, 2005).

In particolare, nelle aree di interesse, uno studio condotto sulla catena dei Monti del Chianti e sui depositi del bordo occidentale del Bacino del Valdarno Superiore (fig. 4-2) mostra una storia tettonica complessa che riconosce tre successivi stadi deformativi compressivi l'ultimo dei quali coinvolge i depositi del Sintema del Valdarno Superiore (Sintema di Castelnuovo dei Sabbioni) datato Pliocene medio-superiore. Successivamente a questi episodi compressivi si sarebbe impostata la fagliazione normale presente nel bacino. L'evoluzione della deformazione all'interno dei Monti del Chianti porta all'appilamento delle Unità Tettoniche Toscane sopra le Unità Tettoniche Liguri. In questo scenario la depressione sinclinale del Bacino di Palazzolo sarebbe controllata dall'attività compressiva dei thrusts.

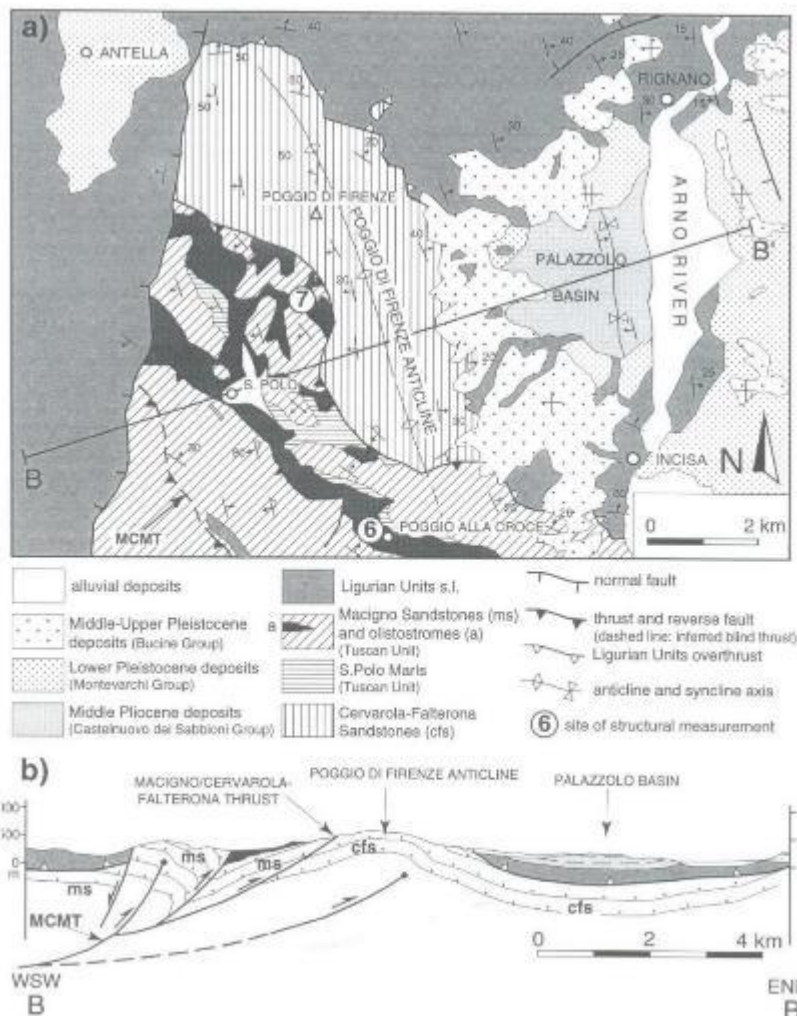


Figure 5. (a) Geological sketch map of the northern sector of Chianti Mountains (S. Polo-Poggio alla Croce area) and the Palazzolo Basin (see Figure 1 for location). The continental Palazzolo Basin formed in relation to a W-dipping thrust bounding the basin to the west (modified from Servizio Geologico d'Italia, 1965; Azzaroli & Lazzari, 1977; Abbate & Bruni, 1987). The symbols for strata are as in Figure 4. (b) Geological cross-section B-B' showing the gently dipping thrust (emanating from the MCMT) that produced both the Poggio di Firenze Anticline and the small Pliocene Palazzolo Basin.

**Figura 4-2 - Schema geologico del settore settentrionale dei Monti del Chianti e di parte del Bacino del Valdarno (da Bonini, 1999)**

Le faglie presenti nell'area di Incisa e che interessano il substrato litoide (Formazione di Monte Morello) presentano due orientazioni principali NW-SE e SW-NE. Non è stato possibile ricostruire i rapporti di precedenza tra le famiglie di faglia.

---

**Progetto Esecutivo**

---

Numerosi sono gli studi stratigrafico sedimentologici svolti nell'area del Bacino del Valdarno Superiore (Abbate, 1983; Bossio *et alii* 1992, 1998; Sagri *et alii* 1994; Ghinassi *et alii* 2004, 2013; Fidolini *et alii*, 2013), citandone solo alcuni. L'approfondimento degli studi sui sedimenti presenti nei bacini neogenico quaternari interni ha indotto ad una revisione della stratigrafia di queste zone dovuta al riconoscimento di molte discordanze regionalmente riferibili allo stesso periodo temporale. Questo fatto ha permesso l'utilizzo di criteri stratigrafici moderni quali quelli delle *Unconformity Bounded Stratigraphic Units* (UBSU), utilizzati anche per il F. 276 "Figline Valdarno" e per il presente lavoro.

## 5 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

### 5.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

L'area in studio ricade nella conca intermontana del Valdarno superiore, limitata ad est dalla dorsale del Pratomagno e a sud-ovest dai monti del Chianti; il Pratomagno, con quote pari a circa 1600 m è nettamente più alto dei monti del Chianti che invece raggiungono quote massime pari a 800 m.

La morfologia della conca intermontana del Valdarno Superiore è caratterizzata da un vasto "pianalto" che corrisponde al tetto dei sedimenti di riempimento del bacino. In destra d'Arno il "pianalto" è molto esteso, parte da una quota di 300-350 m alla base delle pendici del Pratomagno, in corrispondenza dell'apice delle conoidi pleistoceniche di Pian di Scò e Reggello, e scende fino alla quota di 220-250 m verso il centro del bacino. In sinistra d'Arno il "pianalto" è molto meno esteso e si allarga solo nella zona di Palazzolo con quote, alla base dei Monti del Chianti, di 250-300 m che calano verso nord fino a 200 m.

I torrenti che scendono dai bordi del bacino incidono con valli a pareti subverticali ("borri") il "pianalto", intagliando profondamente i depositi grossolani (ciottolami e sabbie) delle conoidi. Verso il centro del bacino, dove prevalgono depositi limoso-argillosi, le valli si allargano dando luogo ad una morfologia più dolce.

Nel Valdarno il F. Arno scorre in una piana alluvionale costituita da depositi in alveo e da depositi terrazzati. Questa piana alluvionale, larga fino a 1500 m, si restringe in corrispondenza della soglia rocciosa di Incisa Valdarno, allargandosi di nuovo nella zona di Palazzolo e Leccio. Dalla soglia rocciosa di Rignano il fiume scorre in una stretta valle fino all'altezza di Pontassieve dove si congiunge con la Sieve, uno dei suoi affluenti maggiori.

In gran parte del tratto di interesse il corso del fiume è rettilineo a causa delle opere di arginatura che sono iniziate già nel Rinascimento. Diversamente, nel tratto tra Burchio e Incisa, in corrispondenza dell'alto strutturale (soglia di Incisa) formato dal substrato delle unità Liguridi, il corso dell'Arno presenta un andamento blandamente meandriforme, in approfondimento, e quindi con un'assenza pressoché totale di depositi fluviali, come messo in evidenza nei sondaggi eseguiti nell'area (Sondaggi SE2 e SE3).

#### 5.1.1 Reticolo idrografico

L'area di interesse appartiene al bacino idrografico del Fiume Arno.

L'asta fluviale del Fiume Arno presenta uno sviluppo complessivo di 241 km, con una superficie totale del bacino di 9116 km<sup>2</sup> (che comprende, oltre al bacino idrografico in senso stretto, anche la zona compresa tra lo Scolmatore ed il Fiume Morto, l'area di bonifica di Coltano - Stagno ed il bacino del torrente Tora) ed una superficie del bacino idrografico s.s. di 8.228 km<sup>2</sup>.

L'intero bacino viene solitamente suddiviso nei seguenti sottobacini: Casentino, Val di Chiana, Valdarno Superiore, Sieve, Valdarno Medio, Valdarno Inferiore (fig.5-1).

Il sottobacino di interesse è il Valdarno Superiore con una superficie di 997 km<sup>2</sup> ed è formato da una lunga pianura, chiusa a destra dal Pratomagno da cui provengono alcuni affluenti tra cui i più importanti sono il T. Ciuffenna, T. Resco ed il T. Chiesimone e una serie di Borri come quelli di Riofi, Faella e Leccio e a sinistra dai modesti rilievi della provincia di Siena, dai quali ha origine il torrente Ambra, unico affluente di una certa importanza insieme ad una serie di Borri come quello del Giglio, al Quercio, dei Frati, di Vaccareccia, di San Cipriano, del Cesto.

Lungo le valli dei torrenti principali come i Torrenti. Ciuffenna, Faella, Resco e marginalmente lungo alcuni Borri sono presenti diversi ordini di terrazzi alluvionali.



Progetto Esecutivo

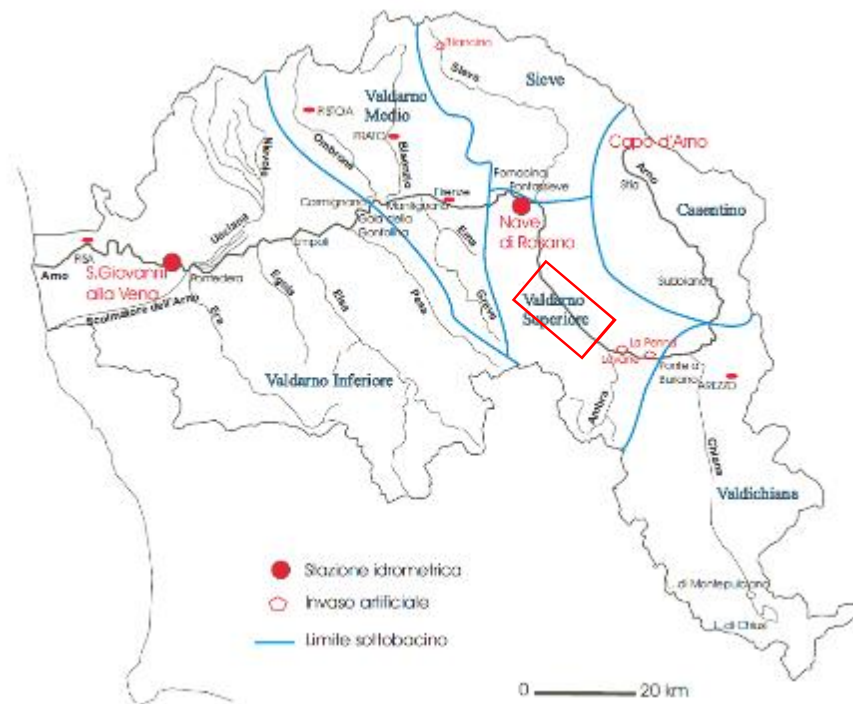


Figura 5-1 - Bacino del Fiume Arno: ripartizione in sottobacini e delimitazione del Valdarno Superiore (da Nisi et alii, 2008). In rosso l'area di studio.

### 5.1.1.1 Il fiume Arno

La dinamica fluviale del fiume Arno e dei suoi affluenti costituisce un elemento di grande importanza per la definizione della morfologia del bacino. Nell'area di studio, partendo da sud, il corso attuale dell'Arno si sviluppa in una piana di larghezza di circa 1,5 km per poi restringersi ad un centinaio di metri nel tratto della soglia di Incisa Valdarno e riaprirsi successivamente verso nord.

Il fiume Arno ha subito importanti interventi antropici di rettifica e di sistemazione arginale a partire dal XVIII secolo. Tali opere hanno modificato in modo profondo le caratteristiche morfologiche ed idrauliche del fiume fino a determinarne l'aspetto attuale. La numerosa documentazione storica ha permesso la ricostruzione dell'evoluzione del fiume nei secoli (Canuti et alii 1994; Cencetti e Tacconi, 2005). Il corso naturale dell'Arno, nella zona di studio, era costituito da una serie di canali tipo *braided* (tipo intrecciato) sviluppati attorno ad un canale principale, spesso molto sinuoso (Cencetti et alii, 1994) (fig.5-2). Tra gli anni 1000 e 1300 era presente una lunga barra longitudinale a monte dell'abitato di Incisa. La larghezza dell'alveo, inteso prendendo come limite il "livello ad alveo pieno o *bankfull* in letteratura anglosassone" (Surian et alii, 2009), variava tra 300 e 700 metri fino a raggiungere i 1000 metri alla confluenza del T. Ciuffenna. Sotto Cosimo III dei Medici, nel 1700, iniziarono i lavori di sistemazione del corso del fiume che hanno portato alla scomparsa dei tratti *braided* ad un'a diminuzione dell'alveo di piena naturale. Il corso attuale del fiume, infatti, si presenta diritto con barre fluviali spesso vegetate e con una larghezza di circa 100 metri.

Progetto Esecutivo

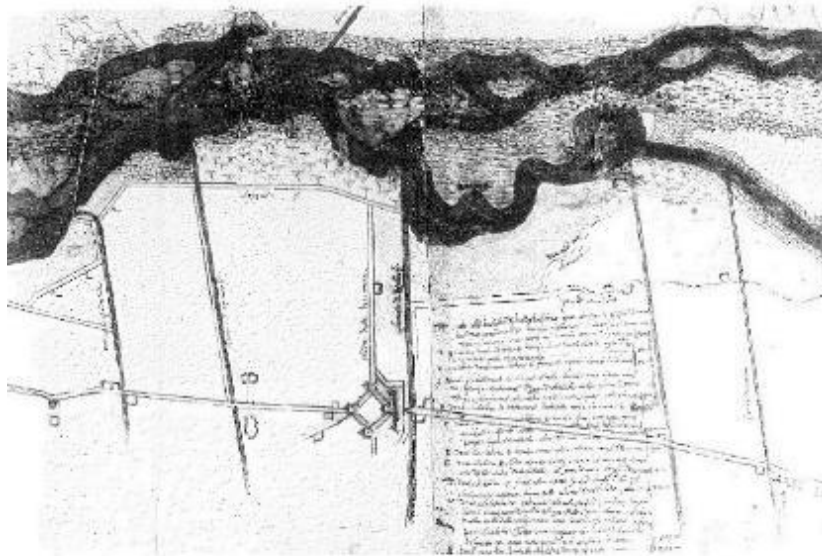
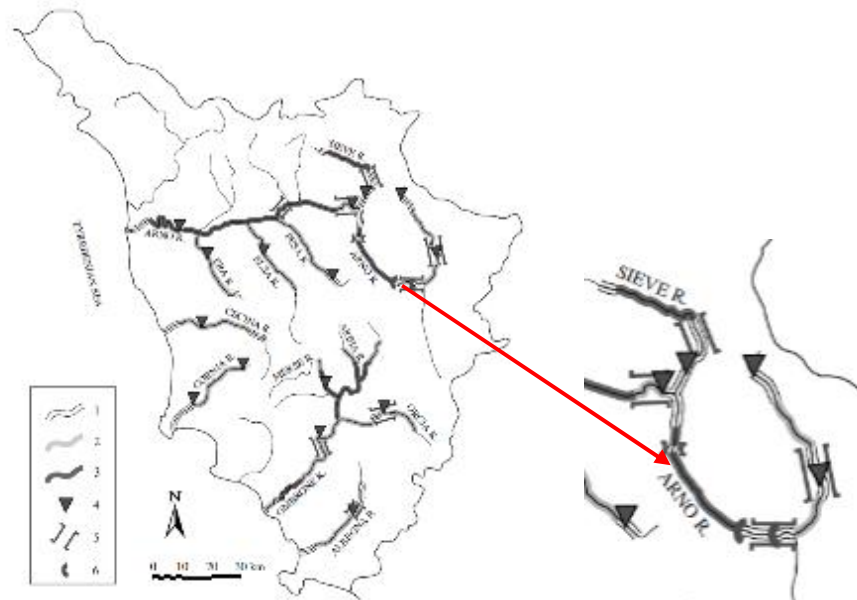


Fig. 4 - Historical map (XVIII century): Ref. No. 155 (PCNO, CX, 24, ASF) - (Pianta dei Capitani di Parte Guelfa - Historical Archives of Florence)

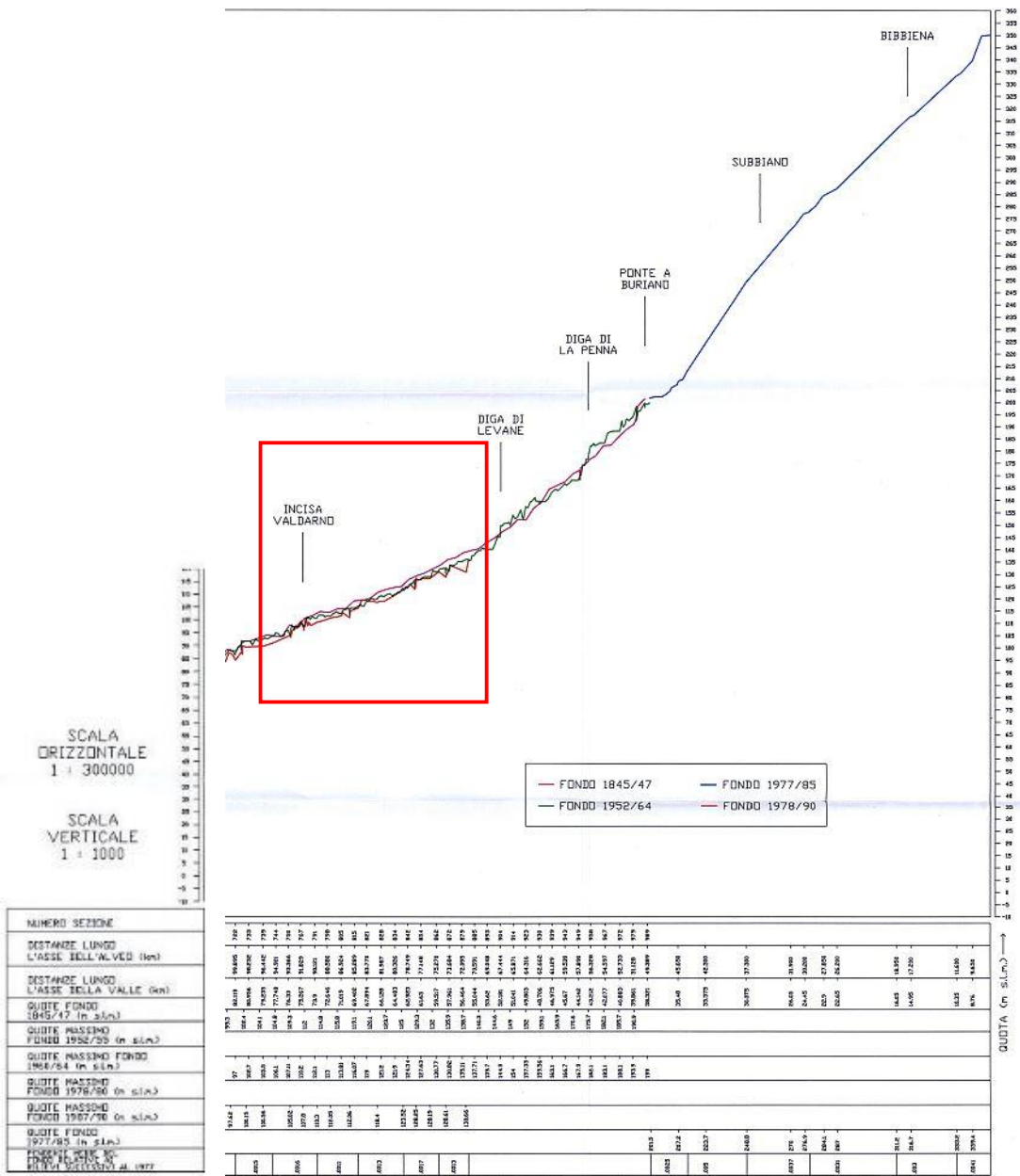
**Figura 5-2** - Andamento sinuoso del fiume Arno prima dei lavori di rettifica in un tratto del fiume tra Montevarchi e San Giovanni Valdarno: carta del XVIII secolo - "Pianta dei Capitani di parte Guelfa" - Archivio Storico di Firenze (tratta da Cencetti et alii, 1994)

In epoche recenti l'evoluzione del fiume è legata anche alle attività estrattive effettuate in alveo ed alla costruzione, a monte dell'area di studio, di dighe (Levane e La Penna) e di briglie fluviali. Le variazioni hanno riguardato prevalentemente l'altimetria del fondo registrando un generale abbassamento (fig. 5-3 e 5-4). Questo fenomeno ha creato locali problemi di scalzamento quali ad esempio alle pile di ponti nella zona di Terranuova Bracciolini (Cencetti et alii, 1994). L'abbassamento del fondo risulta compreso mediamente tra i 2 ed i 4 metri tra il 1845 ed il 1964 e diventa più marcato nel periodo tra il 1964 ed il 1990.

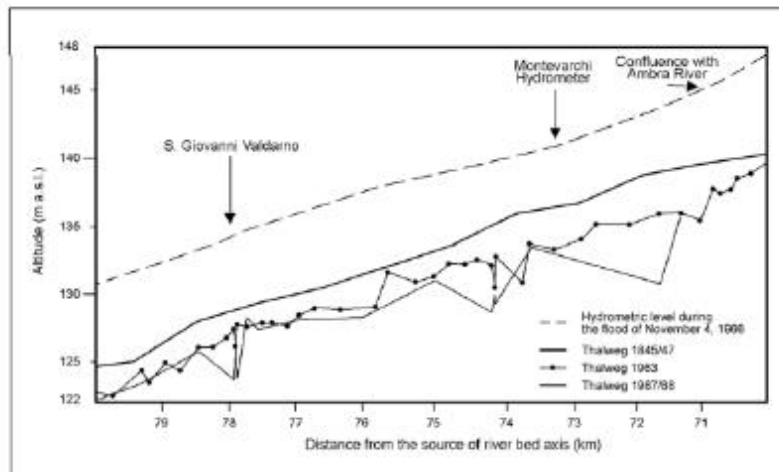


**Figura 5-3** – Mappa schematica delle variazioni del fondo per alcuni fiumi della Toscana (Rinaldi, 2003). 1) Incisione limitata o assente 2) incisione moderata (< 2 metri) 3) incisione intensa (>2 metri) 4) stazioni di misura con specifico studio. In rosso l'area di interesse 5) strettoia (gola) e soglia in roccia 6) diga (nel tratto superiore del F. Arno). A destra il dettaglio dell'area di studio.

**Progetto Esecutivo**



a)



b)

**Progetto Esecutivo**

**Figura 5-4 -** Quote del fondo del fiume Arno per alcuni anni tra il 1845 ed il 1990 **a)** La riga rosa superiore è riferita alle quote del fondo degli anni 1845/47, la riga verde al fondo nel periodo 1952/64 e la rossa più bassa è riferita agli anni 1979/90. Si nota quindi un generale prevalente abbassamento nel tratto a monte della soglia di Incisa Valdarno dove non si registrano variazioni (estratto da: Canuti, Tacconi, 2004) In rosso l'area di studio **b)** dettaglio per il settore di S. Giovanni Valdarno (Cencetti e Tacconi, 2005). Il termine *thalweg* indica il punto più depresso del canale: anche in questo caso si nota un abbassamento pressoché continuo a partire dal 1845 al 1988. La linea tratteggiata indica il livello idrometrico raggiunto durante l'evento alluvionale del 1966.

Al fine di valutare le più recenti variazioni morfologiche dell'alveo e della sua profondità lungo il corso del fiume sono consultabili i profili presenti sul sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino dell'Arno) quali, a titolo esemplificativo, quelli mostrati in figura 5-5. (<http://dati.adbarno.it/mapstore/composer?locale=it&mapId=472&configId=28&config=ConfigComposerAdB>) Si nota un prevalente abbassamento dell'alveo, pur con alcune eccezioni, lungo il corso del fiume.

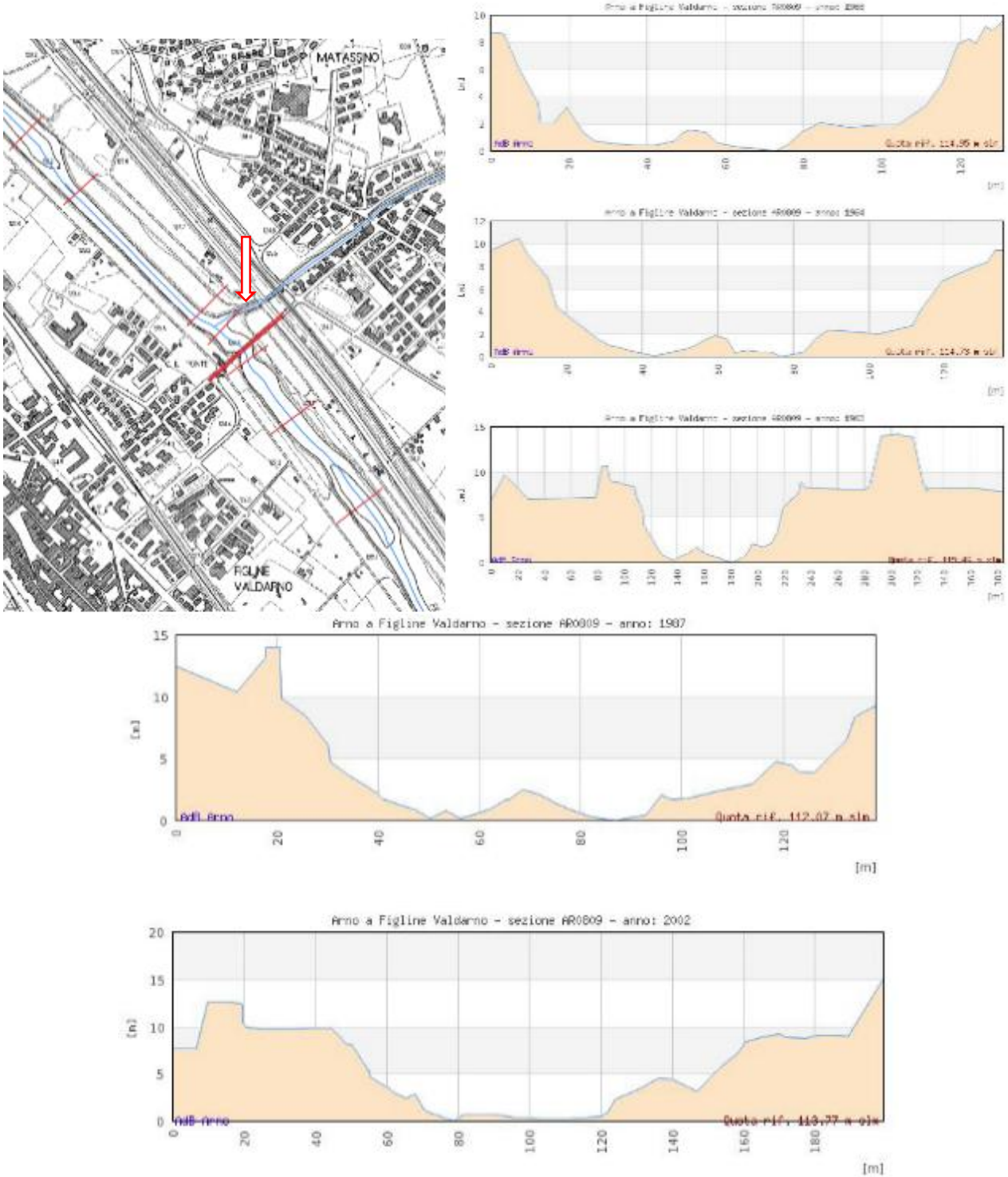


Quota di riferimento anno 2002 = 128.37 s.l.m.

**Progetto Esecutivo**

Quota di riferimento anno 1963 = 128.70 s.l.m.

a)



Quota di riferimento anno 2002 = 113.77 s.l.m.

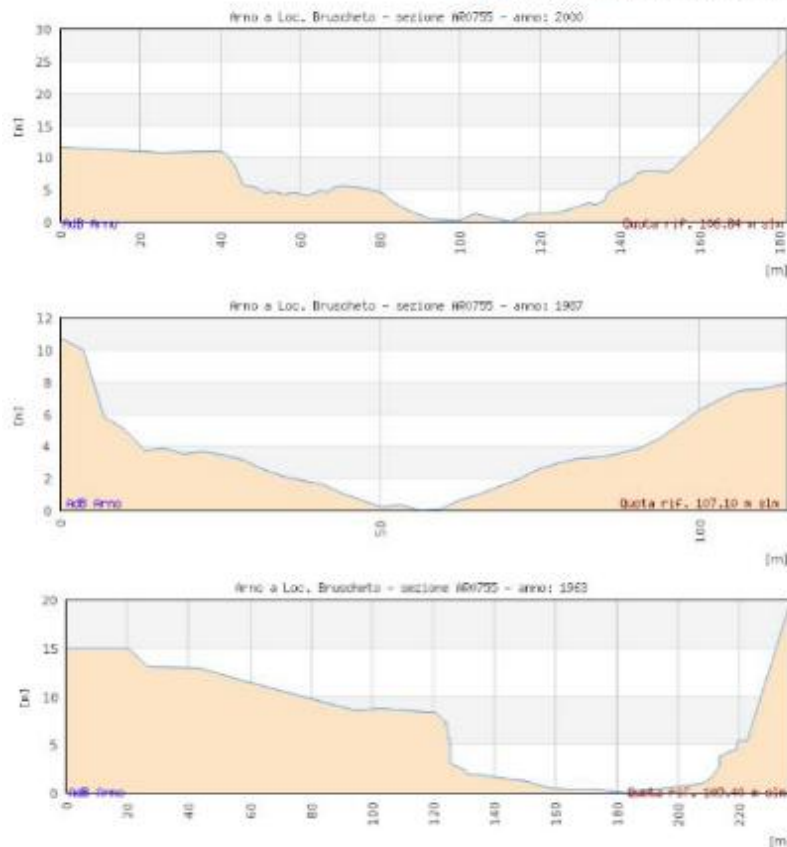
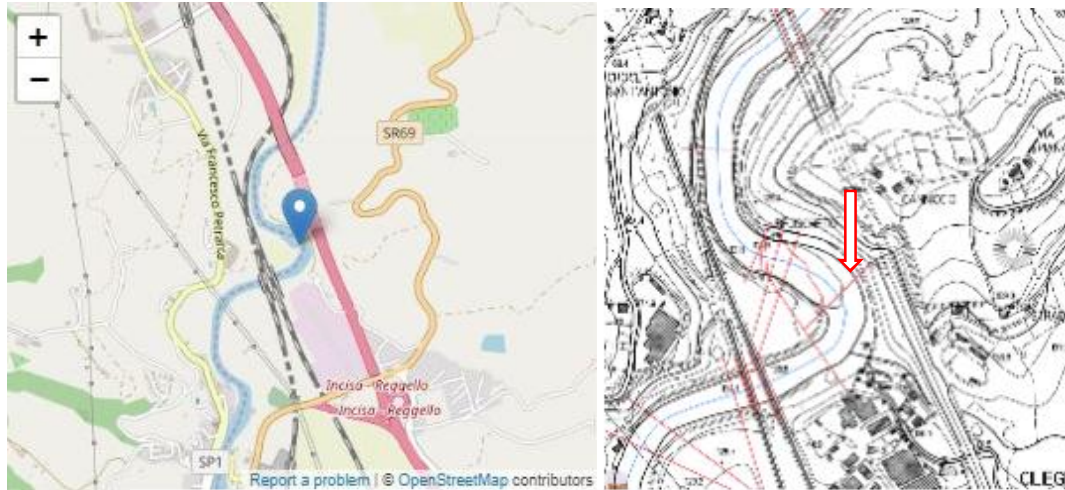
Quota di riferimento anno 1987 = 112.07 s.l.m.

Quota di riferimento anno 1964 = 114.73 s.l.m.

Quota di riferimento anno 1963 = 115.49 s.l.m.

Progetto Esecutivo

b)



Quota di riferimento anno 2000 = 106.84 s.l.m.

Quota di riferimento anno 1987 = 107.10 s.l.m.

Quota di riferimento anno 1963 = 109.40 s.l.m.

c)

**Figura 5-5 - Ricostruzione dei alcuni profili del letto del fiume Arno e confronti con anni precedenti a) sez. AR0857 S. Giovanni V.no, loc. Poggilupi, anni 1963 e 2002; b) sez. AR0809 loc. Matassino alla confluenza del T. Resco, anni 1963, 1964, 1968, 1987,2002; c) sez. AR0755, loc. Bruschetto, anni 1963, 1987 e 2000 (da sito internet dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Arno) (consultazione novembre 2018)**

**Progetto Esecutivo**

Tra gli interventi antropici storici di cui rimane traccia lungo il fiume si ricorda la pescaia immediatamente a monte del ponte tardomedievale detto “di Annibale”, utilizzata per l’adduzione delle acque al mulino di Bruschetto, oggi diroccato. Gli interventi antropici, oltre ad aver storicamente modellato il corso del fiume, sono ancora un fattore di notevole impatto con la diffusa attività estrattiva presente nella piana alluvionale dell’Arno volta allo sfruttamento dei depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi presenti nel sottosuolo. Alcune delle ex aree di cava sono attualmente sede di specchi d’acqua.

Gli aspetti della dinamica attuale del fiume sono apprezzabili in alcune modifiche delle barre fluviali all’interno dell’alveo come ad esempio riportato in fig. 5-6.



**2003**

Progetto Esecutivo



2013



2016

**Figura 5-6** – Variazione delle barre fluviali nel tratto adiacente all'autostrada A1 (progr. Km 334+000-335+000 ca) negli anni 2003, 2013 e 2016. Tratte da Google Earth (accesso dicembre 2018).



Parte della piana alluvionale dell'Arno è destinata ad accogliere opere volte alla mitigazione dei rischi da alluvione quali le casse di espansione adiacenti al tracciato autostradale nelle località Pizziconi e Prulli, e la cassa di espansione in località Restone, in sinistra Arno.

## 5.2 METODOLOGIA E CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA

L'area in esame è stata analizzata sotto il profilo geomorfologico mediante fotointerpretazione in visione stereoscopica e con verifiche sul terreno dei dati acquisiti, al fine di discriminare e riconoscere l'insieme delle forme e dei fenomeni che possano avere interesse pratico nei confronti della realizzazione delle opere in progetto.

Lo studio geomorfologico è avvenuto in dettaglio tramite:

- fotointerpretazione condotta mediante analisi in stereoscopia di foto aeree appositamente realizzate per il presente progetto nel febbraio 2009 (volo alto e volo basso);
- confronto dei fotogrammi relativi a voli di provenienza, scala differente e anni diversi (tabella 5-1)
- confronto con gli elaborati del P.A.I. (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale) degli Strumenti Urbanistici dei Comuni interessati dal tracciato autostradale e altro materiale cartografico utile alla caratterizzazione geomorfologica;
- rilievi di campo e verifica della fotointerpretazione.

**Tabella 5-1** - Elenco dei voli e dei fotogrammi utilizzati per la fotointerpretazione

<b>Volo IGMI (1955-1956) – scala 1:33.000</b>		
FOGLIO	STRISCIATA	FOTOGRAMMI
<b>F. 114 Arezzo (1:100.000)</b>	Strisciata originale:11, strisciata del F.2	12323, 12324, 12325
	Strisciata originale:12, strisciata del F.3	11834, 11835, 11836
<b>F. 107 Monte Falterona (1:100.000)</b>	Strisciata originale:9, strisciata del F.9	9978, 9979, 9980
<b>Volo Italia (Compagnia Generale Riprese Aeree S.p.a., 1988 e il 1989) – scala 1:75.000</b>		
<b>F. 4966 Firenze (1:200.000)</b>	35A	A16, A18
	36	A48, A50, A52
<b>Volo progetto autostrada A1 (2009)</b>		
<b>Volo alto</b>		
	1	da 57 a 67
	2	da 39 a 53
<b>Volo basso</b>		
	1	da 197 a 212
	2	da 213 a 226
	3	da 227 a 238
	4	da 239 a 263
	5	da 264 a 279
	6	da 2 a 16
	7	da 19 a 34

Gli elementi derivati dalla fotointerpretazione risultano in buon accordo con quanto rilevato direttamente in sito, in ogni caso le verifiche di campagna e le risultanze delle indagini geognostiche hanno consentito di

Progetto Esecutivo

completare le indicazioni fornite dalla fotointerpretazione, definendo un quadro geomorfologico dettagliato dell'area.

I risultati dello studio geomorfologico sono sintetizzati nella carta geomorfologica di progetto, alla scala 1:5000, dove tutti gli elementi legati alla rielaborazione morfologica del territorio sono stati distinti in relazione ai diversi processi evolutivi. In tale contesto si sono separate le aree sottoposte a prevalenti processi erosivi da quelle dominate dai processi deposizionali.

I processi che hanno determinato il modellamento e l'evoluzione del territorio sono stati classificati in base all'agente morfologico dominante. In alcuni casi si è dato risalto all'agente che è intervenuto nella genesi della forma, in altre situazioni si è preferito dare maggiore enfasi all'agente che attualmente ne sta determinando l'evoluzione.

Nella zona studiata sono state riconosciute:

- a) forme e depositi legate alla gravità;
- b) forme e depositi legate a processi fluvio - denudazionali;
- c) idrografia;
- d) forme antropiche.

In particolare sono stati distinti con appositi simboli e campiture i seguenti elementi:

- a) Forme e depositi dovuti all'azione della gravità

*Forme di denudazione*

- Orlo rimodellato di scarpata di degradazione
- Contropendenza
- Orlo di frana
- Superficie dissestata da fenomeni di soliflusso diffuso
- Soliflusso localizzato

*Forme di accumulo e relativi depositi*

- Frana (attiva o quiescente)
- Frana interessata da interventi di stabilizzazione
- Area a franosità diffusa (attiva o quiescente)
- Frana di dimensione non cartografabile

Si sottolinea che per la mappatura delle frane si è fatto riferimento alle perimetrazioni presenti nella cartografia P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Arno) come in seguito specificato

- b) forme e depositi legate a processi fluvio - denudazionali

Sono rappresentati da:

- Orlo di scarpata fluviale ( $h < 5$  metri)
- Orlo di scarpata fluvio-denudazionale ( $5 < h < 10$  metri)
- Alveo in approfondimento
- Vallecola a V
- Alveo con erosione laterale o sponda in erosione
- Area con dilavamento diffuso
- Dilavamento concentrato
- Paleoalveo
- Forme di accumulo, depositi fluviali e grado di attività

- c) Idrografia

- Specchio d'acqua
- Sorgente
- Area con ristagno di acqua (anche se temporaneo)

- d) Forme di origine antropica

Progetto Esecutivo

All'interno di questo raggruppamento sono state cartografate le seguenti forme:

- Materiali di riporto, rilevati stradali e ferroviari, terrapieni, aree in trasformazione e pertinenze autostradali e impianti di trattamento inerti
- Area urbanizzata
- Briglia
- Orlo di scarpata antropica
- Area di cava inattiva
- Cassa di espansione piene (realizzata ed in progetto)
- Argine (non basato sulla classificazione del RD523/1904)
- Depressione morfologica complessa

In planimetria sono inoltre rappresentati:

- Elementi geologico strutturali (litologie del substrato morfologico ed elementi di tettonica)

La stima quantitativa dei volumi potenzialmente instabili che eventualmente interessano l'infrastruttura, nonché la definizione degli interventi di minimizzazione / stabilizzazione e messa in sicurezza dell'infrastruttura non è oggetto della presente relazione.

### 5.3 ELEMENTI GEOLOGICO – STRUTTURALI

In conformità con quanto previsto nella "Guida al rilevamento geomorfologico in scala al 1:50.000" di ISPRA le caratteristiche litologiche dell'area sono state evidenziate distinguendo il substrato dai depositi superficiali. Rientrano nella definizione di substrato anche alcuni depositi plio-quadernari antichi cioè i depositi appartenenti alla successione del bacino del Valdarno superiore (Sintema del T. Ciuffenna, Sintema del Fosso Salceto e Sintema di Montevarchi), fortemente rimodellati da successivi eventi erosivi, mentre sono rappresentati come depositi superficiali solo quei materiali clastici direttamente collegati con l'evoluzione del paesaggio attualmente osservabile. Le formazioni del substrato, desunte dallo studio geologico di progetto del Lotto 1, sono state ripartite in 4 categorie litologiche fondamentali, in base al loro comportamento ed al loro grado di resistenza nei confronti dei processi di degradazione e d'erosione. Tali categorie, rappresentate con colori a tinta piena e bassa tonalità, sono sinteticamente descritte nel successivo paragrafo.

#### Rocce prevalentemente calcaree e marnose (MML)

Questa categoria comprende la Formazione di Monte Morello [MML] caratterizzata da alternanza di calcari marnosi nocciola e grigio chiari, a volte con base calcarenitica, marne, calcilutiti e calcari grigi. Talora possono essere presenti marne foliate e argilliti, intercalate nella sequenza calcareo marnosa. Tale categoria di rocce calcareo marnose ricopre una porzione limitata del territorio in studio e si rinviene nell'area compresa tra Burchio e Ciliegi, in corrispondenza della galleria del Bruschetto.

#### Rocce prevalentemente ruditiche: ciottoli, ghiaie e sabbie prevalenti

Comprendono i depositi continentali di ambiente alluvionale, in facies granulare ovvero ciottoli e ghiaie intercalate da sabbie prevalenti, appartenenti al Sintema di Montevarchi – Formazione di Case la Querce [VRCf] ed al Sintema del Fosso del Salceto – Formazione di Palazzolo [OLCb], quest'ultimo limitato al settore nord e corrispondente al riempimento del sub-bacino di Palazzolo.

#### Rocce prevalentemente sabbiose (UFFe, UFFb, VRCe, VRCa)

Sono riferiti a questo gruppo litologico la porzione sabbiosa del sintema del T. Ciuffenna (Sabbie di Levane [UFFb] e Sabbie del Tasso [UFFe]) ed i depositi sabbiosi del sintema Montevarchi (Sabbie di Palazzetto [VRCa] e Sabbie di Borro Cave [VRCe]).

#### Argille e limi prevalenti (UFFf, OLCa, VRCd, VRCc, VRCb)

Fanno parte di tale categoria i depositi limosi e argillosi appartenenti ai Limi di Pian di Tegna [UFFf] (Sintema del Torrente Ciuffenna) costituiti da limi argillosi e/o sabbiosi con intercalazioni di sabbie più o meno limose,

ai Limi di Terranuova [VRCb] formati da limi argillosi e argille, alle Argille del T. Ascione [VRCc], argille e argille limose e sabbie argillose, ai Limi del T. Oreno [VRCd], composti da limi, limi argillosi e limi sabbiosi (Sintema di Montevarchi) e in ultimo alle Argille del T. Bagnani [OLCa] costituite da argille e argille limoso-sabbiose.

I principali elementi tettonici quali faglie e giaciture, ricavati dallo studio geologico, sono stati rappresentati in carta in quanto geomorfologicamente rilevanti, considerando la loro incidenza sulle forme del rilievo.

#### Travertino

E' infine presente un affioramento di travertino, di limitata estensione, rilevato nel piccolo impluvio presente poco a sud del Borro del Castellano, associato anche ad una sorgente di acqua perenne, sfruttata già in antichità. Si tratta di un deposito calcareo, fortemente vacuolare (fitoclastico), da compatto a friabile, con spessore dell'ordine del metro (max 5m). La sua genesi è presumibilmente legata alla risalita di fluidi lungo una zona di faglia.

## 5.4 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI RILEVATI

I processi che hanno determinato il modellamento e l'evoluzione del territorio sono stati classificati in base all'agente morfologico dominante. Di seguito vengono descritte le forme riconosciute e le loro principali aree di affioramento.

### 5.4.1 Forme fluvio denudazionali

Appartengono a questa categoria le morfologie riconducibili a processi fluviali e di versante dovute al dilavamento. Tra i vari processi morfogenetici, quello legato allo scorrimento delle acque superficiali è uno dei processi che ha maggiormente contribuito alla conformazione dell'attuale paesaggio fisico della zona in studio, con particolare riguardo all'area d'affioramento delle formazioni terrigene. A tale processo è infatti connessa l'origine di valli nonché numerose forme denudazionali e di accumulo quali i depositi alluvionali.

#### 5.4.1.1 *Forme di erosione*

Le forme fluvio-denudazionali cartografate sono:

- *Vallecola a V*

Si tratta di una forma riconosciuta nei pressi dell'area della galleria Bruschetto, ad est dell'imbocco nord, con sviluppo pressoché rettilineo e perpendicolare all'Arno. All'interno dell'incisione, sul versante sinistro è presente anche una sorgente perenne che alimenta lo scorrimento delle acque in aggiunta a quelle meteoriche.

- *Alveo in approfondimento*

Si tratta di linee di impluvio in cui sono evidenti fenomeni di approfondimento dell'alveo.

Tale tipologia di forma interferisce con il tracciato al km 319+300, nel tratto finale del fosso Cetina alla confluenza con il F. Arno, nei pressi del maneggio in località Ciliegi.

- *Alveo con erosione laterale o sponda in erosione*

Fenomeni di erosione laterale di sponda si osservano:

- lungo il fiume Arno all'altezza dell'ansa a monte del Mulino di Bruschetto;
- in destra Arno di fronte all'abitato di Lagaccioni;
- al km 323+300 dove comunque l'Arno risulta estremamente distante dal tracciato in studio;

- *Traccia di corso d'acqua estinto (paleoalveo) e antica direzione di scorrimento*

Paleoalvei visibili al livello della pianura sono presenti in località Matassino, sia in destra che in sinistra del F. Arno fino alla località Podere Muricce – Le Fornaci. Risultano avere uno sviluppo subparallelo all'attuale letto fluviale e con l'antica direzione di scorrimento sempre orientata verso sud.

- *Orli di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo*

Gli orli di scarpata fluviale attivi, sono stati distinti in due diverse categorie, quelli con altezze di scarpata minori di 5 metri e quelle comprese tra 5 e 10 metri. Entrambi i tipi sono localizzati a ridosso dei corsi d'acqua: in alcuni casi, come per il F. Arno, sono collegati all'agente prevalente, ovvero quello più schiettamente fluviale ed in altri, in particolare per gli orli di scarpata più alti, sono di genesi fluviale a cui si è aggiunto l'attuale evoluzione dovuta agli agenti denudazionali.

- *Superfici con forme di dilavamento*

Sono distinte in:

- Superfici con forme con dilavamento prevalentemente diffuso;
- Superfici con forme di dilavamento prevalentemente concentrato.

I fenomeni di erosione legati al ruscellamento diffuso o concentrato sono frequenti sui versanti a debole pendenza, dove affiorano terreni a bassa permeabilità, contraddistinti dall'assenza della copertura vegetale di tipo boschivo, arbustivo o prativo; in tali aree essi assumono una maggiore importanza in presenza dell'attività agricola. Tali fenomeni di dilavamento si attivano o riattivano in corrispondenza di eventi piovosi intensi e prolungati per più giorni consecutivi.

Area interessate da dilavamento diffuso e concentrato sono distribuite in tutta la zona in studio, prevalentemente nell'area della galleria Bruschetto, in località Canniccio, a ridosso degli abitati di Santa Maria e di Madrigale.

#### 5.4.1.2 *Forme di accumulo e relativi depositi*

In questa categoria ricadono oltre ai depositi colluviali anche le forme di accumulo ed i relativi depositi fluviali presenti all'interno del bacino idrografico del F. Arno, in considerazione del loro strettissimo legame con quest'ultimo e della loro importanza ai fini della ricostruzione morfologica del bacino stesso.

Le aree dove sono presenti i depositi alluvionali (b, b1, b2) sono state indicate mediante una simbologia che fa riferimento alla granulometria prevalente osservata alla base della copertura pedogenetica. La simbologia relativa alla granulometria è stata riportata sul fondo bianco.

In dettaglio sono rappresentati:

- *Depositi colluviali*

Si tratta generalmente di depositi costituiti da sabbie, limi e argille, talora pedogenizzati, con inclusi frammenti litoidi o ciottoli poco arrotondati. I depositi di tale natura si rinvennero negli impluvi (ad es. al Podere Le Volpaie) e al piede di aree interessate da processi di dilavamento ad opera delle acque di ruscellamento, nei luoghi in cui le condizioni morfometriche del versante lo consentono.

Questi depositi sono distribuiti prevalentemente in fasce strette e allungate alla base dei rilievi, spesso in corrispondenza degli affluenti del F. Arno come ad esempio il T. Chiesimone ed il F. Cetina. Molto spesso non raggiungono le dimensioni per la loro rappresentazione cartografica mentre in altri casi formano delle spesse successioni talora contenenti anche orizzonti di alterazione e paleosuoli.

- *Depositi alluvionali attivi e non attivi*

Nell'area in studio, i depositi alluvionali sono principalmente connessi con la dinamica del F. Arno, e secondariamente con quella dei suoi affluenti. Sono stati distinti tre tipologie principali, caratterizzate in funzione della granulometria prevalente e rappresentate con colore connesso al processo morfogenetico principale, ovvero se in evoluzione o non più attive:

- Depositi degli attuali alvei fluviali, soggetti ad evoluzione degli ordinari processi fluviali e sono costituiti da ghiaie e sabbie prevalenti. Nella cartografia morfologica sono riportati come attivi.
- Depositi della piana inondabile, soggetti ad evoluzione durante le fasi di esondazione e sono formati da sabbie limose con subordinate ghiaie in matrice limoso-argillosa e livelli argillosi. Nella cartografia morfologica anch'essi sono riportati come attivi vista la non continua presenza di argini.

- Depositi terrazzati, prevalentemente in lembi residui, più o meno estesi ma irregolarmente distribuiti. Sono in genere costituiti da ghiaie, sabbie e limi. Nella cartografia morfologica sono riportati come non attivi.

Il paesaggio dell'area in studio si sviluppa prevalentemente sui depositi fluviali recenti del F. Arno e dei suoi affluenti. L'area di fondovalle è infatti caratterizzata da una pianura alluvionale, formatasi dalla sedimentazione dei depositi fluviali dell'Arno nel continuo evolvere del fiume nella stessa piana alluvionale. Al contrario in corrispondenza dell'alto strutturale di Incisa, il corso d'acqua presenta un andamento blandamente meandriforme, in approfondimento, con un'assenza pressoché totale di depositi fluviali e la presenza del substrato calcareo marnoso della formazione di Monte Morello affiorante.

## 5.4.2 Morfologie di versante dovute alla gravità

### 5.4.2.1 Forme di denudazione

#### Orlo di scarpata di degradazione

Le scarpate rappresentano una brusca rottura del versante, attribuibile all'agente morfogenetico della gravità e sono fortemente diffuse sul versante a ridosso dell'area industriale di Terranuova Bracciolini, impostate su un substrato argilloso e associate all'evoluzione di movimenti franosi di tipo "a1", così come nella zona de "Le Fornaci", associate a frane del tipo "a2" e "a2d", in località "Le Coste", in cui ne sono state riconosciute almeno tre livelli, molto ravvicinate in corrispondenza dell'area di dissesto "a1". Più a nord si rinvengono sul versante in sinistra del fosso di Cetina e nell'area della galleria del Bruschetto, sul versante ovest sul fiume Arno, interessato da dissesti di tipo "a1d" e in parte "a1".

Esempi di scarpate di degradazione sono evidenti anche sul versante in sinistra Arno, in località Campogiallo e Croce Sant'Antonio.

Come evidente, queste forme connesse alla gravità sono generalmente osservabili sui litotipi terrigeni in genere argillosi e solo marginalmente su quelli calcarei e calcarei marnosi che, in quest'ultimo caso, si rilevano in corrispondenza del passaggio tra i litotipi più resistenti e livelli meno resistenti all'erosione, nonché in presenza di tagli antropici che, se non protetti, possono evolvere.

#### Soliflussi

Rappresentano i movimenti del suolo (tipo flusso e colamento) che si innestano a seguito della saturazione/sovraturazione successiva agli eventi piovosi intensi e/o prolungati. La natura argillosa di gran parte dei terreni della zona facilita lo sviluppo di questo fenomeno. Sono infatti state cartografate nell'area in studio ampie aree interessate sia da soliflussi localizzati e sia da soliflussi diffusi arealmente. Tali fenomeni sono quindi particolarmente evidenti sui versanti modellati nei sedimenti terrigeni, coperti da materiale fine e regolitico di alterazione del substrato argilloso (versante in località "Renacci", "Prulli", ecc). Questo fenomeno interessa anche le coperture calcareo marnose della formazione di Monte Morello, come in località "Case Tonino" (zona del Bruschetto) e "Masseto" e sulle coperture colluviali del versante "I Pratacci", in corrispondenza del tratto iniziale in studio.

La tipologia di questo fenomeno, è a tutti gli effetti considerabile come una "frana di coltre". I settori interessati da soliflussi diffusi si collocano infatti lungo versanti interessati da fenomeni franosi sia attivi che quiescenti. In particolare grande cautela va considerata quando questo fenomeno è presente in corrispondenza di depositi di frana quiescente per la possibile evoluzione del fenomeno.

#### Contropendenze

Si tratta di brusche variazioni della pendenza del versante con immersione verso monte, associata a movimenti franosi più ampi e diffusi, così come rilevato nel settore nord della galleria del Bruschetto, interessata dal dissesto di tipo "a2d", al di sopra dell'orlo di scarpata fluviale.

#### 5.4.2.2 Frane

Complessivamente il territorio in esame è caratterizzato da una franosità molto elevata che si sviluppa sui depositi argilloso limosi plio-pleistocenici che, per le loro caratteristiche geomeccaniche, favoriscono le frane ed i soliflussi. L'evidenza geomorfologica superficiale di tali movimenti consiste in un'alternanza di concavità, convessità, contropendenze, orli di scarpata. Si sottolinea che nelle zone soggette all'attività agricola, tali forme possono essere nascoste e livellate dall'attività meccanizzata, ma non per questo non esistenti.

I dissesti franosi sono stati individuati contestualmente sia mediante il rilevamento di campagna, essenzialmente morfologico, sia dall'analisi fotointerpretativa multi-temporale. Lo studio si è inoltre avvalso, in alcuni casi, di letture strumentali inclinometriche derivate sia da studi precedenti che da monitoraggi specifici realizzati per il presente progetto. I dissesti sono stati classificati in base al grado di attività in attivi e quiescenti. Sono state inoltre indicate le frane interessate da interventi di stabilizzazione.

Oltre alle attività sopra elencate si è tenuto debitamente conto di quanto riportato negli elaborati del Piano Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex AdBArno) relativamente alla distribuzione e tipologia dei dissesti presenti nell'area di studio. Si tenga presente che la perimetrazione delle aree a pericolosità da frana del P.A.I. comprende una fascia di influenza attorno al deposito di frana.

Dall'analisi geomorfologica redatta per il progetto, si evince che il territorio in studio risulta interessato maggiormente da forme attive di franosità diffusa (a1d) e di scivolamenti/colamenti (a1), a seguire sono state rilevate aree con deformazioni superficiali/franosità diffusa quiescenti (a2d) e frane di scivolamento e colate lente, inattive e potenzialmente instabili (quiescenti) (a2).

Si specifica che negli areali interessati dal fenomeno di franosità diffusa non è raro trovare alcune porzioni di roccia affiorante di dimensioni anche cartografabili; dato il contesto in cui sono inseriti non si può escludere che questi affioramenti abbiano subito traslazioni o rotazioni e pertanto non siano rappresentativi del reale assetto/condizione dell'ammasso.

Inoltre si evidenzia che sono considerate attive le frane con evoluzione stagionale o comunque quelle che all'analisi multi-temporale delle foto aeree mostrano una persistenza di forme e segnali di attività. Nella valutazione del grado di attività sono state altresì utilizzate le risultanze del monitoraggio inclinometrico.

Le frane quiescenti presentano una forte propensione alla riattivazione quando osservate su scala temporale più ampia e soprattutto in presenza di fenomeni eccezionali (meteorici o sismici) o nel caso di interventi antropici non correttamente concepiti.

Sono infine state mappate con apposita simbologia anche due aree che risultano interessate da interventi di stabilizzazione (as). Nel dettaglio si tratta di due zone site in corrispondenza dell'imbocco sud della galleria Bruschetto esistente (fig. 5-7) dove si sono verificati fenomeni di crollo. Tali aree sono state oggetto di interventi di messa in sicurezza (demolizione di blocchi instabili, realizzazione di placcaggi, posa in opera di reti – fig.5-8).



**Figura 5-7** – Caduta massi avvenuta nel marzo 2018 al di sopra dell'imbocco sud della galleria Bruschetto.



**Figura 5-8** – Interventi di messa in sicurezza al di sopra dell'imbocco sud della galleria Bruschetto.

I dissesti indicati nel P.A.I. con classi di pericolosità PF3 e PF4, essendo estremamente prossimi al tracciato autostradale, possono interferire con le opere da realizzare, e quindi su richiesta dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale sono state redatte specifiche relazioni geomorfologiche di dettaglio alle quali si rimanda.

In tabella 5-2 si riportano le suddette interferenze P.A.I., suddivise in tratti e le relative opere interessate.



Progetto Esecutivo

TRATTO	INTERFERENZA	RIFERIMENTO OPERE
TRATTO "A"	PF3 - derivante da scarpata potenzialmente instabile	Imbocco galleria Bruschetto km 318+620
	PF4 – area connessa a scarpata con evidenze di movimenti attivi (franosità diffusa)	Viabilità LC17
TRATTO "B"	PF3 – zona potenzialmente instabile per deformazioni superficiali	Tracciato in sotterraneo nuova galleria Bruschetto dal km 318+700 al km 318+800 c.a. Viabilità LC17
	PF3 – frana di scivolamento quiescente	Tracciato in sotterraneo nuova galleria Bruschetto dal km 318+900 al km 319+197
	PF3 – piede della frana potenzialmente instabile	Scavo opere imbocco sud al km 319+135
	PF4 – scarpata con evidenze di movimenti attivi per crollo e colamento	Interferenza potenziale scavo galleria
TRATTO "C"	PF3 – aree potenzialmente interessate da franosità diffusa	Opera 2062 al km 319+350 circa
TRATTO "D"	PF4 – frana scivolamento attiva per movimenti molto lenti o lentissimi	Dal km 320+910 al km 321+120 circa (Fattoria Le Coste)
TRATTO "E"	PF3 – zona potenzialmente instabile per deformazioni superficiali	Al km 321+414 circa corsia di accelerazione area parcheggio Vallombrosa Est

**Tabella 5-2** – Aree oggetto di approfondimento richiesto da AdB Distrettuale Appennino Settentrionale

Inoltre sono state mappate con apposito simbolo, le frane di dimensioni non cartografabili e le corone di frana.

### 5.4.3 Idrografia

In planimetria sono rappresentati alcuni elementi idrografici quali gli specchi d'acqua, le sorgenti e le aree di ristagno.

I laghetti interni mappati in planimetria sono frequentemente legati alle attività estrattive e risultano pertanto situati in aree di cava inattiva.

I fenomeni di ristagno possono verificarsi in caso di piogge concentrate o prolungate e possono essere favoriti dalla locale presenza di depositi più fini nel sottosuolo. In planimetria geomorfologica è indicato con apposito simbolo un settore nel quale sono stati riconosciuti diffusi fenomeni di ristagno durante il rilevamento. Esso risulta collocato nei pressi del tracciato tra le chilometriche 323+300 - 323+500 (fig. 5-9). Tali fenomeni sono spesso temporanei e possono verificarsi anche in altre aree oltre a quella indicata.



**Figura 5-9** – Fenomeni di ristagno nella pianura del Valdarno nei pressi del tracciato autostradale

Una piccola sorgente è stata rinvenuta nella vallecchia posta ad est dell'imbocco nord, di progetto, della galleria Bruschetto, nei pressi di un affioramento di travertino, alla cui genesi è probabilmente legata.

#### 5.4.4 Forme antropiche

Il territorio in studio presenta diffuse zone intensamente urbanizzate e prevalentemente distribuite nell'area della piana dell'Arno, sia a carattere residenziale che industriale, come ad esempio Figline ed Incisa Valdarno, Matassino e San Giovanni Valdarno. Nelle aree collinari, al margine della piana alluvionale sono anche presenti case sparse e piccoli agglomerati residenziali come Renacci, Santa Maria e Madrigale e solo occasionalmente insediamenti agricoli.

- *Rilevati e terrapieni*

Numerosi sono i rilevati sia stradali che autostradali nonché ferroviari sia della linea ad alta velocità che di quella convenzionale. Queste infrastrutture, molto spesso e per lunghi tratti, si rinvengono a distanza ridotta e corrono parallele tra loro, affiancate, a formare un corridoio infrastrutturale di importanza rilevante come ad esempio dall'area di Ciliegi circa e fino alla località Madrigale, nella parte più a sud.

All'interno di questa categoria sono stati accorpate anche i terrapieni, le aree in trasformazione, ovvero interessate da movimenti terre, impianti di trattamento inerti e pertinenze autostradali come aree di svincoli, aree di parcheggio.

- *Opere di regimazione antropica (briglia e argini)*

L'espansione delle attività antropiche nelle aree pianeggianti del fondovalle ha indotto l'uomo a guadagnare sempre più terre a scapito delle aree esondabili, attraverso opere d'ingegneria idraulica che hanno comportato modifiche della sezione naturale dell'alveo, la loro rettifica e l'inserimento di briglie, come nei pressi del "Palasport Galli" a San Giovanni Valdarno. Gli interventi più diffusi sono stati realizzati tramite la costruzione di argini, che nell'area in studio comunque non sono sempre presenti, si rinvengono a partire da Matassino fino a San Giovanni Valdarno, e si precisa che, relativamente a queste opere di contenimento, quanto riportato nella cartografia geomorfologica non rispetta la classificazione del Regio Decreto 523/1904, infatti in alcuni casi, il rilevato autostradale si comporta a tutti gli effetti da argine.

- *Casse di espansione*

Nella cartografia geomorfologica sono riportate tre ampie aree, campite con toni di grigio diversi, corrispondenti a casse di espansione di cui una in costruzione o parzialmente realizzata denominata Pizziconi, e due, denominate Prulli di Sotto e Restone, in progettazione. Tali opere hanno il compito di far defluire parte delle

## Progetto Esecutivo

portate di piena in aree allagabili, sottraendo quindi volumi di deflusso al corso d'acqua per poi restituirli nella fase calante della piena o comunque al passaggio dell'emergenza; l'intento è quindi, quello di catturare soltanto i livelli più alti di un evento di piena, e cioè quelli responsabili di esondazioni e conseguentemente danni a persone o cose.

Nello specifico, sono ubicate sia in destra (Pizziconi e Prulli di Sotto) che in sinistra (Restone) del F. Arno, in corrispondenza di aree di piana alluvionale alcune delle quali in parte precedentemente interessate da attività estrattiva (Pizziconi e Restone). Si sottolinea che l'area di Restone è rappresentata in planimetria solo dal limite e non dalla campitura al fine di rendere leggibili le altre numerose informazioni morfologiche contenute nell'area.

- *Attività estrattiva*

Le facies granulari dei depositi fluviali (sabbie e ghiaie), affioranti nella piana alluvionale del F. Arno sono state, nel passato, oggetto di intensa attività estrattiva, così come testimoniato dalla presenza di numerose cave a fossa, ormai inattive/esaurite e completamente inerbite. La loro presenza è ampiamente diffusa a ridosso del corso d'acqua, in particolare nell'area interclusa tra questo e la linea ferroviaria, in sinistra idrografica, e sull'altro lato del fiume, nell'intorno di Case Pizziconi. Molto spesso tali aree sono caratterizzate anche dalla presenza di laghi la cui acqua rappresenta il livello piezometrico che ha colmato le fosse scavate. Nel settore meridionale dell'area di studio nei pressi dello svincolo autostradale Valdarno (loc. Case Nuove) la perimetrazione di una cava riempita è stata ricavata da documenti cartografici pregressi.

Anche se non interessa direttamente l'area in studio, il settore ad ovest di San Giovanni Valdarno, rappresenta l'area mineraria di Santa Barbara, che dal secolo XIX a metà '900 è stata oggetto di estrazione della lignite, rappresentando la base dello sviluppo industriale siderurgico di San Giovanni Valdarno. L'area è stata sede di approfondite analisi geologico strutturali che hanno portato alla revisione dei modelli geologici del bacino del Valdarno come evidenziato nell'inquadramento geologico.

- *Orlo di scarpata*

In zone fortemente antropizzate, la modellazione del territorio è oggetto di movimentazione delle terre e quindi all'interno di tali attività, la presenza di orli di scarpate artificiali possono essere associate ad esempio a scavi connessi con l'attività di cava, terrazzamenti di versanti.

- *Depressione morfologica complessa*

Limitatamente all'area della galleria Bruschetto, sulla porzione di versante rivolto a nord, il rilevamento geomorfologico ha messo in evidenza delle depressioni morfologiche, la cui genesi è stata definita complessa a causa di una probabile origine combinata o comunque incerta (fig.5-9). Da informazioni reperite in loco potrebbe trattarsi di depressioni legate alla caduta di bombe durante l'ultimo conflitto mondiale. Si tenga inoltre presente che il substrato nella zona è costituito dai litotipi carbonatici della formazione di Monte Morello e pertanto l'area è potenzialmente sede di fenomeni carsici. La propensione al carsismo di tale unità è testimoniata dalle grotte e dalle forme censite dalla Regione Toscana sul territorio di competenza, oltre che testimoniata da prospezioni geognostiche per progetti di allargamento autostradale in simili contesti geologici. Dalle informazioni tratte dal sito Geoscopio della Regione Toscana, però, non risultano documentati elementi di carsismo nell'area di interesse ([http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/grotte\\_e\\_carsismo.html](http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/grotte_e_carsismo.html) - consultazione del dicembre 2018), né sono stati evidenziate particolari fenomeni nell'ambito dei sopralluoghi effettuati.

Relativamente a forme di sprofondamento tipo sink-hole, l'area in studio non risulta interessata da tali eventi, così come ricostruito sulla base di studi specialistici di ISPRA.

Progetto Esecutivo



**Figura 5-9** – Depressioni probabilmente legate a bombardamenti della seconda guerra mondiale, site a monte della zona di imbocco nord della galleria Bruschetto di progetto.

## 6 GEOLOGIA DELL'AREA

### 6.1 CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOLOGICA

Sulla base delle attività svolte e di tutti i dati raccolti, è stato possibile ricostruire il quadro geologico dell'area di studio ed in particolare è stata redatta una planimetria geologica (scala 1: 5.000) ed un profilo longitudinale in asse di tracciamento (scala 5000/500). La scala verticale con rapporto di 1:10 rispetto a quella orizzontale è stata utilizzata al fine di evidenziare anche strati e livelli di spessore limitato. Nella descrizione si fa riferimento alle planimetrie ed ai profili geologici realizzati.

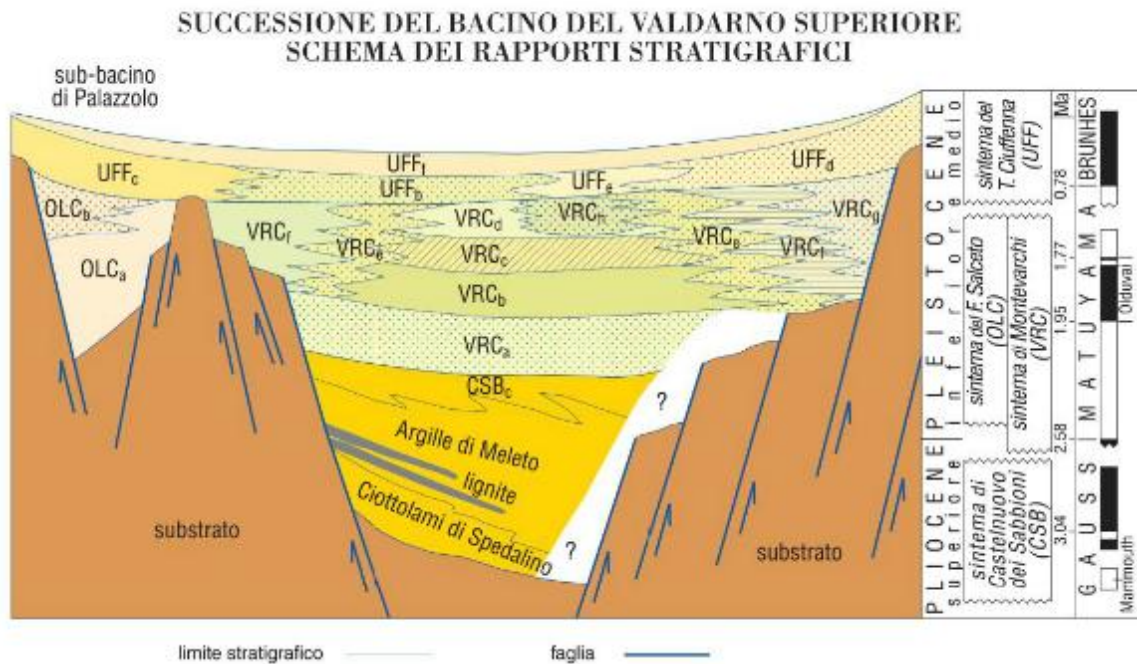
Le principali fonti bibliografiche consultate per redigere le planimetrie geologiche di progetto sono state il Foglio 276 "Figline Valdarno" in scala 1:50.000 (ISPRA - Progetto CARG) attualmente pubblicato solo sul web (accesso ottobre 2018), la cartografia geologica della Regione Toscana in scala 1:10.000, nonché le carte geologiche allegate ai Piani Strutturali dei Comuni interessati dal progetto. Queste fonti hanno rappresentato la base d'inquadrimento sulla quale sono stati integrati i dati di più recente acquisizione, quali quelli derivanti dalle indagini geognostiche e dal rilevamento geologico di dettaglio.

Come accennato in precedenza il bacino del Valdarno Superiore è stato oggetto di numerosi studi ed approfondimenti (v. cap.4) con diversi approcci metodologici. I nomi e sigle delle unità stratigrafiche plio-pleistoceniche hanno subito pertanto alcuni cambiamenti nel corso del tempo. Nella figura sottostante è riportato uno schema comparativo delle suddivisioni e sigle presenti nella letteratura più recente.

SAGRI & MAGI (1992) ALBIANELLI et alii (1995)		GHINASSI & MAGI (2004)		SAGRI et alii (in press) Regione Toscana (2007a and 2007b)				THIS WORK					
				VALDARNO		PALAZZOLO		VALDARNO		PALAZZOLO			
3rd phase MONTICELLO-CIUFFENNA	limi di Latereto (IL)	limi di Pian di Tegna (IFT)	unstudied	TORRENTE CIUFFENNA SYNTHEM (UFF)	limi di Latereto	limi di Pian di Tegna	TORRENTE CIUFFENNA SYNTHEM (UFF)	UFFc					
	sabbie di Levane (sL)	sabbie del Tasso (sT)			sabbie di Levane	sabbie del Tasso		UFFa		UFFb			
	ciottolami di Laterina (cL)	ciottolami di Loro Ciuffenna (cL.C)			ciottolami di Laterina	ciottolami di Loro Ciuffenna							
2nd phase MONTEVARCHI	limi e sabbie del T. Oreno (IO)	ciottolami della Penna (cP)	unstudied	MONTEVARCHI SYNTHEM (VRC)	limi del T. Oreno	ciottolami della Penna	FOSSO SALCETO SYNTHEM (OLC)	formazione di Palazzolo	MONTEVARCHI SYNTHEM (VRC)	VRCf	VRCg	FOSSO SALCETO SYNTHEM (OLC)	OLCb
	argille del T. Ascione (aA)	ciottolami e sabbie di Casa Querce (cCQ)			argille del T. Ascione	formazione di Casa Querce e ciottolami di Leccio				VRCe			
	limi di Terranuova (IT)	sabbie di Borro Cave			limi di Terranuova	sabbie di Borro Cave			VRCd				
1st phase CASTELNUOVO	sabbie di San Donato (sSD pp - terminal fan)		unstudied	CASTELNUOVO DEI SABBIONI SYNTHEM (CSB)	sabbie di Palazzetto		FOSSO SALCETO SYNTHEM (OLC)	argille del T. Bagnani	CASTELNUOVO DEI SABBIONI SYNTHEM (CSB)	VRCc	FOSSO SALCETO SYNTHEM (OLC)	OLCb	
	unrecognised				sabbie e limi di Montecarlo	sabbie di Caposelvi				VRCb			
	sabbie di San Donato (sSD pp - fluvio-deltaic)		sabbie di San Donato	sabbie di San Donato		VRCa							
	argille di Meleto (aM)		unstudied	argille di Meleto		CSBc							
	ciottolami e sabbie di Spedalino (cS)				ciottolami e sabbie di Spedalino				CSBb				
									CSBa				
basin	margin	basin	margin	basin	margin	basin	margin	basin	margin	basin	margin		

Figura 6-1 – Tavola comparativa delle unità stratigrafiche del bacino del Valdarno Superiore presenti in letteratura (da: Fidolini et alii, 2013, modificata)

In fig. 6-2 è riportato lo schema strutturale tratto dal F.276 "Figline Valdarno" (ISPRA-Progetto CARG) e le sigle delle unità stratigrafiche del foglio, utilizzate anche nel presente lavoro. Poiché gli elaborati progettuali per la tratta in oggetto hanno registrato l'evoluzione degli studi dell'area, nel presente lavoro, a fianco della sigle più recenti, sono riportate in corsivo anche le denominazioni utilizzate per il Progetto Definitivo (PD), al fine di facilitare il confronto fra elaborati di fasi differenti.



**Figura 6-2** - Schema dei rapporti stratigrafici della Successione del Bacino del Valdarno Superiore, Foglio 276 “Figline Valdarno”, (tratto da sito ISPRA, Progetto CARG accesso ottobre 2018). Nel presente studio sono utilizzate le sigle presenti in figura.

In planimetria geologica sono rappresentate le giaciture degli strati e le faglie principali.

Le faglie rappresentate in planimetria e profilo vanno considerate come fasci di tettonizzazione: la loro presenza è principalmente testimoniata dal grado di fratturazione registrato nei sondaggi eseguiti nella Formazione di Monte Morello nel corso delle varie campagne geognostiche. La presenza delle strutture è basata oltre che sulla distribuzione dei materiali fratturati intercettati in sondaggio anche sul riconoscimento di allineamenti morfologici ricavati da osservazioni topografiche e da osservazioni in sito. Le direzioni delle strutture così ricostruite sono congruenti con gli elementi tettonici noti in letteratura in tutto il bacino.

Si sottolinea che alcune faglie interessano anche i depositi del Pleistocene inferiore e la loro posizione, derivata da studi bibliografici, è stata estrapolata anche nel profilo geologico longitudinale, al di sotto dei depositi più recenti.

In ragione di tutti gli elementi sopra evidenziati, la posizione delle faglie rappresentate negli elaborati geologici presenta, inevitabilmente, un certo grado di indeterminatezza.

Dalla cartografia geomorfologica sono stati estratti e rappresentati in planimetria geologica tutti gli elementi legati a fenomeni di dissesto. All'interno quindi della classificazione stratigrafica “Depositi e coperture quaternarie continentali” sono presenti le frane distinte per grado di attività in attive, quiescenti.

Sono considerate attive le frane con evoluzione stagionale o comunque quelle che all'analisi multitemporale delle foto aeree mostravano una evidente persistenza di forme e segnali di attività. Si sottolinea come su scala temporale più ampia o in presenza di fenomeni meteorici particolarmente intensi, eventi sismici di particolare evidenza o interventi antropici non correttamente concepiti, le frane quiescenti presentino una forte propensione alla riattivazione.

Sono inoltre indicate con apposito simbolo quelle frane che sono state soggette a interventi di stabilizzazione

Sono state indicate inoltre le zone a franosità diffusa, caratterizzate per lo più da fenomeni di ridotte dimensioni ma ravvicinati e numerosi. Anche questa tipologia è distinta in attiva (**a1d**) e quiescente (**a2d**). Negli areali interessati da questo fenomeno non è raro trovare alcune porzioni di roccia affiorante di dimensioni anche cartografabili. Dato il contesto in cui sono inseriti non si può escludere che questi affioramenti abbiano subito traslazioni o rotazioni e pertanto non siano rappresentativi del reale assetto/condizione dell'ammasso.

## Progetto Esecutivo

In planimetria geologica sono rappresentati soliflussi localizzati, quelli arealmente diffusi e le frane di dimensione non cartografabile. I versanti interessati da soliflusso devono essere trattati con cautela, in particolare quando questo fenomeno è presente in corrispondenza di depositi di frana quiescente: si tratta infatti di fenomeni che, a causa della loro possibile evoluzione, sono del tutto equiparabili alle frane di coltre o superficiali.

Altri elementi geomorfologici rappresentati in planimetria sono i depositi antropici comprendenti materiali di riporto, rilevati stradali e ferroviari, terrapieni, area in trasformazione e pertinenze autostradali, argini artificiali, impianti di trattamento inerti. Per permettere una maggiore comprensione della geologia dell'area si è deciso di non rappresentare nella planimetria geologica le aree urbanizzate presenti invece nella planimetria geomorfologica. Sono inoltre state indicate con appositi simboli e sovrassegni le depressioni morfologiche complesse (v. par. 5.4.4), le aree di cava e le casse di espansione, si realizzate che in progetto.

Il profilo geologico longitudinale riporta l'andamento del terreno realizzato in corrispondenza dell'asse di tracciamento variante nord fino a progr. km 319+710,30 per poi proseguire lungo l'asse di tracciamento nord. Nel tratto della galleria Bruschetto invece il profilo è riferito all'asse galleria (in blu in planimetria e profilo). Lo spostamento tra gli assi è responsabile del lieve disassamento visibile in profilo all'altezza delle progressive 318+315 e 319+308. I diversi settori sono indicati sul profilo geologico.

La ricostruzione stratigrafica dei terreni nel tratto di pianura si basa principalmente sulle risultanze delle indagini geognostiche. 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 rispetto ai sondaggi di cui sono state reperite stratigrafie e foto o solo stratigrafia.

In profilo geologico le indagini sono rappresentate con simbologie diverse a seconda che risultino proiettate ma solo parzialmente utilizzate oppure non utilizzate per la posizione rispetto al profilo. Sono inoltre indicate con apposito simbolo le prove penetrometriche statiche, realizzate con pre-foro.

Lungo la sezione geologica sono rappresentate le colonne stratigrafiche dei sondaggi proiettati lungo la traccia del profilo. Al loro interno sono rappresentate con apposito retino le litologie prevalenti riconosciute. Le litofacies distinte sono così raggruppate: litofacies prevalentemente ghiaiosa; litofacies prevalentemente sabbiosa, litofacies limoso argillosa prevalente. Questa schematizzazione è stata adottata perché la composizione granulometrica varia notevolmente anche per piccoli intervalli, si è ritenuto opportuno distinguere i livelli grossolani (sabbie più o meno limose) da quelli fini (limi ed argille, anche se sabbiosi). E' indicata con apposito simbolo la torba che si trova sia in livelli che in frammenti sparsi all'interno dei vari litotipi. In questo secondo caso la simbologia si sovrappone a quella della litofacies dominante.

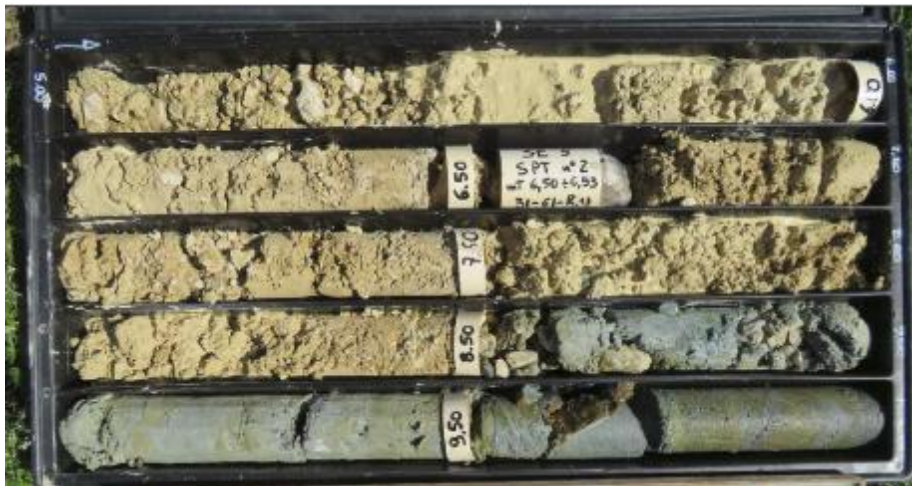
A livello di interpretazione geologica lungo il profilo oltre ai colori che indicano l'unità stratigrafica sono indicate le diverse litologie prevalenti. Per i terreni sciolti le classi sono analoghe a quelle precedentemente definite ma rappresentano un livello di sintesi superiore. I corpi a diversa litologia presenti nell'area sono talora giustapposti per eteropia laterale e ciò può determinare forti variabilità orizzontali e verticali di spessore. Si precisa inoltre che la forma e l'estensione delle lenti riportate in profilo, in corrispondenza delle indagini proiettate, od in assenza di indagini, deve essere assunta come puramente indicativa.

In profilo sia i limiti stratigrafici sia i limiti litologici sono indicati con tratto continuo ove certi e con tratteggio ove presunti.

In profilo geologico inoltre sono stati accorpati i depositi alluvionali (attuali, recenti e terrazzati) e sono distinti i depositi eluvio-colluviali.

Il substrato litoide dell'area di studio è caratterizzato dalla successione calcareo marnosa della Formazione di Monte Morello. In sondaggio, all'interno di questa formazione, sono state riconosciute porzioni tettonizzate (materiale fratturato) e porzioni alterate e fratturate. Relativamente a queste ultime (fig. 6-3) si sottolinea l'estrema variabilità di questo materiale che comprende sia porzioni litoidi molto fratturate ed alterate sia porzioni completamente fratturate ed alterate con caratteristiche comparabili ad un terreno sciolto.

La variabilità di spessore riscontrata nei sondaggi sia delle porzioni tettonizzate che dei tratti alterati e fratturati, non permette di estrapolare con sicurezza gli spessori coinvolti lungo tutto il tracciato, per questo motivo nel profilo geologico i sovrassegni che li rappresentano risultano "aperti" senza indicazione di un limite inferiore.



**Figura 6-3** – Sondaggio SE5. Aspetto alterato e fratturato della Formazione di Monte Morello

Si sottolinea che in carta geologica le coltri detritiche sono rappresentate solo se il loro spessore è stimato > di 3-4 metri.

Relativamente ai depositi antropici si ricorda che il profilo topografico è realizzato in massima parte lungo asse di tracciamento variante nord che si colloca all'interno del tracciato autostradale esistente ed in gran parte in rilevato. In mancanza di dati di dettaglio sulla geometria e l'andamento del riporto stradale, sul profilo sono stati proiettati il piede del rilevato di carreggiata nord e di carreggiata sud, talora posti a quote differenti. Questo ha permesso di identificare in profilo i settori con buona sicurezza in rilevato ed i tratti dove la presenza di terreni di riporto è possibile ma non certa. Il primo caso è rappresentato in profilo da apposito retino mentre nel secondo caso l'area rimane bianca.

## 6.2 STRATIGRAFIA

Nell'ambito del quadro strutturale descritto in precedenza, è stata riconosciuta la seguente successione stratigrafica, dalle unità più antiche alle più recenti.

### **UNITA' TETTONICHE LIGURI**

*Unità Tettonica Monte Morello (cfr. Successione della Calvana, Supergruppo della Calvana Auctt.)*

#### **Formazione di Monte Morello (MML)**

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. 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. All'interno della formazione sono segnalati (area tipo di Monte Morello) spessori fino a decametrici di argilliti prevalenti, con calcareniti sottili e calcari subordinati, la cui posizione stratigrafica e significato sono in corso di definizione. Età: Eocene inferiore p.p-medio p.p.

### **SUCCESSIONI DEI BACINI INTRAMONTANI**

#### **SUCCESSIONE DEL BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE**

Depositi di ambiente fluvio-lacustre legati al riempimento del bacino intramontano del Valdarno Superiore. Poggiano in discordanza angolare sul substrato litoide pre-lacustre. Distinto in sub-bacini legati alle strutture tettoniche che hanno interessato il substrato. Spessore complessivo dei sedimenti di circa 550 metri.



Sintema di Montevarchi (VRC) (cfr. PD Subsintema di Montevarchi - SVS2)

**sabbie di Palazzetto (VRCa)** (cfr. PD SPA - sabbie di Palazzetto)

Sabbie e sabbie limose giallastre a stratificazione tabulare con locali intercalazioni di limi sabbioso-argillosi grigi e di ghiaie ad elementi prevalentemente arenacei; a) sabbie, ghiaie e limi a stratificazione lenticolare e/o tabulare (membro di Ricasoli); b) sabbie tabulari giallo chiare con intercalazioni di sabbie biancastre ben selezionate di natura eolica (membro della Rena Bianca); c) sabbie e limi in strati tabulari ricchi di molluschi d'acqua dolce (membro delle sabbie e limi di Montecarlo).

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

**limi di Terranuova (VRCb)** (cfr. PD TER - limi di Terranuova)

Limi argilloso sabbiosi grigi ed argille grigio azzurre con intercalazioni sabbiose anche frequenti di color grigio o giallastro; lenti di ghiaie e locale presenza di paleosuoli.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

**argille del T. Ascione (VRCc)** (cfr. PD ASC - argille del torrente Ascione)

Argille, argille limose e sabbie argillose grigie ricche di frammenti vegetali, argille torbose e livelli di lignite. Intercalazioni di lenti di sabbie e sabbie ghiaiose (fig. 6-4).

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

**limi del Torrente Oreno (VRCd)** (cfr. PD LSO - limi del Torrente Oreno)

Limi grigi e grigio-azzurrognoli, limi argillosi e limi sabbiosi. Frequenti le intercalazioni di argille grigio azzurrognole. Presenti intercalazioni di sabbie e sabbie limose, grigie o giallastre. Locali lenti di ciottoli.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

**sabbie di Borro Cave (VRCe)** (cfr. PD SBC - sabbie di Borro Cave)

Sabbie limose, sabbie e limi sabbiosi di colore grigio giallastro in strati prevalentemente tabulari. Limi sabbiosi e/o argillosi grigi e grigio-giallastri talora con indizi di pedogenesi.

Subordinate intercalazioni di lenti di ciottolami, di spessore metrico, a base erosiva.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

**formazione di Case la Querce (VRCf)** (cfr. PD CCQ - ciottolami e sabbie di Case la Querce)

Ciottolami bruno rossastri e sabbie limose giallastre, talora irregolarmente intercalate. I ciottolami sono da mediamente a ben assortiti, arrotondati in strati tabulari talora a base erosiva.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore



**Fig. 6-4**– Affioramento di limi di Terranuova (VRCb) rinvenuti lungo uno scavo realizzato per opere edili, in loc. Montalpero.

Sintema del F.sso Salceto (OLC) (cfr. PD Subsintema di Palazzuolo - SVS3)

**argille del T. Bagnani (OLCa)** (cfr. PD AP - argille di Palazzuolo)

Argille ed argille limoso-sabbiose grigie, massicce, bioturbate, talora debolmente pedogenizzate, ricche di frammenti vegetali; argille torbose con livelli lignitiferi, locali intercalazioni di livelli e lenti sabbiose e ghiaiose. Età: Pleistocene inferiore?

**formazione di Palazzuolo (OLCb)** (cfr. PD CSP - ciottolami e sabbie di Palazzuolo)

Ciottolami in lenti e strati, massicci o gradati grossolanamente, intercalazioni di sabbie giallastre talora pedogenizzate e limi argilloso-sabbiosi pedogenizzati con concrezioni calcaree. Età: Pleistocene inferiore?

**alluvioni antiche (aa)**

Nel settore attorno alla progressiva 317+750, l'interpretazione della stratigrafia del sondaggio SA31 ha portato ad ipotizzare la presenza di un livello attribuibile a depositi fluviali costituiti da ghiaie e sabbie, limi sabbiosi talora con limi argillosi. Lenti centimetriche di materiale vegetale decomposto di colore marrone scuro nerastro. Sono presenti in sondaggio al di sotto delle argille del T. Bagnani. Età: Pleistocene inferiore?

Sintema del T. Ciuffenna (UFF) (cfr. con PD "Sintema del Valdarno superiore-SVS)

**sabbie di Levane (UFFb)** (cfr. PD SLE - sabbie di Levane)

Sabbie medio grossolane di colore giallo chiaro o grigiastro con livelli di limi grigio chiari e ciottoli. Ambiente fluviale. Età: Pleistocene inferiore e medio

**sabbie del Tasso (UFFe)** (cfr. PD STA - sabbie del Tasso)

Sabbie di colore da bruno-giallastro a grigio-giallastro spesso alterate con colori rossastri. Intercalazioni lentiformi di ghiaie e ciottolami e di limi grigi ed argille talora torbose nerastre. Età: Pleistocene inferiore e medio

**limi di Pian di Tegna (UFFf)** (cfr. PD LAT - limi di Pian di Tegna, limi di Latereto)

Limi argillosi e/o sabbiosi di colore bruno giallastro o rossastro con abbondanti screziature grigie o biancastre. Frequenti intercalazioni di sabbie più o meno limose, sabbie talora ghiaiose e lenti di ghiaie (da moderatamente a molto alterate). Possibili locali livelli di argille ed argille torbose. Età: Pleistocene medio

DEPOSITI E COPERTURE QUATERNARIE CONTINENTALI

**Travertino (tr)**

Si tratta di un deposito calcareo, fortemente vacuolare (fitoclastico), da compatto a friabile, di colore marrone chiaro, con spessore che raggiunge i 5 metri. La sua genesi è presumibilmente legata alla risalita di fluidi lungo una zona di faglia ad andamento NO-SE (fig. 6-5)



*Figura 6-5 – Affioramento di travertino lungo il fosso a nord est dell'imbocco della galleria Bruschetto nord*

**Depositi alluvionali terrazzati (b2)**

Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, sabbie limi ed argille da marroni ocra a brune.  
Età: Pleistocene sup. – Olocene

**Depositi alluvionali recenti (b1)**

Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, sabbie limi ed argille da marroni ocra a brune.  
Età: Olocene

**Depositi alluvionali in evoluzione (b)**

Ghiaie e sabbie prevalenti in alveo o sulle sue sponde talora coperti da vegetazione arbustiva.  
Età: Olocene

**Deposito eluvio-colluviale (a4)**

Sabbie, limi ed argille con clasti derivanti dall'alterazione del materiale del substrato ed accumulati in posto o dopo breve trasporto.

**Deposito di frana (a1, a2)**

Accumulo gravitativo di clasti e blocchi di materiale eterogeneo, eterometrico con matrice, con evidenze di movimento in atto (a1) o quiescenti (a2).

**Deposito di frana interessato da interventi di stabilizzazione (as)**

Accumulo gravitativo di clasti e blocchi di materiale eterogeneo, eterometrico con matrice, per la stabilizzazione del quale sono stati effettuati interventi.

**Franosità diffusa (a1d, a2d)**

Accumulo gravitativo di clasti di materiale eterogeneo ed eterometrico con presenza di matrice, caratterizzato da fenomeni di ridotte dimensioni ma ravvicinati e frequenti. Distinto in franosità attiva (a1d) o quiescente (a2d) a seconda della presenza o meno di movimenti in atto o recenti.

Si specifica che negli areali interessati dal fenomeno di franosità diffusa non è raro trovare alcune porzioni di roccia affiorante di dimensioni anche cartografabili; dato il contesto in cui sono inseriti non si può escludere che questi affioramenti abbiano subito traslazioni o rotazioni e pertanto non siano rappresentativi del reale assetto/condizione dell'ammasso.

---

Progetto Esecutivo

---

Nella sola sezione geologica interpretata è stato riconosciuto un **deposito di detrito di versante (a3) più o meno antico (plio-quadernario)**: si tratta di un deposito attraversato nel sondaggio (SV4A), presente sopra la formazione di MML e costituito da ghiaietto in matrice limosa.

## 7 CARTOGRAFIE DEGLI ENTI PREPOSTI AL GOVERNO DEL TERRITORIO

In questo capitolo vengono analizzati, per le aree di interesse, i seguenti documenti di piano realizzati dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex AdBArno):

- o Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) relativamente alla pericolosità da frana con riferimenti al progetto I.F.F.I. dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ;
- o Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) relativamente ai temi della pericolosità da alluvioni e da flashflood

Vengono inoltre analizzate le pericolosità geologica e/o geomorfologica ed idraulica, come definite negli specifici elaborati dei Piani Strutturali Comunali.

### 7.1 PERICOLOSITA' DA FRANA (I.F.F.I. E P.A.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.

I dati del progetto I.F.F.I. costituiscono la base conoscitiva della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall'inventario dei fenomeni franosi – Livello di dettaglio in scala 1:10.000" del Piano di bacino, stralcio "**Assetto Idrogeologico**" (P.A.I.) curata dall'Autorità di Bacino dell'Arno (ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale).

Nell'ambito del tracciato oggetto di intervento viene allegata una planimetria in scala 1:5.000 relativa alla pericolosità da frana così come indicato nei documenti P.A.I. che distinguono 4 classi di pericolosità crescente da PF1 a PF4. Tale distinzione è legata a fattori territoriali geologici, geomorfologici e morfometrici ed è definita come propensione al dissesto in funzione dello stato di attività. Le norme di applicazione del P.A.I. (in particolare l'art. 2) e l'allegato 2 (Indicazioni per l'adeguamento degli strumenti urbanistici al P.A.I. e Criteri per la redazione di proposte di integrazioni e modifiche) forniscono i criteri principali che sono stati seguiti per la definizione delle classi di pericolosità e delle relative aree (Tab 7-1).

Si sottolinea che, nella specifica planimetria allegata al progetto, è stata utilizzata la "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario dei fenomeni franosi del bacino del fiume Arno - Livello di dettaglio in scala 1:10.000" (disponibile in shapefile) referita al 06/07/2017 e scaricata nel dicembre 2018 dal sito web [www.adbarno.it/pagine\\_sito\\_opendata/gds\\_md\\_scheda\\_completa.php?id\\_ds=220](http://www.adbarno.it/pagine_sito_opendata/gds_md_scheda_completa.php?id_ds=220). Per il settore in sinistra Arno, ricadente nel Comune di Figline e Incisa Valdarno, le perimetrazioni P.A.I. sono state fornite nel settembre 2018 direttamente dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Si specifica che la suddetta cartografia è stata confrontata con quella più recente a oggi disponibile sul sito dell'AdB Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (accesso web settembre 2020) e che non risultano difformità nell'estensione delle aree con pericolosità da frana interferenti con il tracciato di progetto (sono tuttavia presenti alcuni ampliamenti dei dissesti per aree esterne al tracciato).

Progetto Esecutivo

CLASSE PF	CRITERI (allegato 2, punto B.2.4)*	DEFINIZIONE (art.2)*
PF4	Aree in <i>frana attiva</i> ed il loro intorno.	<i>Frana attiva</i> : frana con evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto.
PF3	Aree in <i>frana quiescente</i> ed il loro intorno.	<i>Frana quiescente</i> : frana inattiva priva di evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto, per la quale esistono indizi morfologici di potenziale instabilità e conseguente riattivazione.
PF2	Aree in <i>frana stabilizzata</i> ed il loro intorno.	<i>Frana stabilizzata</i> : frana inattiva priva di evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto, per la quale non vi sono indizi morfologici di potenziale instabilità e possibile riattivazione.

(\*) Riferimento alle Norme di Applicazione P.A.I.

**Tabella 7-1** – Classi di pericolosità del Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale ex AdBArno, dati 2017-2018)

Come ricordato, la perimetrazione delle aree con pericolosità da frana a livello di dettaglio del P.A.I., ha come base conoscitiva i dati del Progetto I.F.F.I. che determinano la classe e l'estensione dell'area in dissesto, secondo i criteri dettati all'allegato 2 delle norme di attuazione del P.A.I. e secondo affinamenti derivati dall'applicazione delle norme regionali relative alla redazione degli strumenti di governo del territorio (LR 65/14 e regolamento 53r/11)" (v. [http://www.adbarno.it/iffi/?page\\_id=478](http://www.adbarno.it/iffi/?page_id=478)).

Sulla base della cartografia P.A.I. inerente la pericolosità da frana (dati del 07/2017 ed integr. del settembre 2018) per l'area di interesse, è possibile distinguere le seguenti tipologie di movimento dei versanti e del loro stato di attività (Tab. 7-2):

Tipo movimento	Stato di attività	Note	Codice I.F.F.I.	Classe P.A.I.
Frana di scivolamento e colata lenta	Inattiva potenzialmente instabile (quiescente)		S2	PF3
	Attiva		S3	PF4
Deformazioni superficiali o franosità diffusa	Inattiva quiescente	<ul style="list-style-type: none"> <li>o deformazioni superficiali con caratteristiche plastiche (soliflussi, soilcreep) con un evoluzione lenta o lentissima o con ricorrenza superiore a 10-20 anni.</li> </ul> <p>In coerenza con i criteri I.F.F.I. sono sinonimi di aree a franosità diffusa inattive potenzialmente instabili a velocità bassissime o nulle. Nella pratica operativa si ha un passaggio graduale tra franosità diffusa e le deformazioni superficiali al diminuire della densità delle forme, della velocità evolutiva, della ricorrenza dei fenomeni e con la progressiva obliterazione delle forme</p>	DS	PF3
Franosità diffusa	Attiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>o gruppi di frane attive non cartografabili,</li> </ul>	F	PF4

Progetto Esecutivo

Tipo movimento	Stato di attività	Note	Codice I.F.F.I.	Classe P.A.I.
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ aree franose attive poco profonde con geometria non chiara,</li> <li>○ frane superficiali attive obliterate dalle lavorazioni,</li> <li>○ aree ad intensa erosione con locali fenomeni di colamento o scivolamento attivi</li> <li>○ forme poco persistenti nei loro tratti caratteristici e con ricorrenza anche pluriennale.</li> <li>○ -aree in dissesto associate a scarpate morfologiche con processi gravitativi o erosivi diffusi e ricorrenti</li> </ul>		
Frana di scivolamento e colata lenta/crollo e ribatamento	Inattiva stabilizzata artificialmente	○ Frana interessata da interventi di stabilizzazione.	S1a/C1a	PF2

**Tabella 7-2**– Classificazione dei fenomeni franosi relative alle tipologie di movimento e stato di attività con raffronto tra le classi P.A.I. e I.F.F.I.

Si rammenta che la perimetrazione della pericolosità risulta più estesa della frana, in quanto comprende una fascia di influenza.

## 7.2 PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE FLUVIALE (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE)

Il territorio nazionale, relativamente al governo delle risorse idriche e della difesa del suolo, è ripartito in bacini idrografici classificati in tre categorie: nazionale, interregionale e regionale. L'area in esame si colloca all'interno il Bacino Regionale del Fiume Arno.

### 7.2.1 Piano di gestione rischio alluvioni (P.G.R.A.)

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 predispone 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 8 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 in esame, il distretto competente è il Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, suddiviso in 11 UoM. L'Autorità Competente per il progetto in corso di studio è la Autorità di Bacino Arno, la UoM è quella dell'Arno (ITN002).

Il P.G.R.A. è un Piano composito, in quanto relativo alle 11 Unit of Management (UoM) di cui si compone il distretto dell'Appennino Settentrionale: ogni UoM ha predisposto il proprio P.G.R.A., i diversi Piani prodotti sono stati poi coordinati e resi congruenti dalla Autorità di Bacino del fiume Arno.

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 Direttiva Alluvioni prevede che per ogni UoM siano realizzate nella scala più appropriata delle mappe della pericolosità idraulica da alluvione e mappe del rischio alluvioni.

Il 3 marzo 2016 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino dell'Arno ha definitivamente approvato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) predisposto ai sensi dell'art. 7 della direttiva 2007/60/CE e dell'art. 7 del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, che di fatto sostituisce, per ciò che riguarda la pericolosità da alluvione, il P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

Il 17 febbraio 2017 entra in vigore il decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 294 del 25 ottobre 2016 (Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017) in materia di **Autorità di bacino distrettuali**. Dal 17 febbraio 2017 quindi risultano soppresse tutte le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989 e quindi anche l'Autorità di bacino del fiume Arno, sostituita dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

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

- *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.

La configurazione morfologica dell'area indagata si caratterizza per l'andamento decisamente pianeggiante ed i settori con problematiche di tipo idraulico sono ampiamente presenti in tutta l'area (Fig. 7-1).





Reticolo\_principale

Blue Line

pericolosità\_alluvioni\_fluviali

P1 - pericolosità bassa

P2 - pericolosità media

P3 - pericolosità elevata

**Fig. 7-1** - Pericolosità da alluvione fluviale tratta dal sito web dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (accesso dicembre 2018)

La perimetrazioni delle aree a differente pericolosità idraulica, così come indicata nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), è riportata in un apposito elaborato allegato al progetto. Si ricorda che le perimetrazioni del P.G.R.A. sono riferite al reticolo naturale principale.

Di seguito si riportano i tratti in cui le fasce di pericolosità interferiscono con il tracciato, con riferimento alle progressive dell'asse di tracciamento nord/asse di tracciamento variante nord.

- ✓ Da **progr. 317+265** fino a **progr. 318+380** ca il tratto autostradale è esterno ad aree a pericolosità. Solo tra **progr. 317+760** a **progr. 317+780**, nel settore di attraversamento del Fosso del Burchio, il tracciato è adiacente ad un'area a pericolosità P3 (elevata);
- ✓ tra le progressive **318+380 – 318+ 585** ca il tracciato attraversa il corso del fiume Arno, il cui alveo è in classe di pericolosità P3;
- ✓ tra **progr 317+380** e **progr. 320+265** il tracciato prosegue con opere sia in galleria che all'aperto che non ricadono in aree soggette a pericolosità da alluvione;

Progetto Esecutivo

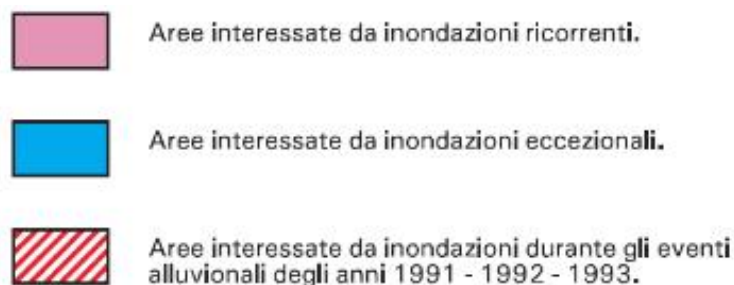
- ✓ tra **progr. 320+265** e **progr. 320+700** circa la carreggiata sud del tracciato corre parallelamente ad uno stretto settore a pericolosità P1 (bassa) passante, verso l'Arno, a zone a pericolosità via via crescente (P2 e P3);
- ✓ da **progr. 320+700** e **progr. 321+675** non ci sono interferenze tra il tracciato ed aree a pericolosità da alluvione;
- ✓ da **progr. 321+675** a **progr. 322+506** circa il tracciato attraversa un'area è classificata in classe P1. Solo nel tratto di attraversamento del T. Chiesimone è presente un'area in classe P3 (**progr. 321+876** – **progr. 321+900** ca);
- ✓ da **progr. 322+506** a **fine Lotto 1** il tracciato si sviluppa in un settore in classe di pericolosità media P2;

### 7.2.2 Carta guida delle aree allagate (AdB Arno)

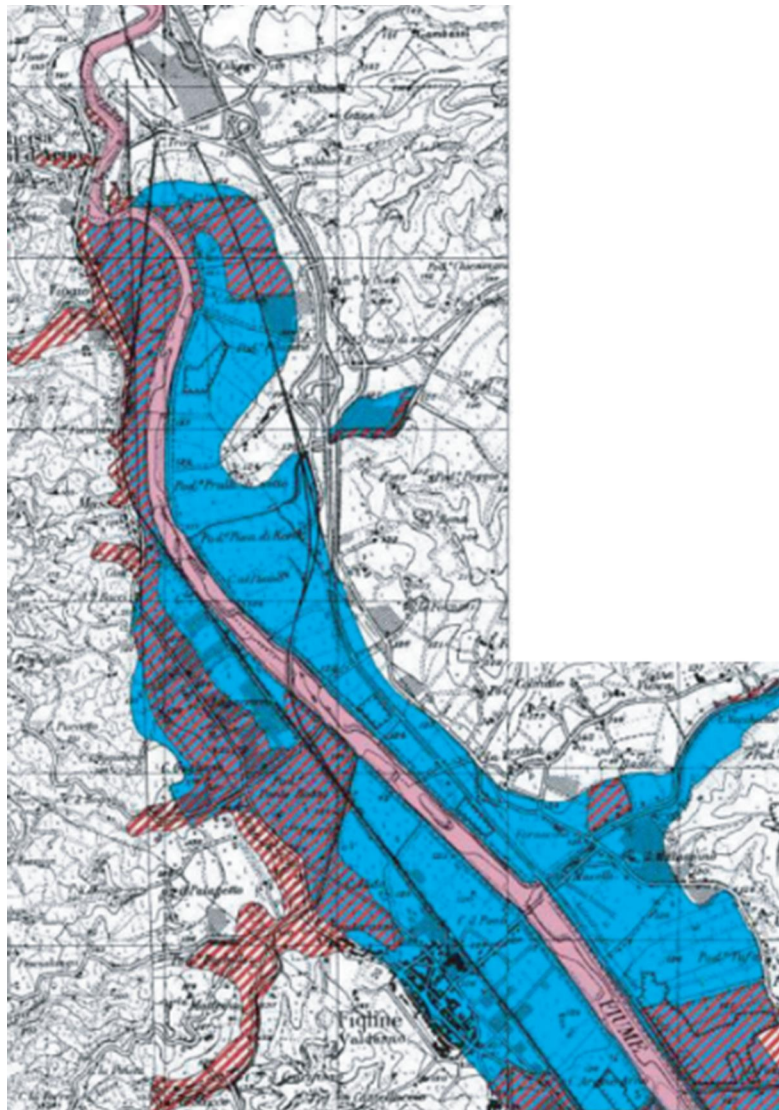
Sul sito dell'Autorità di Bacino dell'Arno sono presenti stralci della "Carta guida delle aree allagate", ossia una serie di planimetrie realizzate in scala 1:25.000 sulla base degli eventi alluvionali significativi nel periodo tra il 1966 ed il 1999 distinti in legenda (fig-7-2) in aree interessate da inondazioni ricorrenti, da inondazioni eccezionali e in aree che hanno registrato inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991-1992 e 1993.

In figura 7-3 si riporta un montaggio degli stralci cartografici n° 084, 085 per il territorio interessato dal progetto del Lotto 1.

Per quanto attiene al tracciato, che si sviluppa in destra Arno, si nota che secondo questa cartografia fino a circa il km 321+700 l'area non risulta interessata da fenomeni di esondazione. Solo nel tratto di attraversamento dell'Arno, lungo il corso del fiume, sono registrate inondazioni ricorrenti.



**Figura 7-2** – Legenda della Carta Guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 – 1999) (1966 – 1999). Tratto da Autorità di Bacino del Fiume Arno (accesso del dicembre 2018).

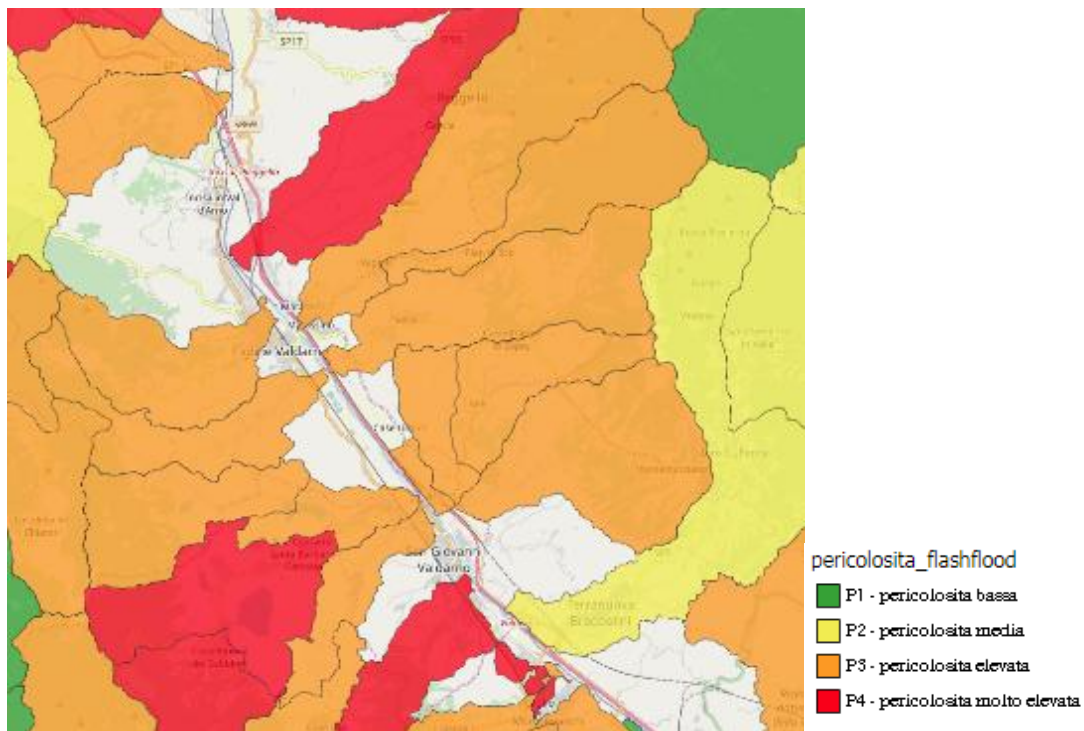


Stralci 084-085

**Figura 7-2** - Carta Guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 – 1999) (1966 – 1999). Tratto da Autorità di Bacino del Fiume Arno (accesso del dicembre 2018).

### 7.3 PERICOLOSITÀ DA FLASHFLOOD (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE)

Nel P.G.R.A. del Bacino dell'Arno sono state analizzate non solo la pericolosità dovuta alle alluvioni di tipo fluviale, ma anche la pericolosità da alluvioni derivante da eventi intensi e concentrati (flashflood e situazioni similari alle pluvial flood). Di seguito si riporta uno stralcio delle mappe di pericolosità da flash-flood visualizzabile on-line nel sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale dal quale si osservano alcune aree a pericolosità elevata e localmente molto elevata ricadenti nella zona di studio (Fig. 7-3).



**Figura 7-3** - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno) – Mappa della Pericolosità da "flashflood" (accesso ottobre 2018).

Si nota che il tracciato intercetta un'area a pericolosità molto elevata nel settore del Torrente Chiesimone.

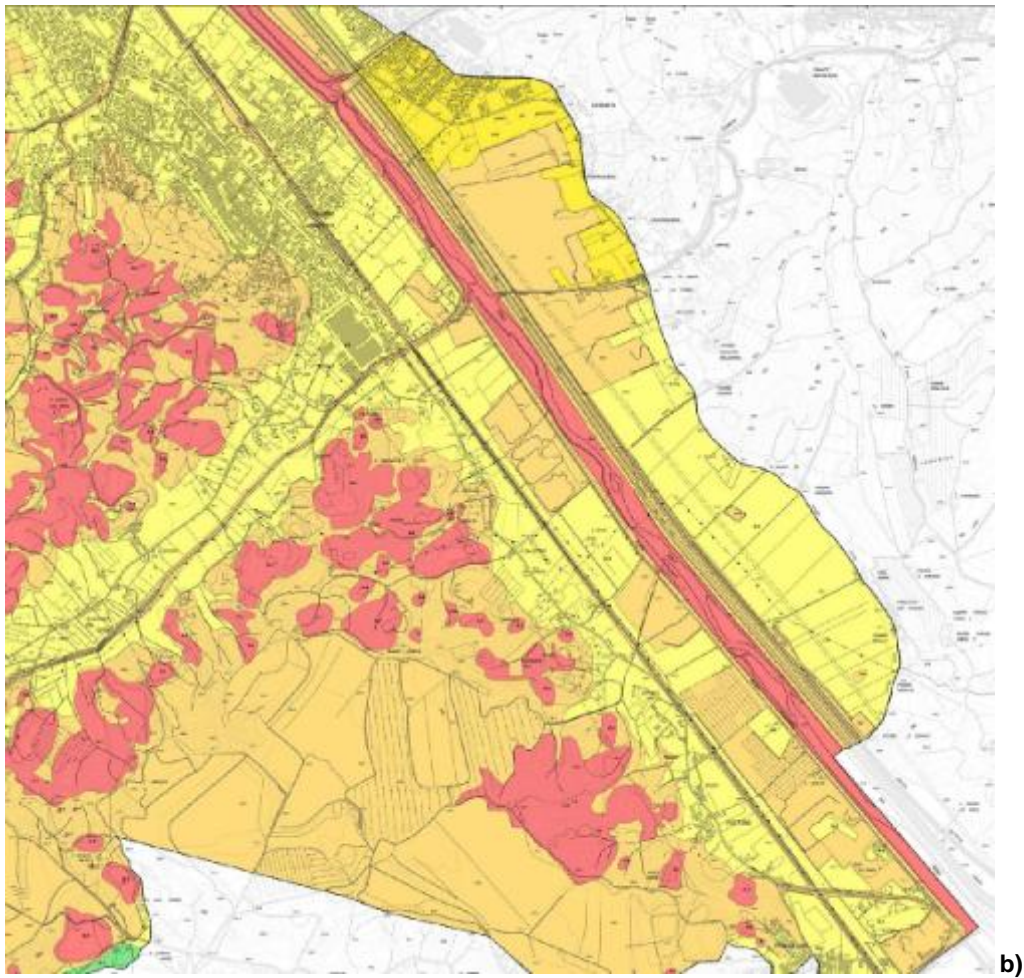
## 7.4 CARTE DELLA PERICOLOSITÀ DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI

Di seguito si riportano stralci delle carte della Pericolosità Geologica e della Pericolosità Idraulica annesse ai Piani Strutturali dei Comuni presenti nell'area di studio.

### 7.4.1 Piano Strutturale Comune di Figline-Incisa Valdarno

Il Piano Strutturale del Comune di Figline - Incisa Valdarno è stato adottato con Delibera C.C n° 97 del 11 ottobre 2017. Negli elaborati che lo compongono sono presenti le cartografie relative alla pericolosità geologica (fig. 7-4) e numerose cartografie che affrontano i temi della pericolosità idraulica. Ai fini dell'inquadramento dell'area di studio si è riportato uno stralcio della pericolosità idraulica – stato attuale (fig. 7-5).





**Figura 7-4** – Pericolosità geologica tratta dagli elaborati di Piano Strutturale del Comune di Figline ed Incisa Valdarno, area nord (a) ed area sud (b) (da sito internet, accesso marzo 2019)

Relativamente al tema della pericolosità geologica la classificazione del territorio fa riferimento ai criteri dettati dal D.P.G.R. N.53/R del 25/10/2011:

**Pericolosità geologica molto elevata (G.4)** - aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi. Sono inserite in questa classe di pericolosità i corsi d'acqua maggiori con problematiche di erosione e le aree limitrofe.

**Pericolosità geologica elevata (G.3)** - Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di influenza; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%

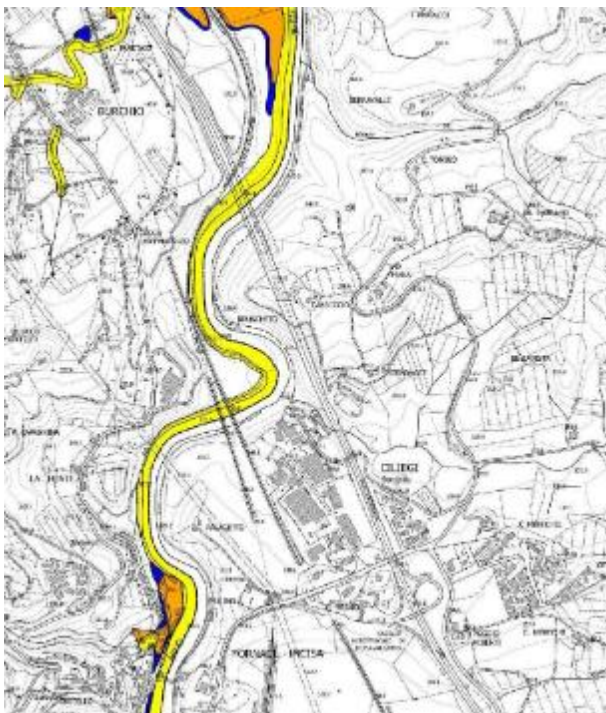
**Pericolosità geologica media (G.2)** - Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.

**Pericolosità geologica media (G.1)** - Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

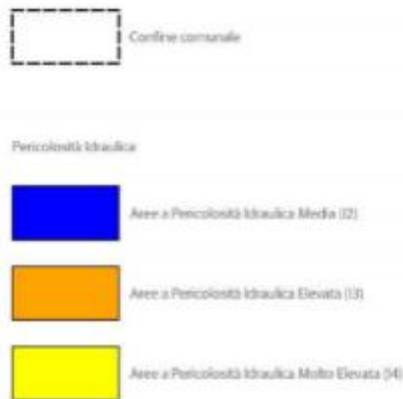
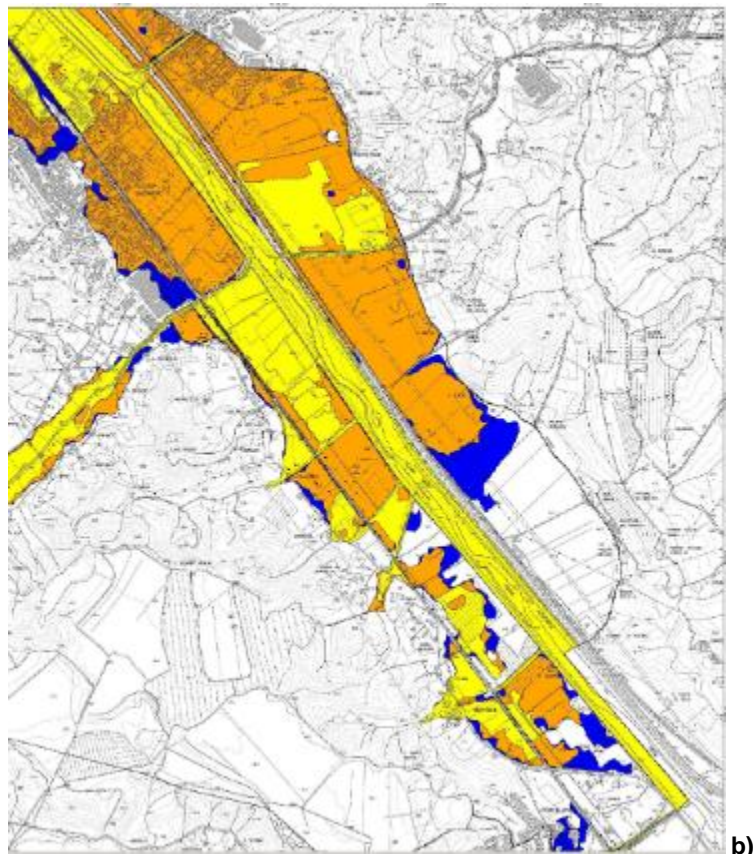
Dallo stralcio della planimetria di fig. 7-4 si nota che il tracciato ricade nel territorio comunale da inizio intervento fino all'altezza del fiume Arno e poi dalla zona di località Matassino fino alla progressiva **329+443**, nei pressi del Podere Le Fornaci. Il tracciato autostradale ricade in classe di pericolosità geologica elevata (G.3). Le aree in cui si inserisce sono a pericolosità analoga o più bassa (pericolosità media G.2). Il fiume Arno è a classe di pericolosità molto elevata G.4 così come il Fosso del Burchio attraversato dal tracciato.

Relativamente alla pericolosità idraulica gli stralci cartografici di fig. 7-5 indicano come nella parte nord dell'area di studio la pericolosità sia molto elevata (I4) nei tratti di attraversamento del fosso del Burchio e del fiume Arno mentre all'altezza di Matassino la pericolosità idraulica sia I3 elevata.

Nel tratto tra Pontalpero – Pizziconi C. Nuova l'autostrada A1 si sviluppa in adiacenza aree a pericolosità I4 (lato carreggiata sud) e pericolosità I3 (lato carreggiata nord). Nel tratto finale di attraversamento del territorio comunale il tracciato è adiacente aree a pericolosità idraulica molto elevata lungo il fiume Arno e pericolosità idraulica media (I2) verso est.



a)



**Figura 7-5** - Planimetria della Pericolosità Idraulica Stato Attuale ai sensi DPGR 53R/2011 tratta dagli elaborati di Piano Strutturale del Comune di Figline ed Incisa Valdarno, area nord (a) ed area sud (b) (da sito internet, accesso marzo 2019)

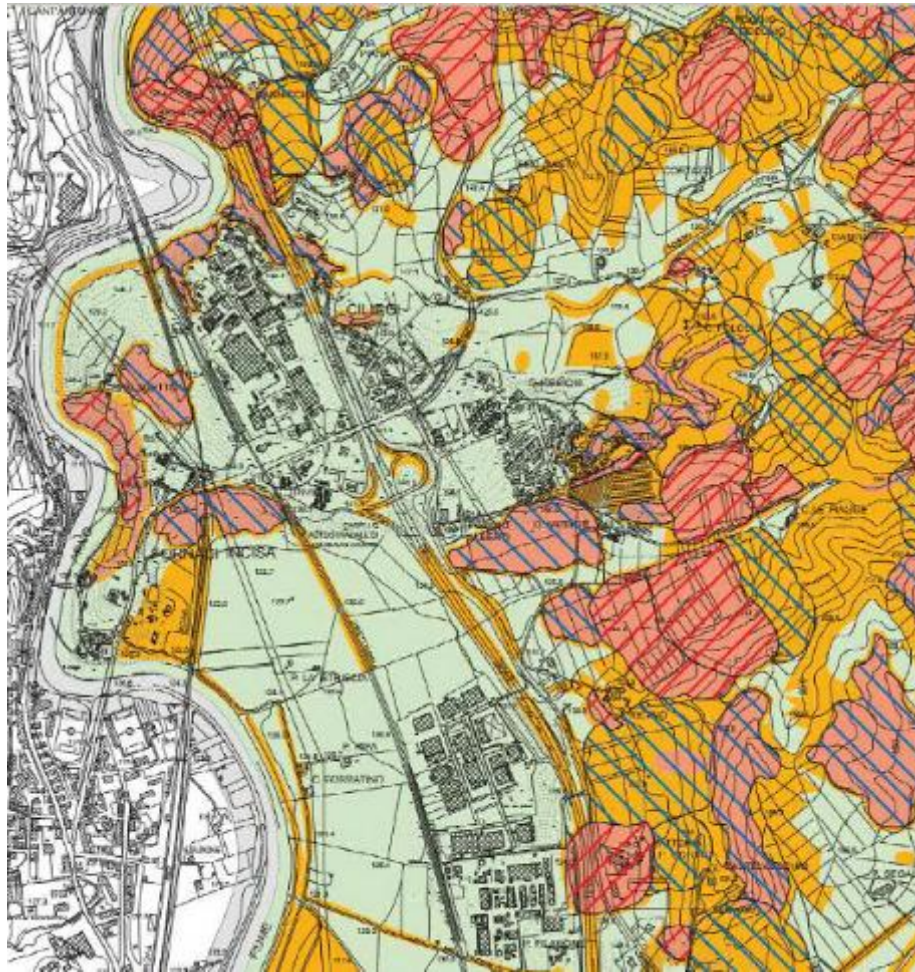
#### 7.4.2 Piano Strutturale Comune di Reggello

Il Comune di Reggello ha adottato il Piano Strutturale comunale con Delibera C.C. n. 89 del 17/10/2016 e successivamente lo ha approvato in via definitiva il 28 marzo 2018 con delibera di C.C n.25. Di seguito si riportano stralci delle cartografie del Piano Strutturale del Comune di Reggello relativamente alle tavole “Pericolosità Geologica” (fig. 7-6) Planimetrie di Pericolosità Idraulica ai sensi del regolamento 53/R e pericolosità idraulica ai senso del P.G. R.A. (7-7- e 7-8)

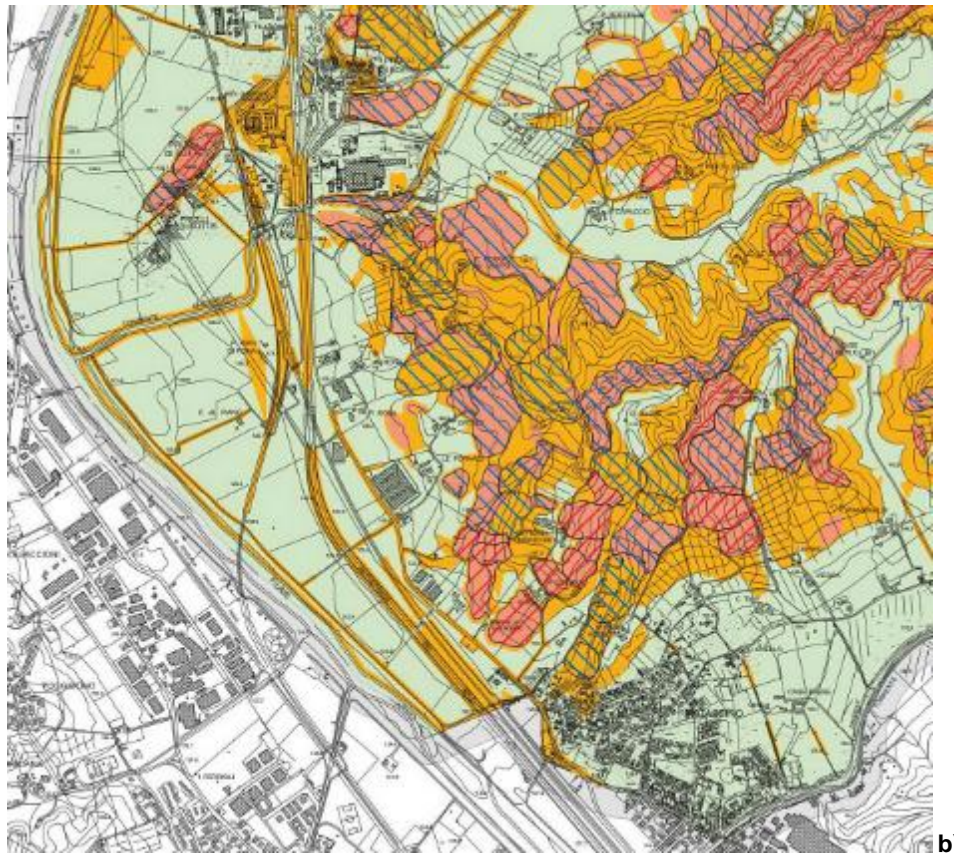
Il tracciato entra nel territorio comunale all’altezza del fiume Arno, che costituisce il confine con il comune di Figline-Incisa Valdarno, e vi rimane fino a circa la **progr. 323+965** all’altezza dell’abitato di Matassino.




Progetto Esecutivo




a)



**Pericolosità geologica (D.P.G.R. N.53/R DEL 25 OTTOBRE 2011)**

- 

Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici attivi e relative aree di influenza e di possibile evoluzione, aree interessate da soliflussi. Comprendono le aree P.F.4. (pericolosità molto elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.
- 


Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici quiescenti e relative aree di influenza; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versante con pendenze superiori al 25%. Comprendono le aree P.F.3 (pericolosità elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.
- 

Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versante con pendenze inferiori al 25%.
- 

Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

**Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana - da Piano Assetto Idrogeologico**

- 

P.F.3 - Aree a pericolosità geomorfologica elevata
- 

P.F.4 - Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata

**Figura 7-6** – Stralcio della carta “Pericolosità geologica (ai sensi D.P.G.R. n° 53/R del 25/10/2011)” tratta dagli elaborati di Piano Strutturale del Comune di Reggello (a) area nord (b) area sud (rev.gennaio2017). (da sito internet comunale accesso gennaio 2019)

Le classi di pericolosità sono riferite al D.P.G.R: N.53/R del 25/10/2011.

**Pericolosità geologica molto elevata (G.4):** aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici attivi e relative aree di influenza e di possibile evoluzione, aree interessate da soliflussi. Comprendono le aree P.F.4. (pericolosità molto elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.

**Pericolosità geologica elevata (G.3):** aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici quiescenti e relative aree di influenza; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza

## Progetto Esecutivo

di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versante con pendenze superiori al 25%. Comprendono le aree P.F.3 (pericolosità elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.

**Pericolosità geologica media (G.2):** aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versante con pendenze inferiori al 25%.

**Pericolosità geologica bassa (G.1):** aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

In generale si nota che l'area dove è presente la galleria Bruschetto dell'autostrada A1 è in classe di pericolosità da molto elevata (G.4) ad elevata (G.3) analogamente alle pericolosità del P.A.I. (P.F.4 e P.F.3).

L'autostrada è classificata in classi che variano da pericolosità geologica elevata (G.3) e pericolosità geologica media (G.2). Il tracciato intercetta all'altezza della Fattoria Le Coste una zona a pericolosità molto elevata (G.4) e classe P.F.4. del P.A.I.

Le aree dove è prevista la realizzazione dei campi base CB01 ed operativo CO01 sono prevalentemente in classe G.2 (pericolosità media) con tratti in G.3 (pericolosità elevata). L'area del campo operativo CO02 ricade in classe di pericolosità media G.2.

Relativamente agli aspetti di pericolosità idraulica il Piano Strutturale parte dalla perimetrazione delle aree inondabili, ottenute dalle verifiche idrauliche per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, ed aggiorna la perimetrazione della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25 ottobre 2011 (fig. 7-7) e la perimetrazione della pericolosità idraulica ai sensi del PGRA (fig. 7-8)

La pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R è stata definita in riferimento alle aree inondabili con tempo di ritorno 30, 200 e 500 con le seguenti classi:

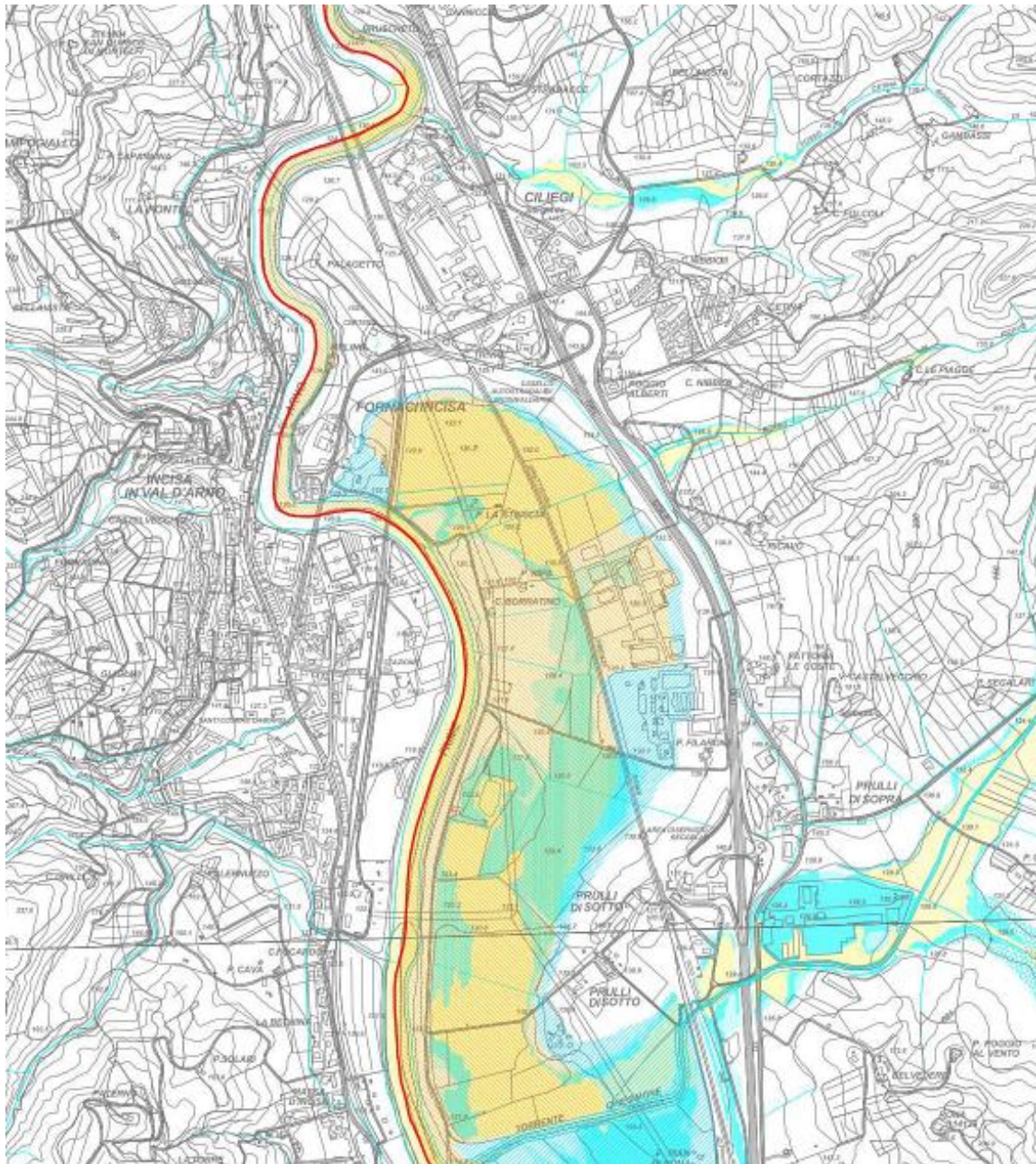
-I.2 aree inondabili con  $200 < TR \leq 500$  anni

-I.3 aree inondabili con  $30 < TR \leq 200$  anni

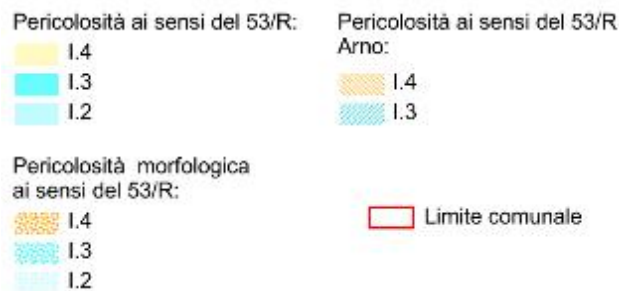
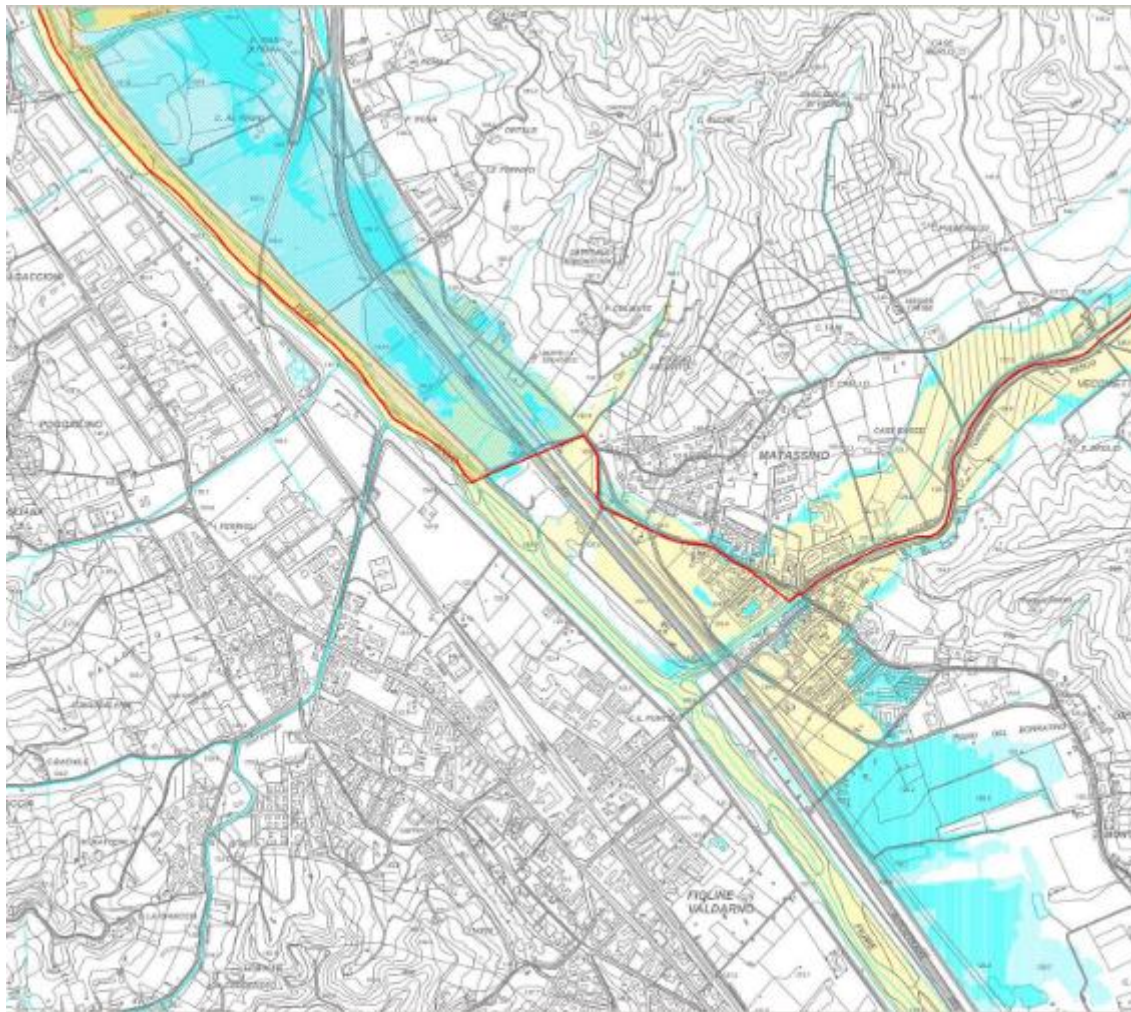
-I.4 aree inondabili con  $TR \leq 30$  anni.

Da quanto riportato in fig. 7-7 si nota la presenza di aree a pericolosità idraulica I.4 ed I.3 interferenti nella zona dell'area di servizio Arno. Successivamente il tracciato si sviluppa in gran parte in aree a pericolosità idraulica I.3 fino circa all'altezza di via Rona Fornace ( km 323+300 c.a.) dove la classe di pericolosità aumenta a I.4. I campi base ed operativi ricadono in classi di pericolosità idraulica I.4 ed I.3.

Progetto Esecutivo



Progetto Esecutivo

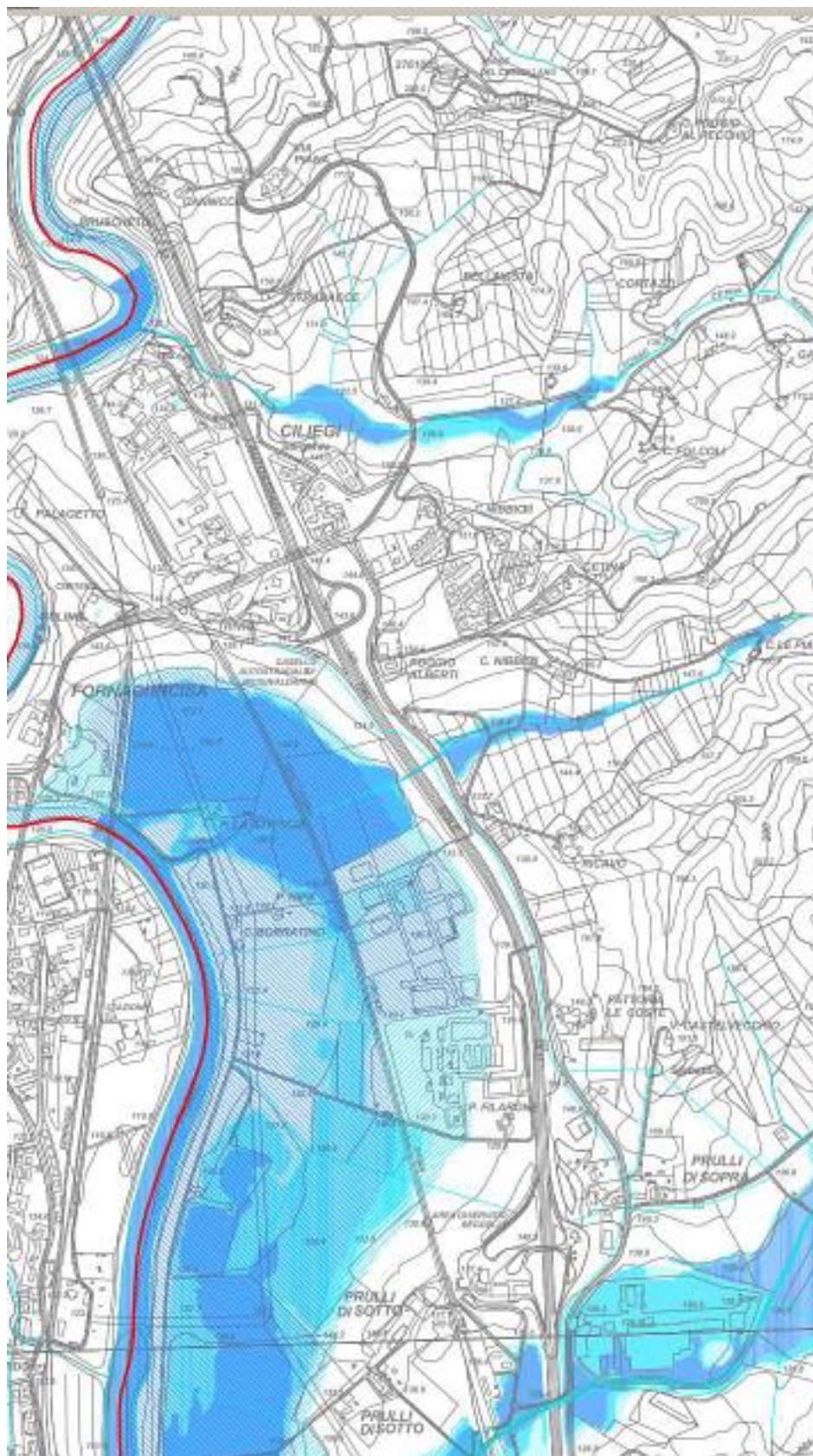


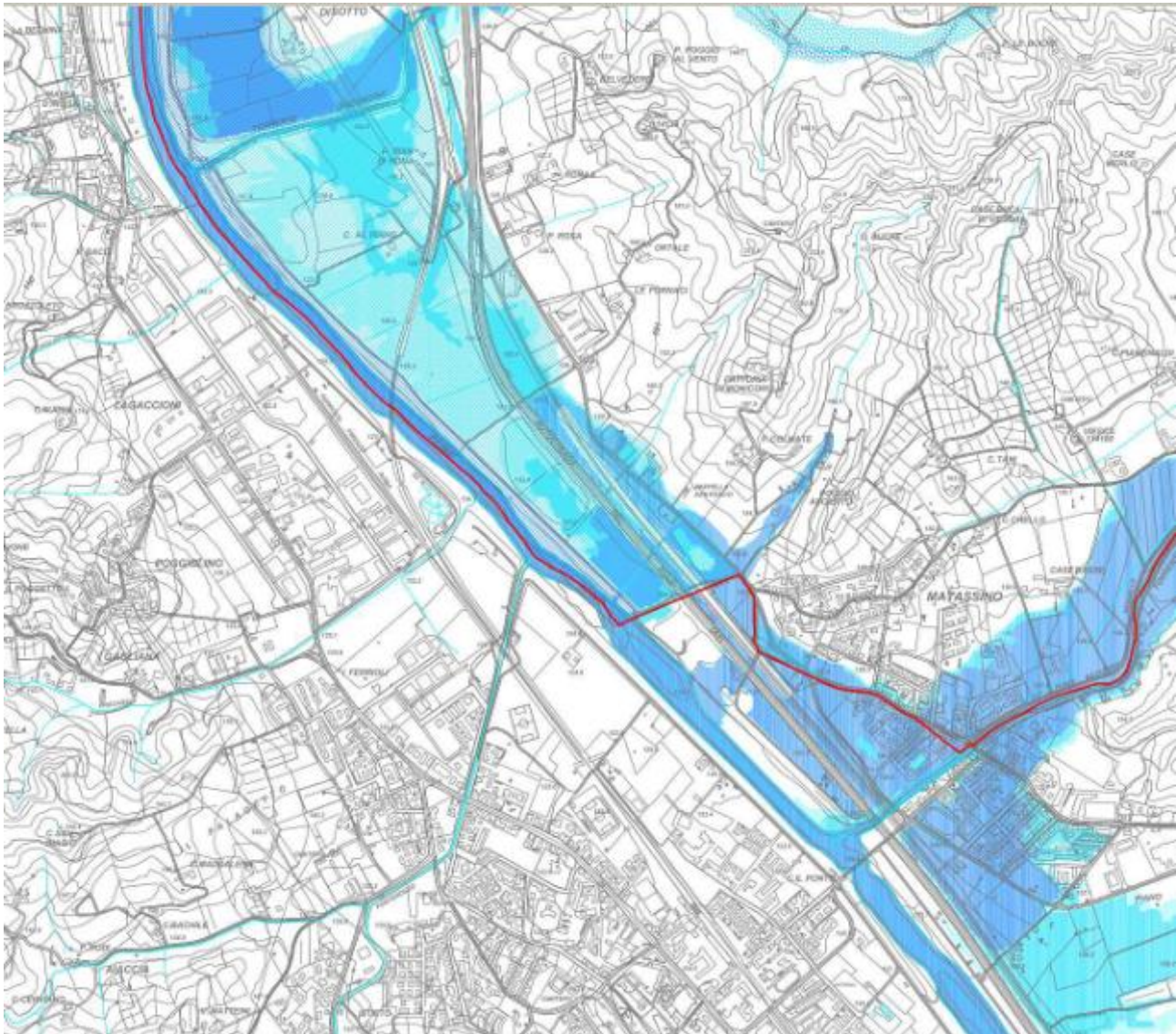
**Figura 7-7** – Stralci della carta “Pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R” (settembre 2016-rev.gennaio 2017) tratta dagli elaborati di Aggiornamento del Piano Strutturale del Comune di Reggello, in sequenza da nord a sud (accesso al sito internet marzo 2019)

In fig. 7-8 si riportano infine stralci della carta di “Pericolosità idraulica ai senso del P.G.R.A.”: la pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. è definita con le seguenti sigle e i tempi di ritorno:

- P.1 aree inondabili con  $200 < TR \leq 500$  anni
- P.2 aree inondabili con  $30 < TR \leq 200$  anni
- P.3 aree inondabili con  $TR \leq 30$  anni.

Progetto Esecutivo





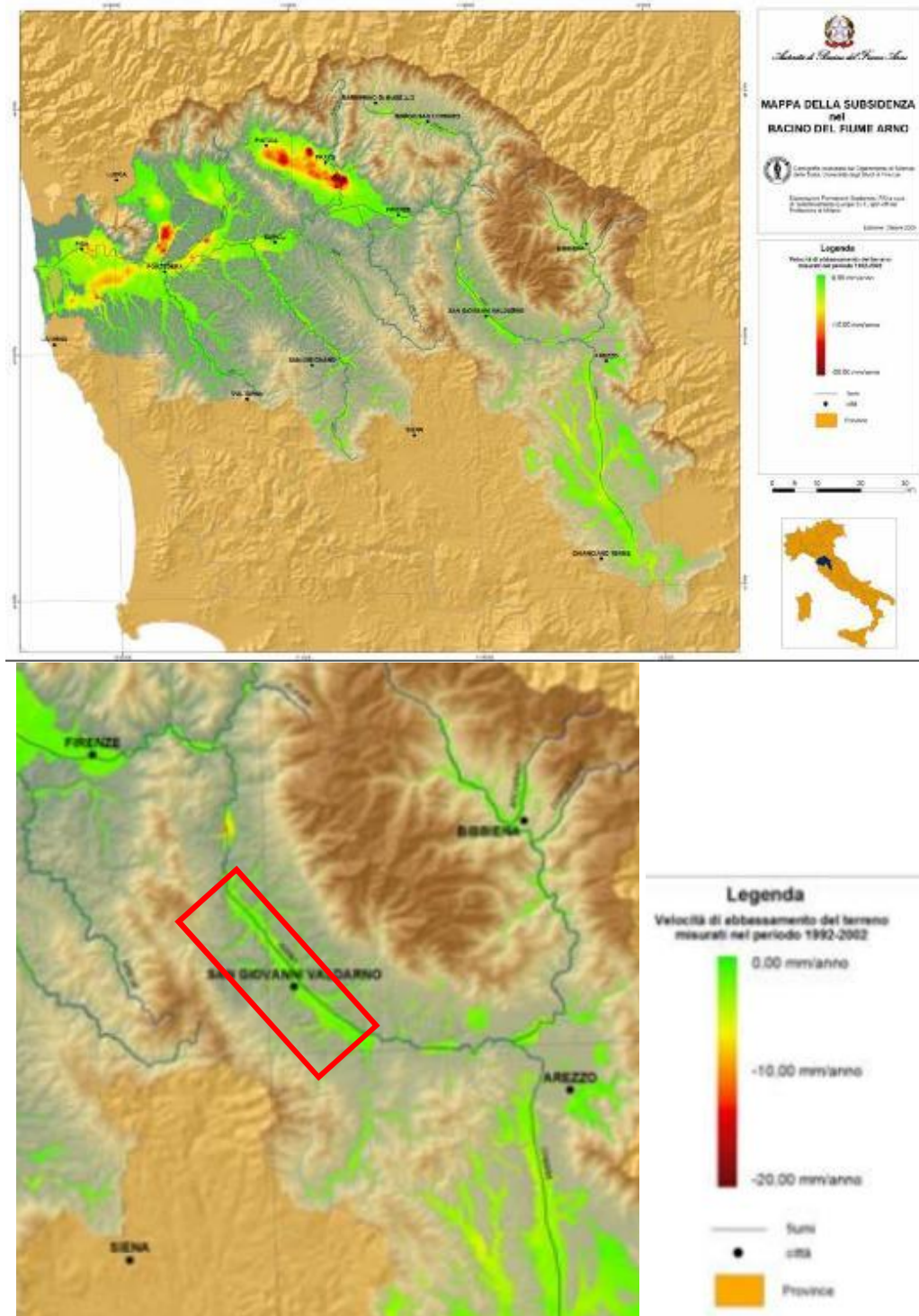
**LEGENDA**

Pericolosità ai sensi del PGRA:	Pericolosità ai sensi del PGRA
P.3	Arno:
P.2	P.3
P.1	P.2
Pericolosità morfologica	
ai sensi del PGRA:	
P.3	
P.2	
P.1	
	Limite comunale

**Figura 7-8** - Stralci della carta "Pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. (settembre 2016-rev.gennaio 2017) tratta dagli elaborati di Aggiornamento del Piano Strutturale del Comune di Reggello, in sequenza da nord a sud (accesso al sito internet marzo 2019)

## 8 SUBSIDENZA

L'Autorità di Bacino del Fiume Arno nel decennio 1992-2002 congiuntamente all'Università degli Studi di Firenze ha effettuato rilevamenti volti a verificare il tasso di subsidenza (abbassamento verticale della superficie terrestre) all'interno del territorio del bacino del fiume Arno (Canuti *et alii*, 2006). L'elaborato ottenuto consiste in una mappatura delle velocità medie di deformazione del bacino (fig. 8-1).



**Figura 8-1-** Autorità di Bacino del Fiume Arno – Mappa della Subsidenza del Bacino dell’Arno e dettaglio per l’area di interesse (valutazione delle deformazioni verticali).

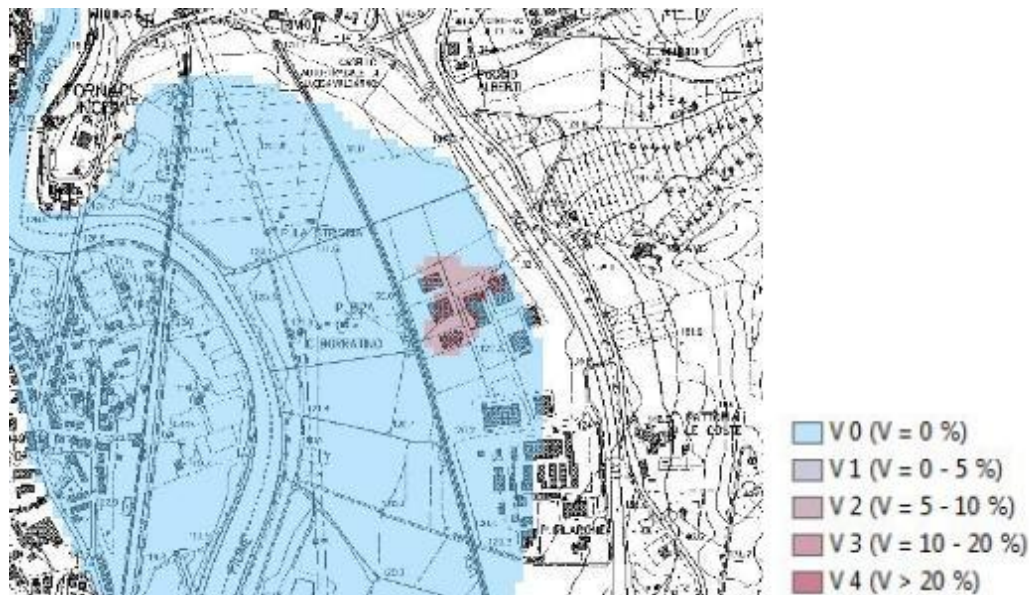


L'abbassamento del suolo può essere legato a cause naturali, quali i processi tettonici, i movimenti isostatici e le trasformazioni chimico-fisiche (diagenesi) dei sedimenti per effetto del carico litostatico o dell'oscillazione del livello di falda. Alcuni aspetti dell'attività antropica possono tuttavia influenzare in modo considerevole il fenomeno od addirittura determinarne l'insacco; rientra tra le cause più diffuse lo sfruttamento eccessivo delle falde acquifere. L'entità dell'abbassamento è funzione anche della natura dei terreni; in particolare, quelli a granulometria fine (argille e limi) sono più suscettibili al fenomeno a causa di una loro maggiore compressibilità.

Nell'area di studio, sulla base della suddetta cartografia, si evince che la velocità di abbassamento è molto ridotta e la vulnerabilità della pianura è pari a zero.

Si segnala comunque che nell'area di interesse sono presenti alcuni elementi anomali, ricavati da shp file forniti dall' AdB Distretto Appennino Settentrionale. Tra quelli pertinenti al settore autostradale del Lotto 1 si segnala:

- nei pressi del tratto autostradale in loc. Zona Industriale di Pian della Rugginosa, sita tra la ferrovia Firenze-Roma e l'autostrada A1 (zona della progr. 320+700 c.a.) (fig.8-2) sono stati registrati abbassamenti fino a -2,6 mm corrispondenti ad una classe di vulnerabilità 2.



**Figura 8-2** - Vulnerabilità alla subsidenza in zona Pian della Rugginosa (progr.km. 320+700). Tratto da sito internet dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale Open data (accesso dicembre 2018).

## 9 LIQUEFAZIONE

Con il termine "liquefazione" si indicano vari fenomeni fisici osservati nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi durante i terremoti forti ( $M > 5.5$ ), che hanno come elemento comune il fatto che, per effetto dell'instaurarsi di condizioni non drenate, si ha un incremento ed un accumulo delle pressioni interstiziali che può provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno. Gli studi più recenti hanno evidenziato quanto segue:

### 1) Le manifestazioni della liquefazione

- crateri, vulcanelli, fuoriuscite di acqua e sabbia,
- grandi oscillazioni e rotture del terreno,
- abbassamenti e sollevamenti del terreno,
- movimenti orizzontali del terreno (lateral spreading),
- movimento di masse fluide / collasso in pendii naturali e artificiali,
- perdita di capacità portante delle fondazioni,
- galleggiamento di opere sotterranee,
- collasso di opere di sostegno e banchine portuali

2) Per quanto riguarda l'occorrenza della liquefazione, l'esperienza ha dimostrato che la liquefazione avviene quando sono verificate simultaneamente alcune condizioni che riguardano la "predisposizione" del terreno al verificarsi del fenomeno (esistenza di "fattori predisponenti") ed alcune condizioni che riguardano le caratteristiche dell'azione sismica ("fattore scatenante").

- Le condizioni predisponenti del terreno sono:

- profondità dello strato potenzialmente liquefabile  $< 15-20$  m dal p.c.
- profondità della falda  $< 5$  m
- densità relativa  $D_r < 60\%$
- diametro medio  $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$
- frazione di fini (diametro  $< 0.005 \text{ mm}$ )  $< 15\%$

- Le condizioni scatenanti che riguardano le caratteristiche dell'azione sismica sono:

- magnitudo  $> 5.5$
- $PGA > 0.15 \text{ g}$
- durata  $> 15-20 \text{ sec}$

Tra i fattori geologici e geotecnici risultano fondamentali, oltre alla profondità della falda ( $< 5$  m), la presenza e lo spessore degli strati non liquefabili superficiali, l'assenza di cementazione fra i grani, l'origine e l'età del deposito, la presenza di strati drenanti grossolani intercalati alla sabbia fine liquefabile, la morfologia;

Per quanto riguarda la natura geologica dei siti le zone a più alto rischio sono: letti di fiume antichi e recenti, argini, pianure di esondazione.

Nella zona interessata dall'opera le situazioni a rischio liquefazione sono legate soprattutto alle litologie sabbiose dei depositi alluvionali, ampiamente presenti nel settore di pianura.

In ragione di quanto sopra esposto e delle caratteristiche geologiche riscontrate lungo tutto il tracciato, il progettista deve valutare con attenzione la possibilità che si possano innescare fenomeni di liquefazione.

## 10 ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO FAGLIE CAPACI

I paragrafi seguenti riportano una descrizione della sismicità storica del territorio esaminato e un inquadramento riferito agli assetti normativi in vigore. I dati di base utili per la definizione degli elementi di sismica generale dell'area in esame sono stati ricavati dai seguenti documenti o siti internet:

- CPT15 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 dal 1000 al 2014: (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. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT15>.
- 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. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Database ISIDE (Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE) Sismicità recente (dal 1985 al 2019): 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).
- 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.

### 10.1 SISMICITA' STORICA

Il Catalogo Parametrico dei terremoti italiani "CPT15" permette la consultazione on-line dei terremoti verificatisi nel territorio italiano nel periodo 1000 al 2014.

Oltre al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15), altri data-base sono consultabili on-line al portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. In particolare un ulteriore quadro di riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15, l'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 è stata rilasciata a luglio 2016 e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI11 (Locati et al., 2011). DBMI fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI tendono a essere pubblicati allo stesso tempo e usando una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web, uno dedicato a DBMI, e uno a CPTI. Con la versione 2015 si è deciso di rendere disponibile le due banche dati DBMI15 e CPTI15 (Rovida *et al.* 2016) da un unico punto di accesso online al fine di rendere più comoda e funzionale la consultazione.

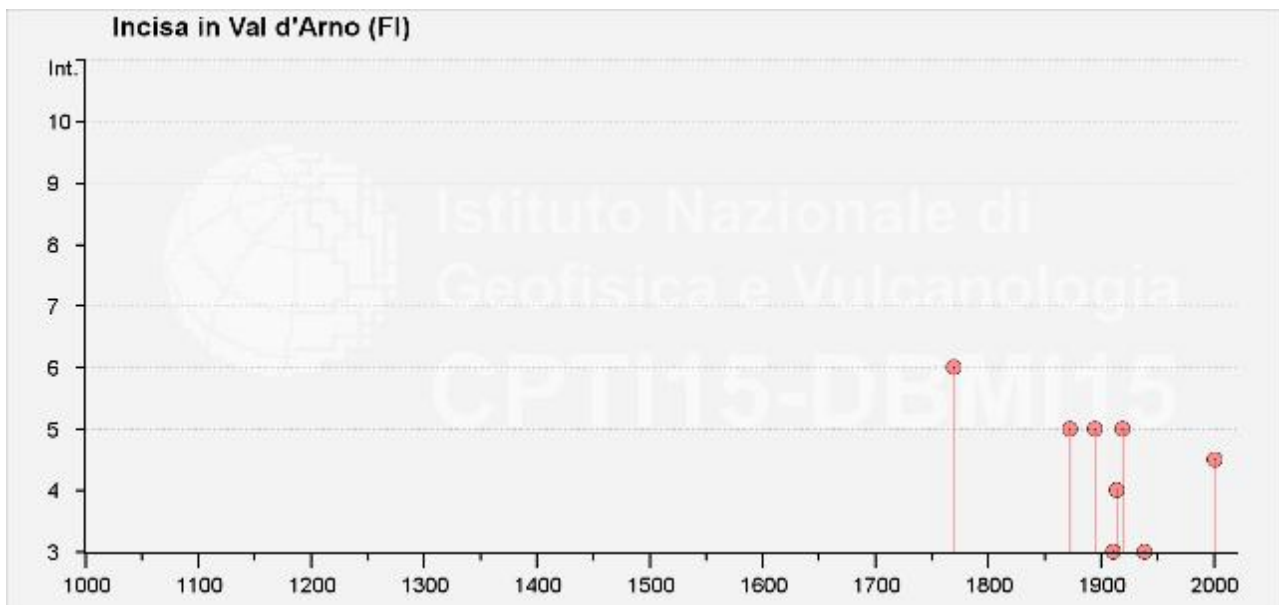
DBMI15 contiene 12.2701 dati di intensità relativi a 3.212 terremoti. I 12.2701 MDP sono riferiti a circa 20.000 località di cui 15.213 in territorio italiano, che vanno complessivamente a coprire 7702 comuni degli 8047 esistenti in Italia (ISTAT, 2015). Consultando il sito web è possibile ottenere la storia sismica di ciascuna località italiana identificata, cioè l'elenco dei terremoti che hanno prodotto effetti macrosismici in quella data località.

Progetto Esecutivo

Con riferimento ai comuni di Incisa Valdarno, Figline (attualmente facenti parte di una unica municipalità) e Reggello vengono riportate le tabelle con l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3, i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo, l'intensità epicentrale (Io) e la magnitudo momento (Mw) ed i rispettivi grafici che riportano anno ed intensità dei terremoti con intensità uguale o superiore a 3. L'accesso alla Banca Dati è del marzo 2019.

Comune di Incisa Valdarno

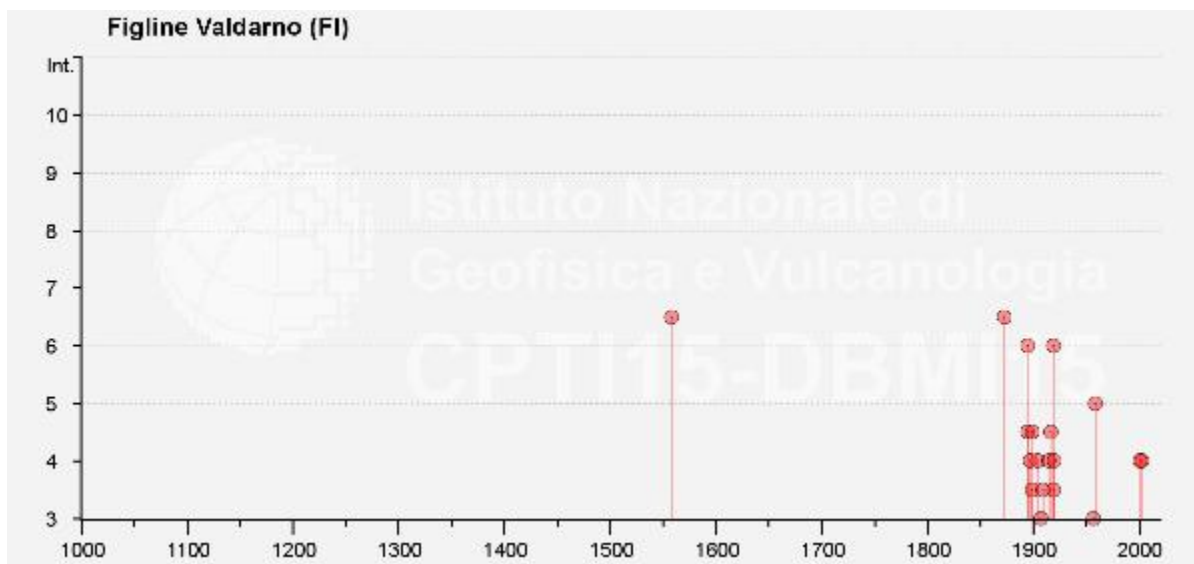
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1770 12 27 04	Valdarno superiore	5	6-7	4.86
5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
2-3	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4.47
5	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5.5
F	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26
NF	1913 07 21 22 35	Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
5	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6.38
3	1939 02 11 11 17	Mugello	31	7	5.01
4-5	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18



Progetto Esecutivo

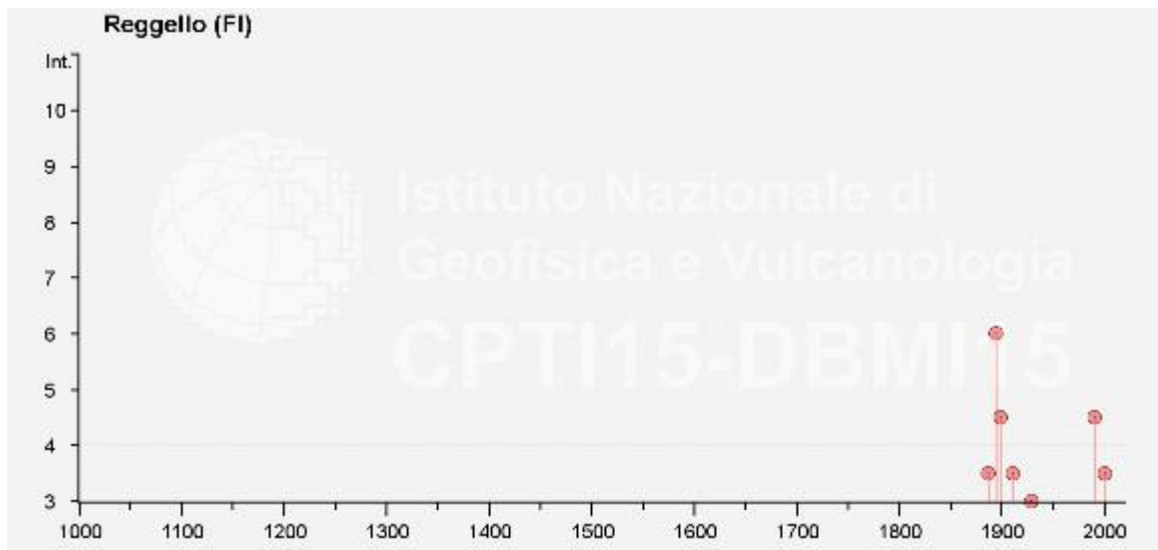
Comune di Figline Valdarno

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1558 04 13 09	Valdarno superiore	29	9	5.97
6-7	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
6	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5.5
4-5	1895 10 25 00 24 58.00	Chianti	36	5-6	4.51
NF	1897 05 22 02 05	Valdelsa	23	5	4.26
4	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
NF	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
4-5	1899 06 26 23 17 22.00	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3-4	1899 07 08 22 56 55.00	Bagno di Romagna	37	4	4.02
4	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1
NF	1907 12 15 13 06 55.00	Chianti	20	5	4.19
3	1907 12 20 10 29 15.00	Chianti	35	6	4.44
3-4	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
4	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
F	1916 08 16 07 06 14.00	Riminese	257	8	5.82
4-5	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
6	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6.38
3-4	1919 10 25 13 51	Alta Valtiberina	30	6	5.03
4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53
2	1920 11 24 04 20	Senese	15	4-5	4.07
2	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5.72
3	1957 04 30 06 05 08.00	Alta Valtiberina	57	5	4.23
5	1959 03 24 10 24	Fiorentino	28	7	4.85
4	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
4	2003 01 26 20 15 03.07	Appennino forlivese	63	5-6	4.5
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18



Comune di Reggello

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
3-4	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4.47
6	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5.5
NF	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
NF	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	1898 03 09 11 43	Romagna settentrionale	68	6	4.59
4-5	1899 06 26 23 17 22.00	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3-4	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5.08
3	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4.96
2	1931 12 15 03 23	Mugello	35	6	4.62
NF	1939 02 11 11 17	Mugello	31	7	5.01
2-3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1991 01 14 07 38 36.65	Casentino	62	5	4.26
NF	1999 01 25 22 45 58.08	Appennino forlivese	97	5	4.36
NF	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4.82
3-4	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003 01 29 23 50 16.38	Appennino forlivese	71	4-5	4.06
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18
NF	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4.29



## 10.2 SISMICITÀ STRUMENTALE - INGV (1985-2019)

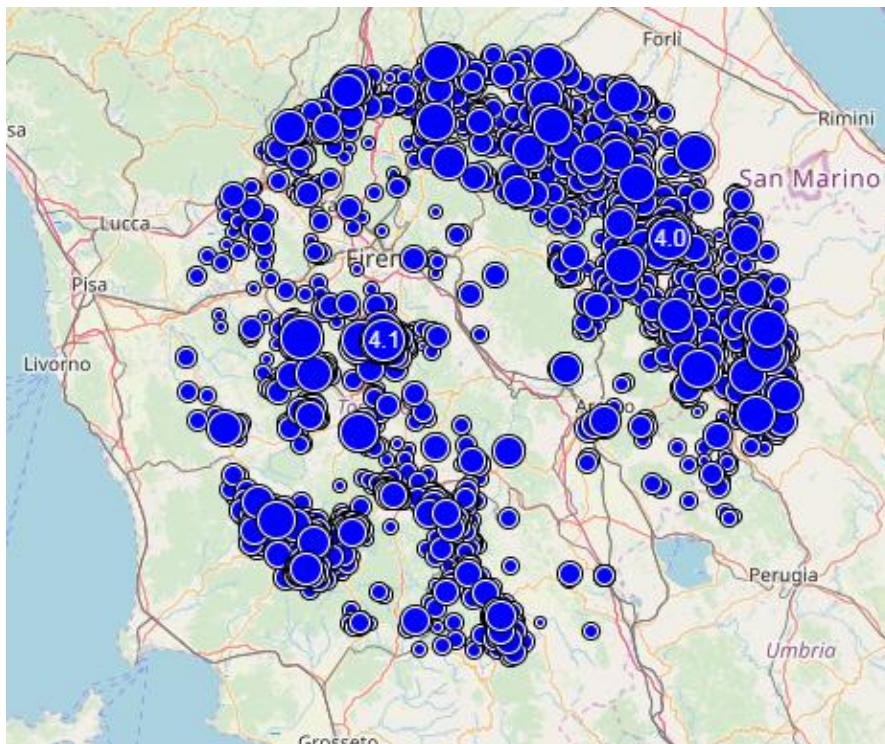
A partire da Marzo 2017 il data base ISIDE (catalogo che fornisce i parametri dei terremoti ottenuti integrando i dati provenienti da localizzazioni effettuate in tempo quasi-reale con i dati del Bollettino Sismico Italiano) è stato sostituito da un nuovo portale dati del Centro Nazionale Terremoti (CNT)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

Selezionando un terremoto nella lista della pagina principale, si accede alla sezione di dettaglio con i dati dell'evento, la Sismicità e la Pericolosità sismica dell'area interessata, le informazioni sull'impatto del terremoto sulla popolazione, le varie localizzazioni (calcoli dell'epicentro) realizzate per quello specifico terremoto, i meccanismi focali e una sezione per il download.

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. Il periodo di ricerca parte dal 1985 fino all'accesso del 28 febbraio 2019.

La figura 10-1 illustra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Data Base per una distanza di 70 km attorno al comune di San Giovanni Valdarno circa centrale rispetto al tracciato di studio complessivo (fig. 10-1).

La distribuzione geografica mostra come i cluster dei terremoti siano prevalentemente collegati alla catena appenninica e all'allineamento che dai Monti del Chianti scende verso l'Amiata e, più internamente, il settore delle Colline Metallifere.



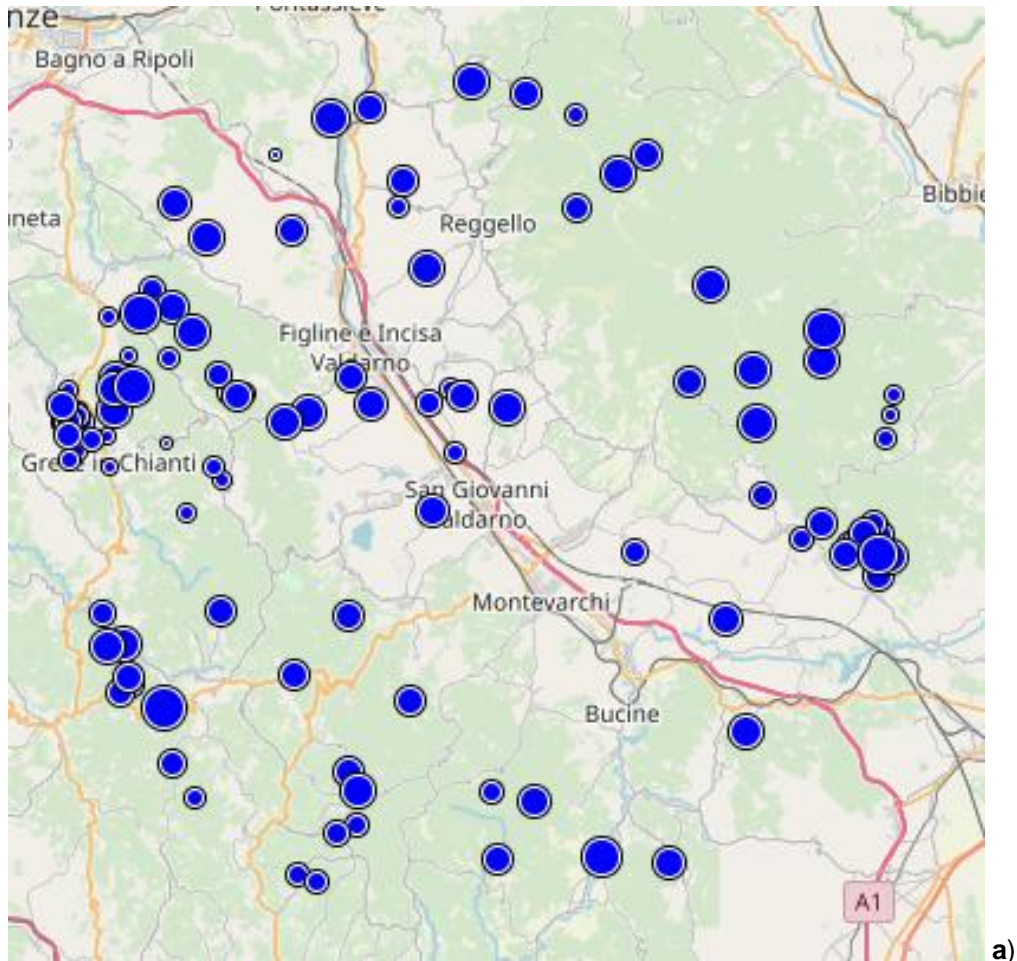
**Figura 10-1** - Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di 70 km dal comune di San Giovanni Valdarno. I dati e i risultati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sono distribuiti sotto licenza Creative Commons Attribution 4.0 International License. Dati al 28 febbraio 2019

In tale area, per l'intervallo di tempo considerato, sono segnalati 19878 eventi (accesso al 28 febbraio 2019) con intensità massima registrata Mw 4,5 a nord di Barberino di Mugello nell'anno 2008.

**Progetto Esecutivo**

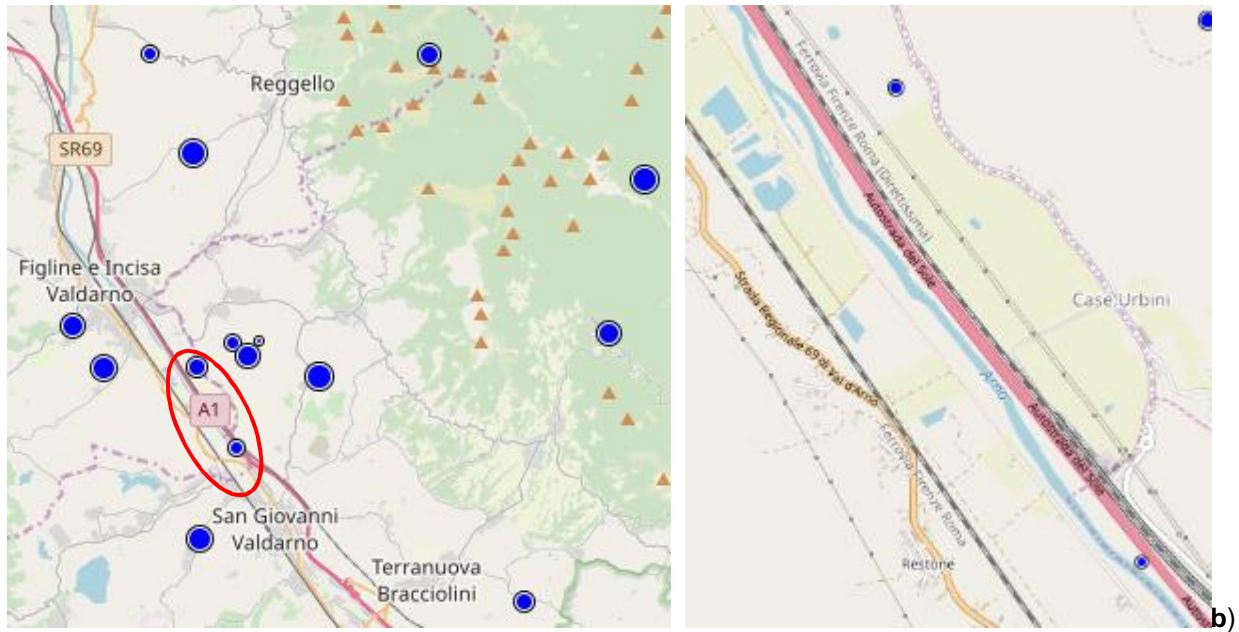
Di seguito (fig. 10-2a) si riporta un dettaglio dei terremoti ubicati nei pressi della zona di studio in un intorno di 20 km da San Giovanni Valdarno dove si evidenziano 118 eventi con magnitudo massima nell'evento ad ovest di Radda in Chianti con Md 3.3 dell'anno 1994.

I terremoti più prossimi all'intera area di intervento (tra Incisa e Valdarno) sono 15 e sono rappresentati in fig. 10-2b con relativa tabella riassuntiva. La magnitudo massima è di 2,5 Md per un terremoto avvenuto a 8 km da Loro Ciuffenna del 1985. Nelle immediate vicinanze del tracciato autostradale sono indicati due terremoti, in cui il più meridionale ha registrato una ML di 1,3 ed è avvenuto nel 2006 mentre il più settentrionale avvenuto nel 2005 ha registrato una ML di 1,5.



a)





Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità	Latitudine	Longitudine
1985-06-02 18:00:05	Mid 2.5	8 km NE Loro Ciuffenna (AR)	10	43.66	11.67
1989-07-10 07:28:59	Mid 2.5	4 km SW Reggello (FI)	5	43.67	11.50
1994-05-08 22:09:37	Mid 2.3	2 km SW Castelfranco Plandiscò (AR)	10	43.61	11.55
2000-04-14 12:24:10	Mid 2.2	6 km S Figline e Incisa Valdarno (FI)	10	43.61	11.47
2000-04-14 12:25:18	Mid 2.2	2 km W San Giovanni Valdarno (AR)	10	43.56	11.50
1997-07-07 09:59:23	Mid 2.0	3 km NE Loro Ciuffenna (AR)	10	43.62	11.65
2000-05-12 10:23:43	Mid 2.0	5 km S Figline e Incisa Valdarno (FI)	10	43.62	11.46
2005-05-14 06:54:51	Mid 1.9	3 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	13	43.61	11.52
2011-10-10 16:26:10	Mid 1.8	4 km E Reggello (FI)	6	43.69	11.59
2010-01-18 17:19:27	ML 1.7	3 km E Terranuova Bracciolini (AR)	7	43.55	11.62
2005-08-16 09:49:35	ML 1.5	5 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	13	43.61	11.50
2006-06-17 06:34:21	ML 1.3	2 km NW San Giovanni Valdarno (AR)	11	43.59	11.52
2015-01-23 14:45:53	ML 1.3	3 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	7	43.61	11.51
2006-10-10 14:33:33	ML 1.2	4 km NE Figline e Incisa Valdarno (FI)	10	43.69	11.46
2018-03-10 22:13:25	ML 0.5	3 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	8	43.62	11.52

**Figura 10-2** – Dettagli della figura precedente per l'area di studio. **a)** ricerca ristretta a 20 km attorno alla zona di San Giovanni Valdarno **b)** dettaglio nei pressi del tracciato con tabella riassuntiva degli eventi in figura

Per maggiori dettagli si rimanda al sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

### 10.3 FAGLIE CAPACI (PROGETTO ITHACA)

L'Italia è una delle zone più attive del Mediterraneo, in termini di tettonica attiva e sismicità. Studi paleosismologici hanno consentito di caratterizzare le faglie responsabili di molti di questi terremoti, dimostrando che le dislocazioni tardo pleistoceniche-oloceniche hanno interessato molte strutture prima considerate silenti.

La stima della pericolosità legata ai terremoti ed alla fagliazione superficiale è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza la conoscenza approfondita e la corretta collocazione delle faglie capaci assume un ruolo chiave per la

Progetto Esecutivo

mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable Faults).

ITHACA è un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Il termine "faglie capaci" è utilizzato per descrivere le faglie "sismiche" con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni potenzialmente "capaci" di produrre deformazioni in superficie. La riattivazione 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 ESI2007.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA disponibile on-line al sito dell'ISPRA (

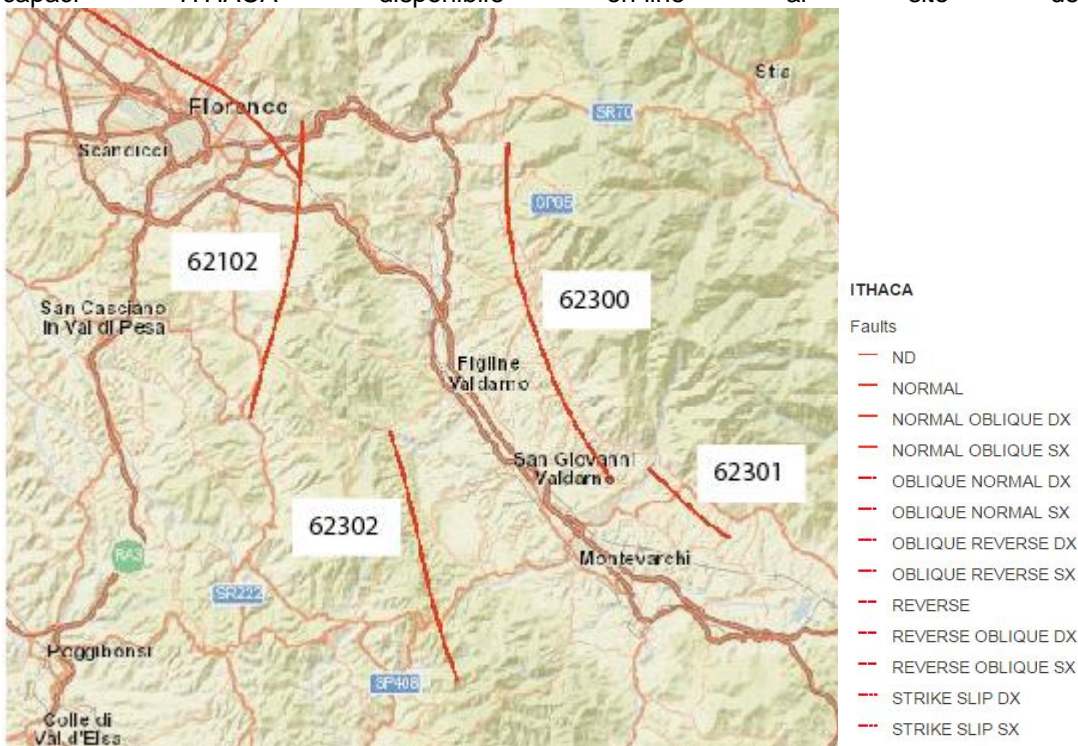
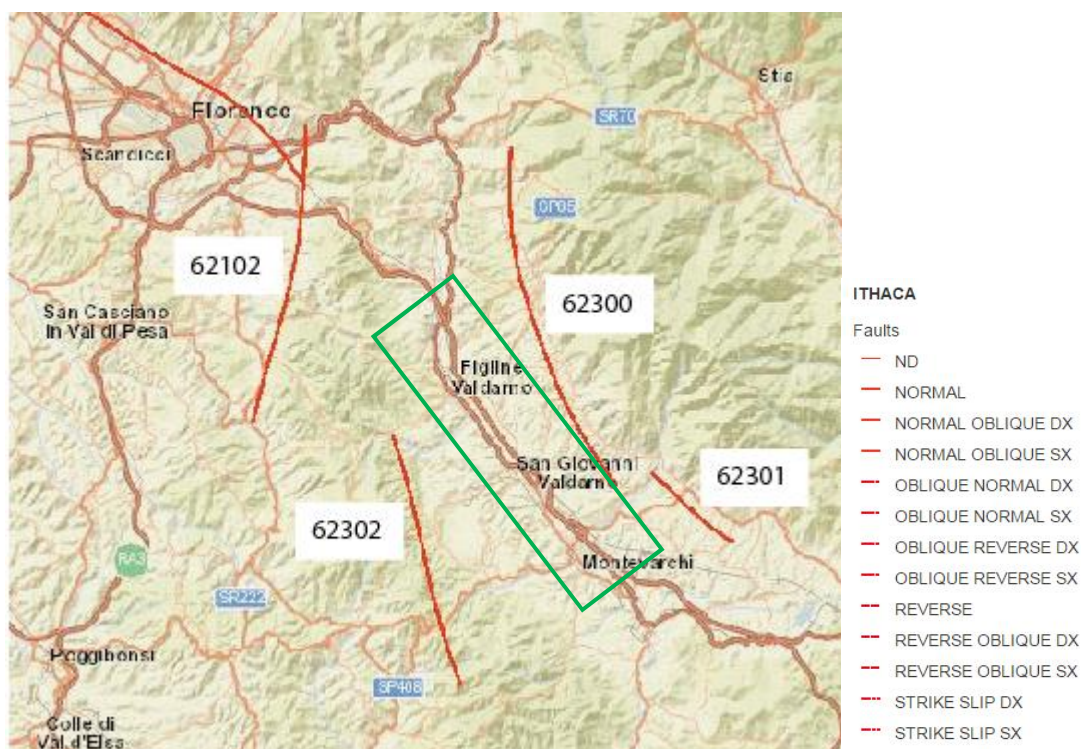


Figura ). Il data base, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il database è in continuo aggiornamento, maggiori informazioni si possono avere consultando le pagine web del progetto.

**Progetto Esecutivo**



**Figura 10-3** -Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA" (Italy HAZard from Capable faults Catalogo delle faglie capaci presenti sul territorio italiano - ISPRA). In verde l'area di interesse. Accesso del marzo 2019.

L'area in esame è bordata da tre faglie ad andamento NO-SE appartenenti al Sistema del Valdarno ed indicate in figura 10-3 con le sigle 62300, 62301, 62302. A nord ovest della zona di interesse si segnala la presenza di una faglia appartenente al Sistema Pistoia- Firenze (62102)

Sistema Valdarno

<b>FAULT NAME</b>	Valdarno System	Valdarno System	Valdarno System
<b>FAULT CODE</b>	62300	62301	62302
<b>REGION NAME</b>	Toscana	Toscana	Toscana
<b>SYSTEM NAME</b>	Valdarno System	Valdarno System	Valdarno System
<b>KINEMATICS</b>	Normal	Normal	Normal
<b>RANK</b>	PRIMARY	PRIMARY	PRIMARY
<b>AVERAGE STRIKE</b>	160°	150°	340
<b>DIP</b>	0	0	--
<b>DIP DIRECTION</b>	WSW	SW	ENE
<b>LENGTH (Km)</b>	32,00000000	32,00000000	32
<b>DEPTH (Km)</b>	0,00000000	0,00000000	0,00000000
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Medium reliability	Medium reliability	Medium reliability
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW	LOW	LOW

Sistema Pistoia Firenze

<b>FAULT NAME</b>	Firenze
<b>FAULT CODE</b>	62102
<b>REGION NAME</b>	Toscana
<b>SYSTEM NAME</b>	Pistoia-Firenze System
<b>KINEMATICS</b>	Normal
<b>RANK</b>	PRIMARY
<b>AVERAGE STRIKE</b>	190°
<b>DIP</b>	0
<b>DIP DIRECTION</b>	WNW
<b>LENGTH (Km)</b>	45,00000000
<b>DEPTH (Km)</b>	0,00000000
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Medium reliability
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW

#### 10.4 ZONAZIONE SISMOGENETICA E STRUTTURE SISMOGENETICHE

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 ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica. Molti dati sulle sorgenti sismogenetiche delle Alpi Meridionali derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici

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

La figura seguente evidenzia le aree sismogenetiche prossime all'intera zona di studio (poligoni color arancione), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenuti attivi, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni color arancione chiaro); le campiture in rosso indicano i sistemi di faglia.

Progetto Esecutivo

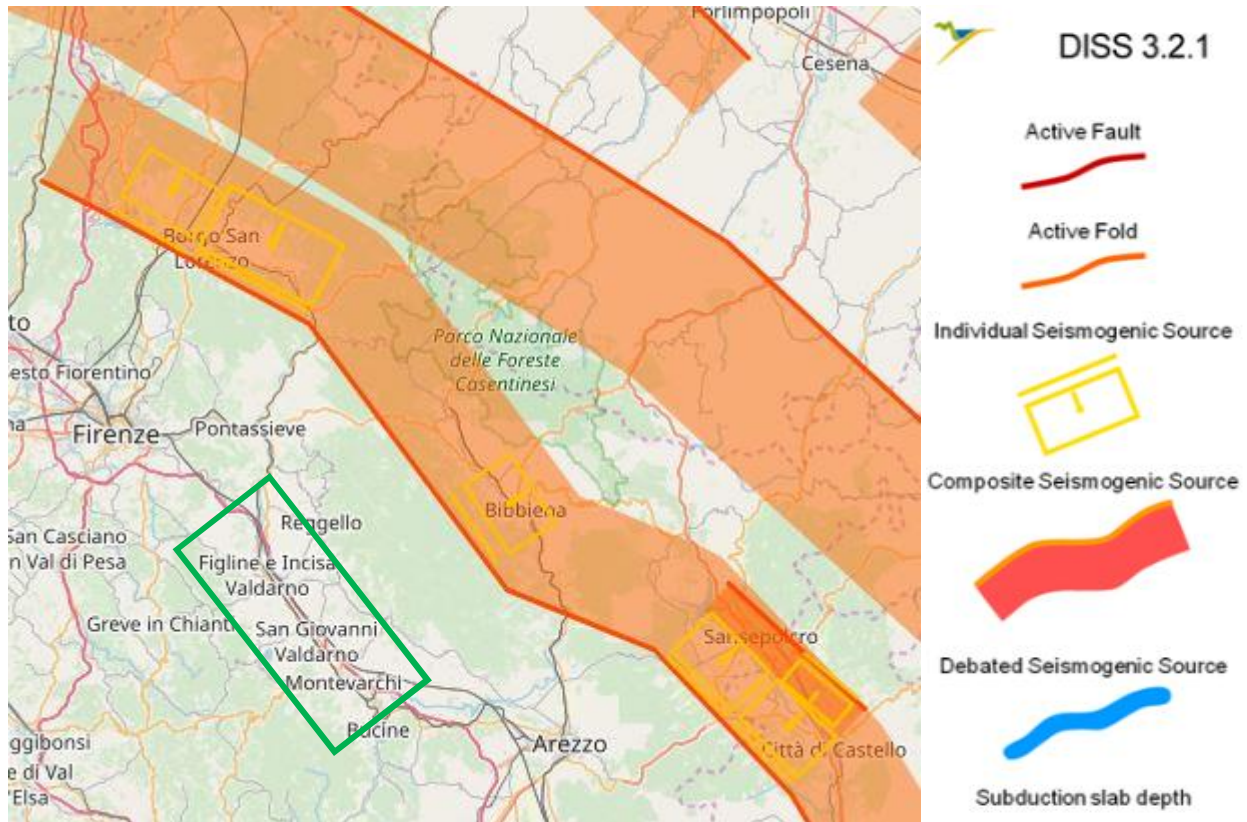


Figura 10-4 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse (Fonte: Database of Individual Seismogenic Sources DISS 3.2.1) (Accesso del marzo 2019). In verde l'area di interesse

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.2.1", si osserva che le opere in progetto ricadono in una zona governata principalmente dalla sorgente sismogenetica composta Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037) i cui parametri sono qui sotto rappresentati.

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	0.5	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth [km]	8.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	280...330	EJ	Inferred from regional geological data.
Dip [deg] min... max	25...40	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Come si evince dalla descrizione presente sul sito si tratta di una sorgente composta che corre per circa 200 km ed è costituita da insieme di faglie a basso angolo non profonde che marcano il bordo estensionale occidentale dell'Appennino.

Progetto Esecutivo

La sorgente individuale più prossima all'area di studio è indicata con la sigla ITIS076 e denominata Poppi e le sue caratteristiche sono di seguito elencate.

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	43.70 / 11.80	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Length [km]	9.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	7.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Max depth [km]	4.5	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Strike [deg]	326	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Dip [deg]	30	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Rake [deg]	270	OD	Based on geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.3	ER	Calculated from $M_0$ using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1... 1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	300... 3000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.8	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Questa sorgente individuale potrebbe essere associata al Sistema di Faglie Etrusco (Etrurian Fault System o EFS) anche se permangono incertezze al riguardo per mancanza di approfonditi studi geologici di campagna. Pertanto non è chiaro il potenziale sismogenetico di questa sorgente. Una questione aperta inoltre attiene al quesito se il Casentino possa essere potenzialmente sede di terremoti di magnitudo 6.

## 10.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi ed amministrativi 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 alle questioni aperte sulla 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 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; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il

Progetto Esecutivo

territorio “non classificato”, che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l’obbligo della progettazione antisismica.

	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

Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata 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 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 i limiti amministrativi (criterio “zona dipendente”).

Nel rispetto degli indirizzi e 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 tre sole zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

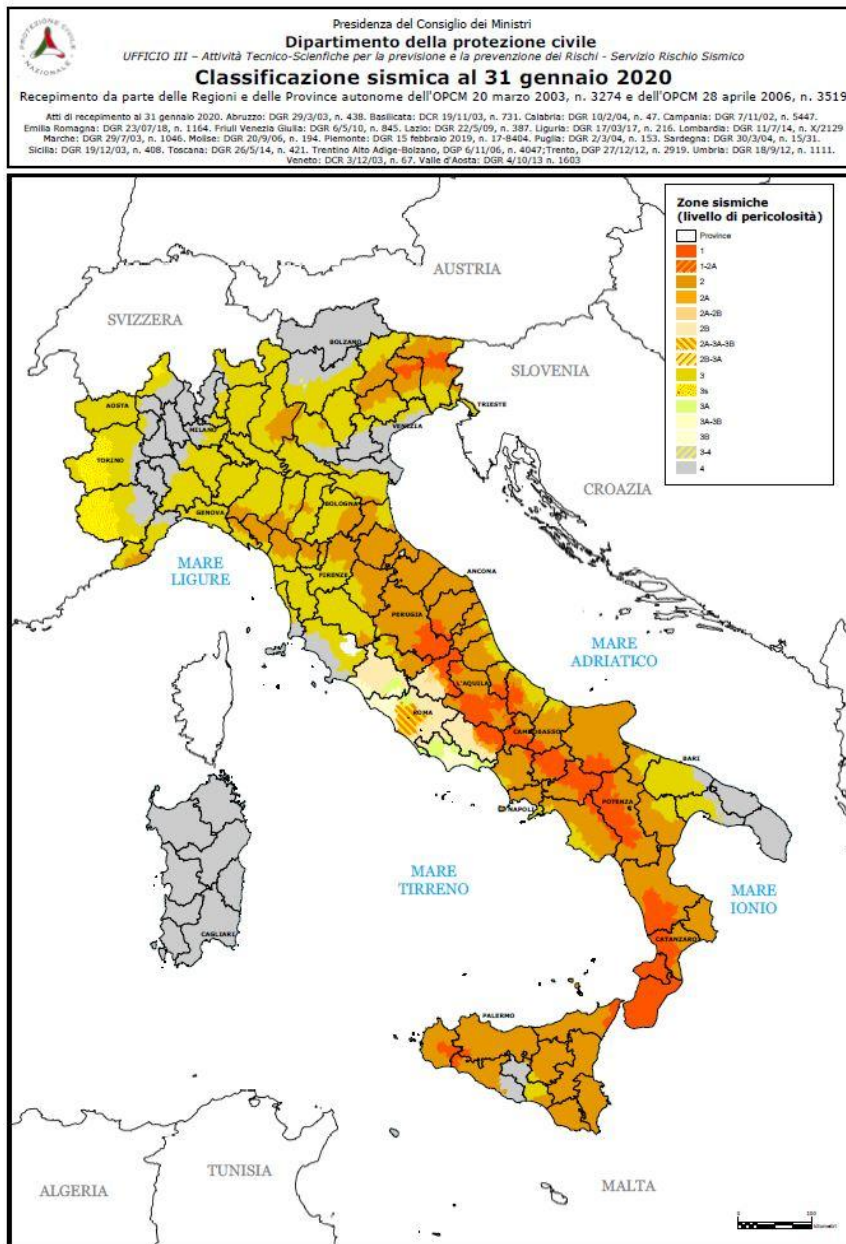
Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag).

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 succ. DM 17/01/2018) 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 nella tabella 1 dell'Allegato B delle stesse NTC), indipendentemente dai limiti amministrativi comunali.*

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 nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la precedente zonazione dei territori comunali mantiene la propria utilità, dal punto amministrativo, per la gestione delle attività di pianificazione e controllo.

Di seguito si riporta uno stralcio della mappa di “Classificazione Sismica” pubblicata dalla Protezione Civile a inizio 2020 (Figura 10-1).



**Figura 10-1- Classificazione Sismica a gennaio 2020 (Fonte: Protezione Civile).**

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”:



**Progetto Esecutivo**



**Figura 10-2 - Classificazione Sismica al 2014 (Fonte: Regione Toscana) (accesso settembre 2020).**

In conformità alla normativa vigente, i comuni interessati dal progetto ricadono nelle seguenti classi:

Regione	Provincia	Codice Istat	Denominazione	Classificazione 2020 (Protezione Civile)
Toscana	Firenze	48052	Figline ed Incisa Valdarno	3
Toscana	Firenze	48035	Reggello	3

La definizione dell'accelerazione di riferimento non è oggetto della presente relazione.

## 11 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sotto l'aspetto idrogeologico generale, l'area in studio ricade negli acquiferi appartenenti al bacino del Fiume Arno e nello specifico, nel Corpo Idrico Sotterraneo (DGRT n. 225/2003 della Regione Toscana) del Valdarno superiore, identificato con il codice "11AR041".

Questo corpo è caratterizzato da una falda idrica contenuta nei depositi alluvionali del fondovalle che costituisce la principale risorsa idrica del Valdarno Superiore. I depositi alluvionali formano una striscia della larghezza media di 1,5 km e sono costituiti da due livelli principali: quello inferiore, formato da ciottoli, ghiaie e sabbie, con poche lenti di limo e quello superiore corrisponde ad un deposito di esondazione ed è costituito da sabbia limosa o limo sabbioso nella parte centrale, da limo con tenori variabili di sabbia e argilla lateralmente.

Al di sotto dei depositi alluvionali si trovano quasi ovunque le argille lacustri plio-pleistoceniche, che con la loro bassa permeabilità, costituiscono una base dell'acquifero il quale risulta anche confinato lateralmente dalle stesse formazioni, che costituiscono i rilievi al margine della valle del fiume Arno.

Quindi, laddove i sedimenti fluviali o quelli lacustri contenenti gli acquiferi presentano spessori maggiori, si possono ritrovare più falde sovrapposte, che possono dar luogo anche a falde artesiane. Tuttavia la presenza di soluzione di continuità nelle lenti o nei livelli impermeabili assegnano alle differenti profondità della falda multistrato quote piezometriche grossomodo equivalenti.

I livelli piezometrici misurati nelle zone collinari, lateralmente alla piana, interessati dai depositi di versante, di frana ed eluvio-colluviali, su un substrato che nella parte alta è rappresentato da terreni di natura sabbiosa/ghiaiosa delle formazioni delle sabbie di Borro Cave e di C. la Quercia tamponati alla base da formazioni limose e argillose (formazioni del T. Oreno, del T. Ascione e di Terranuova) costituiscono una falda pellicolare connessa quasi esclusivamente alle precipitazioni e pressoché priva di ricarica, e quindi fortemente suscettibile alle variazioni stagionali. Tali acquiferi ricoprono una discreta importanza in quanto contribuiscono all'alimentazione della falda presente nei sottostanti depositi alluvionali del fiume Arno.

Di seguito si riporta la descrizione schematica del modello idrogeologico, ricostruito per il settore in studio, che si riferisce ad un periodo specifico (mese di giugno-luglio 2018) e non rappresenta la cosiddetta "falda di progetto", che deve essere definita dal punto di vista ingegneristico tenendo conto delle caratteristiche delle opere progettate. Infatti, bisogna introdurre un adeguato fattore di sicurezza che innalzi i livelli piezometrici del modello ad una quota tale per cui sia garantita la funzionalità / fattibilità delle opere progettate anche nel caso in cui si verificassero escursioni stagionali eccezionali.

Per gli approfondimenti si rimanda agli elaborati specialistici costituiti dalla relazione idrogeologica, contenente i dati relativi al monitoraggio piezometrico, dalla planimetria idrogeologica con profilo idrogeologico e dalle schede dei pozzi e sorgenti censiti.

### Falda libera all'interno delle alluvioni del Fiume Arno e dei corsi minori

I terreni più permeabili sono quelli delle pianure alluvionali (Arno e suoi affluenti), anche se localmente le ghiaie e le sabbie possono essere intervallate da livelli/lenti di limi argillosi di bassa permeabilità e comunque con spessori ed estensione ridotti e dell'ordine di 3-5 metri.

Si tratta della risorsa più importante dell'area in studio e che gode di una situazione idrogeologica particolarmente favorevole in quanto la ricarica risulta essere molto buona sia per la presenza dell'Arno, che insiste sulle proprie alluvioni, e sia per i depositi grossolani (sabbie e conglomerati) plio-pleistocenici affioranti sui margini collinari dei settori vallivi che permettono alle acque piovane di infiltrarsi ed alimentare la falda libera del fondo valle.

Lo spessore dell'acquifero principale, sulla base dei sondaggi geognostici eseguiti ed i dati desunti dalle misure piezometriche nei pozzi misurati, può essere stimato nell'ordine dei 10-15 metri, mentre i valori di soggiacenza misurati risultano bassi ed in genere compresi tra 2 e 8 m. Il valore medio della permeabilità primaria, relativa alla porzione ghiaiosa e sabbiosa, misurata con prove Lefranc, varia da  $10^{-3}$  m/s a  $10^{-6}$  m/s (i valori più bassi sono da attribuire alla maggiore presenza della frazione limoso-argillosa).

Normalmente il fiume Arno drena la falda acquifera confinata nel materasso alluvionale ma localmente si possono presentare inversioni dell'idrodinamica del fiume con l'acquifero che quindi, al contrario, si ricarica

## Progetto Esecutivo

dal corso d'acqua che lo alimenta, a causa della superficie di falda che per effetto dei pompaggi intensi nel periodo estivo ed autunnale, risulta depressa rispetto all'alveo.

Nella pianura alluvionale, l'acquifero è sempre in condizioni freatiche, più o meno direttamente connesso alle portate dei corsi d'acqua; sono rarissimi e discontinui i livelli limoso argillosi, in genere presenti in copertura e che quindi non creano le condizioni per locali falde artesiane.

Il flusso idrico sotterraneo ricostruito, si muove da sud verso nord essendo drenato in direzione dello scorrimento fluviale. I prelievi idrici concentrati e/o di grande entità possono comunque modificare localmente la disposizione delle linee di flusso creando delle zone di perturbazioni.

La falda idrica, superficiale e priva di una copertura impermeabile (oggi sfruttata per uso idropotabile, agricolo ed industriale), risulta sottoposta ad un alto rischio di inquinamento, proveniente anche dall'asta principale dell'Arno, che come precedentemente riportato, può in alcuni periodi alimentare l'acquifero alluvionale.

In conclusione, la falda idrica delle pianura alluvionale rappresenta la risorsa idrica di sottosuolo di gran lunga più importante nel bacino dell'Arno, ma è anche quella più sfruttata e più esposta all'inquinamento, sia per la elevata vulnerabilità intrinseca (le falde sono in genere a piccola profondità, scarsamente protette dal terreno sovrastante), che per la presenza diffusa di fonti di inquinamento potenziale.

#### Falde all'interno dei depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici

Si tratta di acquiferi confinati nelle sabbie perlopiù in giacitura lentiforme, più o meno estese, presenti all'interno della litologia prevalente limosa e argillosa dei Limi di Terranuova, in genere discontinui e poco produttivi per mancanza di una vera ricarica e con una potenzialità ridotta ma che comunque sono sfruttati da numerosi pozzi censiti. Il livello piezometrico associato a tali acquiferi, così come misurato nei piezometri di progetto (SE9bis, SE10, SV8B, SV9A, SE11, SE12, SV15A, SV16A, SE17 e SV23B), mette in evidenza falde sempre in pressione e con quote pressoché equivalenti a quelle della falda superficiale. I valori di permeabilità misurati risultano compresi tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  m/s per la frazione limoso-argillosa e tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  m/s per la porzione sabbiosa.

Differente è la situazione in corrispondenza delle sabbie di Palazzetto (VRCa), intercettate nei sondaggi in corrispondenza di Matassino (a circa 20-30 m di profondità dal p.c.). Queste sabbie risultano contenere una falda acquifera, di buone potenzialità, che risulta sempre essere artesiane e con quote piezometriche in equilibrio con quella della falda superficiale, così come messo in evidenza dai piezometri di tipo Casagrande installati nei fori di sondaggio SV12B, PL2, SV23B e SV21A, nel corso delle diverse campagne geognostiche.

Viste le caratteristiche stratigrafiche di entrambe le falde confinate all'interno dei depositi plio-pleistocenici, si può ritenere che per esse il rischio di inquinamento sia basso, grazie alla presenza pressoché continua e con spessori notevoli dell'orizzonte limoso-argillosi dei limi di Terranuova (VRCb).

#### Falda all'interno delle formazioni litoidi

Si tratta del livello acquifero presente all'interno dell'unità di Monte Morello (MML) in corrispondenza delle linee di filtrazione idrica confinate nelle fasce di fratturazione della formazione litoide costituita prevalentemente da calcari e calcari marnosi.

La permeabilità di tale unità è strettamente connessa alla fratturazione locale ed alla presenza di strutture tettoniche. Per quanto concerne l'area in esame il materiale si presenta generalmente da poco a molto fratturato, di conseguenza la permeabilità si attesta su ordini di grandezza medio – alti.

Nel dettaglio, sulla base delle prove di permeabilità di tipo Lugeon/Lefranc realizzate nei fori dei sondaggi eseguiti nelle diverse campagne geognostiche, sono stati definiti i valori di permeabilità secondaria dell'ammasso roccioso calcareo marnoso di Monte Morello.

Visto il numero di prove d'acqua disponibili è stato possibile stimare i valori di permeabilità per i diversi "stati di fratturazione" in cui l'ammasso roccioso si presenta, permeabilità che in funzione dell'R.Q.D. varia da  $10^{-4}$  e  $10^{-9}$  m/s, come di seguito specificato:

Progetto Esecutivo

Calcere Marnoso (MML)	R.Q.D. (%)	Permeabilità K (m/s)
poco fratturato	30-50	$10^{-6}$
	>50	$10^{-7}$
molto fratturato/tettonizzato	0-40	$10^{-4}$ - $10^{-5}$ - $10^{-6}$
molto fratturato e molto alterato, argillificato	Descritto come "terreno", con esecuzione di prova Lefranc	$10^{-8}$ - $10^{-9}$

In corrispondenza della galleria del Bruschetto, al fine di definire i parametri idraulici dell'acquifero presente nella formazione di monte Morello, nel mese di giugno 2018 è stata eseguita una prova di emungimento a gradini ed una prova di lunga durata (72 ore), predisposte nel pozzo (Pozzo 1) e con l'utilizzo di due piezometri di controllo (PZ1 e PZ2) posti a circa 10 e 15 m dal pozzo.

I risultati di tali prove mettono in evidenza, per l'acquifero freatico, un valore di trasmissività dell'ordine di  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s ed un coefficiente di immagazzinamento di 0.002-0.005.

La soggiacenza, ricostruita con misure piezometriche eseguite nei mesi di giugno-luglio 2018, si attesta su valori massimi compresi tra 30 e 34 m da p.c. (Pozzo 1, PZ1 e PZ2) e valori minimi tra circa 15 e 20 m da p.c. nei pressi degli imbocchi della galleria (SV2B e SE4).

#### Rilievo piezometrico

I dati idrogeologici di base sono rappresentati dalle prove di permeabilità eseguite in situ e dai successivi rilievi piezometrici effettuati in tutti i punti d'acqua disponibili sul territorio in studio.

Quindi, al fine di ottenere un quadro conoscitivo relativo alla distribuzione dei punti d'acqua (sorgenti e pozzi) situati nell'area investigata, è stata operata una raccolta di dati bibliografici presso i vari Enti, seguita da un censimento in sito finalizzato sia alla verifica dei dati raccolti e sia alla loro integrazione mediante misure effettuate nel mese di giugno-luglio 2018 per una fascia di circa 2 km a cavallo del tracciato complessivo (lotto 1 e lotto 2).

Oltre ai pozzi e sorgenti è stato eseguito un monitoraggio dei livelli nei 68 piezometri di progetto installati nelle diverse campagne geognostiche a supporto dei diversi livelli progettuali, compatibilmente con le strumentazioni ancora disponibili.

E' comunque da precisare che i dati del monitoraggio rappresentano misure puntuali, non continue nel tempo, e talvolta acquisite in condizioni di falda non stabilizzata o in condizioni dinamiche.

E' opportuno ricordare che il livello di falda è suscettibile a variazioni stagionali, che a loro volta dipendono dalla piovosità e dagli eventuali scambi idrogeologici con i corpi adiacenti. Quindi sulla base di tutte le considerazioni effettuate, per la definizione della "falda di progetto" non appare opportuno basarsi esclusivamente sui dati di monitoraggio, viceversa è importante tenere altresì in considerazione l'effetto delle oscillazioni stagionali ed annuali a lungo termine, introducendo opportuni fattori di sicurezza che consentano la perfetta funzionalità delle opere a lungo termine.

Pertanto il livello di correlazione ricostruito della falda non rappresenta la "falda di progetto", che dovrà tener conto anche variazioni sopra menzionate e delle caratteristiche dell'opera.

#### Chimismo delle acque

Contemporaneamente alla campagna di misure piezometriche, sono stati effettuati alcuni campionamenti di acqua sia nei piezometri e sia nei pozzi, eseguiti con bailer in pvc/acciaio, successivamente allo spurgo manuale, che hanno permesso di determinare, mediante un misuratore portatile mod. Hanna HI991300, i valori di ph, temperatura e conducibilità elettrica.

I valori misurati, mostrano valori di ph variabili da un minimo di 6.42 ad un massimo di 7.53, la temperatura è compresa tra 14.2°C e 25.4°C (un solo caso ha fornito un valore più alto pari a 29.7°C), con la maggior parte dei valori comunque pari a circa 18-20°, mentre la conducibilità ha mostrato valori minimi di 309 µ/cm e massimi di 1543 µS/cm.

---

**Progetto Esecutivo**

---

L'acqua si presenta in genere limpida e priva di odore, ad eccezione di quella presente in alcuni casi che è risultata torbida, maleodorante e di colore grigio.

*Principali elementi idrogeologici di interesse ingegneristico*

In questo ambito si ribadiscono alcune criticità idrogeologiche emerse dallo studio condotto e che possono avere influenza per la progettazione delle opere ed interferire con la loro realizzazione.

- presenza di acque caratterizzate da valori elevati di conducibilità elettrica da ricondurre ad apporti profondi di acque ricche in cloruri e solfati, quasi sempre riconducibili a circuiti idrogeologici coinvolgenti le formazioni appartenenti al substrato ("Sintema di Montevarchi" e "formazione di Monte Morello");
- presenza di punti di approvvigionamento idrico nelle vicinanze del tracciato stradale ed in particolare di pozzi ad uso vario;
- possibile interferenza con la falda in corrispondenza delle minime soggiacenze, che nel periodo invernale può essere molto bassa;
- ritombamento delle linee di deflusso naturale delle acque (presenza di paleovalvei);
- drenaggio delle acque sotterranee che nell'area hanno una direzione verso NW, ma che localmente, quando il tracciato si avvicina ai rilievi, può risentire del flusso proveniente dalle zone collinari e quindi trasversale rispetto alle opere in progetto.

## 12 PRINCIPALI PROBLEMATICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE INERENTI IL TRACCIATO

Nell'ambito del presente capitolo si sintetizzano le considerazioni a tema geologico e geomorfologico ritenute di maggiore interesse per la progettazione delle opere facendo riferimento alle progressive del tracciato riferibile al lotto 1, procedendo da nord verso sud.

Si ricorda che il profilo topografico riporta l'andamento del terreno lungo asse di tracciamento variante nord/asse tracciamento nord. Ad esclusione di parte del tratto iniziale, l'asse di tracciamento si colloca all'interno del tracciato autostradale esistente che è realizzato in gran parte in rilevato. In mancanza di dati di dettaglio sulla geometria e l'andamento del riporto stradale, si è proceduto alla proiezione sul profilo del piede del rilevato (o, a luoghi, del muro di sottoscampa) di carreggiata sud e quello di carreggiata nord, talora posti a quote differenti. Questo ha permesso di identificare, lungo il profilo longitudinale, i settori occupati con buona sicurezza dal rilevato ed i tratti dove la presenza di terreni di riporto è possibile ma non certa. Il primo caso è rappresentato sul profilo geologico da un apposito retino mentre, nel secondo caso, l'area rimane bianca. La ricostruzione geologica di sottosuolo, per la parte che si sviluppa da progr. 320+157 c.a. a fine intervento, verrà pertanto descritta facendo riferimento direttamente al substrato presente lungo il tracciato al di sotto del rilevato (certo o presunto).

Nel settore di attraversamento del fiume Arno e nel tratto della galleria Nuova Bruschetto il profilo geologico è realizzato lungo l'asse della galleria: in questo caso la progressiva è identificata proiettando l'intersezione del punto di interesse perpendicolarmente sull'asse in tracciamento variante nord.

Il tratto in allargamento alla terza corsia dell'autostrada riferibile al Lotto 1 si sviluppa dal km 317+265 e, procedendo verso sud, termina al km 323+810.

### 12.1 DALLA PROGR. KM 317+265 (INIZIO INTERVENTO) ALLA PROGR. 317+758 C.A. (TRACCIATO ASSE VARIANTE NORD)

Al di sotto del rilevato stradale si rinvengono i terreni ascrivibili alla Formazione delle Argille del Torrente Bagnani (OLCa). Il litotipo prevalente è costituito da argille ed argille limoso sabbiose con presenza di livelli sabbiosi/sabbioso ghiaiosi. Nel tratto iniziale, cioè fino a progr. 317+550 c.a., i numerosi sondaggi eseguiti per la costruzione dell'autostrada negli anni '60 mostrano una certa variabilità composizionale dei depositi (interdigitazioni tra lenti sabbioso ghiaiose ed argille). Le descrizioni stratigrafiche indicano la presenza di materiali piuttosto scadenti, come confermato anche dal sondaggio SA30 realizzato in fase di PD.

Il substrato litoide presente al di sotto di OLCa è costituito dai litotipi calcareo marnosi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MML). La porzione superiore del substrato (spessori che variano in sondaggio dai 18 metri circa di SA31 ai 4,6 metri di SE1) è molto alterata e fratturata. Questo materiale è caratterizzato da porzioni talmente mal ridotte da mostrare caratteristiche comparabili a quelle di un terreno sciolto. Al di sotto della porzione alterata, la formazione di MML si presenta ancora tettonizzata, ovvero costituita da materiale litoide molto fratturato, ma con un grado di alterazione inferiore. Tale situazione è legata alla presenza di una faglia che intercetta il tracciato a progr. 317+757 c.a.

Nel tratto tra progr. 317+662 c.a. e progr. 317+754 tra OLCa e MML si frappone un deposito di genesi fluviale (aa) costituito da ghiaie con limo e sabbie. Si ravvisa anche la presenza di materiale vegetale (sondaggio SA31). La presenza di questo livello contenente elementi organici è confermata anche dal sondaggio 028-S1 reperito dalla documentazione del Piano Strutturale del Comune di Figline-Incisa.

Con riferimento sia alle porzioni alterate e tettonizzate è necessario dire che la variabilità degli spessori riscontrata non permette di definire in maniera univoca gli ambiti non direttamente attraversati dai sondaggi; per questo motivo i soprassegni utilizzati nel profilo geologico rappresentano un'indicazione verosimile ad uso del progettista che, in ogni caso, dovrà adottare opportuni fattori di sicurezza.

## 12.2 DALLA PROGR. KM 317+758 ALLA PROGR. KM 318+620 C.A. (TRACCIATO ASSE VARIANTE NORD E ASSE GALLERIA)

Questo tratto è contraddistinto dalla presenza della Formazione di Monte Morello in posizione sub-affiorante o sotto a pochi metri di depositi antropici e/o detritici. In tutto il tratto si rinviene una fascia fratturata ed alterata di spessore pluri-metrico. La Formazione, in questo settore, presenta porzioni tettonizzate anche a profondità variabili e con spessori decametrici; queste fasce, qualora riconosciute in sondaggio, sono state rappresentate in profilo. A partire circa dalla progr. 317+800 il tracciato è più o meno adiacente ad una ampia zona interessata da rimodellamenti, legati alla presenza del Campo Base per l'allargamento alla 3° corsia della tratta autostradale Firenze Sud – Incisa ed in particolare:

- il riporto del rilevato autostradale è presente fino alla progr. 317+856 e si sovrappone alla Formazione di MML; successivamente fino alla progr. 318+042 la fascia di alterazione e tettonizzazione (SSB9) è di circa 4 metri.
- Da progr. 318+042 a progr. 318+077 sono presenti dei depositi antropici che poggiano su una coltre di detrito eluvio-colluviale a sua volta sovrastante la Formazione di Monte Morello con porzioni sommitali alterate.
- Da progr. 318+077 a progr. 318+351 il tracciato si imposta su una coltre di detrito eluvio-colluviale di spessore plurimetrico che si appoggia sul substrato di MML. Localmente la coltre di detrito è ricoperta da depositi antropici di spessore incerto (progr. progr. 318+179 - progr. 318+355). Si nota che da progr.318+260 c.a. l'asse di tracciamento si distacca dal tracciato autostradale esistente procedendo verso l'area di imbocco sud della Galleria Bruschetto di progetto. Lungo il profilo geologico da progr. 318+315 il tracciato descritto è riferito all'asse della Galleria Nuova Bruschetto.
- Da progr. 318+351 a progr. 318+409 il tracciato interferisce con un'area interessata da fenomeni di franosità diffusa quiescente (a2d) con spessori di alcuni metri.

### Viadotto Arno

Dalla progr. 318+362 il tracciato si sviluppa in viadotto (spalla B del Nuovo Viadotto Arno, in sinistra del fiume). Nella zona della spalla B, al di sotto della coltre di franosità diffusa quiescente, sono presenti detriti accumulatisi al di sopra di terreni alluvionali che, a loro volta si sovrappongono alla Formazione di Monte Morello intimamente alterata e fratturata, come si evince dal sondaggio SA32.

In questo settore, in profondità, è presente il tracciato ferroviario della vecchia linea Firenze – Roma; intersezione delle proiezioni verticali degli assi si colloca all'altezza tra le progressive 318+371-318+409.

- Da progr. 318+409 e progr. 318+441 si rinviene la presenza di depositi eluvio-colluviali poggianti su depositi alluvionali; il substrato è costituito sempre da MML alterato e fratturato.
- Da progr.318+441 fino all'alveo dell'Arno a progr. 318+484 si segnala la presenza di una ulteriore zona interessata da fenomeni quiescenti diffusi (a2d) con spessori di qualche metro. I sondaggi SE1 ed SE2, collocati in fregio al corso del fiume intercettano, al di sotto di un sottile livello di alluvioni sabbiose e ghiaiose, la formazione di Monte Morello che localmente affiora lungo fiume. La Formazione di Monte Morello in questi sondaggi non presenta porzioni alterate ma diffusi livelli tettonizzati a varie profondità con spessori che raggiungono la decina di metri. Sempre in destra Arno, ma a quota lievemente superiore, il sondaggio SA33 indica la presenza di quasi 11 metri di MML molto alterato e fratturato.
- Risalendo il versante in destra Arno, a progr. 318+567 si intercetta il piede di una coltre di frana riferibile a fenomeni di franosità diffusa quiescente che interessa gran parte del versante del colle del Canniccio. Prudenzialmente, al substrato di MML sottostante i dissesti è stato attribuito uno spessore di qualche metro di materiale alterato, come testimoniato da sondaggi collocati più a monte. Questa situazione caratterizza anche la zona dove è prevista la realizzazione della spalla A del Nuovo Viadotto Arno (progr. 318+609) e prosegue per tutto il restante tratto in oggetto (fino a progr. 318+620).

**12.3 DALLA PROGR. KM 318+620 C.A. ALLA PROGR. KM 319+197 C.A. (ASSE GALLERIA)****Nuova Galleria Bruschetto**

A partire da progr. 318+620 il tracciato di progetto prevede l'attraversamento del rilievo del colle del Canniccio tramite la realizzazione della Nuova Galleria Bruschetto. L'attraversamento di questo colle con la vecchia galleria autostradale realizzata negli anni '60 ha fornito numerose informazioni utili alla comprensione dell'assetto geologico-strutturale e delle dinamiche geomorfologiche di questo tratto. Pertanto, prima di procedere alla descrizione di dettaglio lungo il profilo di PE, si riassumono i principali caratteri geologico-strutturali e sedimentologici emersi sia presente studio, sia dai dalle relazioni tecniche storiche.

Il colle del Canniccio è un rilievo orientato circa OSO-ENE posto a ridosso delle anse del fiume Arno che costituiscono la "stretta dell'Incisa", cioè una sorta di gola nella quale il corso del fiume "incide" la roccia. Questo settore costituisce una soglia strutturale derivante dall'azione di faglie attivate nel corso della sua storia geologica. Esso separa due diversi bacini di riempimento della valle dell'Arno, così come descritti schematicamente nel cap. 6 (fig. 6-2).

Geologicamente il colle è formato principalmente dai litotipi calcareo marnosi della Formazione di Monte Morello il cui assetto strutturale è costituito da una blanda sinclinale, come rappresentato nel profilo geologico. Gli strati, infatti, immergono verso sud dal lato dell'imbocco settentrionale e verso N-NW dal lato dell'imbocco sud con inclinazioni ridotte. Il set di faglie che interessa quest'area è rappresentato in planimetria geologica da due famiglie rispettivamente ad andamento NNO-SSE e NE-SO. L'incrocio tra le due famiglie di faglia è rappresentato senza rigetto relativo, data la mancanza di elementi che permettano di stabilire i rapporti temporali di attivazione tra le strutture. Le faglie rappresentate non sono direttamente visibili in affioramento essendo sepolte sotto coltri detritiche, depositi alluvionali e di bacino. La loro posizione è stata ricavata indirettamente da tutti gli elementi disponibili (sondaggi, elementi geologici quali la presenza di depositi di travertino, elementi morfologici e dati di letteratura) pertanto non possono essere considerate come singoli elementi quanto piuttosto come delle fasce di tettonizzazione. Sulla base dei sondaggi effettuati lungo il tracciato della galleria di progetto è possibile affermare che la Formazione di Monte Morello presenti una porzione molto alterata e fratturata al tetto, con presenza di matrice derivante dal disfacimento dei litotipi calcareo marnosi. Verso il basso sono frequentemente presenti livelli di roccia tettonizzata, con vari gradi di fratturazione e di spessore variabile, anche decametrico.

Lungo il crinale, inoltre, alcuni sondaggi geognostici (SB49 ed SV3B) hanno attraversato depositi costituiti da limi argillosi ed argille limose con qualche livello sabbioso, poste al di sopra della Formazione di Monte Morello ed attribuite all'unità dei limi del Torrente Oreno (VRCd) del Sistema di Montevarchi.

Lo sperone roccioso del Canniccio è ampiamente ricoperto da frane sia quiescenti che attive, talora di piccole dimensioni ma tra loro coalescenti. Queste ultime sono indicate come "aree a franosità diffusa" e si innescano frequentemente nelle coltri di disfacimento del MML. Si ricorda che in planimetria geologica queste coltri di detrito sono rappresentati solo se il loro spessore è stimato > di 3-4 metri. I versanti nei tratti più acclivi possono presentare fenomeni di crollo di blocchi.

Le aree a franosità diffusa che interessano il rilievo del Canniccio sono sia quiescenti (a2d) che attive (a1d). Si rammenta che negli areali interessati da questo tipo di fenomeno non è raro trovare alcune porzioni di roccia affiorante di dimensioni anche cartografabili. Dato il contesto in cui sono inseriti non si può escludere che questi affioramenti abbiano subito traslazioni o rotazioni e pertanto non siano rappresentativi del reale assetto/condizione dell'ammasso roccioso sottostante. La strada del Mulino di Bruschetto, che corre lungo fiume, è stata interessata in tempi recenti da fenomeni di frana (attiva) che ne hanno ostruito il passaggio. Questo fenomeno, vista la modesta estensione areale, è stato indicato con il simbolo di frana non cartografabile all'interno del settore a franosità diffusa (fig. 12-1a, 12-1b).

La fragilità di questi versanti è testimoniata anche da fenomeni di crollo quali, ad esempio, quelli che si sono manifestati sull'imbocco sud della Galleria Bruschetto esistente e lungo il versante in approccio ad esso (v. cap.5, fig. 5-7). Queste frane, avvenute nel marzo 2018, hanno richiesto interventi di messa in sicurezza attuati attraverso demolizione di blocchi instabili, realizzazione di placcaggi e posa in opera di reti. In questo settore sono stati utilizzati, per la realizzazione di due rilievi geomeccanici, gli affioramenti messi a giorno proprio dal dissesto.



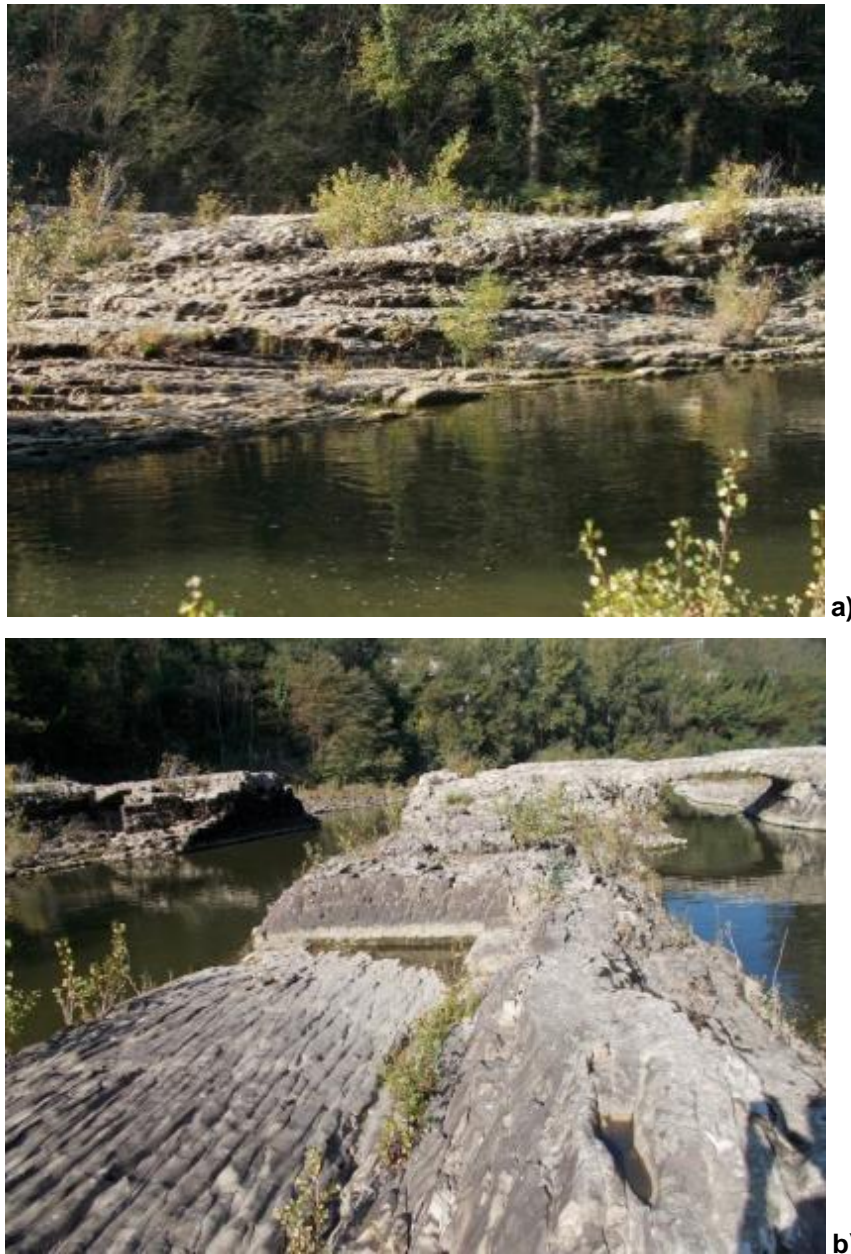


**Figura 12-1** – Versante occidentale del colle del Canniccio, lungo la strada del Mulino di Bruschetto: **a)** dissesto recente che ha ostruito la strada; **b)** coltre detritica di disfacimento della Formazione di Monte Morello messa a nudo da un episodio franoso.

Un elemento morfologico indicato come “depressione di natura complessa” in planimetria geomorfologica, è stato riconosciuto al di sopra dell’imbocco nord della Nuova Bruschetto nei pressi del sondaggio SA33. La genesi di queste depressioni (cap. 5 fig. 5-9) è stata definita complessa a causa di una probabile origine combinata o comunque incerta. Sulla base di informazioni reperite in loco, si è giunti alla conclusione che potrebbe trattarsi di depressioni legate alla caduta di bombe durante l’ultimo conflitto mondiale, anche se il substrato nella zona è costituito dai litotipi carbonatici della formazione di Monte Morello e l’area è potenzialmente sede di fenomeni carsici. La propensione al carsismo di tale unità è testimoniata dalle grotte e dalle forme censite dalla Regione Toscana sul territorio di competenza, oltre che da prospezioni geognostiche eseguite per progetti di allargamento autostradale in simili contesti geologici. Dalle informazioni tratte dal sito Geoscopio della Regione Toscana, però, non risultano documentati elementi di carsismo nell’area di interesse, né sono stati evidenziati particolari fenomeni nell’ambito dei sopralluoghi effettuati.

Dati storici relativi alla Galleria Bruschetto esistente

Si descrivono brevemente alcune delle caratteristiche principali dell'ammasso roccioso evinte dalle relazioni tecniche storiche inerenti lo scavo dell'esistente galleria Bruschetto. Nell'insieme la roccia è descritta come tettonizzata e sconnessa. In particolare, in uno di questi documenti, si ravvisa la presenza di frequenti fratture molto ravvicinate tra loro, parallele e disposte ortogonalmente alla stratificazione. Una situazione analoga è stata rilevata, nel corso delle attività in sito, in alcuni affioramenti lungo il corso del fiume Arno nei pressi del Mulino di Bruschetto (fig. 12-2).

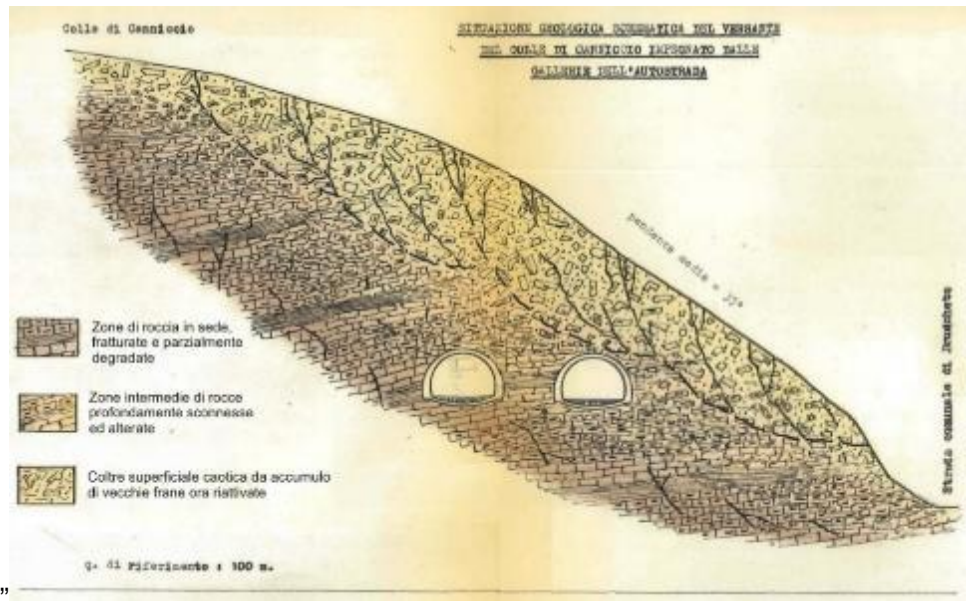


**Figura 12-2** – Affioramenti della Formazione di Monte Morello (MML) lungo il corso dell'Arno, all'altezza del Ponte di Annibale (Mulino di Bruschetto); **a)** stratificazione poco inclinata in MML (foto dal ponte verso la sinistra Arno) **b)** fratturazione ravvicinata e subverticale rispetto alla stratificazione (affioramento nell'alveo del fiume). In questo affioramento la stratificazione ha giacitura 292/13, la famiglia di fratture più evidente è orientata a 205/80 circa. Una ulteriore famiglia, più spaziata e perpendicolare alla precedente (visibile in foto), è orientata circa 115/70.

Le relazioni sugli scavi segnalano fenomeni di laminazione ed aspetto contorto che interessano le porzioni più pelitiche degli strati, descritte come marnose e argillose. Alla tettonizzazione è attribuito il grado di alterazione

Progetto Esecutivo

e degradazione riscontrato nella roccia, in quanto avrebbe facilitato le infiltrazioni idriche e l'azione degli agenti atmosferici. Tale alterazione venne riscontrata fino a notevole profondità determinando, nelle porzioni più pelitiche, la presenza di una massa "altamente plastica e fortemente spingente che ingloba gli spezzoni degli strati calcarei". Dal centro della collina verso le zone più esterne degli imbocchi viene descritto un passaggio graduale da condizioni di roccia in sede più o meno fratturata a zone intermedie molto fratturate con fratture beanti in cui si verificarono fenomeni di collasso, fino a giungere alle porzioni più parietali ridotte ad un ammasso caotico di blocchi in matrice argillosa (v. schema di figura 12-3). Il lato più esposto ai fenomeni di degrado risultò quello più vicino al corso del fiume Arno probabilmente a causa di fenomeni di scalzamento al piede delle porzioni alterate e fratturate e delle coltri detritiche che ne derivavano.



**Figura 12-3** – Schema geologico tratto dallo studio dell'anno 1962 relativo alla ricostruzione geologica del versante del Canniccio interessato dallo scavo delle due canne della galleria Bruschetto (Ing. Nicotera - Univ. Di Napoli)

Comunque il settore che presentò i maggiori problemi all'epoca dello scavo riguarda il lato dell'imbocco sud. In questa zona si verificò infatti un dissesto di diversi metri di profondità che si impostò sulla coltre detritica e di frana e che raggiunse quasi la sommità del versante.

Descrizione di dettaglio del tracciato in progetto

Si procede alla descrizione di dettaglio della ricostruzione geologica in asse galleria così come rappresentata negli elaborati di progetto:

Progr. 318+620 c.a. – progr. 318+689 c.a. - in questo tratto si collocano gli imbocchi artificiale e naturale nord della galleria Nuova Bruschetto. Nel tratto iniziale il tracciato interferisce con la porzione di MML alterata e fratturata presente al di sotto della coltre di frana di tipo a2d che interessa gran parte del versante. Proseguendo poi all'interno dell'ammasso la galleria intercetta porzioni fratturate di MML. A circa 150 metri ad est dell'imbocco nord della nuova galleria Bruschetto è presente una vallecola a V dove è affiorante del travertino associato ad una emergenza sorgentizia. Questi elementi hanno permesso di identificare una faglia ad andamento NO-SE, circa parallelo al nuovo tracciato autostradale

Progr. 318+689 c.a. – progr. 318+756 c.a. - il tracciato prosegue nella Formazione di MML che appare dai sondaggi meno fratturata.

Progr. 318+756 c.a. – progr. 319+165 c.a. - la galleria di progetto attraversa una ampia fascia di MML tettonizzato (roccia da fratturata a molto fratturata) a varie quote. Nei pressi della progr. 319+011 c.a. è stato realizzato, fuori asse, il sondaggio SE4BIS, profondo 25 metri, al fine di indagare la coltre di frana quiescente presente sul versante a monte dell'area di imbocco. Il detrito di frana è risultato spesso circa 4 metri. Il MML

Progetto Esecutivo

sottostante è risultato molto alterato e fratturato per una decina di metri per passare poi a roccia fratturata e solo più in profondità a condizioni di roccia poco fratturata.

Progr. 319+165 c.a. – progr. 319+197 c.a. - in questo tratto si collocano gli imbocchi artificiale e naturale sud della galleria Nuova Bruschetto che si sviluppano in terreni dapprima ampiamente fratturati, poi estremamente alterati e fratturati (da circa progr 319+191). Da progr.319+184 c.a. fino all'imbocco in calotta il tracciato intercetta dei detriti antropici legati alla viabilità di accesso ad un capannone.

Progr. 319+197 c.a. – progr. 319+261 c.a. – il tracciato si sviluppa in una zona di MML estesamente fratturato ed alterato. A partire da progr. 319+216 c.a. si ravvisa la presenza di una coltre di qualche metro di spessore costituita da depositi eluvio-colluviali ed antropici.

### 12.3.1 Viabilità LC17

Nell'ambito del nuovo imbocco Nord della galleria Bruschetto si inserisce la nuova viabilità LC17; la sezione 1 Tratto B, ricostruita anche sulla base di una specifica indagine geofisica, evidenzia la presenza di dissesti quiescenti di tipo a2 e a franosità diffusa a2d, costituiti da materiale eterogenico ed eterometrico associato a matrice. Si tratta di fenomeni di ridotte dimensioni che coinvolgono, nella parte sommitale del rilievo i limi del torrente Oreno (VRCd) appartenenti al sintema di Montevarchi e la parte più superficiale-alterata e corticale del rilievo costituito dalla formazione di Monte Morello (MML), fratturato ed in parte tettonizzato, con spessori della coltre franosa dell'ordine di c.a. 2-3 m.

### 12.4 DALLA PROGR. KM 319+261 C.A. ALLA PROGR. KM 319+308 C.A. (TRACCIATO ASSE VARIANTE NORD)

Il tratto finale del tracciato in asse variante nord si colloca completamente nella coltre di detrito eluvio-colluviale localmente sovrastata da depositi di origine antropica (area del maneggio loc. Ciliegi). In questo settore è prevista la realizzazione di un'area di supporto logistico alla costruzione della galleria. Il substrato di MML è molto alterato e fratturato per spessori plurimetrici fino a decametrici, passante verso il basso a MML tettonizzato.

### 12.5 DALLA PROGR. KM 319+308 C.A. ALLA PROGR. KM 319+439 C.A. (TRACCIATO ASSE NORD)

La descrizione del tracciato prosegue riferendosi alle progressive della variante nord, come riportato sul profilo geologico. A progr. 319+314 è prevista la realizzazione di un prolungamento di un ponte obliquo ad arco sotto il rilevato del Fosso Cetina e a progr. 319+418,36 l'ampliamento della strada comunale dei Ciliegi.

Il tracciato interseca attorno alla progr. 319+308 c.a. il fosso Cetina il cui alveo è in approfondimento come riportato in planimetria geomorfologica. I fianchi del fosso sono interessati da limitati fenomeni di franosità diffusa quiescente. Superato il fosso di Cetina, al di sotto del riporto antropico sono presenti depositi alluvionali poggianti su MML intensamente alterato e fratturato (progr.319+323 - progr. 319+411) localmente ricoperto da un limitato deposito ascrivito a detrito di versante. La tettonizzazione del MML e la successiva alterazione è legata a faglie che intercettano il tracciato a progr. 319+350 e a progr. 319+439. Si ricorda che il simbolo della faglia va inteso come una zona interessata da un insieme di strutture fragili più che da un singolo elemento.

### 12.6 PROGR. 319+439 – PROGR. 320+157 (TRACCIATO ASSE NORD)

In questo tratto sono previste le seguenti opere principali:

- demolizione e ricostruzione del cavalcavia sulla S.R.69 Valdarno alla progr. 319+776,39
- nuovo cavalcavia stazione Incisa alla progr. 319+987,24

Superata la zona di faglia, da progr. 319+439 e fino a progr. 319+445 il tracciato poggia su terreni detritici eluvio-colluviali di spessore plurimetrico situati al di sotto del rilevato autostradale esistente. Il detrito eluvio-

colluviale ricopre anche l'unità dei limi di Terranuova (VRCb), qui caratterizzata da prevalenti terreni fini (limi e argille) con locale presenza di materiale organico e livelletti torbosi. In questo contesto si situa il cavalcavia sulla S.R.69 del Valdarno di cui è prevista la demolizione e ricostruzione.

Il substrato litoide costituito dalla Formazione di Monte Morello si approfondisce procedendo verso sud: l'ultimo sondaggio che intercetta MML è SE7: in questa zona il substrato si colloca a circa 23 metri di profondità in asse ed è ancora intensamente tettonizzato.

A progr. 319+857 il tracciato intercetta una faglia che si suppone possa interessare anche i limi di Terranuova (VRCb) in analogia a quanto riscontrato in altri settori dell'area di studio.

Da progr. 319+879, al di sotto di un limitato spessore di detrito eluvio-colluviale, sono presenti fino progr. 320+072 depositi alluvionali caratterizzati dalla presenza di ghiaie e sabbie ghiaiose con spessori di circa 1-1,5 metri, poggianti sui limi di Terranuova. In questo contesto è prevista la realizzazione del nuovo cavalcavia stazione Incisa. Nel tratto successivo il detrito eluvio-colluviale poggia direttamente sui limi di Terranuova (VRCb).

In questa zona, alla fine anni '70, è stato segnalato un dissesto con sollevamento della piattaforma stradale e formazione di lesioni. Gli elaborati tecnici dell'epoca recuperati assieme alle stratigrafie delle indagini geognostiche evidenziano la presenza di una superficie di scorrimento alla profondità di 7 metri. Le stratigrafie dei sondaggi variabilità relativamente allo spessore della coltre d'alterazione che, nella parte superiore dei limi di Terranuova, raggiunge anche i 6 metri. I sondaggi pregressi realizzati in testa alla trincea evidenziano la presenza di materiali scadenti per spessori variabili da circa 5 a 22 metri. In ragione di quanto esposto, in questo settore deve essere usata particolare cautela anche durante la realizzazione delle opere di allargamento.

Si nota che nei pressi della carreggiata nord è prevista la realizzazione di aree di cantiere tra cui un campo operativo (CO01) ed un campo base (CB01). Queste zone sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali recenti (b1) e da detrito eluvio-colluviale. L'area CB01 confina con un versante interessato da una frana quiescente di spessore variabile da 13 metri (sond.SE20) a circa 5 metri (sond.SE19). Le letture inclinometriche ad oggi confermano la quiescenza del dissesto, indicando solo una piccola deformazione entro i primi 3 metri da p.c. Il deposito di frana quiescente presenta anche fenomeni di soliflusso localizzato.

## **12.7 DALLA PROGR. KM 320+157 C.A. ALLA PROGR. KM 320+909 C.A.**

Le principali opere presenti nel tratto sono:

- ampliamento sottovia scatolare (progr. 320+245)
- ampliamento di sottovia obliquo (progr. 320+535)
- nuovo cavalcavia per la strada vicinale di Ricavo (progr.320+799)

I terreni sono costituiti dal limo argilloso della Formazione di Terranuova, contenenti anche materiale organico e livelli torbosi a varie profondità. In particolare il sondaggio SE9bis, che si trova nei pressi dell'ampliamento del sottovia di progr. 320+535, presenta un livello di 4 metri di torba a profondità di 35 m. Livelli di lignite e torba sono segnalati nell'area anche dai sondaggi SI3 ed SI3bis riportati in profilo.

Depositi eluvio-colluviali (a4) sono presenti a tetto di VRCb con spessori che raggiungono circa gli 8 metri. Attorno alla progr. 320+600 il rilevato autostradale è stato oggetto di cedimenti, infatti già negli anni '80, sono state eseguite indagini geognostiche per studiare tali fenomeni. Sono stati altresì previsti specifici interventi ingegneristici finalizzati al miglioramento del drenaggio delle acque.

In questa porzione di tracciato è prevista la realizzazione, a fianco della carreggiata sud, di un'area adibita a campo operativo (CO02) che si colloca su depositi alluvionali recenti (b1). Quest'area è classificata dal P.G.R.A. come contraddistinta da pericolosità idraulica elevata (alluvioni frequenti, v. cap. 7.2); inoltre, parte della zona della Rugginosa è a vulnerabilità 2 per quanto riguarda la subsidenza (da AdB Distrettuale Appennino Settentrionale – cap.8). Infine, quest'area è ricompresa nell'ambito della cassa di espansione in progetto denominata Prulli, prevista lungo il corso del fiume Arno tra il casello autostradale e la progr. 324+835 dell'autostrada A1

Nei pressi dello svincolo sono previste delle aree di supporto logistico alla realizzazione dell'ampliamento; tali aree sono posizionate al di sopra di riporti antropici.

In corrispondenza della progr. 320+800 l'autostrada è lambita in carreggiata nord da un ampio dissesto quiescente su cui s'impostano alcuni soliflussi localizzati. In particolare, lungo il versante prospiciente questo tratto sono stati realizzati due sondaggi (SI3, SI4) strumentati con inclinometri. Nell'ambito del presente studio è stata realizzata una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione (RIFR8). La ricostruzione della geologia del versante è rappresentata nella sezione trasversale 2 "Tratto D" dove gli spessori della frana quiescente raggiungono i 3,5 metri senza interessare l'autostrada.

## 12.8 DALLA PROGR. KM 320+909 C.A. ALLA PROGR. KM 321+123 C.A. (FRANA LE COSTE)

Tra progr. 320+909 e progr 321+123 il tracciato interferisce con un'area interessata da alcuni dissesti che sono presenti sul versante adiacente la carreggiata nord dell'autostrada A1, in località Fattoria Le Coste. Nello specifico, gli studi condotti su questo settore hanno permesso di distinguere un'area in frana quiescente di tipo "a2" dal km 320+909 al km 321+000 ed una frana attiva "a1" oltre tale progressiva e fino al km 321+123. Si segnala che la cartografia P.A.I. fa ricadere tutta la parte bassa del versante in pericolosità da frana molto elevata (PF4), riferendola ad una "area con franosità diffusa attiva".

Questo dissesto attivo si colloca comunque in una più ampia area caratterizzata da frane quiescenti (v. apposita planimetria degli enti P.G.R.A e P.A.I.).

Il versante è stato strumentato mediante gli inclinometri SI1 ed SI2 (realizzati nel passato da privati) e dall'inclinometro SE10bis, associato al piezometro SE10ter, realizzati nei pressi dell'edificio lesionato lungo la S.R. 69. E' inoltre stata svolta un'apposita indagine geofisica mediante sismica a rifrazione (RIFR9). Le lesioni presenti sui manufatti ricadenti nell'area (fig. 12.4 lesioni su S.R.69, fig. 12.5 lesioni su edificio) determinano l'attribuzione del dissesto a frana attiva. Le stratigrafie dei sondaggi SI1 e SE10bis fanno ipotizzare una superficie di scivolamento a circa 17-18 metri di profondità (v. sez. trasversale 1 "tratto d"): i dati inclinometrici a oggi disponibili (SE10bis) non indicano criticità, mentre in SI1 è individuabile uno spostamento di c.a. 7mm a circa 20,5 m di profondità. Dalla ricostruzione effettuata per il presente progetto si ipotizza che la frana attiva si sviluppi affianco all'autostrada in quanto, a oggi, risultano assenti segnalazioni di lesioni sull'infrastruttura, ciò porta a ritenere che la coltre di frana al di sotto del tracciato autostradale sia di tipo quiescente (a2). La profondità massima della frana quiescente, ricostruita nei profili longitudinale e trasversale, è stata ipotizzata in circa 13,5 metri.

Si segnala infine che sono presenti soliflussi localizzati nel corpo della frana quiescente.



Figura 12-4 – Lesioni su asfalto e muretto lungo la strada S.R.69 in località Le Coste



*Figura 12-5 – Lesioni su edificio in località Le Coste*

## 12.9 DALLA PROGR. KM 321+123 C.A. ALLA PROGR. KM 321+757 C.A.

Il tracciato poggia su una coltre di detrito eluvio-colluviale sovrastante delle alluvioni fini fino a progr. 321+285. Il substrato è sempre costituito da terreni prevalentemente limoso argillosi di VRCb (limi di Terranuova).

Da progr. 321+285 a progr. 321+757. l'autostrada poggia su terreni eluvio-colluviali spessi alcuni metri poggiati a loro volta sui limi di Terranuova. Da progr. 321+291 a progr. 321+573 il tracciato autostradale si sviluppa in trincea nel detrito eluvio-colluviale. All'altezza del sondaggio SV8B è presente una lente di sabbia in VRCb a profondità comprese tra 28 e 31,5 metri.

In questo settore è presente l'area di parcheggio Arno Ovest (a partire da progr. 321+300). In carreggiata nord, sul versante a fianco del tratto di immissione a raso dall'area di servizio all'autostrada, è presente un dissesto attivo "a1" (dalla progr. 321+300 alla progr. 321+450), indicato nel P.A.I. con pericolosità PF3 mentre nel 2011 era stata cartografata come frana stabilizzata. Il rilevamento geomorfologico di dettaglio ed una apposita indagine geofisica eseguita con metodologia sismica a rifrazione (RIFR10) hanno permesso la ricostruzione del profilo trasversale (sezione trasv. 1 "tratto E"), identificando uno spessore massimo della frana pari a 3,5 metri circa.

Il dissesto che ha rimobilitato anche le geogriglie in calcestruzzo precedentemente utilizzate per il contenimento/stabilizzazione corticale del versante (figg. 12-6a,b).



a)



b)

**Figure 12-6a,b** – Geogriglie disarticolate (versante prospiciente l'area di parcheggio Arno Ovest)

## 12.10 DALLA PROGR. KM 321+757 C.A. ALLA PROGR. KM 322+154 C.A.

Da progr. 321+757 i depositi afferenti le opere sono costituiti da alluvioni nelle quali sono distinte una litofacies superiore a prevalenti sabbie ed una inferiore a prevalenti ghiaie con spessore complessivo vicino a 7 metri. Si nota che nel sondaggio SV9A, posto a valle della carreggiata sud in destra Chiesimone, lo spessore dei depositi alluvionali è maggiore di qualche metro rispetto ai sondaggi eseguiti negli anni '60 lungo il torrente a cavallo dell'asse autostradale. Questo può essere imputato ad una divagazione dell'alveo del Torrente. Le



## Progetto Esecutivo

alluvioni poggiano sempre sull'unità dei limi di Terranuova. Nel settore attorno progr. 321+880 il tracciato attraversa il T. Chiesimone sul quale è previsto l'ampliamento del ponte (progr. 321+880).

Si ricorda che il tratto di attraversamento del torrente è stato attribuito alla classe di pericolosità idraulica P3 elevata (alluvioni frequenti); così come un'area sita nei pressi della carreggiata nord in destra Chiesimone (v. apposita planimetria delle perimetrazioni P.A.I e P.G.R.A.)

Superato il torrente, il tracciato intercetta attorno alla progr. 322+100 parte del versante che scende da Rona a Belvedere. L'autostrada in questo tratto è in trincea. Sono presenti depositi alluvionali terrazzati di spessore piuttosto limitato (1,5 metri) depositi sui limi di Terranuova (VRVb).

## 12.11 DALLA PROGR. KM 322+154 C.A. ALLA PROGR. KM 323+810 (FINE INTERVENTO)

In questo tratto l'autostrada attraversa depositi alluvionali prima terrazzati (fino a progr. 322+500 c.a.) e poi recenti. In profilo gli spessori di questi depositi raggiungono i 15 metri. Anche qui si distinguono due litofacies, cioè quella superiore a prevalenza sabbiosa e quella inferiore prevalentemente ghiaiosa. Localmente nella litofacies superiore sono presenti dei livelli argilloso limosi con sabbie fini e torba che sono stati distinti in profilo. I depositi alluvionali poggiano sui limi di Terranuova (VRCb). In questa unità è presente un livello di torba di 2,4 metri di spessore posto circa 27 metri sotto l'autostrada a (sondaggio SE11).

In questo contesto geologico è prevista l'ampliamento di alcuni sottovia scatolari (progressive: 322+764, 323+179, 323+563, 323+955) e la realizzazione del cavalcavia della linea FF.SS Firenze Roma (progr. 322+631).

A progr. 323+421 il tracciato attraversa una faglia che interessa i depositi VRCb

A partire da progr. 323+476 fino al termine della tratta è presente l'unità delle sabbie di Palazzetto (VRCa) riconosciute in sondaggio nella tratta successiva. La profondità del tetto delle sabbie di Palazzetto è stimabile in c.a. 46 metri alla progr. 323+476 .

Il sondaggio SV10B indica la presenza di un livello di torba situato circa a 19,5 m metri sotto il piano stradale.

Da progr. 322+ 750, in adiacenza alla carreggiata sud dell'autostrada, si sviluppa l'area della cassa di espansione Prulli, nella quale, in passato, erano presenti attività estrattive.

## 13 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

In questo ambito si ribadiscono alcune criticità geologiche che a giudizio del geologo possono avere grande influenza per la progettazione delle opere:

- diffusa presenza di depositi prevalentemente argilloso – limosi con locali intercalazioni di livelli torbosi anche spessi (fino a 4 metri in SE9BIS); tali depositi fini risultano fortemente compressibili, il che deve essere debitamente considerato al fine di eliminare/contenere al massimo i potenziali cedimenti, anche differenziali;
- vista la natura eteropica che contraddistingue le litologie presenti nell'area d'interesse, si ribadisce che la forma e l'estensione delle lenti riportate nel profilo geologico deve essere assunta come indicativa, in particolare per quanto attiene alle correlazioni laterali tra i livelli;
- l'ubicazione e l'assetto degli elementi tettonici, in planimetria e sezione, presentano un certo grado di indeterminazione, ciò in ragione della frammentaria esposizione rocciosa e della presenza di estese coltri di copertura. Sono state riconosciute nei sondaggi ed estrapolate in planimetria ampie zone fratturate, indicate con apposito soprassegno. Le strutture tettoniche (faglie) devono essere pertanto considerate come fasce di deformazione fragile piuttosto che come elementi singoli;
- la formazione di Monte Morello (MML) presenta porzioni interessate da alterazione intensa: questo materiale comprende sia porzioni litoidi molto fratturate ed alterate sia porzioni completamente fratturate ed alterate con caratteristiche comparabili ad un terreno sciolto; questi materiali possiedono scadenti proprietà geotecniche. Inoltre, la Formazione di Monte Morello presenta frequenti settori tettonizzati caratterizzati da fratturazione più o meno intensa e pervasiva;
- data la natura calcareo marnosa delle rocce che compongono MML si segnala la possibilità che, localmente, siano presenti fenomeni di dissoluzione (carsismo) al suo interno;
- i depositi sciolti a prevalente componente sabbiosa sono potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione. La liquefazione potrebbe verificarsi in occasione di eventi sismici di particolare intensità. In ragione delle caratteristiche geologiche riscontrate lungo tutto il tracciato, il progettista deve valutare con attenzione la possibilità che si possano innescare fenomeni di liquefazione nella tratta in oggetto;
- tra gli elementi geomorfologici di maggiore impatto, nel tratto di pianura, si segnalano gli aspetti idraulici legati sia alla vicinanza dell'Arno (franchi idraulici delle piene) sia all'attraversamento dei corsi d'acqua in aree con morfologie sfavorevoli al deflusso ed a rischio di allagamento. Relativamente alla pericolosità idraulica da P.G.R.A. risultano presenti tratte interferenti con aree a pericolosità da media ad elevata. Si segnalano altresì alcuni settori a pericolosità da flashflood elevata (P3) e i settori interessati da possibili allagamenti, come segnalate nella documentazione pubblicata dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno e dagli enti territoriali;
- alcuni tratti interessati dalle nuove opere ricadono/lambiscono areali classificati dal PAI come *frana attiva* (PF4 - frana con evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto) e *frana quiescente* (PF3 - frana inattiva priva di evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto, per la quale esistono indizi morfologici di potenziale instabilità e conseguente riattivazione) che rappresentano aree sensibili, in particolar modo se impostate su materiali con caratteristiche scadenti;
- nell'area di studio sono presenti numerosi dissesti, alcuni dei quali interferenti con l'allargamento del tracciato (zona galleria Bruschetto, località le Coste). Le frane sono classificate in base al grado di attività in attive e quiescenti: si sottolinea come su scala temporale più ampia o in presenza di fenomeni meteorici particolarmente intensi, eventi sismici di particolare evidenza o interventi antropici non correttamente concepiti, le frane quiescenti presentino una forte propensione alla riattivazione. Si segnala altresì che alcune frane sono state oggetto di interventi stabilizzazione;
- in prossimità della zona dell'imbocco sud della galleria Bruschetto esistente si sono recentemente verificati fenomeni di crollo; sia lungo il versante di approccio all'imbocco sud sia a monte dello stesso. In ragione di ciò sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza (demolizione di blocchi instabili, realizzazione di placcaggi con messa in posa di rete in aderenza). A tal proposito si ritiene opportuno

Progetto Esecutivo

di riconsiderare queste sistemazioni nell'ottica di eventi naturali di particolare intensità che si sovrappongono a consistenti interventi antropici (es. realizzazione della nuova galleria Bruschetto); infatti, con tali condizioni al contorno, gli equilibri potrebbero essere messi a dura prova;

- i versanti interessati da soliflusso devono essere trattati con cautela ed in particolare quando questo fenomeno coinvolge depositi di frana quiescente: si tratta infatti di fenomeni che, a causa della loro possibile evoluzione, sono equiparabili alle frane di coltre o superficiali,
- con riferimento a tutti i fenomeni gravitativi di versante segnalati negli elaborati di progetto si sottolineano i seguenti meccanismi connessi alla realizzazione di scavi:
  - Per quanto attiene alle possibili interferenze degli scavi con: (a) frane attive, quiescenti; (b) aree caratterizzate da franosità diffusa; (c) aree potenzialmente instabili; (d) zone contraddistinte da soliflusione, si evidenzia la necessità di considerare sia la possibilità di accadimento di eventi naturali "eccezionali" (piovosità, sisma, ecc.) sia le caratteristiche specifiche delle opere progettate.
  - In relazione alla complessità della componente antropica, si ritiene significativo enunciare una sintesi per punti dei meccanismi più significativi che coinvolgono il sottosuolo:

(1) i principali effetti indotti dagli scavi riguardano il drenaggio delle acque ipogee e la deformazione dell'ammasso circostante; (2) il drenaggio delle acque diminuisce le pressioni interstiziali nei terreni e nelle rocce e di conseguenza incrementa gli sforzi efficaci in un intorno più o meno ampio (l'ampiezza dei volumi coinvolti è funzione della permeabilità dei terreni, della metodologia di scavo / sostegno e dell'eventuale utilizzo di drenaggi o di impermeabilizzazioni); tale aumento degli sforzi efficaci incrementa la resistenza del versante nei confronti degli scivolamenti di frana; di contro però, genera cedimenti (l'entità dei cedimenti è funzione delle caratteristiche di compressibilità dell'ammasso definibili con gli usuali criteri geotecnici e/o geomeccanici); (3) le deformazioni indotte dalle convergenze dello scavo diminuiscono gli sforzi efficaci in un intorno più o meno ampio dello scavo, usando una metafora è possibile rappresentare questo fenomeno come effetto degli spostamenti interni all'ammasso che "creano dello spazio utile per la diminuzione della pressione" (l'ampiezza delle alterazioni è funzione della metodologia di scavo / sostegno adottata); tale diminuzione degli sforzi efficaci diminuisce a sua volta la resistenza del versante nei confronti dei movimenti franosi ed, inoltre, genera cedimenti proporzionali all'entità delle convergenze.

- Anche la variabile tempo gioca un ruolo importante nei confronti dei meccanismi di versante, poiché è legittimo ipotizzare che il drenaggio operato dallo scavo nei confronti dell'ammasso si instauri progressivamente e che poi rimanga attivo a lungo termine (l'effetto stabilizzante di cui al punto 2 non è immediato ma poi permane, fatto salvo un eventuale intasamento); viceversa, l'ammasso si detensiona più o meno rapidamente e poi tende a ricompattarsi con il passare del tempo (l'effetto deleterio di cui al punto 3 può instaurarsi anche rapidamente per poi tendere a ridursi progressivamente). In ragione di quanto sopra, dopo che si saranno esaurite le deformazioni iniziali e conseguentemente si sarà assistito ad un aggravio delle condizioni di stabilità, è legittimo attendersi un lento ma progressivo miglioramento, a patto che non si siano generate nuove superfici di rottura.

La complessità dei fenomeni, oltre ad imporre l'adozione di cautele nelle assunzioni progettuali, legittima il ricorso a modelli probabilistici di rischio. Si tratta di approcci che considerano simultaneamente sia la probabilità di accadimento di determinati danni indotti dalle lavorazioni sia la gravità dei danni medesimi. Questo tipo di modelli consente valutazioni agili ed attente nell'ottica della sostenibilità delle scelte.

Ponendosi nella prospettiva del monitoraggio in corso d'opera, si afferma che gli elementi maggiormente sensibili su cui è opportuno concentrare l'attenzione (il fine del monitoraggio è quello di prevenire danni inattesi intervenendo per tempo sui sostegni degli scavi) sono quelli contraddistinti da fattori di sicurezza minori, e cioè: frane attive, frane quiescenti, manufatti costruiti su versanti generalmente stabili ma in corrispondenza dei quali esistono segnali di propensione al dissesto (es. soliflussi, aree "potenzialmente instabili", ecc.);

Progetto Esecutivo

- localmente sono presenti nei pressi dell'autostrada settori che mostrano una certa vulnerabilità ai fenomeni di subsidenza;
- relativamente alla sismicità si nota quanto segue:
  - con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.2", l'area di studio è vicina alla sorgente composita Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037) ed alla sorgente individuale ITIS07;
  - relativamente alle Faglie Capaci l'area è circondata da faglie appartenenti al Sistema del Valdarno mentre verso nord-ovest è presente una faglia appartenente al Sistema Pistoia Firenze;
  - l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) segnala diversi eventi sismici recenti nei pressi del tracciato oggetto di allargamento (cap.10.2). In particolare nelle strette vicinanze del tracciato sono registrati 15 eventi, la magnitudo massima è di 2,5 Md per un terremoto avvenuto a 8 km da Loro Ciuffenna del 1985. In adiacenza all'autostrada in particolare sono registrati due terremoti: il più meridionale ha registrato una MLdi 1,3 ed è avvenuto nel 2006 mentre il più settentrionale, avvenuto nel 2005, ha registrato una ML di 1,5;
- la presenza di edifici civili o industriali in prossimità delle opere e della stessa autostrada oggetto di allargamento, rappresenta un elemento da considerare con la massima attenzione, in quanto una variazione inopportuna dello stato tensionale dei terreni dovuta alla realizzazione di scavi, emungimenti, riporti, ecc. può generare lesioni nei manufatti.

Si sottolinea infine la necessità che il progettista riservi particolare attenzione all'estrema variabilità intrinseca degli elementi geologici, verifichi puntualmente la stabilità del sistema opera – terreno anche in fase di scavo e più in generale realizzi un progetto ingegneristico compatibile con il quadro geologico presentato e con il suo campo di variabilità.

## BIBLIOGRAFIA

- Abbate E. (1983) - *Schema stratigrafico della successione neautoctona del Valdarno Superiore e del Bacino di Arezzo. I depositi fluvio-lacustri del Valdarno Superiore*. Istituto di Geologia e Paleontologia, Università degli Studi di Firenze, pp. 1-6.
- Bertini G., Cameli G.M., Costantini A., Decandia F.A., Di Filippo M., Dini I., Elter F.M., Lazzarotto A., Liotta D., Pandeli E., Sandrelli F., Toro B. (1991) - *Struttura geologica fra i monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana Meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geologici Camerti, volume speciale, 1991/1, pp. 155-178.
- Billi P., Magi M., Sagri M. (1987) - *Coarse-grained low-sinuosity river deposits: example from Plio-Pleistocene Valdarno basin, Italy*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ., vol. **39**, pp. 197-203.
- Boccaletti M., Coli M. (1983) - *La tettonica della Toscana: assetto ed evoluzione*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, pp. 51-62
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1995) - *Le fasi compressive neogenico-quadernarie nell'Appennino Settentrionale: relazioni con l'evoluzione dei bacini interni e con la tettonica del basamento*. Studi Geologici Camerti Vol. Spec. 1995/1, pp. 51-72.
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1995) - *Le fasi compressive neogenico-quadernarie nell'Appennino settentrionale: relazioni con l'evoluzione dei bacini interni e con la tettonica del basamento*. Studi Geologici Camerti. Vol. Spec. 1995/1.
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1996) - *Tectono-sedimentary Neogene evolution of the post-nappe basins in the Northern Apennines*. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc n° **387**, pp. 177-193.
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1999) - *Compressive Neogene-Quaternary tectonics in the hinterland of the Northern Apennines*. J. of Petrol. Geol. **22**, pp.37-66.
- Boccaletti M., Sani F. (1998) - *Cover thrust reactivations related to internal basement involvement during Neogene-Quaternary evolution of the Northern Apennines*. Tectonics.
- Bonini M., Sani F. (1993) - *Analisi Strutturale dei depositi Pleistocenici dell'Area di Firenze e di Rignano sull'Arno (Valdarno Superiore), con considerazioni generali sulle deformazioni quadernarie dell'Appennino Settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It. **112**, pp.573-593.
- Bonini M., Moratti G., Sani F. (1999) - *Evolution and depocentre migration in thrust-top basins: inferences from the Messinian Velona Basin (Northern Apennines, Italy)*. Tectonophysics, **304**, pp.95-108
- Bonini M., Moratti G., Sani F., Balestrieri M.L. (2013) - *Compression-to-extension record in the Late Pliocene-Pleistocene Upper Valdarno Basin (Northern Apennines, Italy): structural and thermochronological constraints*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), Vol. **132**, No.1, pp.54-80
- Bossio A., Cerri R., Costantini A., Gandin A., Lazzarotto A., Magi M., Mazzanti R., Mazzei R., Sagri M., Salvatorini G., Sandrelli F. (1992) - *I bacini distensivi neogenici e quadernari della Toscana*. Da: 76° Riunione Estiva SGI – Convegno SIMP (Firenze 21-23 settembre 1992) Guide alle escursioni post-congresso.
- Bossio A., Costantini A., Foresi L.M., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Pascucci V., Salvatorini G., Sandrelli F., & Terzuoli A. (1998) - *Neogene-Quaternary sedimentary evolution in the western side of the northern Apennines (Italy)*. Mem. Soc. Geol. It. **52**, pp.513-525.
- Broggi A. (2005) - *Contractional structures as relicts of the Northern Apennines collisional stage recorded in the Tuscan nappes of the Mt. Amiata geothermal area (Italy)* Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. n. **4**, pp.53-65
- Broggi A., Lazzarotto A., Liotta D., CROP Working Group (2005) - *Structural features of southern Tuscany and geological interpretation of the CROP 18 Seismic Reflection Survey (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. n. **3**, pp.213-236
- Canuti P., Casagli N., Farina P., Ferretti A., Marks F., Menduni G. (2006) - *Analisi dei fenomeni di subsidenza nel bacino del fiume Arno mediante interferometria radar*. Giornale di Geologia Applicata **4**, pp. 131-136

Progetto Esecutivo

- Canuti P., Cencetti C., Biolcati Rinaldi M., Tacconi P. (1994) – *The fluvial dynamics of the Arno River. 2. Historical evolution of the Arno River bed*, Mem. Soc. Geol. It., **48**, pp. 851- 864. Cartografia Allegata: Canuti P., Tacconi P. *La dinamica fluviale dell'Arno – Profilo longitudinale*, SELCA 1992
- Carmignani L., Decandia F.A., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D., Meccheri M. (1994) - *Tertiary extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy)*. Tectonophysics, **238**, pp. 295-315
- Cencetti C., Tacconi P. (2005) - *The Fluvial Dynamics of the Arno River*, Giornale di Geologia Applicata, 1, pp. 193-202
- Cencetti C., Canuti P., Rinaldi M., Tacconi P. (1994) - *The fluvial dynamics of the Arno River. 4. Map of the morphological-sedimentary and human characteristics of the Arno River Bed and alluvial plain (Table 7 "Montevarchi")*, Mem. Soc. Geol. It., **48**, 5, pp. 891-908
- Costantini A., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Salvadorini G., Sandrelli F., Barazzuoli P., Mellini M., Salleolini M., Bossio A., Talarico F.M., Liotta D., Ghetti F., Dringoli R. (2002) - *Carta Geologica d'Italia, Foglio n. 285 Volterra, scala 1:50,000, con note illustrative*. L.A.C., Firenze.
- Fellin M.G., Picotti V., Zattin M. (2005) – *Neogene to quaternary rifting and inversion in Corsica: Retreat and collision in the western Mediterranean*. Tectonics, **24**, TC1011, doi:10.1029/2003TC001613
- Fidolini F., Ghinassi M., Magi M., Papini M., Sagri M. (in press) - *The Plio-Pleistocene Upper Valdarno Basin (Central Italy): stratigraphy and basin fill evolution*. It. J. Geosc.
- Fidolini F., Ghinassi M., Magi M., Papini M., Sagri M. (2013) - *The Plio-Pleistocene fluvio-lacustrine Upper Valdarno Basin (central Italy): stratigraphy and basin fill evolution*. It. J. Geosc. (Boll. Soc. Geol. It.), **132**, No.1, pp.13-32
- Ghinassi M., Fidolini F., Magi M., Sagri M. (2013) - *Depositional environments of the Plio-Pleistocene Upper Valdarno Basin (Tuscany, Italy)*. Ital.J.Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), Vol.**132**, No. 1, pp.33-53
- ISPRA (AA.VV.) - Progetto di Cartografia Geologica alla scala 1:50.000 - *Foglio 276-Figline Valdarno –* (Pubblicata sul web)
- Lazzarotto A., Mazzanti R. (1976) – *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., **95**, pp-1365-1478
- Magi M. (1989) - *Carta geologica della Conoide di Loro Ciuffenna (Valdarno Superiore)*. SELCA. Firenze
- Martini P.I., Sagri M. (1993) – *Tectono-sedimentary characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. Earth and Science Reviews, 34, pp. 197-233
- Martini P.I., Sagri M. (1994) - *The late Miocene-Pleistocene extensional basins of the Northern Apennines: facies distribution and basin fill architecture*. Mem. Soc. Geol. It. **48**, pp.375-380
- Nisi B., Vaselli O., Buccianti A., Minissale A., Delgado Huertas A., Tassi F., Montegrossi G. (2008) - *Indagine geochemica e isotopica nelle acque superficiali della valle dell'Arno*. Memorie Descrittive della Carta Geol. d'Italia, Volume **79**.
- Nisio S. (2008) – *I sinkholes in Toscana*. Memorie Descrittive della Carta Geol. d'Italia, Vol. **LXXXV**, pp. 213-268.
- Rinaldi M. (2003) – *Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy*. Earth Surf. Process. Landforms **28**, pp. 587–608
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2016) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione CPTI15*. 10.6092/INGV.IT-CPTI15.
- Sagri M., Martini I.P., Benvenuti M., Magi M., (1994) - *Basin fill architecture of the Neogene – Quaternary extensional basins in the Northern Apennines*. In: Carannante G., Tonelli R. (Eds), Post Meeting Field Trip Guidebook, 15th IAS Regional Meeting. Int. Assoc. Sediment, Ischia, Italy, pp. 41-74

Progetto Esecutivo

---

Servizio Geologico d'Italia (1969) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e Note Illustrative - Foglio 107 "Arezzo"*

Servizio Geologico d'Italia (1967) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e Note Illustrative - Foglio 113 "Castelfiorentino"*

Servizio Geologico d'Italia (1967) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e Note Illustrative - Foglio 107 "Monte Falterona"*

Surian N., Rinaldi M., Pellegrini L. (2009) - *Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive*. CLEUP (Coop. Libreria Editrice Università di Padova)

Tacconi P., Canuti P., Cencetti C., Biolcati Rinaldi M. (1994) - *The fluvial dynamics of the Arno River. 3. Sedimentary characteristics*, Mem. Soc. Geol. It., **48**, 3, pp. 943-956