



# COMUNE DI AREZZO

## Assessorato Urbanistica

Servizio Pianificazione Urbanistica e Governo del Territorio

Piano Strutturale  
2019



PS  
PS

## B Quadro conoscitivo

### B1 Relazione illustrativa - Indagini geologiche e idrauliche

**Sindaco**  
Alessandro Ghinelli

**Assessore all'Urbanistica**  
Marco Sacchetti

**Responsabile del Procedimento**  
Ing. Paolo Frescucci

RTI Raggruppamento Temporaneo di Professionisti

**Studio D:RH Architetti associati**

*Arch. Sergio Dinale*

**Criteria srl**

*Arch. Paolo Falqui*

**Arch. Luca Di Figlia**

**Dott. Pian.t. Matteo Scamporrino**

**Avv. Agostino Zanelli Quarantini**

# B1.1

## Relazione Geologica

Garante dell'informazione e della partecipazione

**Dott.ssa Daniela Farsetti**

Dirigente Servizio Pianificazione Urbanistica  
**Ing. Paolo Frescucci**

Dirigente Servizio Ambiente  
**Ing. Giovanni Baldini**

Dirigente Servizio Progettazione Opere Pubbliche  
**Ing. Antonella Fabbianelli**

Dirigente Progetto per lo sviluppo delle attività economiche negli ambiti Edilizia e SUAP e promozione del territorio  
**Ing. Paolo Frescucci**

Direttore Ufficio Mobilità  
**Ing. Roberto Bernardini**

Direttore Ufficio Programmazione e Sviluppo Economico del Territorio  
**Dott.ssa Stefania Guidelli**

Direttore Ufficio Edilizia  
**Geom. Gianna Pezuoli**

**Ufficio del Piano**

Arch. Omero Angeli  
Dott.ssa Antonella Benocci  
Sig. Matteo Borri  
Dott.ssa Francesca Calabri  
Arch. Fulvia Comanducci  
Arch. Elisabetta Dreassi  
Geol. Alessandro Forzoni  
Geom. Valentina Mazzoni  
Dott. Vincenzo Oliva  
Arch. Laura Pagliai  
Ing. Deborah Romei  
Arch. Laura Rogialli  
Geol. Annalisa Romizi  
Pianificatore Territoriale Lorenzo Spadaccini  
Sig.ra Fiorenza Verdelli

**Gruppo di progettazione**

**Studio D:RH Architetti associati**

Arch. Sergio Dinale  
Arch. Paola Rigonat Hugues  
Arch. Enrico Robazza  
Arch. Kristiana D'Agnolo  
Dott. Pian.t. Giulio Brocco

**Criteria srl**

Arch. Paolo Falqui  
Ing. Paolo Bagliani  
Ing. Roberto Ledda  
Biol. Patrizia Carla Sechi  
Geol. Andrea Soriga  
Arch. Laura Zanini  
Dott.ssa Giulia Cubadda  
Dott. Riccardo Frau  
Arch. Veronica Saddi  
Ing. Gianfilippo Serra  
Dott. Vittorio Serra  
Dott.ssa Cinzia Marcella Orrù  
Arch. Salvatore Manca

**Indagini geologiche e idrauliche**

Geol. Maurizio Costa  
Geol. Antonio Pitzalis  
Ing. Nicola Buchignani (Prima STP)  
Ing. Pietro Chiavaccini  
Ing. Elisa Formica

**Dott. Pian.t. Matteo Scamporrino**  
**Arch Luca Di Figlia**  
**Avv. Agostino Zanelli Quarantini**

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. QUADRO CONOSCITIVO: EVOLUZIONE DEGLI STUDI E APPROCCIO METODOLOGICO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>3</b>
<b>4. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....</b>	<b>5</b>
4.1. Quadro geologico-strutturale d'area vasta.....	12
<b>5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-FISIOGRAFICO.....</b>	<b>16</b>
<b>6. ASSETTO LITOTECNICO.....</b>	<b>24</b>
<b>7. ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>28</b>
7.1. Analisi clivometrica.....	30
7.2. Forme e Processi evolutivi fluviali e di versante dovute al dilavamento.....	33
7.3. Forme e Processi evolutivi di versante dovute alla gravità.....	46
7.3.1. Sistemi di versante a media ed elevata acclività scolpiti su formazioni arenaceo-pelitiche oligo-mioceniche.....	48
7.3.2. Sistemi collinari impostati sulle formazioni fluvio-lacustri plio-quadernarie.....	51
7.3.3. Sistemi vallivi dei principali corsi d'acqua.....	54
7.3.4. Sistemi vallivi incisi del reticolo idrografico minore montano e collinare.....	57
<b>8. ASSETTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>59</b>
8.1. Aree con problematiche idrogeologiche.....	62
<b>9. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DA FRANA.....</b>	<b>69</b>
9.1. Percorso metodologico per la definizione della Pericolosità Geologica nel territorio di Arezzo.....	69
9.2. Premessa normativa e metodologica per l'aggiornamento del PAI-Frane.....	73
9.3. Metodi operativi per la definizione dell'estensione, tipologia e stato attività dei dissesti franosi.....	75
9.4. Definizioni dello Stato Attività Frane e Movimento Prevalente.....	76
9.5. Variazioni delle aree in Frana nell'area del Distretto idrografico dell'Appennino settentrionale rispetto all'inventario IFFI-PAI.....	77
<b>10. MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE.....</b>	<b>86</b>
<b>11. PERICOLOSITÀ SISMICA.....</b>	<b>88</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>95</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione descrive le indagini geologico-tecniche aggiornate al periodo Febbraio 2018 a supporto del lavoro di revisione del Piano Strutturale di Arezzo, in ottemperanza al D.P.G.R.T. n. 53/R del 25/10/2011 (Norme per il governo del territorio in materia di indagini geologiche) e alla LR 65/2014.

A seguito dell'entrata in vigore del D.P.G.R.T. n. 53/R del 25/10/2011 che ha abrogato (art. 17) il precedente D.P.G.R.T. n. 26/R del 27/04/2007 (a sua volta successivo alla D.C.R.T. 94/1985), nel presente lavoro sono stati redatti ex novo tutti gli elaborati geologico-tecniche di supporto al nuovo Piano Strutturale, aggiornando quelli a suo tempo prodotti per il vecchio Piano Strutturale Adottato con D.C.C. n°405 del 19/12/2003 e approvato con D.C.C. n°136 del 12/07/2007.

I cardini normativi e documentali di riferimento delle indagini sono pertanto i seguenti:

- D.G.R.T. n. 431 del 19/06/2006 - Riclassificazione sismica del territorio regionale: "Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla G.U. dell' 11.5.2006", con cui il territorio comunale di Arezzo è inserito in zona sismica 2;
- D.P.G.R.T. n. 26/R del 27/04/2007 – Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. 1 del 03/01/2005 (Norme per il governo del territorio in materia di indagini geologiche) che sostituisce il precedente D.C.R.T. 94/1985 introducendo, tra gli altri, sia una nuova definizione delle classi di pericolosità e fattibilità, sia il concetto di "pericolosità sismica locale";
- Piano di Indirizzo Territoriale della Toscana approvato dal Consiglio regionale il 24 luglio 2007 con delibera n. 72 e pubblicato sul Burt n. 42 del 17 ottobre 2007;
- D.P.G.R.T. n. 53/R del 25/10/2011 – Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. 1 del 03/01/2005 (Norme per il governo del territorio in materia di indagini geologiche) che abroga (art. 17) e sostituisce il D.P.G.R.T. n. 26/R del 27/04/2007 introducendo l'obbligo di tener conto, in sede di formazione delle indagini geologico-tecniche e limitatamente agli aspetti sismici, dei criteri nazionali di microzonazione sismica e del loro recepimento nella formazione degli strumenti urbanistici comunali, disciplinando puntualmente e dettagliatamente le direttive per le indagini geologiche nell'allegato A alla citata normativa;
- L.R.T. n. 41 del 24-07-2018 - Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e tutela dei corsi d'acqua.
- Atto di integrazione del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) con valenza di piano paesaggistico approvato dal Consiglio Regionale della Toscana con Deliberazione 27 marzo 2015, n. 37;
- L.R.T. n. 65 del 10-11-2014 - Norme per il governo del territorio e successive modifiche introdotte dalla più recente L.R. 20 aprile 2015, n. 49;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Appennino Settentrionale. Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 152/2006, D.Lgs. 49/2010. Approvazione in data 03-03-2016 con Delibera del Comitato Istituzionale Integrato ex art. 4 comma 3 D.lgs. 219/2010;
- PAI del bacino dell'Arno relativamente alle carte di pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Decreto 17-01-2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e relativa Circolare esplicativa.

## **2. QUADRO CONOSCITIVO: EVOLUZIONE DEGLI STUDI E APPROCCIO METODOLOGICO**

I dati conoscitivi iniziali di riferimento per la redazione del quadro geologico-ambientale del territorio comunale, sono stati gli elaborati redatti dalla ProGeo Associati a supporto del Piano Strutturale adottato con D.C.C. n°405 del19/12/2003 e approvato con D.C.C. n°136 del12/07/2007.

Negli anni immediatamente precedenti il periodo di elaborazione del presente lavoro, il quadro geologico e geomorfologico regionale ha subito aggiornamenti importanti e rielaborazioni da parte della Regione Toscana, con continue integrazioni delle conoscenze fino agli anni 2013-2015, documentati sul sito istituzionale presente in rete.

Più in dettaglio dal 2002 al 2006 la Regione Toscana ha realizzato, in collaborazione con le Università Toscane ed il CNR-IGG di Pisa, la copertura completa del territorio con la Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000 (progetto CARG).

A valle di tali attività, a seguito di un processo di verifica e raccordo geometrico ed informativo, condotto nel periodo 2009-2011 dal Centro di Geotecnologie (CGT) dell'Università degli Studi di Siena in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, con la Litografia Artistica Cartografica s.r.l di Firenze e con la Matraia s.r.l. di Lucca, e' stata curata realizzazione di un Continuum Geologico della Regione Toscana; si tratta in sostanza di un lavoro di implementazione, raccordo e omogeneizzazione delle legende e delle geometrie della carta geologica regionale in scala 1:10.000 (progetto CARG), eseguito in collaborazione con il Centro di Geotecnologie di S. Giovanni Valdarno (Università di Siena).

Allo stato attuale è stato implementato un DBGR (Database geologico della Regione Toscana) che riassume il lavoro ad oggi validato.

Per il territorio di Arezzo, pertanto, si è ritenuto esaustivo il quadro delle conoscenze geologiche-strutturali messe a disposizione dall'amministrazione regionale, pur valutando e correlando le informazioni del DBGR con i dati contenuti nel quadro geologico-ambientale del territorio comunale del precedente Piano Strutturale e in altri studi geologici che sono stati eseguiti soprattutto a supporto di alcuni interventi di sistemazione idraulica, messi a disposizione dal Comune e Genio Civile. Dalle informazioni di carattere geologico del DBGR regionale sono state inoltre derivate le rappresentazioni cartografiche Litotecnica ed Idrogeologica. Per quanto concerne la cartografia geomorfologica è stata fatta un'integrazione dei dati regionali con la cartografia geomorfologica del vecchio PS; quest'ultima, infatti, presentava numerose ed accurate informazioni che nel DBGR non sono riconosciute. Il quadro geomorfologico ha inoltre avuto un ulteriore contributo in sede di redazione del presente Piano, specie per quanto riguarda la classificazione dei fenomeni franosi specificatamente indirizzata alla redazione delle Carte di Pericolosità Geologica dell'intero territorio comunale.

### 3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La Val di Chiana e il bacino di Arezzo sono due segmenti intermedi di un lungo allineamento di depressioni tettoniche ad andamento appenninico, che comprende il Mugello, il Valdarno di Sopra, il Casentino e la Val di Paglia – Tevere. I confini naturali sono rappresentati a ovest dall'estremità meridionale del Chianti e dall'antica catena Rapolano – Monte Cetona, ad est dal massiccio dell'Alpe di Poti.

Dal punto di vista visivo, l'ambito offre una notevole e strutturata associazione di paesaggi di pianura, collinari e montani, che si articolano lungo l'intero asse delle depressioni e nei loro rapporti con i rilievi.

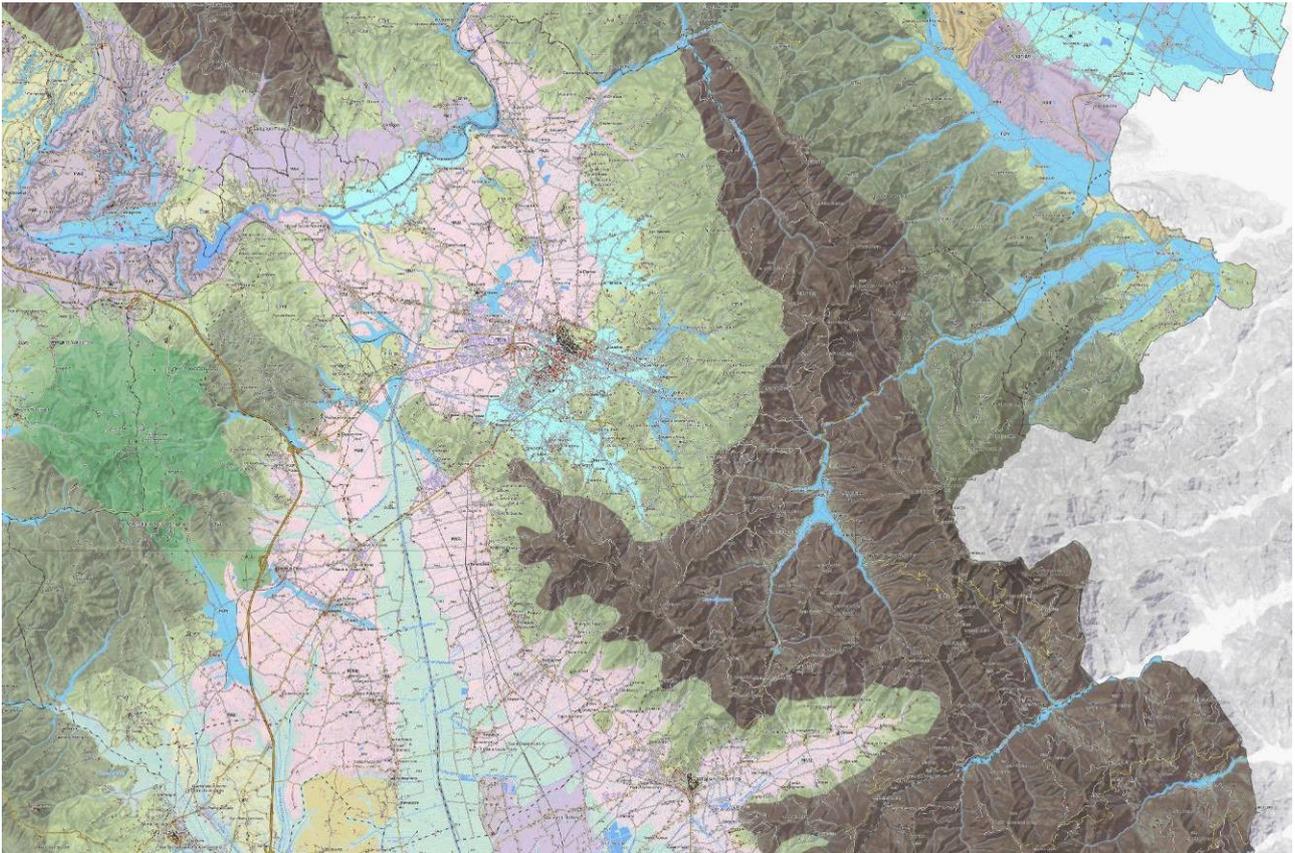


Figura 1: inquadramento territoriale del territorio di Arezzo

Il territorio comunale di Arezzo si colloca nella parte orientale della Provincia di Arezzo e si estende per una superficie di circa 384.7 Km<sup>2</sup>. Da un punto di vista fisiografico il territorio comunale risulta suddiviso in due aree morfologicamente distinte, di cui quella orientale prevalentemente montuosa e collinare, mentre la restante parte del comune è occupata in parte dalla “Piana di Arezzo” a Nord e dalla “Piana della Chiana aretina” a Sud.

La Piana di Arezzo è impostata altimetricamente ad una quota compresa tra i 250 m e i 260 m.s.l.m.; si apre ad Ovest verso il Valdarno Superiore e a sud-ovest verso la Val di Chiana ; a nord riceve lo sbocco del Casentino, mentre ad est un modesto diaframma montuoso la divide dal tratto superiore della Valtiberina. Sovrastano la conca aretina, delimitandone il perimetro, una serie di vette collinari e montuose appartenenti ai primi contrafforti della dorsale dell'Appennino toscano-umbro: ad ovest i modesti rilievi che preludono al Chianti, a nord-ovest la dorsale del Pratomagno, a nord-est l'Alpe di

Catenaia , ad est l'Alpe di Poti, a sud il monte Lignano, che attraverso le ultimi propaggini della collina di Agazzi delimita la pianura a sud-ovest. La Piana è attraversata dal Fiume Arno, che disegna una grande ansa 7 km a nord-ovest della Città di Arezzo, prima di ricevere le acque del Canale Maestro della Chiana e di formare il bacino artificiale della Penna.

Il centro Abitato della città di Arezzo è percorsa da due torrenti principali: il Castro, che a più riprese è stato oggetto di tombamenti fino al raggiungimento dell'attuale conformazione, ed il Vingone che lambisce i quartieri della periferia sud - sud-ovest.

Nella parte a sud del territorio comunale si sviluppa la "Piana della Chiana aretina" impostata ad una quota di 240-250 m s.l.m.; in questa parte di territorio sono presenti una serie di opere idrauliche che sono state realizzate in tempi storici e che sono da ricondursi a tutti gli interventi che hanno portato alla bonifica dell'area che si è conclusa con la realizzazione del Canale Maestro della Chiana che convoglia tutte le acque drenate verso il bacino del fiume Arno.

#### 4. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Il quadro geologico – strutturale del territorio comunale di Arezzo più aggiornato, è rappresentato dal GeoDB geologico della regione Toscana in scala 1:10.000, che costituisce pertanto il riferimento di base per il presente studio.

Un utile riferimento conoscitivo è rappresentato inoltre dal quadro geologico fornito dal vecchio Piano Strutturale del Comune di Arezzo, a cui si riferiscono parte delle descrizioni testuali lito-stratigrafiche che seguono; tuttavia, in termini di dettaglio lito-stratigrafico e cartografico, può ritenersi superato dal GeoDB regionale.

Le interpretazioni geologico-stratigrafiche del vecchio Piano Strutturale e di altri studi locali di supporto progettuale, sono state comunque correlate con i dati del GeoDB regionale, di cui la tabella che segue costituisce il quadro di sintesi.

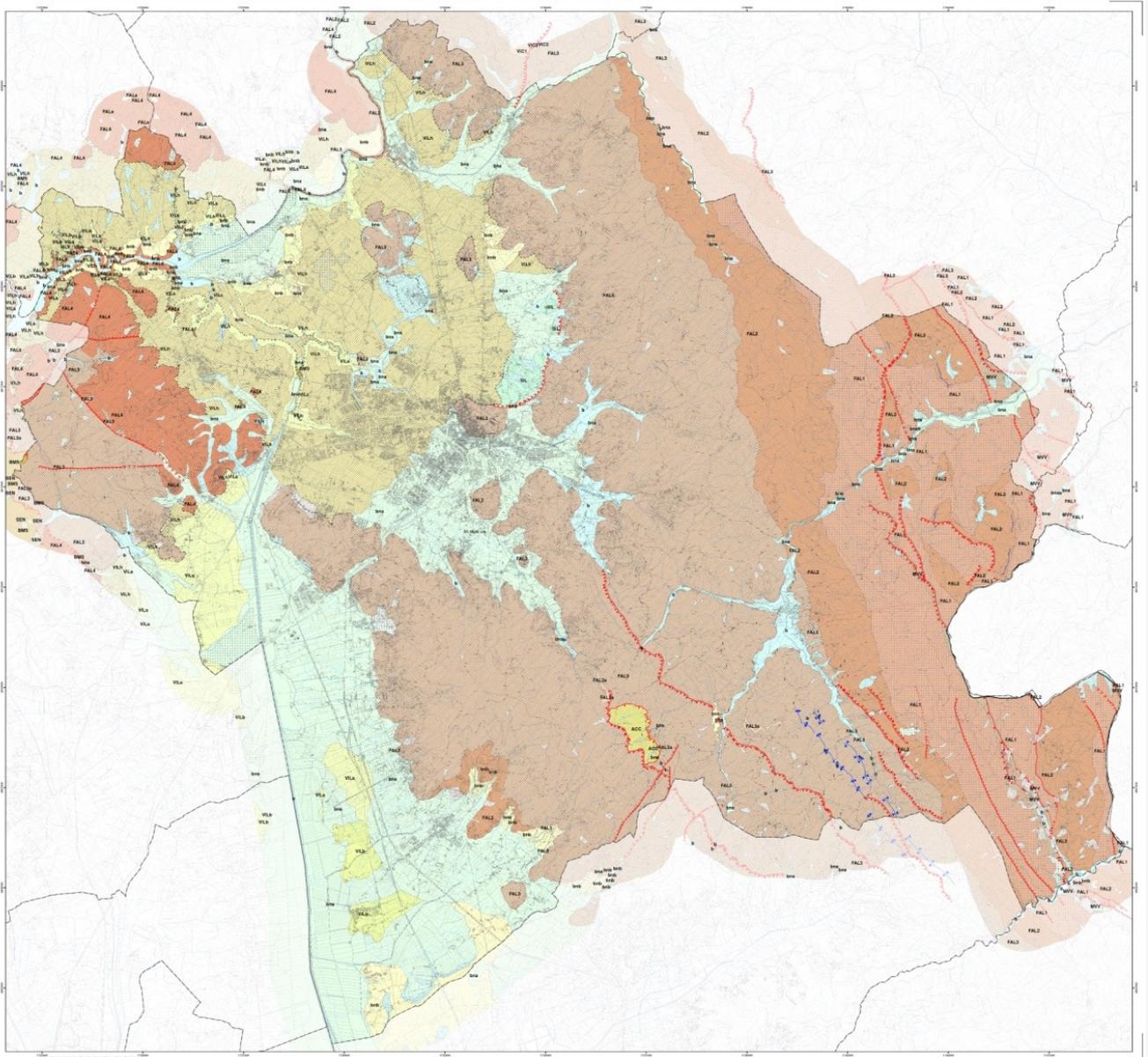


Figura 2: Stralcio cartografico della Carta geologica del territorio di Arezzo (DBGR – regione Toscana)



Figura 3: schema di legenda utilizzato nella Carta geologica (DBGR– regione Toscana).

Di seguito viene fornito un quadro di sintesi dei termini litologici presenti nella carta geologica.

Sigla	Sigla vecchio PS	tipo	descrizione	Età
h5	-	Terreni di riporto, bonifica per colmata		Attuale
Aa	d	Depositi di versante	Accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati, con matrice sabbiosa o sabbiosa limosa.	Olocene-Attuale
b2a	a	Depositi eluvio-colluviali	Coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani; processi di alterazione e/o trasporto di entità limitata o non precisabile	Olocene-Attuale
b	a	Depositi alluvionali	Ghiaie, sabbie e limi	Olocene-Attuale
bna	Q	Depositi alluvionali	Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali	Olocene
bnb	Qt - Cd	Depositi alluvionali	Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali	Pleistocene medio - superiore
VILh	Qlc	Depositi continentali rusciniani e villafranchiani	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose	Rusciniano-Villafranchiano

VILa	cM	Depositi continentali ruscini e villafranchiani	Conglomerati e ciottolami poligenici. (Ciottoli di Maspino)	Ruscini e villafranchiani
VILb	cM	Depositi continentali ruscini e villafranchiani	Sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi	Ruscini e villafranchiani
VILc	Qa	Depositi continentali ruscini e villafranchiani	Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri (Argille di Quarata)	Ruscini e villafranchiani
VIC1	-	Unita' di Cervarola	M. Marne e marne siltose	Burdigaliano Serravalliano -
VIC2	-	Unita' di Cervarola	M. Calcari marnosi e talora selciosi con rare liste di selci nere, marne siltose, calcisiltiti e Calcari marnosi e talora selciosi con rare liste di selci nere, marne siltose, calcisiltiti e calcareniti medie e sottili a granulometria fine	Burdigaliano Serravalliano -
VIC3	-	Unita' di Cervarola	M. Arenarie con stratificazione tabulare o lenticolare, granulometria da grossolana a fine; alternanze di marne e marne calcaree	Burdigaliano Serravalliano -
FAL1	aF	Unita' di Cervarola	M. arenarie grigie in strati spessi in banchi amalgamati talora a base microconglomeratica	Aquitani e Burdigaliano -
FAL2	aF	Unita' di Cervarola	M. Membro di Camaldoli	Aquitani e Burdigaliano -
FAL3	aC	Unita' di Cervarola	M. Membro arenaceo pelitico	Aquitani e Burdigaliano -
FAL3a	aC	Unita' di Cervarola	M. Litofacies argillitica	Aquitani e Burdigaliano -
FAL4	aC	Unita' di Cervarola	M. siltiti e arenarie	Aquitani e Burdigaliano -
FALa	mPI	Unita' di Cervarola	M. Olistostromi di materiale proveniente dalle unita' liguri	Aquitani e Burdigaliano -
MVV	mPI	Unita' di Cervarola	M. Marne e marne argillose con intercalazioni di arenarie fini	Rupeliano Aquitano -
SEN	-	Unita' di Canetolo	di Arenarie torbiditiche	Eocene Oligocene -
BMS	-	Unita' di Canetolo	di Calcareniti, brecciole e argilliti	Eocene Oligocene -
ACC	-	Unita' di Canetolo	di Argilliti e calcilutiti	Paleocene Eocene -
SIL	c	Unita' di Morello, Unita' di S. Fiora, Unita' del Cassio, Unita' dell'Antola	M. Argilliti grigio-brune e calcilutiti	Cretacico superiore paleocene -

Nel territorio comunale di Arezzo affiorano unita' litostratigrafiche appartenenti a terreni di et  compresa tra il Cretaceo inf. e l'Olocene.

**Di seguito si riportano i caratteri litologici e stratigrafici dei terreni affioranti nel territorio di Arezzo:**

## **DEPOSITI SUPERFICIALI**

- **Detriti di versante e di falda (Olocene - Attuale) - Aa**

Sono costituiti da materiale litoide a granulometria molto variabile, da qualche centimetro al metro, immerso in una matrice sabbioso-argillosa talora, per aree limitate, in assetto stratificato. Questi depositi comprendono sia le formazioni superficiali derivanti dall'alterazione e disfacimento del substrato roccioso arenaceo che hanno subito un limitato trasporto gravitativo, sia la copertura detritica generatasi per movimenti gravitativi superficiali e profondi. Costituiscono prevalentemente le coperture del substrato roccioso.

- **Alluvioni recenti ed attuali (Olocene - Attuale) - b**

Individuano depositi alluvionali recenti di ambiente fluviale, costituiti da litotipi a granulometria generalmente grossolana. Dal punto di vista litologico, sono caratterizzati dalla presenza di ciottoli arenacei, sabbie e limi. Sono rilevabili sia lungo il tratto del fiume Arno, sia lungo i corsi d'acqua principali che solcano il territorio comunale.

- **Detriti colluvio-eluviali (Olocene) - b2a**

Coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani su superfici sub-orizzontali o debolmente inclinate. Derivano da processi di alterazione in situ del substrato roccioso con trasporto assente o di entità limitata.

- **Alluvioni fluviali talora terrazzate (Olocene) - bna**

Si tratta di depositi di ambiente fluviale depositi dopo la fase distensiva plio-pleistocenica. Tali depositi si presentano mediamente addensati e l'eventuale presenza dell'acqua all'interno di tali sedimenti è in relazione sia delle caratteristiche granulometriche dei materiali che della presenza di materiali fini. Dal punto di vista litologico, sono costituiti da sedimenti sabbioso argillosi con presenza di ciottoli arenacei, ghiaia e argille sabbiose. Sono rilevabili in affioramenti piuttosto ampi lungo tutto il tratto del fiume Arno.

- **Alluvioni fluviali terrazzate (Pleistocene sup.) - bnb**

Depositati alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie, sabbie e limi bruni. Si trovano prevalentemente in fondovalle o comunque a quote poco distanti dall'attuale alveo del fiume Arno. Sono presenti 6 ordini di terrazzi fluviali corrispondenti ad altrettanti fasi fluvio-tettoniche, alcuni di questi risultano decisamente relitti e pensili e sono stati rinvenuti nelle zone limitrofe all'alveo del Torrente Cerfone.

All'interno di questa categoria rientrano anche i depositi di conoide di deiezione presenti nei versanti che degradano verso la Val di Chiana. Si tratta di depositi incoerenti, costituiti da litotipi a granulometria generalmente grossolana e poco arrotondata. Dal punto di vista litologico, sono caratterizzati dalla presenza di elementi lapidei arenacei scarsamente elaborati, in matrice limoso-argillosa. Di notevole importanza sono quelle individuate in loc. Antria, S.Polo, Staggiano, quella ai piedi dell'abitato di Fontiano, Policiano e Rigutino.

- **Depositati continentali fluvio-lacustri (rusciniano-villafranchiano) (VILh; VILa; VILb; VILc)**

Depositati continentali costituiti da sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi di età plio-pleistocenica. Questi terreni costituiscono il deposito stratigraficamente e topograficamente più elevato e più esteso per la gran parte del bacino di Arezzo. All'interno del corpo sedimentario sono frequenti intercalazioni, generalmente di estensione limitata, di lenti o banchi di sabbie giallastre, ghiaie e

ciottolate siliceo derivante dallo smantellamento del flysch arenaceo. I depositi presentano un'evidente sedimentazione con andamento lenticolare e strutture quali stratificazione incrociata o varvata .

Sottostanti i depositi villafranchiani più superficiali (**VILh**), si rinvengono altri depositi ghiaiosi e ciottolosi, riferibili in letteratura ai *Ciottoli di Maspino* (Pleistocene medio-sup.) (**VILa – VILb**) e depositi argillosi, riferibili alle *Argille lacustri di Quarata e Figline* (Pleistocene medio) (**VILc**).

I primi (**VILa – VILb**) sono depositi di ambiente fluviale caratterizzati da ciottoli prevalentemente calcarei ed arenacei e per piccola parte basaltici provenienti dagli affioramenti delle coltri alloctone delle liguridi trasportati dall'Arno Casentinese. I clasti generalmente ben arrotondati sono immersi in matrice sabbiosa o sabbioso-limosa; sono presenti lenti di sabbia o di argille provenienti dalla deposizione dell'Arno che data la tipologia delle strutture sedimentarie rinvenute all'interno della formazione doveva avere all'epoca le caratteristiche di un corso d'acqua a canali intrecciati. Questa formazione affiora in più punti su tutto il bacino di Arezzo con spessore massimo di 20 m nelle zone di Castelluccio, Partantico e Petrognano dove sono sfruttati per la produzione di inerti. Lo spessore della formazione diminuisce verso i bordi del bacino dove in alcuni casi giacciono direttamente sul substrato. La dimensione dei ciottoli diminuisce spostandoci verso il tetto della formazione mentre la matrice sabbiosa presenta delle percentuali variabilissime fino a scomparire. La forma dei clasti calcarei è decisamente appiattita, indice di grande trasporto, mentre quelli arenacei risultano meno appiattiti. Al tetto della formazione è presente una fascia profondamente alterata detta a pseudogley generatasi dal continuo passaggio da condizioni di ambiente riducente a ossidante conseguenti alle oscillazioni della falda freatica che hanno conferito al deposito un caratteristico colore arancio con profonde screziature grigie-marroni ed alterando sensibilmente i clasti; tale livello è rinvenibile nelle aree di Pratantico e Ponte alla Chiassa

Le sottostanti formazioni argillose (**VILc**) costituiscono il deposito più antico del ciclo continentale che affiora nel bacino di Arezzo. Questa formazione è rappresentata da argille limose a tratti sabbiose di ambiente lacustre e torbose, con al tetto lenti di ciottolati ad elementi calcarei ed affiorano lungo il canale maestro della Chiana ed il torrente Castro, ed affiorano immergenti verso nord con inclinazione di circa 15°. Alla base del deposito sono presenti dei livelli lignitiferi a suo tempo sfruttati e successivamente abbandonati per scarsa qualità ( affioramento presso Borro Doccia). Lo spessore massimo della formazione è di 20-25 m nella zona di Pratantico, ma dato che il contatto con la formazione sovrastante è di tipo erosivo è assai probabile che l'originario spessore della formazione fosse decisamente superiore.

## LITOLOGIE DEL SUBSTRATO

### DOMINIO TOSCANO

#### Unità di M. Cervarola-Falterona

##### **Marne, calcari marnosi e arenarie (Burdigaliano – Serravalliano) (VC1 - VC2 - VC3)**

La successione stratigrafica del dominio toscano si chiude con una sequenza sedimentaria caratterizzata da litotipi marnosi e marno-siltosi, con frattura “a saponetta” giallastri all'alterazione e con sottili intercalazioni di strati torbiditici arenacei; quando tali intercalazioni sono assenti, la stratificazione delle marne è indistinta. Tale litofacies è presente anche come ripetute intercalazioni, all'interno delle litofacies sottostanti sempre appartenenti all'Unità Cervarola-Falterona e comprende: Marne e marne siltose (VC1) (Marne di S. Polo); Calcari marnosi e talora selciosi con rare liste di selci nere, marne siltose, calcisiltiti e calcareniti medie e sottili a granulometria fine (VC2); Arenarie con stratificazione tabulare o lenticolare, granulometria da grossolana a fine; alternanze di marne e marne calcaree (VC3)

##### **Litofacies argillitica, siltiti e arenarie, Olistostromi di materiale proveniente dalle unita' liguri (Aquitano – Burdigaliano) (FAL1 – FAL2 – FAL3 - FAL3a – FAL4 – FALa - MVV)**

Si tratta di successioni torbiditiche costituite da marne e siltiti, con netta prevalenza siltosa, alternate ad arenarie fini quarzoso-feldspatiche in strati dello spessore variabile tra pochi centimetri e qualche decimetro. Intercalate nella formazione in più livelli si rinvencono torbiditi calcaree ed argilliti nere. Questa formazione rappresenta la porzione marno-siltoso-arenaceo più recente dell'Unità Falterona-Cervarola. Nella facies rinvenuta sono presenti successioni tipo Tc-e della sequenza di Bouma, nella parte basale, a granulometria più grossolana, sono rinvenute successioni tipo Ta-e della sequenza di Bouma. In questa facies in particolare lo spessore degli strati delle arenarie è in genere poco rilevante; quello delle siltiti, di colore grigio preponderante.

Lo spessore degli strati delle arenarie, di colore grigio-azzurrognolo al taglio fresco, giallastro se alterate, è in genere rilevante; quello delle siltiti, di colore grigio giallastro, assai ridotto. Possono essere presenti tasche e strati da centimetrici a decimetrici di argilliti nere a frattura aciculare o finemente scagliosa e torbiditi calcaree spesse da pochi centimetri fino a qualche metro, con colorazione all'alterazione bianco-avorio, talora con spalmature ocracee. Queste ultime sono caratterizzate da una porzione inferiore calcarenitica laminata parallelamente alla base, con frammenti di mica, quarzo e altri silicati, e da una superiore marnosa e massiccia. Alla base degli strati arenacei possono essere presenti controimpronte di strutture sedimentarie di origine organica o prodotte dalla corrente. Affiorano estesamente nella porzione est del territorio comunale.

Questi litotipi affiorano estesamente ai bordi del bacino ed in alcuni piccoli rilievi, all'interno del bacino stesso e rappresentano la fascia collinare – montuosa del territorio comunale di Arezzo ed è la porzione arenacea più antica dell'Unità Falterona-Cervarola (**FAL1 e FAL2**).

I termini più arenacei e pelitici di questa formazione (**FAL3 e FAL3a**) affiorano diffusamente nei sistemi collinari lungo una fascia disposta NW-SE ed in altre parti del territorio emergendo dai depositi alluvionali della piana aretina creando una serie di collinette che si staccano dalla pianura (Puglia, Ceciliano- Sitorni, Montoncello, Chiani, poggio Santa Maria, il centro storico di Arezzo, il colle del Pionta).

L'immersione generale della formazione nel suo complesso è verso NE, con inclinazioni variabili tra 10 e 45°. Ai piedi dei rilievi che bordano il bacino oltre che nelle collinette precedentemente richiamate si è sviluppata una coltre colluviale costituita dall'alterazione delle arenarie del Cervarola. Questa coltre, popolarmente denominata "sabbione", giace spesso sopra i depositi alluvionali di fondovalle e si è sviluppata arealmente in modo consistente nei pressi di Patrignone ed Indicatore, dove si presenta come sabbia limosa di colore giallo ocra.

In sintesi, la successione stratigrafica utilizzata nella carta geologica può essere schematizzata come segue:

- **FAL1** - Arenarie grigie in strati spessi in banchi amalgamati talora a base microconglomeratica; **FAL2** - Membro di Camaldoli; **MVV** - Marne e marne argillose con intercalazioni di arenarie fini - affioranti prevalentemente nell'estremo settore orientale montano del territorio comunale;
- **FAL3** - Membro arenaceo pelitico e **FAL3a** - Litofacies argillitica affioranti nel sistema collinare centrale e meridionale del territorio di Arezzo;
- **FAL4** - Siltiti e arenariee **FALa** - Olistostromi di materiale proveniente dalle unita' liguri, affioranti esclusivamente nella porzione nord-occidentale del territori di Arezzo.

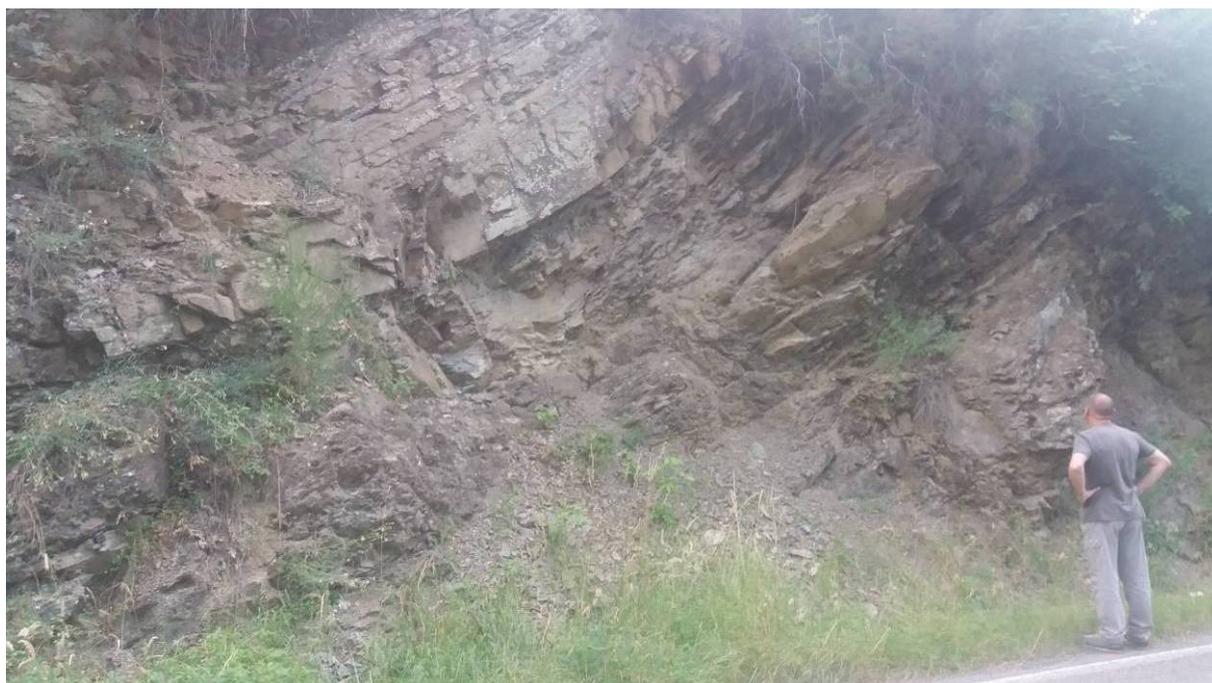


Figura 4: scarpata su un taglio stradale lungo la SP Palazzo del Pero (Loc. Molin Nuovo), scolpita sulle formazioni pelitiche riferibili al Membro arenaceo pelitico - **FAL3** – dell'Unità di M. Cervarola.

**DOMINIO SUBLIGURE****Unità di Monte Canetolo**

Si tratta di una unità costituita da formazioni arenacee e calcarenitiche riferibili all'Eocene – Oligocene (**SEN** - Arenarie torbiditiche; **BMS** – Calcareniti, brecciole e argilliti), affioranti nell'estremità nord-occidentale del territorio comunale in località Poggio Ciullo – Prato Maggiore. A questa unità fanno parte anche dei limitati affioramenti argillitici (**ACC** - Argilliti e calcilutiti - Paleocene – Eocene), rintracciabili in località Ponte della Pescaia, nel settore centro-meridionale del territorio comunale.

**DOMINIO LIGURE****Unità di M. Morello, Unità di S. Fiora, Unità del Cassio, Unità dell'Antola Argilliti grigio-brune e calcilutiti Cretacico superiore - paleocene**

Si tratta di una formazione costituita da argilloscisti variegati e marne rosse e biancastre, con livelli manganesiferi e diasprigni, soprattutto nella parte alta (**SIL** - Scisti Varicolori) - (Creataceo sup. – Paleocene).

**4.1. Quadro geologico-strutturale d'area vasta**

**L'evoluzione strutturale dell'area**, è avvenuta seguendo diverse fasi evolutive di cui le principali sono le seguenti:

1. Verso la fine della sedimentazione autoctona della locale Serie Toscana, quindi ancora in ambiente marino, a partire dalla seconda metà dell'Oligocene, i lembi più o meno disarticolati e caoticizzati dei Complessi Tosco Emiliani cominciano ad arrivare nella regione, scivolando su pendii orogenici già formati a SO ("frane orogeniche" o "tettoniche"). Si trattava dapprima di masse minori completamente scompagnate, franate nel bacino in cui terminavano di sedimentarsi le litofacies dell'Unità Cervarola-Falterona. Risultato di questo meccanismo di trasporto, sono lenti di olistostromi rintracciabili all'interno dell'Unità Cervarola- Falterona.
2. Successivamente, nella prima metà del Miocene, arrivò la massa principale dei Complessi Tosco-Emiliani, che ricoprì la locale Serie Toscana; l'arrivo delle masse alloctone interruppe la sedimentazione e probabilmente si accompagnò a una emersione da occidente.
3. La fine del Miocene vide l'emersione totale dell'area ed il completamento delle principali dorsali NO-SE.
4. Con il Pliocene si ebbe una subsidenza; il mare pliocenico raggiunse da O il margine SO della dorsale dei monti del Chianti; i bacini intermontani non esistevano ancora, salvo con estensioni minori di quelle attuali, il bacino del Valdarno superiore.
5. Nel Pleistocene, riprende un'orogenesi attenuata, forse secondo un modello a horst e graben: sviluppandosi i primi per lo più in corrispondenza delle dorsali mioceniche, i secondi lungo le strisce interposte; gli effetti furono la scomparsa del mare verso SO e la formazione definitiva dei bacini del Valdarno, Val di Chiana, Val Tiberina.

Il Bacino corrispondente al sistema di pianura intermontana di Arezzo ed alla Val di Chiana deve la sua genesi ed evoluzione, durante l'orogenesi dell'Appennino, alla

formazione di due alti strutturali, corrispondenti ad anticlinali, che delimitano il bacino: la dorsale Alpe di Poti - M. Murlo – Pratomagno, a est, e che continua fino ai rilievi di Cortona (Monte Castel Giudeo e Alta S.Egidio), ed i Monti del Chianti, a ovest, e Di Rapolano-Cetona a sud ovest. Gli elementi strutturali che caratterizzano le due dorsali sono la Falda Toscana e l'Unità Cervarola - Falterona, entrambe differenziate durante le fasi mioceniche del corrugamento appenninico dove affiorano in prevalenza di unità torbiditico-arenacee e subordinatamente argilloso-marnose. L'elemento strutturale più importante della zona meridionale della Val di Chiana è rappresentato dalla dorsale Rapolano - Monte Cetona, che separa il bacino neoautoctono Siena-Radicofani da quello della Val di Chiana. In questa dorsale allungata in direzione nord – sud, di notevole interesse geologico e morfologico, affiorano le formazioni mesozoiche sormontate dalle successioni toscana e ligure s.l.. Dopo le fasi compressive, che hanno portato alla messa in posto delle dorsali, si instaura una fase tettonica di tipo rigido che induce la frammentazione della catena e da origine a depressioni tettoniche a graben o semi-graben, allineate secondo la direttrice appenninica. La subsidenza differenziale che ne consegue porta all'ingressione marina, e nel Pliocene la valle è occupata da un grande golfo con isole sparse, contornato dai rilievi che attualmente sono disposti ai bordi della pianura. Nel tardo Pliocene l'ambiente diviene salmastro, a causa dell'ingresso delle acque del paleo - Arno casentinese. In questa fase la val di Chiana costituiva un unico bacino con la conca di Arezzo e, probabilmente, anche con il Casentino. Nel Quaternario inferiore, sollevamenti a blocchi e basculamenti verso est provocano la regressione marina che trasforma la Val di Chiana in un grande lago, con la parte più profonda verso est. I movimenti differenziali esumano, quindi, la soglia di Chiani e contribuiscono alla deviazione del paleo - Arno verso nord-ovest e al riempimento del bacino di Arezzo; la riduzione di portata idrica ed il forte apporto di sedimenti dai torrenti minori portano alla progressiva estinzione del lago, con la presumibile eccezione della parte più profonda, corrispondente all'attuale Lago Trasimeno. La riorganizzazione dell'idrografia procede con l'instaurarsi del moderno Arno che, per erosione e subsidenza, si abbassa rispetto alla Val di Chiana, con l'incisione dei depositi del bacino di Arezzo. L'alto tasso di sedimentazione nella Val di Chiana e la soglia di Chiani mantengono la valle sospesa rispetto al Valdarno, mentre la sua relativa subsidenza ostacola lo sviluppo di un reticolo diretto verso il Tevere. Gli elevati deflussi idrici nel bacino della Val di Chiana determinano vaste aree paludose, come testimoniate in particolare nella documentazione relativa all'alto Medioevo, e rimane in questa condizione fino allo sviluppo del metodo di bonifica per colmata e alla scelta definitiva di invertire l'idrografia, facendo defluire il grosso delle acque verso l'Arno, alla fine del XVIII secolo.

Durante la formazione dei bacini generatisi in regime distensivo, oltre agli elementi strutturali agenti secondo allineamenti appenninici (NO-SE), hanno giocato un ruolo importante delle linee tettoniche perpendicolari alle precedenti (allineamento antiappenninico). Tali strutture rappresentano degli allineamenti dove le direttrici di distensione appenninica si interrompono e pertanto ne delimitano lo sviluppo sia settentrionale che meridionale.

Il bacino di Arezzo non si discosta da questo modello in quanto il suo bordo meridionale è delimitato da uno di questi allineamenti, l'allineamento Arbia-Val Marecchia, che è appunto una faglia trasversale che si sviluppa dall'area di Larderello fino alla costa marchigiana.

Le strutture fondamentali che delimitano ad ovest e ad est il territorio comunale di Arezzo sono la dorsale dei Monti del Chianti e la dorsale Pratomagno -Alpe di Poti.

La direzione regionale delle stratificazioni è appenninica (NO-SE) con immersione a NE. Ambedue le dorsali, hanno il carattere di monoclinali immergenti a NE e variamente

fagliate dal lato SO. La dorsale del Pratomagno - Alpe di Poti è costituita prevalentemente dalle litofacies arenacee e marnoso-siltose dell'Unità di Cervarola-Falterona con immersione NE che devia a SSE verso la conca di Arezzo.

Relativamente alle strutture che circondano la città di Arezzo evidenziamo la struttura dell'Alpe di Poti che è limitata nella sua porzione NO da una faglia normale che ha comandato l'impianto del T. Chiassaccia (confine nord orientale del comune) e del tronco superiore del T. Chiassa.

Le faglie presenti diffusamente in tutti gli affioramenti del substrato presentano un andamento sia appenninico che antiappenninico, con una prevalenza della componente antiappenninica. Tra quelle ad andamento appenninico evidenziamo quella dove si è impostato il tracciato del torrente Vingone e quella che ha portato all'attuale conformazione del contrafforte del monte di Lignano.

Altro dislocamento di un certo interesse è rappresentato da una faglia presente nella parte nord ovest del bacino nei pressi di Petrognano che rappresenta una netta separazione tra due diverse zone, quella posta più a nord dove entro l'alveo del fiume Arno affiora il substrato e la porzione a sud dove invece l'Arno scorre incassato nei propri depositi.

Il bacino di Arezzo è occupato per gran parte da depositi quaternari che hanno, per loro natura, obliterato le evidenze dell'attività tettonica, ma ad un'attenta analisi dell'assetto stratigrafico si evidenziano strutture sia degli affioramenti del substrato che dei depositi fluvio-lacustri.

Infatti se ad esempio analizziamo le Argille di base della serie sedimentaria continentale villafranchiana (**VIc**), i terreni più antichi presente sopra il substrato lapideo, vediamo che la deposizione degli stessi fu favorita dal sollevamento della soglia di Ponte Buriano che permise l'instaurarsi di un ambiente lacustre in un'area dove venne a crearsi un basso morfologico. Le Argille si presentano attualmente tiltate di circa 15° in direzione N-NE, questo di fatto significa che successivamente al relativo periodo di stasi dell'attività tettonica seguì una ripresa dell'attività dei movimenti responsabili della loro inclinazione. Successivamente nel Pleistocene superiore si è verificata una ripresa dell'attività tettonica che è seguita al periodo durante il quale è stato colmato il bacino di Arezzo. A questi movimenti è da ricollegarsi la riorganizzazione dell'idrografia di tutta l'area, dando come risultato l'incisione dei depositi della piana di Arezzo da parte di tutti i torrenti e dell'Arno in particolare.

Il sollevamento, che è da intendersi generalizzato, presenta intensità maggiori nelle aree poste in destra idraulica dell'Arno rispetto a quelle che si trovano in sinistra, a dimostrazione di ciò gli affioramenti del termine più antico sono limitatissimi in sinistra idraulica.

Di seguito viene prodotto uno schema geologico-strutturale esemplificativo in cui sono riportati i concetti esposti in precedenza, secondo le più recenti interpretazioni sia stratigrafiche che strutturali.

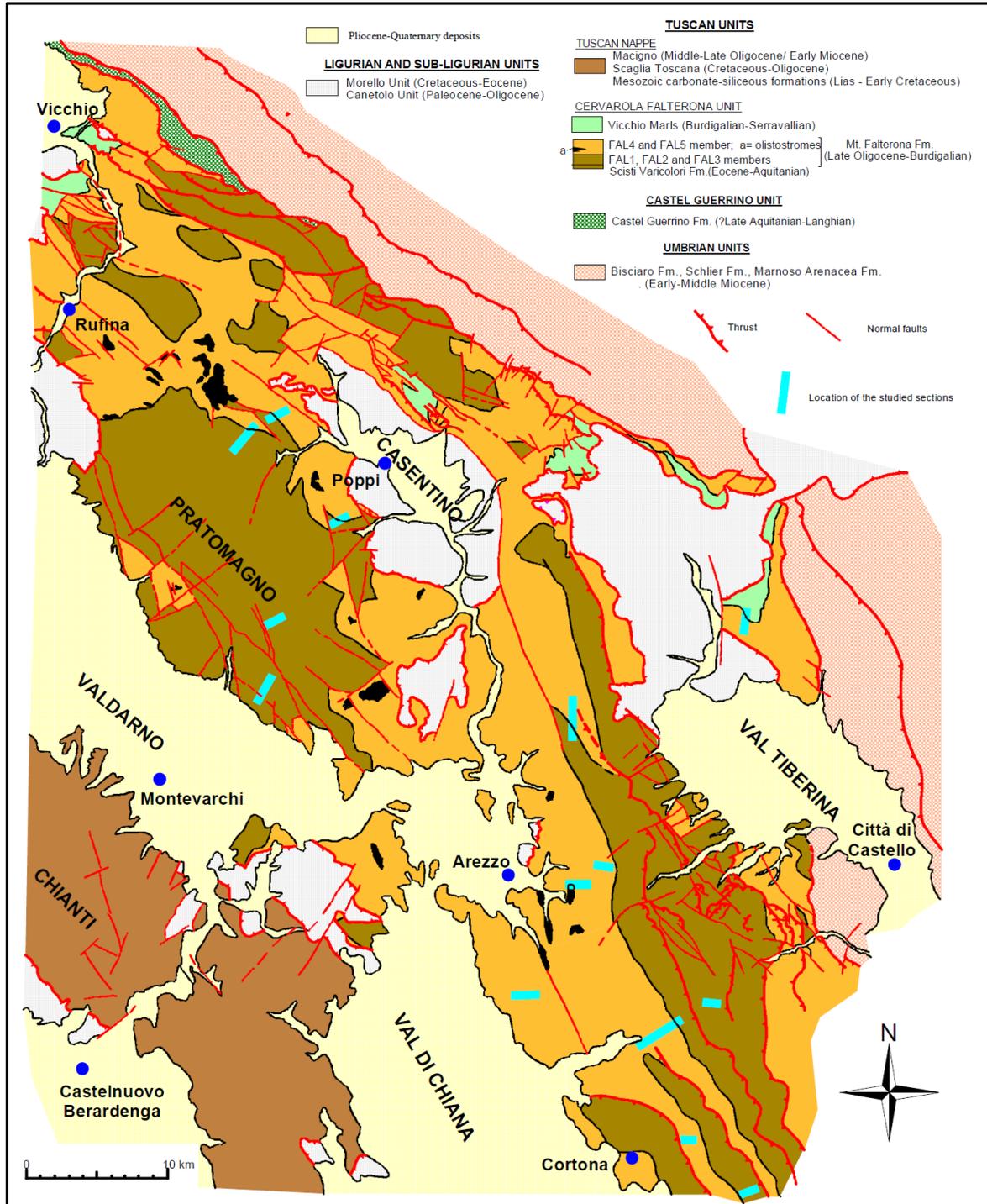


Figura 5: Schema geologico-stratigrafico della dorsale appenninica e delle depressioni strutturali di Valdarno, Val di Chiana e Val Tiberina.

## 5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-FISIOGRAFICO

Il territorio Comunale da punto di vista morfologico può essere distinto in due grandi Unità fisiograficamente distinte, che si sono generate in conseguenza della natura litologica delle formazioni geologiche presenti e dell'evoluzione strutturale del territorio:

- 1) l'area collinare e montana orientale;
- 2) l'area di pianura del bacino di Arezzo e della Chiana.

L'area collinare e montana orientale corrisponde alla porzione orientale del territorio comunale, in cui il substrato è costituito dai depositi torbiditici arenacei e marnosi costituenti l'Unità Cervarola-Falterona appartenente al Dominio Toscano; il termine inferiore di tale Unità è costituito da una serie prevalentemente argilloso-marnosa (indicata in letteratura come "Argilliti Varicolori", "Scisti Varicolori" o come Scaglia Toscana) depostesi in un lasso di tempo compreso tra l'Oligocene e il Paleocene. Agli Scisti Varicolori fanno seguito in continuità di sedimentazione le torbiditi arenaceo-quarzoso- feldspatiche suddivise in due formazioni: Arenarie del Cervarola (Litofacies marnoso-siltosa- arenacea) e Arenarie del Falterona (Litofacies arenacea).

L'area di pianura del bacino di Arezzo e della Chiana: La piana di Arezzo occupa il settore centro-settentrionale del territorio comunale ed è costituita, da un punto di vista geologico, nella parte inferiore da depositi argillosi deposti direttamente sul substrato roccioso neogenico; tali depositi successivamente tiltati da movimenti tettonici, si presentano in discordanza angolare con i depositi ciottolosi del Maspino sovrastanti. Al di sopra di questi ultimi troviamo i depositi di chiusura dei bacini fluvio-lacustri. Diversamente dalla Piana di Arezzo, la successione della Piana della Chiana aretina, è costituita dai Depositi fluvio-lacustri pleistocenici sovrastanti il substrato preneogenico cui seguono le alluvioni antiche e recenti.

Il sistema orografico orientale può essere ulteriormente scomposto nella sua componente orografica montana ed in quella collinare. La componente collinare comprende la **fascia collinare sulle Unità toscane e sui Bacini neo-quadernari**. Si tratta di sistemi orografici collinari corrispondenti ai fianchi di rilievi antiformali della catena appenninica. Sono in genere superfici interessate da sollevamenti relativamente contenuti, con modellamento erosivo mediamente intenso. Nel territorio di Arezzo si ritrovano in continuità nella fascia collinare del settore centro-settentrionale del territorio comunale. Da un punto di vista geomorfologico i rilievi presentano versanti da dolci a mediamente ripidi, complessi e ricchi di gradini. Il reticolo idrografico è dentritico e localmente sub-angolare, con tendenze radiali o parallele in corrispondenza di sollevamenti recenti. Nel settore nord-orientale si ritrovano sistemi orografici collinari scolpiti sulle formazioni arenaceo-pelitici. Sono frequenti i ripiani sommitali o i crinali ampi, versanti ripidi e le valli profondamente incise, con versanti aggradati anche e soprattutto se ripidi. Si sviluppano suoli su spesse coperture mobili, sabbiose e prodotte dall'alterazione sulle superfici sommitali, grossolane e prodotte da processi di versante sui medesimi. In questi contesti si formano suoli da profondi a moderatamente profondi, sabbiosi, altamente permeabili ed acidi; in assenza delle coperture mobili, i suoli sono sottili e meno acidi; le riserve di nutrienti sono buone nonostante l'acidità.



Figura 6: paesaggio delle Colline orientali sulle formazioni arenaceo-pelitiche

I rilievi collinari sulle formazioni neo-quadernarie sono prodotti dal modellamento erosivo in conseguenza del ritiro del mare e di un significativo ma modesto sollevamento quadernario, accompagnato da minimi fenomeni di deformazione e fratturazione. Occupano la porzione nord del Canale Maestro della Chiana e la destra idrografico Arno. Da un punto di vista litologico, sono costituiti da depositi argillosi di età neo-quadernaria sovrastati da depositi sabbiosi del Pliocene, nonché da conglomerati neo-quadernari e calcareniti neogeniche. Sono rilievi caratterizzate da un deciso modellamento erosivo con piccoli e distanziati ripiani sommitali, spesso occupati da insediamenti. Presenza di versanti complessi, con parte alta più ripida e parte inferiore concava, anche molto dolce. Reticolo idrografico tendente al dendritico, denso. Predominano i suoli argillosi a media attività, anche profondi, calcarei, fertili ma poco permeabili e fortemente soggetti all'erosione. Suoli non argillosi, riconducibili ai suoli tipici di altri sistemi morfogenetici (Collina dei bacini neo-quadernari, sabbie dominanti, Collina su depositi neo-quadernari con livelli resistenti, Collina su depositi neogenici deformati) sono presenti, spesso evidenziati da cambiamenti d'uso.

**Il Sistema orografico montano orientale** è invece costituito dai fianchi di rilievi antiformali e monoclinali dello spartiacque appenninico e di rilievi minori. Sono morfostutture interessate da fenomeni di sollevamento recente. I versanti sono controllati dall'assetto degli strati e dalla resistenza meccanica delle arenarie; sono tipicamente asimmetrici rispetto ai crinali, con i versanti a franapoggio più dolci e i versanti a reggipoggio più ripidi. Fenomeni franosi producono accumuli detritici al piede di versante. Sono presenti paleo frane, grandi corpi di frana stabilizzati o quiescenti. Il reticolo idrografico è controllato dalle strutture locali.

Sono comuni spesse coperture detritiche grossolane, prodotte dai processi crionivali durante gli stadi climatici freddi. Su queste coperture, si formano suoli sabbiosi, altamente permeabili ed acidi, profondi anche su forti pendenze.



Figura 7: versanti fortemente acclivi scolpiti sulle formazioni pelitiche nel sistema orografico orientale interessati da degrado della copertura forestale.

Tra il sistema dei rilievi collinari e montani è presente un'ampia fascia di raccordo con i sistemi alluvionali, ed è costituita dalle **Aree di Margine**. Le fasce di margine sono costituite da conoidi alluvionali terrazzate non esondabili da eventi eccezionali. Si ritrovano nella fascia pedemontana orientale del Canale Maestro, nel Settore orientale della Piana di Arezzo e nella fascia pedemontana della destra idrografica dell'Arno. Sono costituite da depositi fluviali, di conoidi di deiezione e di piana alluvionale, di età tardo pleistocenica. Morfologicamente sono conoidi alluvionali e fronti di conoidi alluvionali coalescenti, spesso terrazzati. Le dinamiche evolutive sono prevalentemente connesse con i processi di dinamica fluviale lungo i corsi d'acqua che si immettono nel Canale Maestro con forme deposizionali attive e fenomeni di erosione spondale. Infatti le aree di Margine rappresentano l'ambito di transizione tra il sistema della Piana alluvionale in senso stretto ed i versanti acclivi delle colline retrostanti, dove avvengono i fenomeni di progradazione ed aggradazione delle conoidi di deiezione. In questo senso tutti i principali corsi d'acqua che discendono dai versanti di margine verso il canale maestro, sono caratterizzati da dinamiche evolutive in alveo tendenti alla colmata e deposizione alluvionale con potenziale incremento dei fenomeni esondazione nei terreni circostanti.

I suoli sono ben sviluppati, profondi. Gli orizzonti superficiali mostrano spesso tessiture ricche in limo. Il drenaggio è frequentemente imperfetto. Questi suoli sono moderatamente acidi ma con buone riserve di nutrienti; sono suscettibili alla compattazione e, in caso di pendenze anche modeste, all'erosione.



*Figura 8: la superficie debolmente inclinata del Margine inferiore nel bordo della Val di Chiana . Si tratta della coalescenza di conoidi di deiezione sviluppatasi a partire dai bordi dei rilievi orientali.*

Il sistema fisiografico della **Piana alluvionale centro-occidentale** è invece occupato da diversi ordini di terrazzi fluviali. I settori di Alta Pianura in dividuano conoidi alluvionali attive e bassi terrazzi alluvionali, esondabili da eventi rari a meno di opere di arginamento e protezione. Si ritrovano nel Settore sud-orientale della Città di Arezzo; Pianaccio – Antria; Piana dell'Arno presso Ponte di Buriano. Da un punto di vista geologico sono costituite da depositi fluviali, di conoide e piana alluvionale di età olocenica. Sono forme attive in relazione ad eventi alluvionali che possono verificarsi in occasione di fenomeni di piena. Nelle superfici si sviluppano suoli profondi, su depositi piuttosto grossolani ma con frequenti coperture limose, permeabili e ben drenati; fanno eccezione i suoli sui travertini, tendenzialmente argillosi e dal drenaggio lento. Si tratta comunque in ogni caso di suoli poco alterati e dilavati, con buone riserve di fertilità.



*Figura 9: Settore dell'Alta Pianura nell'immediata periferia sud di Arezzo, in corrispondenza del canale Fossattone.*

Geologicamente più recenti sono le Pianure alluvionali dei principali corsi d'acqua, riferibili in particolare all'Arno, Torrente Cerfone, e altri corsi d'acqua. Questi sono costituiti da depositi alluvionali prevalentemente fini, con lenti grossolane la cui frequenza aumenta con le dimensioni del corso d'acqua; sono presenti anche depositi di alveo grossolani. Morfologicamente possono essere in raccordo diretto con i retrostanti rilievi, oppure a contatto con la fascia del Margine delle conoidi di deiezione. I suoli sono profondi, chimicamente fertili e con granulometria e permeabilità variabile.



*Figura 10: Piana alluvionale recente-attuale del Fiume Arno, presso Buriano.*



*Figura 11: Piana alluvionale del Torrente Castro, nel settore orientale della Città di Arezzo.*

Infine, grande rilevanza geomorfologica e paesaggistica riveste l'area di pianura bonificata della Val di Chiana e del Canale Maestro, caratterizzata da un drenaggio naturalmente incerto e in via di evoluzione, sottoposta a grandi opere di bonifica con reindirizzamento del drenaggio e/o attuazione di schemi di colmata. Da un punto di vista litologico sono costituite da depositi fluviali di piena, distali, a bassa energia generalmente costituiti da materiali fini, con forte presenza di materiali limosi; sono presenti anche depositi lacustri e palustri.



*Figura 12: Canale Maestro, che drena la pianura bonificata della Val di Chiana .*



*Figura 13: la superficie debolmente inclinata del bordo orientale della Val di Chiana che si raccorda con le aree di Margine delle conidi di deiezione.*

Da un punto di vista Idrografico il territorio comunale è interessato da due principali linee di drenaggio: l'Arno, che percorre il settore nord del territorio comunale; la Chiana, affluente dell'Arno attraverso il Canale Maestro della Chiana. Altri importanti corsi d'acqua si ritrovano nel settore orientale del territorio comunale, quali il Castro, il Bicchieraia e il Vingone) e drenano il sistema dei rilievi orientali, e attraversano il centro urbano di Arezzo. La Chiana, si congiunge perpendicolarmente all'Arno, e presenta un diffuso sistema torrentizio proveniente dai rilievi orientali. Di questi torrenti una gran parte è stata alterata nelle sue caratteristiche idrografiche dagli usi antropici: ad esempio il Torrente Castro che attraversa interamente la città di Arezzo presenta un tratto tombato (ridotto a collettore fognario), cosicché alla confluenza con il Canale Maestro la qualità delle acque risulta molto peggiorata. Lo stesso si può dire per il Fosso Bicchieraia ed il Torrente Vingone che, nonostante i tratti più a monte presentino dei livelli qualitativi soddisfacenti, avvicinandosi ad Arezzo manifestano evidenti segni di degrado soprattutto perché devono sopportare carichi di inquinanti o perché i loro corsi sono sottoposti a modifiche per le espansioni antropiche, sia residenziali che produttive.

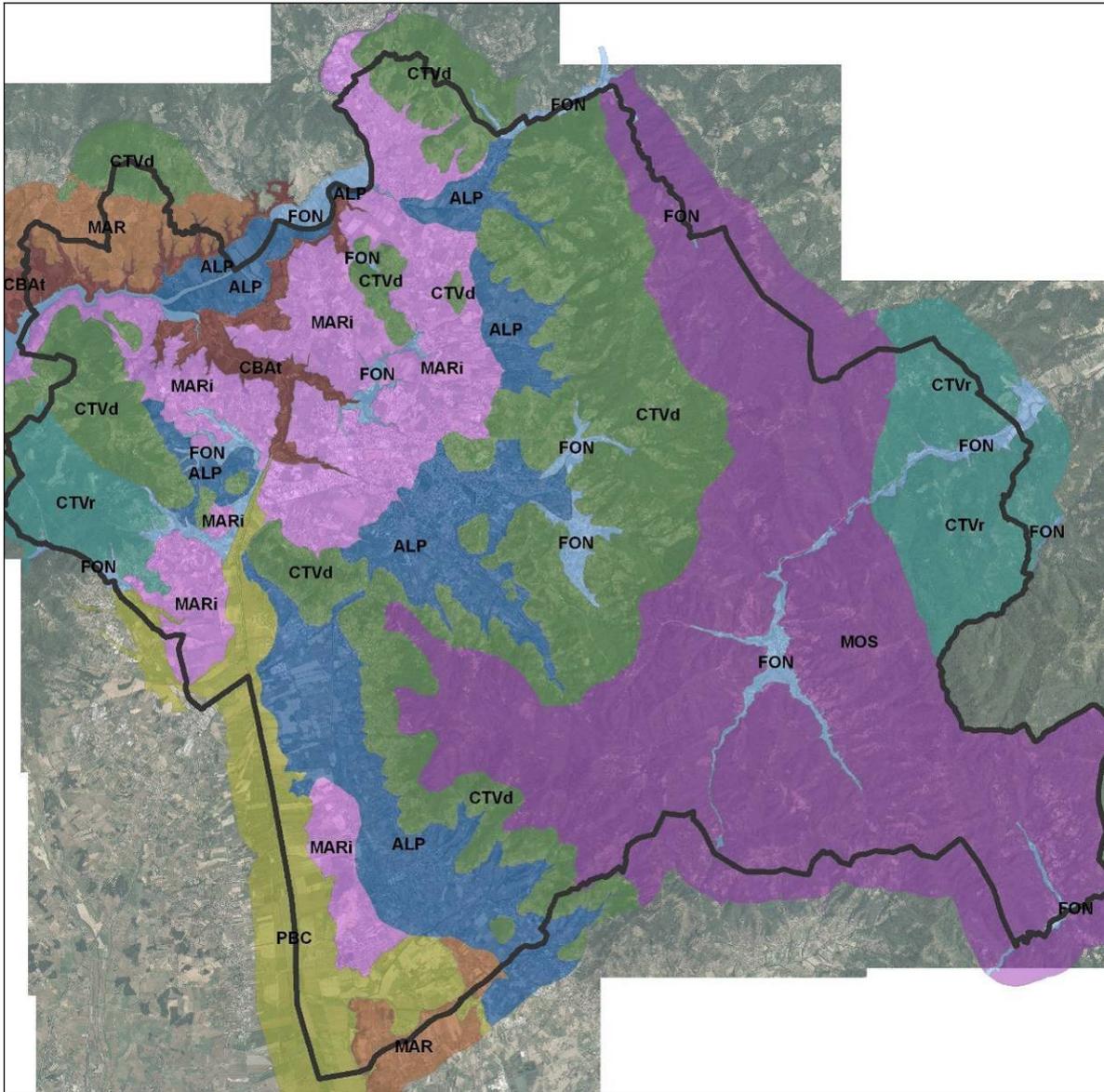


Figura 14 - Stralcio cartografico dei sistemi morfogenetici reinterpretati rispetto a quelli individuati dal PIT nel territorio di Arezzo. 1. ALP - Alta pianura; 2. CTVd - Collina a versanti dolci sulle Unità Toscane; 3. CTVr - Collina a versanti ripidi sulle Unità Toscane; 4. CBAt - Collina dei bacini neo-quaternari, litologie alternate; 5. FON - Fondovalle; 6. MAR - Margine; 7. MARI - Margine inferiore; 8. MOS - Montana silicoclastica; PBC - Pianura bonificata per diversione e colmate.

## 6. ASSETTO LITOTECNICO

Le caratteristiche litologico-tecniche di rocce e terre affioranti e sub-affioranti condizionano distribuzione spaziale, frequenza, caratteristiche morfometriche, cinematismo, dei movimenti gravitativi e incidono sui possibili fenomeni di subsidenza (in concomitanza con assetto idrogeologico), di cedimenti differenziali, di possibile liquefazione dinamica in condizioni sismiche.

Possono essere impiegati diversi set di dati di input, strumenti e metodi per ottenere banche dati litotecniche; in generale le procedure si basano sull'ipotesi per cui ogni formazione geologica, data la propria omogeneità litologica, può essere "assegnata" ad una determinata classe litotecnica, ovvero una specifica categoria corrispondente a determinate e più o meno variabili proprietà litologiche, fisiche e meccaniche.

Sulla base della legenda-tipo della cartografia litotecnica regionale è stata implementata la Carta Litologico-tecnica, individuando 4 classi principali a seconda della coerenza dei depositi e varie sottoclassi che tengono conto della estrema variabilità litologica, strutturale, fisica, granulometrica e di addensamento che caratterizza gli affioramenti, individuando quindi le relative UNITA' LITOTECNICHE che caratterizzano il comprensorio aretino, suddivise in 5 classi con relative sottoclassi:

sigla	<b>Classe 1 - LITOTIPI COERENTI</b>
<b>LC 1</b>	<i>Materiale lapideo monolitologico non stratificato non fratturato</i>
<b>LC 2</b>	<i>Materiale lapideo monolitologico non stratificato fratturato</i>
<b>LC 3</b>	<i>Materiale lapideo monolitologico stratificato non fratturato</i>
<b>LC 4</b>	<i>Materiale lapideo monolitologico stratificato fratturato</i>
<b>LC 5</b>	<i>Materiale lapideo plurilitologico stratificato non fratturato</i>
<b>LC 6</b>	<i>Materiale lapideo plurilitologico stratificato fratturato</i>
	<b>Classe 2 - LITOTIPI SEMICOERENTI</b>
<b>LS 1</b>	<i>Materiale granulare cementato o molto addensato a grana prevalentemente grossolana</i>
<b>LS 2</b>	<i>Materiale granulare cementato o molto addensato a grana prevalentemente medio fine</i>
<b>LS 3</b>	<i>Materiale coesivo sovraconsolidato</i>
<b>LS 4</b>	<i>Unità pre-neogeniche prevalentemente argillose; terreni eterogenei ad assetto caotico</i>
	<b>Classe 3 - LITOTIPI PSEUDOCOERENTI</b>
<b>LP 1</b>	<i>Materiale coesivo normalconsolidato (argille con limi)</i>
<b>LP 2</b>	<i>Materiale coesivo poco consolidato o molle (argille plastiche)</i>
<b>LP 3</b>	<i>Materiale coesivo di natura organica (argille organiche e torbe)</i>
	<b>Classe 4 - LITOTIPI DA PSEUDOCOERENTI A INCOERENTI</b>
<b>LPI</b>	<i>Materiale coesivo poco consolidato alternato a materiale granulare fine scarsamente o mediamente addensato, alternanze di litotipi a varia granulometria con scarso addensamento e/o consolidazione</i>
	<b>Classe 5 - LITOTIPI INCOERENTI</b>
<b>LI 1</b>	<i>Materiale detritico eterogeneo ed eterometrico (depositi di versante s.l.)</i>
<b>LI 2</b>	<i>Materiale granulare sciolto o poco addensato a granulometria non definita</i>
<b>LI 3</b>	<i>Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana</i>
<b>LI 4</b>	<i>Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza sabbiosa</i>
<b>LI 5</b>	<i>Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza fine</i>
	<i>Aree non rilevabili o non classificabili</i>

Nella tabella che segue sono indicate le diverse classi a cui sono state correlate le litologie presenti nel territorio comunale.

<b>CLASSE 1 - LITOTIPI COERENTI</b>		<b>Formazioni cartografate</b>
<b>LC 4</b>	Materiale lapideo monolitologico stratificato fratturato	<b>SEN, FAL3,</b>
<b>LC 6</b>	Materiale lapideo plurilitologico stratificato fratturato	<b>SIL, BMS, MVV, aC, FAL2, FAL1</b>
<b>CLASSE 2 - LITOTIPI SEMICOERENTI</b>		
<b>LS 1</b>	Materiale granulare cementato o molto addensato a grana prevalentemente grossolana	
<b>LS 2</b>	Materiale granulare cementato o molto addensato a grana prevalentemente medio fine	
<b>LS 3</b>	Materiale coesivo sovraconsolidato	
<b>LS 4</b>	Unità pre-neogeniche prevalentemente argillose; terreni eterogenei ad assetto caotico	<b>FALa</b>
<b>CLASSE 3 - LITOTIPI PSEUDOCOERENTI</b>		
<b>LP 1</b>	Materiale coesivo normalconsolidato (argille con limi)	<b>ACC</b>
<b>LP 2</b>	Materiale coesivo poco consolidato o molle (argille plastiche)	
<b>LP 3</b>	Materiale coesivo di natura organica (argille organiche e torbe)	
<b>CLASSE 4 LITOTIPI INCOERENTI</b>		
<b>LI 1</b>	Materiale detritico eterogeneo ed eterometrico (depositi di versante s.l.)	<b>Aa</b>
<b>LI 2</b>	Materiale granulare sciolto o poco addensato a granulometria non definita	<b>h5, b, bna, bnb, b2a</b>
<b>LI 3</b>	Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana	<b>VILa</b>
<b>LI 4</b>	Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza sabbiosa	<b>VILb</b>
<b>LI 5</b>	Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza fine	<b>VILc, VILh</b>
<b>NRC</b>	Aree non rilevabili o non classificabili	<b>h1</b>

Le "unità litotecniche" distinte nel territorio comunale sono le seguenti:

### Successioni Conglomeratiche Ghiaioso-Sabbioso-Argillose

#### **LITOTITI INCOERENTI ( Classe 4) (h5, Aa, b, bna, bnb, b2a,)**

I Litotipi incoerenti comprendono tre sottoclassi principali:

**LI1:** Depositi incoerenti costituiti da materiali litoidi spigolosi a pezzatura diversa immersa in matrice fine derivante da azioni antropiche o dal disfacimento delle formazioni limitrofe ed accumulatisi ai piedi dei versanti per azione gravitativa o lungo le pendici dei versanti per alterazione chimico fisica dei terreni e conseguente rimobilizzazione degli stessi. **(Aa)**;

**LI2:** Depositi eterogenei costituiti da ghiaie eterometriche e sabbie, le cui caratteristiche tecniche sono associate strettamente alle condizioni al contorno. In genere si presentano in banchi o lenti e le ghiaie e sabbie sono in grande prevalenza su argille e limi; questi depositi presentano caratteristiche fisico-meccaniche dipendenti dalle condizioni locali, quali in particolare la granulometria e la percentuale di materiali fini (essenzialmente frazione argillosa). Le caratteristiche fisico-meccaniche di questi terreni sono generalmente discrete, ma peggiorano considerevolmente in aumento della frazione argillosa ed in presenza d'acqua. Relativamente alla frazione ghiaiosa la matrice dei livelli a ciottoli è generalmente mal classata. Il materiale è classificabile sia come GW-GM (ghiaie a granulometria ben assortita e miscele di ghiaie e sabbie alternate a livelli di ghiaie limose e miscele di ghiaia , sabbia, limo) che come GP (ciottoli e ghiaie a granulometria poco assortita) in banchi irregolari. Le intercalazioni sabbiose e la matrice sono classificabili come SW (sabbie ben assortite) e talora come SW-SM (sabbie limose, miscele di sabbia e limo) e più raramente come SC (sabbie argillose) **(h5, , b, bna, bnb, b2a)**.

**LI3:** Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana corrispondente in genere alle coperture detritiche generatasi per movimenti gravitativi superficiali e profondi tipici dei detriti di falda e a depositi ciottolosi di ambiente fluviale **(VILa)**;

**LI4:** Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza sabbiosa con buone proprietà meccaniche. Corrispondono generalmente a paleo-depositi di ambiente fluviale caratterizzati da ciottoli prevalentemente calcarei ed arenacei I clasti generalmente ben arrotondati immersi in matrice sabbiosa o sabbioso-limosa **(VILb)**.

**LI5:** Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza fine **(VILh; VILc)**. I Litotipi pseudocoerenti appartenenti alla sottoclasse **LI5**, includono formazioni comprendenti depositi incoerenti costituiti da materiale prevalentemente fine derivante dalla deposizione di chiusura del ciclo lacustre le cui caratteristiche tecniche variano moltissimo con i variare della frazione argillosa e della presenza d'acqua. Pertanto non si ritiene utile definire tali terreni come terreni a buone o pessime caratteristiche geotecniche. Questi depositi sono invece classificabili litologicamente ML (limi inorganici e sabbie molto fini, talora argillosi leggermente plastici) e come SM-SC (miscele di sabbia e limo) nei livelli più sabbiosi. Relativamente alla frazione più prettamente argillosa possiamo classificarla invece come argille inorganiche con plasticità da bassa a media, argille sabbiose, argille limose (CL), subordinatamente come limi inorganici e sabbie molto fini e limi argillosi leggermente plastici (ML-CL) e talora come argille inorganiche di alta plasticità (CL-CH).

#### **LITOTITI PSEUDOCOERENTI (Classe 3 )– (ACC)**

Sono comprese in questa categoria Argilliti con intercalazioni di calcari marnosi in assetto caoticizzato, marne stratificate esfoliabili, con proprietà geotecniche da medie a

scadenti. Le caratteristiche meccaniche di tale formazione diminuiscono fortemente, sia per la presenza di acqua che all'aumentare del grado di alterazione.

### **LITOTITI SEMI-COERENTI (Classe 2) – (FALa)**

I litotipi semicoerenti corrispondono alle unità pre-neogeniche prevalentemente argillose; si tratta di terreni eterogenei ad assetto caotico.

### **LITOTITI COERENTI (LAPIDEI) (Classe 1) – (SEN, FALa, FAL3, SIL, BMS, MVV, aC, FAL2, FAL1)**

I litotipi coerenti-lapidei sono generalmente fraturati e si differenziano sostanzialmente per la presenza o meno di differenziazioni lito-stratificazioni. In particolare **LC6** comprende le alternanze di litotipi lapidei e argillosi con frequenti variazioni. Strati lapidei fraturati e con interstrati argillosi in assetto ordinato. Arenarie con intercalazioni argillitiche e siltitiche con buone proprietà meccaniche. Le caratteristiche meccaniche di tale classe diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione e della potenza degli strati argilloso-siltosi oltre che all'aumentare del grado di fratturazione. I termini monolitologici (**LC4**), sono costituiti da arenarie e peliti più o meno fratturate con buone proprietà meccaniche che diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione.

Nella **Carta Litologico – tecnica e dei dati di Base**, oltre agli elementi qualitativi di natura litotecnica sopra descritti, sono indicati anche i dati di base acquisiti dal SIT del comune; a questi sono stati aggiunti anche quelli relativi ad indagini specifiche indicate negli elaborati di diversi interventi di mitigazione del rischio idraulica dei Torrenti Bicchieraia, Valtina e Castro. Inoltre sono stati inseriti anche i dati di base appositamente realizzati per la definizione delle MOPS all'interno del presente studio.

## 7. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Per quanto concerne la cartografia geomorfologica allegata al presente studio, il quadro di riferimento conoscitivo di base è stato il DB geomorfologico della Regione Toscana in scala 1:10.000. Il dato regionale è stato tuttavia rielaborato e implementato con elementi di nuova acquisizione o contenuti nel vecchio PS e nel SIT comunale.

L'analisi geomorfologica è stata specificatamente indirizzata all'acquisizione di elementi conoscitivi per la definizione delle forme e processi evoluti connessi con i fenomeni di versante e fluviali e delle interferenze antropiche.

In particolare, per quanto riguarda i fenomeni franosi contenuti nel DB geomorfologico, si è constatato che l'attuale sistema conoscitivo derivante dal CARG regionale, risulta in molti casi non del tutto corrispondente con i dati contenuti e derivanti dal progetto IFFI. In questa sede si è operata una verifica del quadro di coerenza tra le fonti cartografiche disponibili e le reali condizioni di assetto geomorfologico. L'esito di tale verifica ha portato a considerare i dati IFFI quelli maggiormente corrispondenti all'attuale assetto geomorfologico, pur manifestando essi stessi delle incongruenze su cui si è intervenuti cartograficamente previo confronto con i tecnici dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Ai dati IFFI opportunamente corretti, sono stati aggiunti nuovi elementi areali di instabilità gravitativa di versante di tutto il territorio comunale, classificati secondo lo schema adottato dal progetto IFFI. Tali nuovi elementi vanno a implementare il quadro conoscitivo delle dinamiche evolutive di versante, da cui discendono le condizioni di Pericolosità geologica del territorio.

La verifica delle condizioni di sussistenza spaziale, tipologica e grado di attività, dei fenomeni franosi identificati sul territorio aretino dalla cartografia ufficiale CARG e IFFI ha seguito diverse fasi metodologiche di seguito riportate;

- **acquisizione** basi conoscitive: **IFFI** - inventario dei fenomeni franosi (**Autorità di Bacino del Fiume Arno**, aggiornamento gennaio 2018); dati **PAI** di sintesi (scala 1:25.000) e dettaglio (1:10.000); dati sui fenomeni franosi **da DB geomorfologico regionale – aggiornamento settembre 2018**); dati fenomeni franosi **dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere** (2002); dati geomorfologici del **precedente Piano strutturale** (2004) e del **SIT** comunale; dati storico-inventariali di eventi franosi e dissesti avvenuti nel territorio di Arezzo;
- **verifica** delle condizioni di sussistenza spaziale, tipologica e grado di attività, dei fenomeni franosi identificati sul territorio aretino di cui al punto precedente tramite:
  - **Analisi indirette** per una prima verifica dei dati di base tramite analisi multitemporale da fotointerpretazione; analisi morfologiche a partire dai dati LIDAR; interrogazione dei dati interferometrici della Regione Toscana;
  - **Analisi dirette** tramite sopralluoghi mirati sul campo, su areali identificati al punto precedente, per la verifica della reale sussistenza spaziale e tipologica dei fenomeni franosi censiti dalle diverse fonti.
- **Elaborazione geomorfologica** tramite la creazione di files vettoriali in formato shp, strutturati secondo le specifiche tecniche del DB geomorfologico regionale aggiornato a settembre 2018. Rispetto agli elementi areali relativi ai fenomeni franosi (FR\_IFFI.shp), si sono mantenuti i campi informativi contenuti negli shp files della banca dati IFFI.

**Forme e processi geomorfologici**

**Forme di versante dovute alla gravità**

-  Orlo di scarpata di Frana
-  Orlo di scarpata di degradazione attiva
-  Orlo di scarpata di degradazione inattiva-quietescente
-  Rottura di pendio concava
-  Rottura di pendio convessa
-  Trincea di DGPV

**Classificazione dei fenomeni franosi**

-  Deformazioni gravitative profonde di versante
-  Area con fenomeni di creep, soliflusso, geliflusso
-  Fenomeni di creep, soliflusso, geliflusso non cartografabili
-  Frane non cartografabili
-  F - Franosità diffusa attiva
-  DS - Deformazioni superficiali o franosità diffusa inattiva quietescente
-  S1 - Frane di scivolamento e colata lenta - inattive stabilizzate
-  S2 - Frane di scivolamento e colata lenta - inattive potenzialmente instabili (quietescenti)
-  S3 - Frane di scivolamento e colata lenta - attive

**Forme fluviali e di versante dovute al**

-  Vallecola a V in incisione
-  Orlo di scarpata di erosione fluviale
-  Ripa d'erosione fluviale
-  Conoide di deiezione
-  area soggetta a ruscellamento
-  area soggetta ad erosione

**Forme strutturali e**

-  porzione di versante con assetto a franapoggio meno inclinato del pendio
-  superficie strutturale o

**Forme, depositi ed attività antropiche**

-  Orlo di scarpata di cava
-  Orlo di scarpata antropica
-  Canale artificiale
-  diga
-  accumulo o rilevato di origine
-  scarpate di bacino
-  area di cava
-  area di cava
-  bacino idrico
-  Limiti bacini idrografici
-  Reticolo Idrografico regionale (aggiornato al DGR 899/2018)
-  limite comunale

Figura 15: schema di legenda utilizzato nella Carta Geomorfologica.

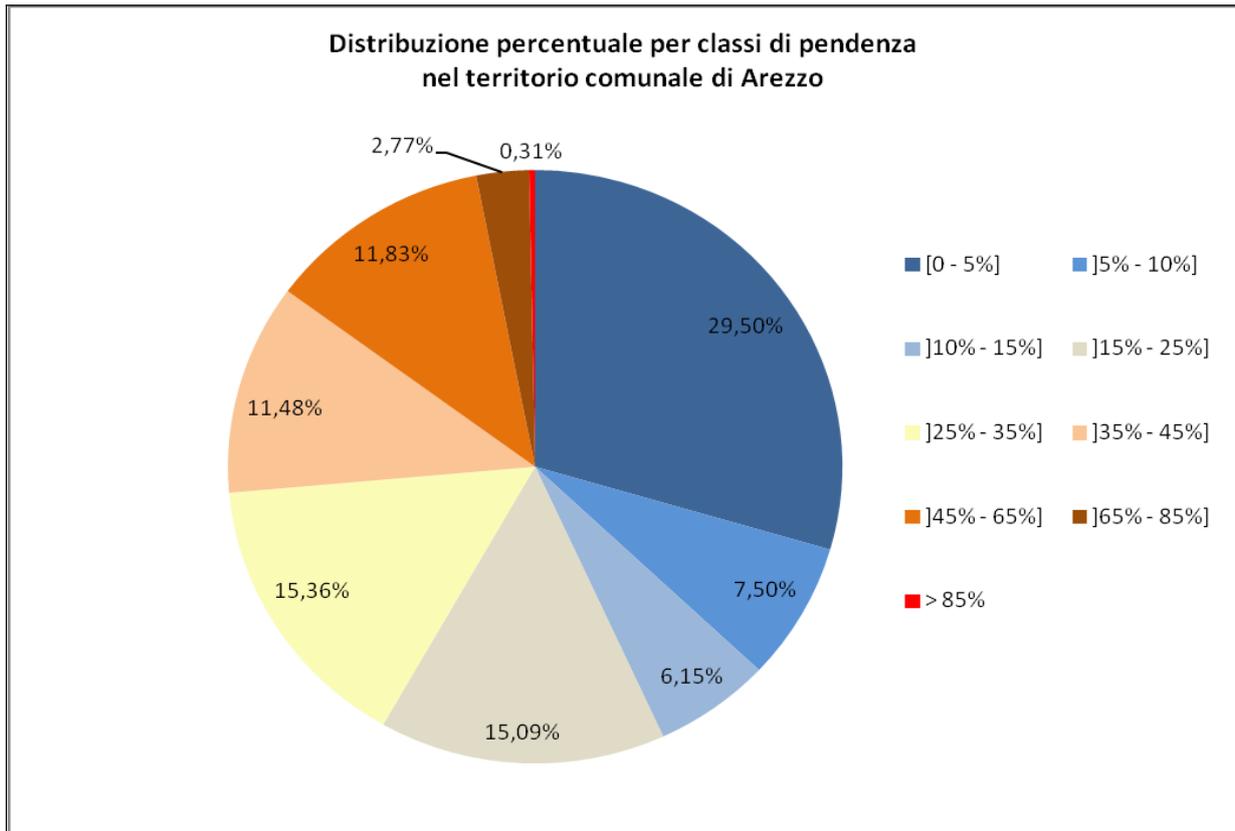
### **7.1. Analisi clivometrica**

L'analisi clivometrica è stata elaborata a partire Modello Digitale del Terreno (DTM) regionale con una risoluzione (*Cell Size*) pari a 10 metri (vedi Tavola B.2.1.5).

L'elaborato rappresenta un importante supporto conoscitivo per le analisi geomorfologiche e per la definizione della pericolosità geologica. In tal senso si è ritenuto opportuno definire numerose classi di pendenza, al fine di poter dare un miglior contributo nella valutazione dell'assetto geomorfologico e pericolosità geologica.

Le classi definite sono pertanto nove; di seguito viene riportata la suddivisione delle classi in funzione dei valori di pendenza relativi ai versanti analizzati con una precisione avente maglia quadrata di 10m x 10m:

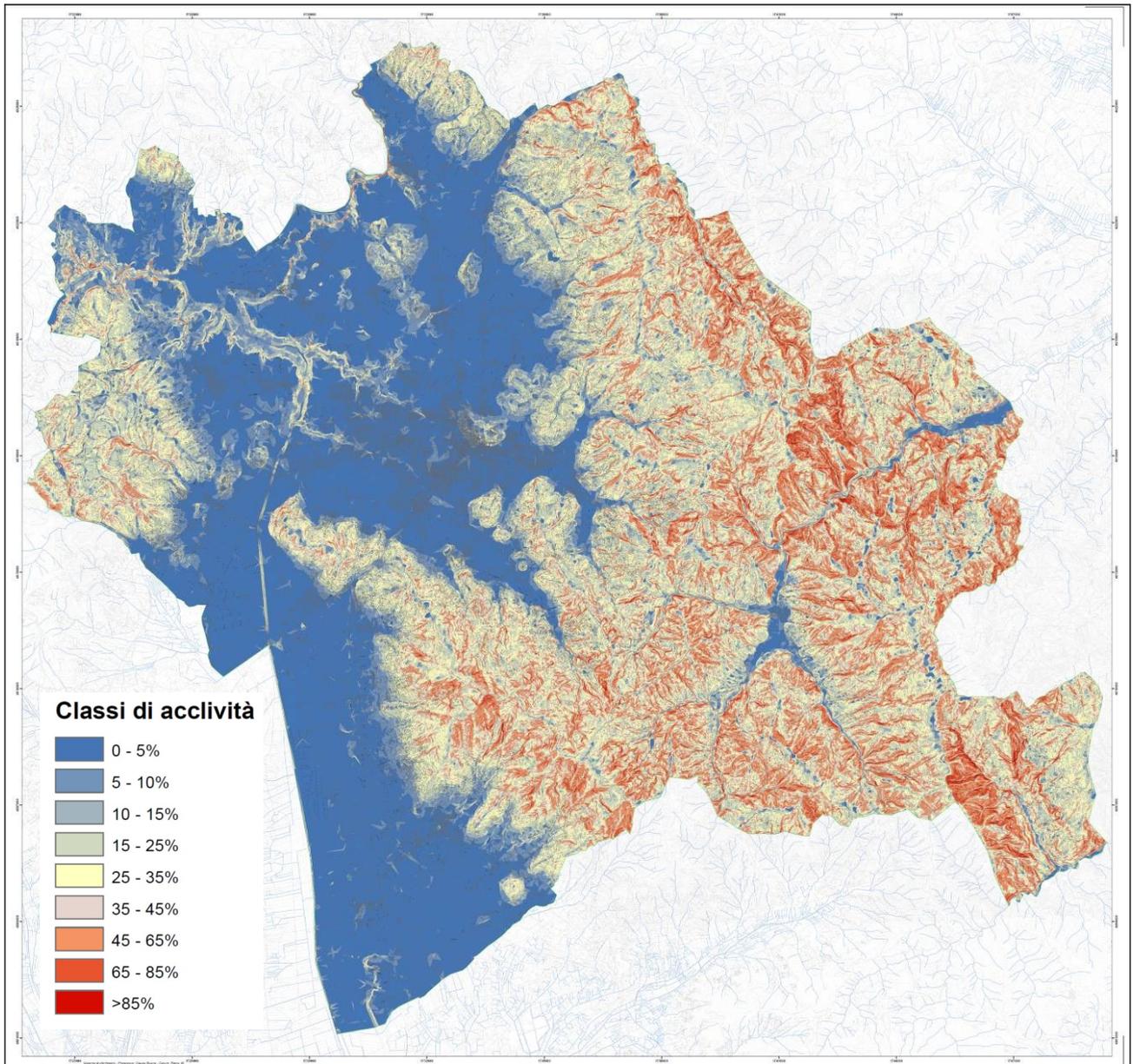
- classe 1 – comprende valori dal minimo dello 0% al massimo del 5%
- classe 2 - comprende valori dal minimo dello 5% al massimo del 10%
- classe 3 - comprende valori dal minimo dello 10% al massimo del 15%
- classe 4 - comprende valori dal minimo dello 15% al massimo del 25%
- classe 5 - comprende valori dal minimo dello 25% al massimo del 35%
- classe 6 - comprende valori dal minimo del 35% al massimo del 45%
- classe 7 - comprende valori dal minimo del 45% al massimo del 65%
- classe 8 - comprende valori dal minimo del 65% al massimo del 85%
- classe 9 - comprende valori > del 85%



Dall'analisi dei relativi allegati cartografici, la parte del territorio comunale corrispondente alla piana di Arezzo ed alla Valdichiana aretina si presenta con pendenze inferiori al 10%, mentre le fasce pedocollinari, collinari e montuose sono per la gran parte comprese al di sopra del 25% di pendenza.

In particolare le classi di pendenza superiori al 25%, occupano complessivamente oltre il 41% dell'intero territorio comunale, mentre le aree sopra il 45%, occupano complessivamente circa il 15%. Questi valori di pendenza costituiscono importanti elementi di riferimento per la definizione della pericolosità geologica su base clivometrica e litologica.

Da notare la presenza entro la coltre alluvionale di aree in classi di pendenza elevate che corrispondono alle scarpate del canale Maestro della Chiana e più in generale al tracciato dei corsi d'acqua che incidono fortemente la coltre alluvionale.



## 7.2. Forme e Processi evolutivi fluviali e di versante dovute al dilavamento

I processi evolutivi fluviali e di ruscellamento costituiscono aspetti di grande rilevanza nel quadro geomorfologico evolutivo del territorio di Arezzo, sia in relazione alle dinamiche fluviali delle due principali linee di deflusso del territorio aretino (**Arno** e **Canale Maestro**), sia in riferimento a quelle dei numerosi torrenti secondari (**Castro, Bicchieraia, Vingone, Antria, Maspino, La Chiassa**,) che attraversano i settori a maggiore densità abitativa e che rivestono pertanto un ruolo importante nel quadro delle analisi di pericolosità e rischio idraulico. Inoltre grande importanza in termini di equilibrio idrogeologico del territorio riveste la fitta rete di **Fossi** e **Borri** che drenano i sistemi montani e collinari che coronano la Piana di Arezzo e la Val di Chiana e che vanno ad alimentare il deflusso dei Torrenti secondari.



Figura 16: sistema morfo-sedimentario della piana alluvionale attuale del Fiume Arno.

Il tratto del **Fiume Arno** che scorre in direzione est-ovest a nord del territorio aretino, appartiene fisiograficamente alla porzione meridionale del Valdarno di Sopra. Il Valdarno superiore è il risultato di una storia geologica e morfoevolutiva complessa. In termini morfostrutturali, si tratta di una delle numerose conche intermontane estese in direzione parallela alla catena appenninica a costituire un preferenziale asse di drenaggio. Nella prima fase della sua storia evolutiva, la vallata era presumibilmente parte di un sistema idrografico parallelo all'Appennino, insieme con il Mugello, il Casentino e la Val di Chiana; le acque di questo sistema scorrevano verso sud, unendosi ad un grande bacino idrografico di cui il moderno bacino del Tevere potrebbe essere l'erede. La progressiva disgregazione di questo antico bacino, dovuta al sollevamento relativo di soglie in corrispondenza della Val di Chiana e della Chiusa di Levane, ha causato la deposizione, nel centro dell'antico Valdarno, di grandi volumi di sedimenti fluvio-lacustri ricchi di limi e di argille. Successivamente a queste fasi deposizionali plio-pleistoceniche, il nuovo Arno ha iniziato ad incidere rapidamente i depositi quaternari, processo ancora pienamente in atto, determinando il raggiungimento di nuovi equilibri geomorfologici all'interno del sistema fluviale; la valle del Fiume Arno si trova quindi, essenzialmente, in uno stadio

evolutivo di passaggio dalla condizione generale di forma di aggradazione, cioè di costruzione per deposizione sedimentaria, alla condizione di forma erosiva, modellata dal rapido smantellamento dei depositi quaternari e da fenomeni di erosione spondale.



Figura 17: schema morfo-sedimentario di una pianura alluvionale (alluvial plain). (da Freedom.dicea.it - Rinaldi M, UniFI).

Testimone di queste fasi morfo-evolutive sopracitate, è il settore esteso sulla destra idrografica del fiume Arno, nella porzione nord-occidentale del territorio comunale, nelle località Casa Doccia e Meliciano. Questo settore, litologicamente costituito dai depositi fluvio-lacustri plio-quaternari, è stato infatti interessato da intensi fenomeni di sollevamento recente che hanno contribuito all'incisione delle coltri alluvionali ad opera dei corsi d'acqua, processo che ancora oggi tende a manifestarsi. Questa condizione da un lato determina i processi di erosione e trasporto detritico in alveo verso l'Arno, dall'altro favorisce, in questi corsi d'acqua tributari dell'Arno, il contenimento dei fenomeni di piena all'interno del proprio alveo, determinando condizioni di scarsa criticità idraulica.



Figura 18: Settore di Casa Doccia, nella porzione nord-occidentale del territorio comunale, sulla destra idrografica dell'Arno. In questo settore i fenomeni di sollevamento recente hanno contribuito all'incisione dei corsi d'acqua, condizione che favorisce il contenimento dei fenomeni di piena all'interno dell'alveo.

Il **Canale Maestro della Chiana** costituisce un'importante opera di ingegneria idraulica realizzato durante la grande bonifica della Val di Chiana del XVIII-XIX secolo. Il Canale, nella sua porzione iniziale, riceve le acque dal torrente Tresa, in provincia di Siena, e dopo aver percorso circa 60 km, attraversa il territorio aretino per confluire nell'Arno nei pressi di Monte Sopra Rondine. Nel territorio comunale, Il Torrente Vingone e il Castro sono i due più importanti immissari in destra idrografica del Canale Maestro. Il settore del **Canale Maestro** in corrispondenza della Chiusa dei Monaci costituisce un ambito di intense dinamiche geomorfologiche fluviali e di versante connesse in gran parte con l'impostazione artificiale del canale. Sull'area è stata eseguita un'indagine geomorfologica di dettaglio (M. Rossi, F. Poggi, R. Chiarini 1999), che ha consentito di valutare le tendenze evolutive dei processi geomorfologici in atto lungo tale tratto del Canale Maestro. La sintesi di tali indagini ha rilevato che la tendenza evolutiva nel senso dell'erosione, presente nel tratto terminale del Canale Maestro posto a valle della Chiusa dei Monaci, fino alla confluenza in Arno, subì, come è noto, una progressiva e consistente accelerazione in concomitanza con il processo di bonifica della palude a monte ed il progressivo allontanamento dello spartiacque del bacino dalla goletta di Chiani verso Chiusi. Infatti, in tale lento processo, che tra il 500 e la prima metà dell'ottocento è stato assecondato dall'opera dell'uomo (bonifiche medicee e lorenesi), l'antico Clanis ha visto invertire il suo corso, passando da tributario del Tevere, tramite il fiume Paglia, ad affluente diretto del fiume Arno. In altri termini nel corso di soli 350 anni l'estensione del bacino scolante in Arno, tramite la Chiana, passò da qualche centinaio di Km<sup>2</sup> ad oltre 1300 Km<sup>2</sup>. È evidente che dopo un così consistente mutamento, l'alveo non ha ancora raggiunto un nuovo regime di equilibrio proprio a valle del suo ultimo tratto stabile, che oggi possiamo fissare nel sistema di briglie posto tra la Chiusa dei Monaci ed il ponte di Pratantico. È infatti noto che prima della costruzione di tali manufatti, nel 1883 crollava ad esempio il vecchio ponte sulla Strada Regia per Firenze (poco a valle dell'attuale ponte sulla S.R. n° 69), proprio per effetto dell'avvenuta accelerazione dei fenomeni di erosione che avevano depresso l'alveo in corrispondenza delle spalle e delle pile. Successivamente nel corso del 900 furono realizzate ulteriori opere di sistemazione idraulica anche nel tratto a valle, ma il loro attuale stato di spiccato dissesto, ne testimonia la scarsa efficacia (si rileva l'aggiramento della "Briglia dei Capannoni e la conseguente frana in sinistra idrografica).



Figura 19: veduta del Canale Maestro.



Figura 20: Chiuse dei Monaci nel tratto terminale del Canale Maestro.

La rete dei **Torrenti e dei canali che drenano la Piana di Arezzo e la Val di Chiana (Castro, Bicchieraia, Vingone, Antria, Maspino, La Chiassa, ecc.)**, rappresentano un sistema idraulico e di drenaggio estremamente complesso, caratterizzato da un assetto geomorfologico che, specie nelle aree di margine e nelle fasce colluvio-alluvionali pedemontane orientali, determina condizioni di sovralluvionamento e di colmata alluvionale delle superfici. Ne derivano spesso alvei pensili che solcano superfici depresse che, in occasione di fenomeni alluvionali o di piogge importanti, possono venire diffusamente allagate. Questa condizione geomorfologica dei torrenti costituisce una naturale criticità idraulica che si somma alle numerose interferenze operate da infrastrutture viarie e insediamenti, le quali determinano spesso ostruzione al naturale deflusso in alveo, determinando fenomeni di allagamento. Da questo punto di vista le aree a maggiore criticità idraulica appaiono quelle della Piana del Sellina e del Vingone-Fossatone, ma presentano condizioni di criticità idraulica e di sovralluvionamento anche tutti gli altri torrenti tra cui i più importanti, anche per le implicazioni urbanistiche e di rischio idraulico, sono il Castro - Bicchieraia, l'Antria, il torrente Maspino, La Chiassa, il Sellina, ed altri minori.

Un carattere geomorfologico diffuso nei settori di piana è la presenza di alvei pensili, ovvero di alvei fluviali in posizione topografica uguale o più elevata rispetto alla piana circostante; questi si originano a causa della presenza di argini naturali o artificiali, in tratti fluviali soggetti a marcata sedimentazione ed alluvionamento. Spesso le arginature vengono realizzate o rialzate artificialmente per evitare i fenomeni di esondazione del corso d'acqua; questo determina un incremento di sedimentazione all'interno dell'alveo che si "aggrada" progressivamente, innalzando il suo fondo fino a trovarsi in posizione sempre più elevata rispetto al piano di campagna fuori dagli argini. Questa configurazione geomorfologica degli alvei, ben rappresentata dal Torrente Sellina nel settore sud-occidentale dell'area urbana di Arezzo, costituisce una condizione di elevata criticità idraulica ed una minaccia costante per le infrastrutture e gli insediamenti presenti.

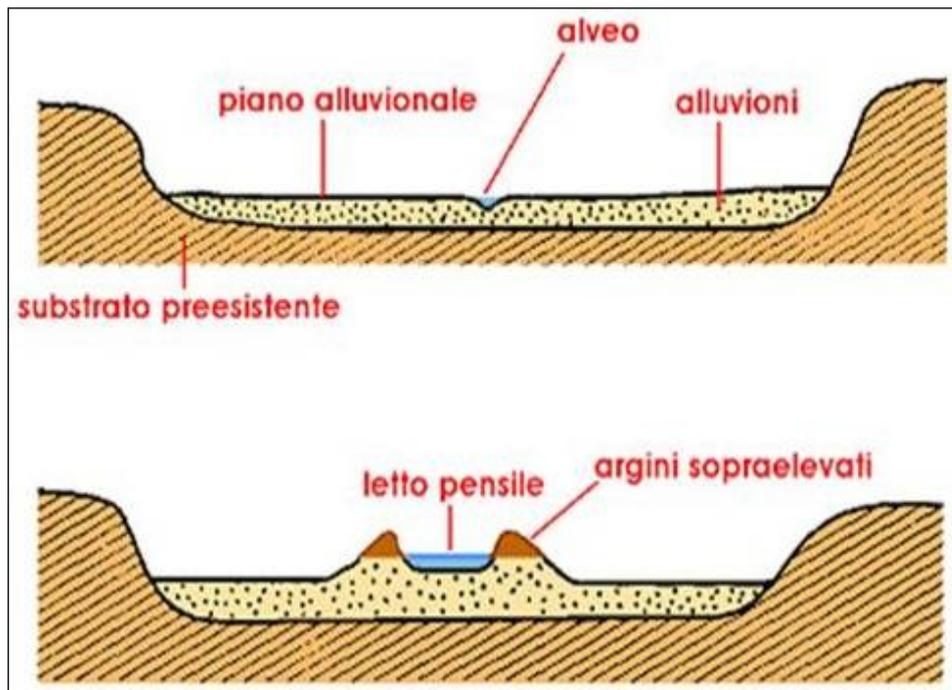


Figura 21: schema di formazione di un alveo pensile (da Freedom.dicea.it - Rinaldi M, UniFI).



Figura 22: Torrente Sellina. Si tratta di un sistema fluviale con alveo pensile sopraelevato rispetto alla piana circostante e con argini artificiali per il contenimento dei fenomeni di esondazione.



*Figura 23: Piana bonificata del Sellina. Si tratta di un settore depresso in cui sono stati realizzati una serie di canali di scolo che drenano le acque verso il Torrente Sellina.*



*Figura 24: Torrente Vingone nei pressi della confluenza con il Canale Maestro a valle della Chiesa dei Monaci, dove il tracciato risulta inciso e sono presenti ripe d'erosione fluviale attive.*



*Figura 25: Torrente Maspino, nel settore nord-orientale del territorio comunale. Si tratta di un sistema fluviale moderatamente pensile, con argini sopraelevati rispetto alla piana circostante per il contenimento dei fenomeni di esondazione.*

Anche i canali che drenano la Val di Chiana costituiscono sistemi di drenaggio soggetti a fenomeni di colmata detritica e di esondazione a partire dalla rottura di pendio concava che delimita la fascia pedemontana con la Piana, dove avviene una riduzione di energia del corso d'acqua e una conseguente deposizione sedimentaria. Gli alvei, nel passaggio dal settore montano a quello pedemontano, passano da una configurazione geomorfologica confinata, con prevalente prelievo e trasporto di materiale detritico, ad una semiconfinata, con processi dominanti di trasporto e sedimentazione detritica in alveo. Tra questi corsi d'acqua ad andamento sub-parallelo che drenano la Val di Chiana, in destra idrografica del Canale Maestro, i più importanti sono, procedendo da nord verso sud: **Rio delle Querce; Fosso dell'Olmo – Rio di S. Antonio; Rio di Pieve a Quarto; Rio della Valle; Rio di Vitiano – Rio di Cozzano.**

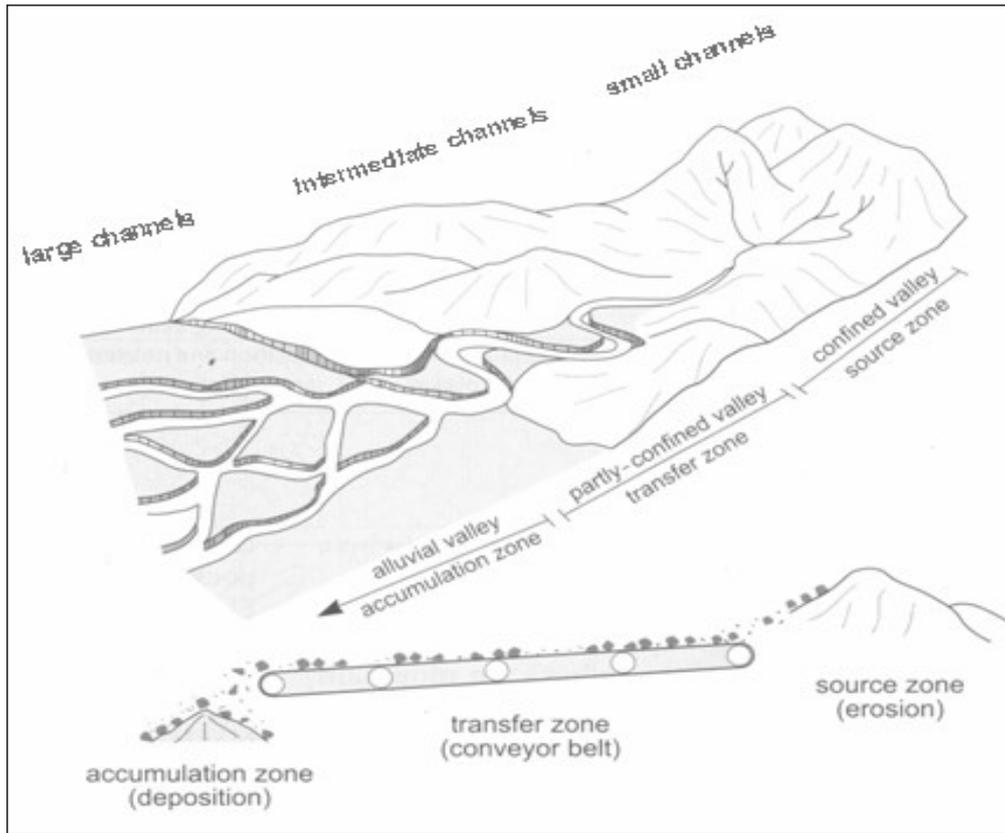


Figura 26: schema di evoluzione geomorfologica degli corsi d'acqua nel passaggio dai settori montani acclivi alle aree pedemontane e di pianura (da Freedom.dicea.it - Rinaldi M, UniFI). Questo modello genetico-evolutivo trova grande rappresentatività nei sistemi idrografici del territorio comunale, specie per quanto riguarda i settori del margine e le fasce pedemontane che degradano verso la Piana di Arezzo e la Val di Chiana .



Figura 27: Rio di S. Antonio, canale sub rettilineo che drena la piana colluvio-alluvionale per poi connettersi al Rio dell'Olmo e al Canale Maestro. Si tratta di un sistema fluviale in moderata colmata alluvionale.

Sulla rete dei Torrenti secondari che solcano la Piana di Arezzo e la Val di Chiana, confluiscono numerosi corsi d'acqua minori, denominati **Fossi** e **Borri**, che drenano il sistema orografico occidentale e soprattutto quello orientale.

I sistemi orografici che coronano il territorio aretino sono caratterizzati da ampi settori montani per lo più forestati ed estese aree collinari e fasce pedemontane su cui insistono diffuse coltivazioni olivicole ed altre colture agricole. I Fossi ed i Borri costruiscono linee di drenaggio che progressivamente appaiono incise man mano che ci si addentra nei territori montani, fino ad intercettare il substrato roccioso costituito dalle formazioni arenaceo-pelitiche oligo-mioceniche. La loro evoluzione, strettamente legata alle fasi tettoniche di recente sollevamento del sistema appenninico, appare pertanto orientata ad una progressiva incisione lineare ed escavazione dell'alveo, con trasporto verso valle del materiale di erosione prelevato direttamente dal *talveg* in roccia e di quello proveniente dai versanti attraverso i processi di ruscellamento diffuso ed incanalato. In questo processo di escavazione lineare, le linee di deflusso sono soggette inoltre ad un fenomeno di erosione regressiva che progressivamente va ad interessare le porzioni sommitali dei versanti.

Nel quadro complessivo delle dinamiche fluviali e torrentizie che avvengono nei settori pedemontani e di piana, l'importanza dei Fossi e Borri è legata principalmente al loro regime occasionale e torrentizio ed alla loro tendenza al trasporto solido verso valle, aspetti che definiscono potenziali condizioni di criticità idraulica nei settori pedemontani, prima, e di piana poi. Le condizioni di impermeabilità che caratterizzano gran parte delle formazioni geologiche dei sistemi montani, costituisce un ulteriore fattore di criticità, in quanto determina un incremento dei processi di deflusso superficiale a scapito dei processi di infiltrazione; in questo senso la copertura forestale e i terrazzamenti delle aree collinari e pedemontane acquistano grande importanza sugli equilibri idrogeologici tra acque d'infiltrazione e acque di ruscellamento.



Figura 28: Borro della Buca, nel settore centro-occidentale del territorio comunale in Località Ruscello, con evidenza dell'alveo scolpito sulle formazioni rocciose arenaceo-pelitiche oligo-mioceniche (FAL3).

**FORME FLUVIALI**

**Torrenti montani:** nelle porzioni montuose del bacino, i corsi d'acqua sono caratterizzati da pendenze elevate, forte variabilità delle portate liquide, presenza di sedimenti di grosse dimensioni.

La configurazione morfologica del corso d'acqua è fortemente condizionata dai versanti che lo delimitano, impedendone le variazioni laterali

539

Figura 29: nelle porzioni montuose del bacino, i corsi d'acqua sono caratterizzati da pendenze elevate, forte variabilità delle portate liquide, presenza di sedimenti grossolani o alvei scolpiti sul substrato roccioso. La configurazione morfologica del corso d'acqua è fortemente condizionata dai versanti che lo delimitano, impedendone le variazioni laterali.



*Figura 30: sistema di terrazzamenti con coltivazioni ad olivo e solchi di drenaggio nei versanti pedemontani di Rigutino.*



*Figura 31: Sistemi di versante forestati nel settore a monte di Le Poggiacce.*



Figura 32: Torrente San Chimento nei pressi di Palazzo del Pero, con alveo in roccia.



Figura 33: Tratto montano inciso del Torrente Castro, scolpito sul substrato roccioso con salto in corrispondenza di una discontinuità strutturale.



Figura 34: schema idrografico del territorio urbano e periurbano di Arezzo.

### 7.3. Forme e Processi evolutivi di versante dovute alla gravità

I caratteri geologico-strutturali del territorio comunale di Arezzo e gli eventi geodinamici plio-quadernari, hanno fortemente condizionato l'assetto morfologico generale, determinando, localmente, situazioni favorevoli allo sviluppo di fenomeni d'instabilità dei versanti riferibili a movimenti franosi di diversa tipologia in relazione all'assetto geologico-stratigrafico e geomorfologico. La classificazione dei movimenti franosi presenti nel territorio segue lo schema classico proposto da Varnes (1978).

## Tipi di movimento

1. Crollo
2. Ribaltamento
3. Scivolamento
4. Espansione
5. Colata

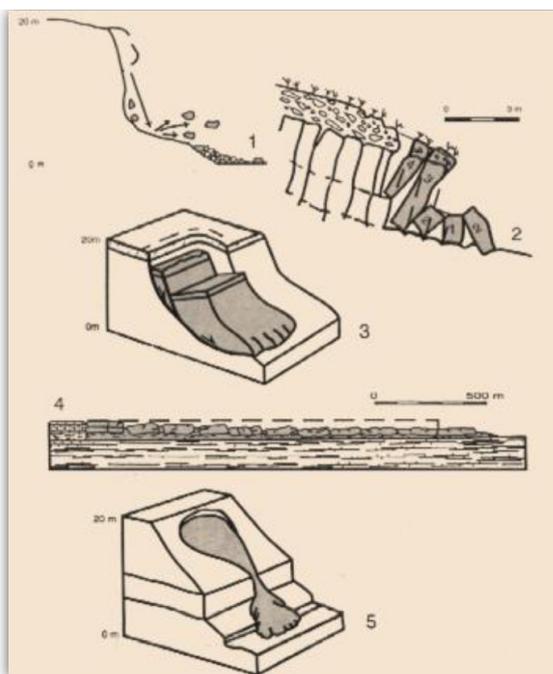


Figura 35: tipologia di movimenti franosi (da Varnes, 1978)

Tipo di movimento	Materiale		
	Roccia ( <i>bedrock</i> )	Detrito ( <i>debris</i> )	Terra ( <i>earth</i> )
<b>Crollo (<i>fall</i>)</b>	Crollo di roccia	Crollo di detrito	Crollo di terra
<b>Ribaltamento (<i>topple</i>)</b>	Ribalt. di roccia	Ribalt. di detrito	Ribalt. di terra
<b>Scivolamento rotazionale (<i>slump</i>)</b>	Sciv. rot. di roccia	Sciv. rot. di detrito	Sciv. rot. di terra
<b>Scivolamento traslativo (<i>slide</i>)</b>	Sciv. tras. di roccia	Sciv. tras. di detrito	Sciv. tras. di terra
<b>Espansione laterale (<i>lateral spread</i>)</b>	Esp. di roccia	Esp. di detrito	Esp. di terra
<b>Colamento (<i>flow</i>)</b>	Col. di roccia	Col. di detrito	Col. di terra
<b>Complesso (<i>complex</i>)</b>	Associazione di diversi meccanismi		

Figura 36: relazione tra movimento franoso e tipo di materiale (da Varnes, 1978)

# Velocità

IUGS/WGL (1995)

classe	descrizione	danni osservabili	scala delle velocità	
1	ESTREM. LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.	16 mm/anno	$5 \cdot 10^{-10}$ m/s
2	MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	1.6 m/anno	$5 \cdot 10^{-8}$ m/s
3	LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se lo spostamento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	13 m/mese	$5 \cdot 10^{-6}$ m/s
4	MODERATO	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute	1.8 m/h	$5 \cdot 10^{-4}$ m/s
5	RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	3 m/min	$5 \cdot 10^{-2}$ m/s
6	MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	5 m/s	5 m/s
7	ESTREM. RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.		

Figura 37: velocità dei fenomeni franosi (da IUGS/WGL (1995))

Come sarà meglio descritto in seguito, nel territorio comunale sono riconoscibili essenzialmente quattro tipologie cinematiche, che possono manifestarsi singolarmente o in forma associata:

- **Scivolamenti rotazionali** di masse in terra per deformazioni di taglio lungo una o più superfici o entro uno spessore limitato di materiale. Tali movimenti sono in genere associati con la comparsa lungo il versante di gradini e scarpate nella porzione del coronamento della frana, e di rigonfiamenti e fessure nella zona del piede del corpo franoso. Velocità del movimento da lento a molto lento;
- **Deformazioni Plastiche Superficiali** delle coltri sedimentarie sciolte che identificano processi gravitativi areali che non modificano in modo appariscente la topografia dei pendii coinvolti, limitandosi a movimentarli con una tipica successione di ondulazioni, ed in cui l'acqua è fattore predisponente e causa determinante al tempo stesso. Costituiscono i movimenti gravitativi più diffusi nel territorio comunale. Velocità del movimento da lento a molto lento;
- **Colate di masse detritiche** sciolte in versanti e scarpate naturali o artificiali. Interessano in genere, limitati settori di versante e sono spesso associate ad altre manifestazioni gravitative in versanti con franosità diffusa attiva. Velocità del movimento da rapido ad estremamente rapido;
- **Fenomeni di crollo** di masse rocciose fratturate, con meccanismi di rottura lungo superfici strutturali (giunti, piani di clivaggio, ecc.), con caduta libera in corrispondenza delle pareti sub-verticali; i fenomeni di crollo possono anche avvenire per scivolamento traslativo lungo discontinuità strutturali in particolare con giaciture a franapoggio. Velocità del movimento da rapido ad estremamente rapido.

Ad una schematica interpretazione delle dinamiche di versante connesse con i fenomeni gravitativi presenti nel territorio aretino, è possibile distinguere differenti situazioni geologiche e geomorfologiche che determinano altrettante condizioni di instabilità cui si associano i quattro principali modelli cinematici sopra descritti:

1. **Sistemi di versante ad elevata acclività scolpiti su formazioni arenaceo-pelitiche oligo-mioceniche;**
2. **Sistemi collinari impostati sulle formazioni fluvio-lacustri plio-quadernarie;**
3. **Sistemi vallivi dei principali corsi d'acqua;**
4. **Sistemi vallivi incisi del reticolo idrografico montano e collinare.**

### **7.3.1. Sistemi di versante a media ed elevata acclività scolpiti su formazioni arenaceo-pelitiche oligo-mioceniche**

In linea generale, nei sistemi orografici impostati sulle formazioni arenaceo-pelitiche oligo-mioceniche, le aree maggiormente interessate da fenomeni d'instabilità gravitativa sono quelle caratterizzate da superfici acclivi e fortemente acclivi su cui si sono sviluppate nel corso dell'evoluzione morfologica del rilievo, spesse coltri colluvio-detritiche adagiate sui pendii delle aree montane e collinari, e che manifestano diversi stadi evolutivi, con dominanza di fenomeni quiescenti e stabilizzati.

I cinematismi dominanti sono rappresentati dai fenomeni di colata detritica nelle compagini rocciose più alterate o nelle coperture detritiche; da modesti fenomeni di crollo in corrispondenza di scarpate ed incisioni naturali ed artificiali; da movimenti riferibili a deformazioni plastiche superficiali e scivolamenti rotazionali nei settori con presenza di spesse coltri colluvio-detritiche (es. **Le Poggiacce**).

I fenomeni d'instabilità coinvolgono gli ammassi rocciosi caratterizzati da intensa alterazione e fratturazione e da scarsa qualità geomeccanica del substrato roccioso dove, spesso in corrispondenza di tagli e sbancamenti artificiali, o lungo le ripe d'erosione dei versanti generate dai fenomeni di erosione fluviale e torrentizia, sono possibili fenomeni di distacco e crollo di frammenti rocciosi e di blocchi. I fenomeni di crollo sono, tuttavia, di modesta entità, specie nei versanti a reggipoggio, in quanto i caratteri geolitologici degli ammassi rocciosi, costituiti dalle formazioni arenaceo-pelitiche a debole scistosità, non consentono il distacco di volumi rocciosi significativi; si tratta piuttosto di frammenti di roccia che si staccano dalle scarpate attive, naturali o di origine antropica. Nelle porzioni di versante a franapoggio, sono possibili modesti movimenti di scivolamento planare lungo la direzione di pendenza.

In condizioni di pendenza inferiore alla verticale-subverticale, si assiste, prevalentemente, alla formazione di colate di masse detritiche lungo i versanti, costituite da ammassi caotici di roccia, detriti e suolo difficilmente cartografabili e genericamente attribuiti, secondo la classificazione IFFI, alle classi F e DS, che indicano appunto i versanti interessati da franosità diffusa attiva e quiescente rispettivamente.



*Figura 38: scarpata rocciosa a reggipoggio su un taglio stradale lungo la SP Palazzo del Pero (Loc. Molin Nuovo), scolpita su rocce riferibili al Membro arenaceo pelitico - FAL3 – dell'Unità di M. Cervarola. In tali situazioni sono possibili movimenti franosi di crollo delle porzioni maggiormente fratturate dell'ammasso roccioso.*



*Figura 39: versante a franapoggio con superficie di strato soggetto a movimenti di scivolamento planare di blocchi di roccia*



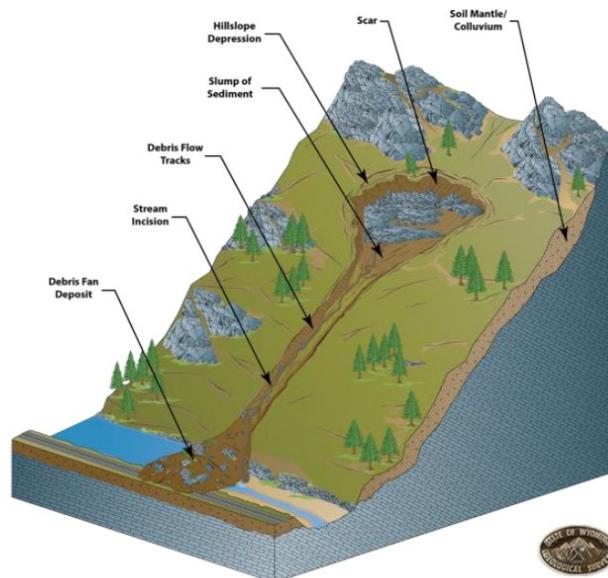
Figura 40: Nelle coltri detritiche che spesso ricoprono alcune porzioni di versante è possibile l'attivazione di colate detritiche connesse con fenomeni di imbibizione del suolo o del regolite.

## Colata o colamento (Flow)

Movimento distribuito in maniera continua all'interno della massa spostata.

Le superfici di taglio, se presenti, sono multiple e spesso temporanee.

La distribuzione delle velocità nella massa spostata è analoga a quella all'interno di un fluido viscoso.

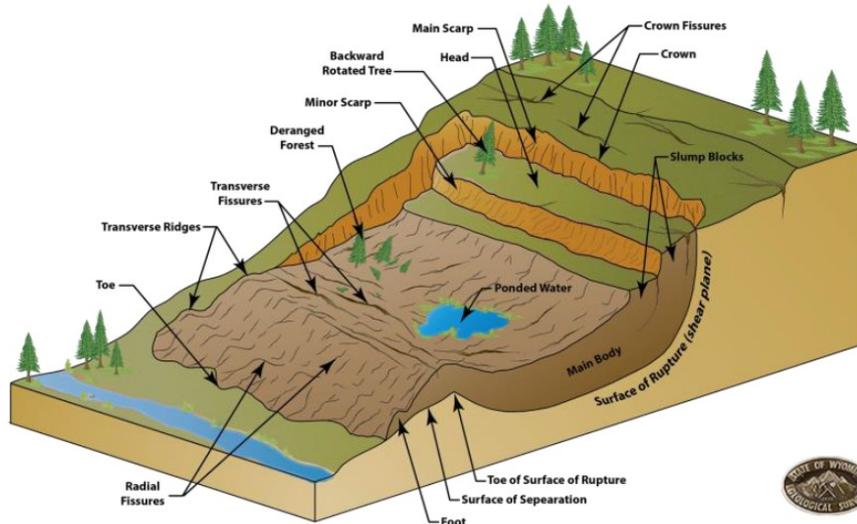


### 7.3.2. Sistemi collinari impostati sulle formazioni fluvio-lacustri plio-quadernarie

Altri fenomeni gravitativi particolarmente diffusi nel territorio aretino, anche in aree collinari con pendenze moderate, sia in stato di quiescenza che di attività, sono quelli riferibili alle **deformazioni plastiche superficiali** ed agli **scivolamenti rotazionali**, che interessano le coltri detritico-sedimentarie villafranchiane-rusciniane e dominano il settore nord-occidentale del territorio comunale. Le **deformazioni plastiche superficiali** sono responsabili di movimenti lenti delle coltri detritiche senza evidenti superfici di rottura e sono di frequente associati agli **scivolamenti rotazionali** che, spesso in relazione con lo scalzamento ad opera dei corsi d'acqua alla base dei pendii, determinano l'attivazione di lenti movimenti di superfici più o meno estese lungo superfici di rottura che, localmente, possono interessare anche i centri abitati, come nel caso di Monte Sopra Rondine. In questa località, in sede di redazione del presente studio, sono stati riconosciuti e condivisi con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno segni evidenti al suolo e negli edifici, di scivolamenti gravitativi precedentemente non identificati e cartografati.

## Scivolamento (slide) - Rotazionale

Movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia che avviene per deformazioni di taglio lungo una o più superfici o entro uno spessore limitato di materiale.



I cinematismi sono riferibili prevalentemente a fenomeni di scivolamento rotazionale connessi di norma con l'erosione al piede ad opera dei corsi d'acqua (es. **Monte Sopra Rondine e Fosso di Monte**) o a deformazioni plastiche superficiali caratterizzate da movimenti lenti che interessano i materiali di copertura (fino al substrato alterato) che ricoprono i versanti montani e collinari e soprattutto nelle aree di impluvio dove maggiore è lo spessore della coltre superficiale (fino ad alcune decine di metri). Esse si manifestano per lo più in superficie con tipiche ondulazioni ad ampio raggio. Questi movimenti mostrano variazioni stagionali di velocità rallentando o addirittura arrestandosi durante l'estate per poi rimobilizzarsi in autunno e inverno in concomitanza delle precipitazioni atmosferiche più abbondanti (es. **Meliciano**).

Nei pendii impostati sulle coltri detritico-sedimentarie sono inoltre possibili movimenti di soliflusso che interessano le porzioni più superficiali del suolo; si riconoscono piccole colate, lobi terrazzette ed increspature del terreno diffuse sui pendii.

## Meliciano



*Figura 41: Settore di Meliciano: sono riconoscibili superfici interessate da dinamiche gravitative che interessano le coltri sedimentarie colluvio-alluvionali. Si tratta di deformazioni plastiche superficiali che determinano il lento movimento del terreno verso valle. A destra dell'immagine è visibile il bordo dell'incisione fluviale, evidenziato dal cambio di vegetazione, che per erosione regressiva tende a risalire sul pendio. Il fenomeno di incisione attiva del corso d'acqua è all'origine dei movimenti di scivolamento delle coltri detritiche.*



*Figura 42: veduta complessiva dell'area interessata da deformazioni plastiche superficiali nel settore di Meliciano. Sono evidenti le ondulazioni ad ampio raggio ed i rigonfiamenti tipiche di questa tipologia di movimento gravitativo.*

**Monte sopra Rondine**



*Figura 43: Settore di Monte sopra Rondine: superficie colluvio-alluvionale interessata da movimenti di scivolamento rotazionale indotti dallo scalzamento al piede della ripa d'erosione fluviale del Canale Maestro-Arno.*



Figura 44: Settore di Monte sopra Rondine: i movimenti di scivolamento rotazionale che interessano in diverse zone le coltri colluvio – alluvionali plio-quadernarie, hanno interessato anche la porzione superiore del centro abitato con evidenze di crepe e fratture negli edifici storici e recenti, ad indicare un fenomeno lento e tutt'oggi attivo.

### 7.3.3. Sistemi vallivi dei principali corsi d'acqua

In questa categoria rientrano gli ampi e profondi solchi vallivi dell'Arno, del Canale Maestro ed i tratti terminali dei più importanti Torrenti, come il Castro ed il Vingone. Si tratta di profonde vallate più o meno incise sia sulle formazioni quadernarie, sia sulle formazioni arenaceo-pelitiche oligomioceniche, dove i versanti sono caratterizzati da una franosità diffusa riferibile a fenomeni misti di colata detritica, scivolamenti rotazionali, deformazioni plastiche e fenomeni di crollo (es. **Canale Maestro-Torrente Castro**).

Un settore particolarmente attivo da un punto di vista gravitativo, con franosità diffusa e scivolamenti rotazionali attivi e quiescenti di una certa importanza, interessa una vasta area posta in corrispondenza della loc. Ortalie e Pian dei Boschi, nella profonda incisione valliva del Canale Maestro, in un tratto di circa 3-4 km prima della confluenza con il Fiume Arno. Oggi il progressivo abbassamento dell'alveo induce continui scalzamenti delle sponde con conseguenti fenomeni di richiamo dei terreni retrostanti.

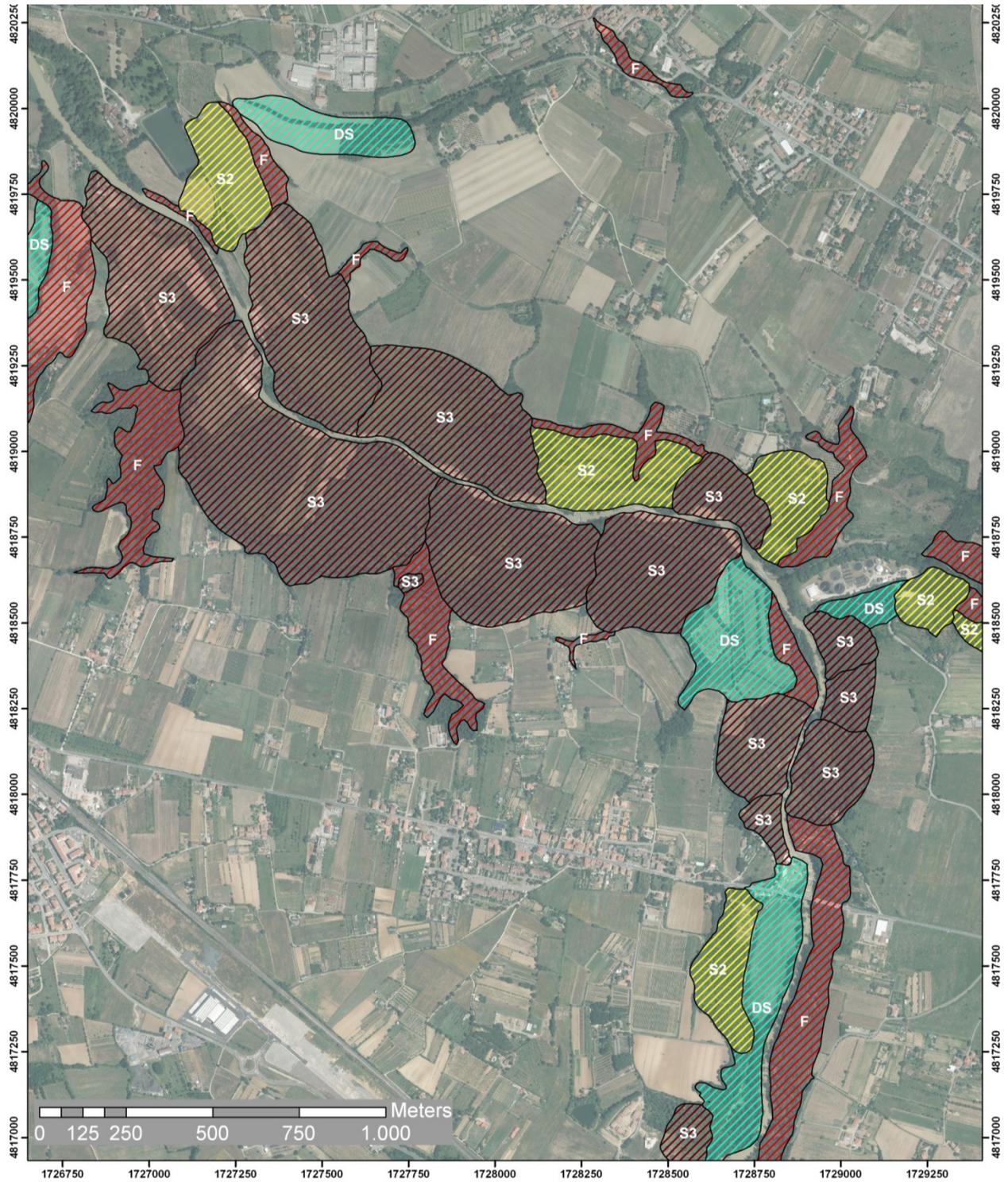
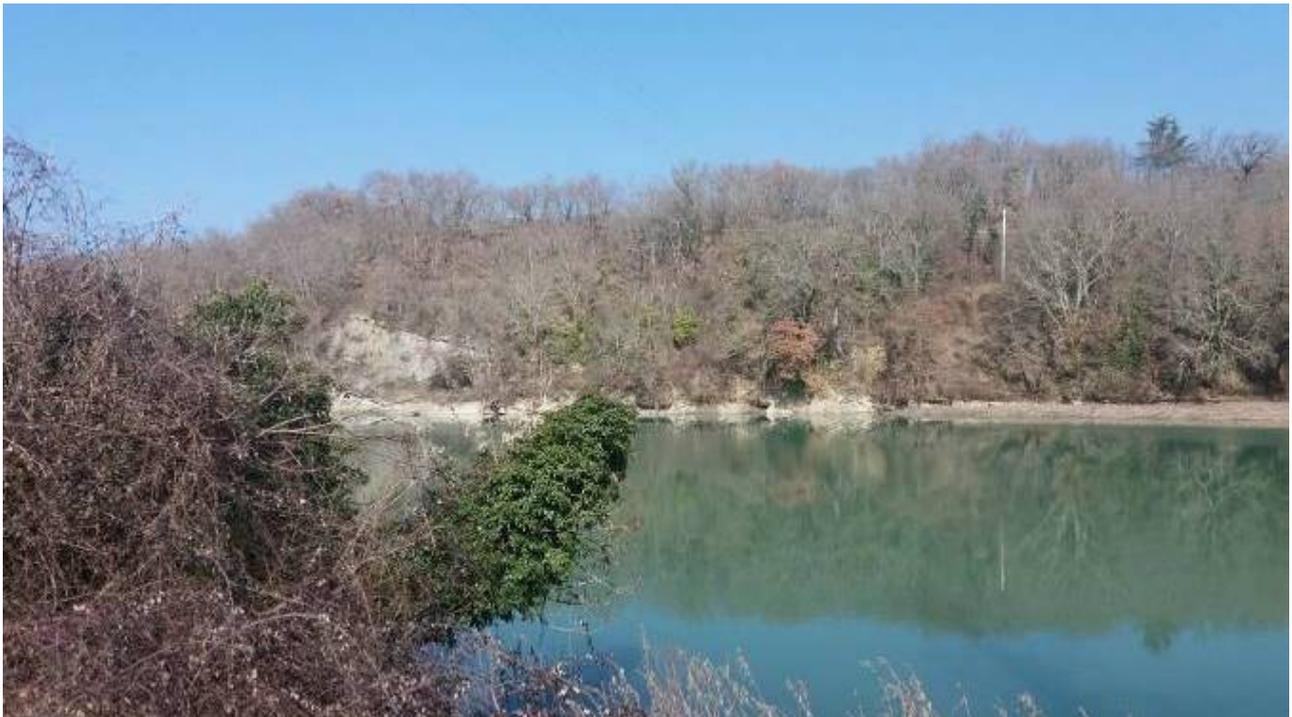


Figura 45: l'incisione valliva del Canale Maestro con franosità diffusa (F – DS) e scivolamenti rotazionali (S2 – S3) attivi e quiescenti in loc. Ortalie e Pian dei Boschi. Stralcio cartografico della carta geomorfologica.



*Figura 46: incisione valliva sulla destra idrografica del Fiume Arno. Le dinamiche di erosione laterale del fiume sui versanti determinano l'attivazione di fenomeni gravitativi di differente tipologia in relazione alla natura litologica del substrato.*



*Figura 47: tratto terminale del Canal Maestro, con i ripidi versanti potenzialmente soggetti a fenomeni gravitativi connessi con le dinamiche fluviali lungo le sponde.*

#### 7.3.4. Sistemi vallivi incisi del reticolo idrografico minore montano e collinare

I fenomeni d'instabilità gravitativa appaiono spesso legati all'evoluzione del reticolo idrografico nelle aree montane, collinari e pedemontane.

Come in precedenza evidenziato, infatti, i Fossi e i Borri, costituiscono linee di drenaggio secondario che progressivamente incidono e approfondiscono il proprio alveo man mano che ci si addentra nei territori montani, spesso fino ad intercettare il substrato roccioso. La loro evoluzione, strettamente legata alle fasi tettoniche di recente sollevamento del sistema appenninico, appare pertanto orientata a una progressiva incisione lineare ed escavazione dell'alveo ed alla formazione di strette e ripide valli incassate. In questo processo di escavazione lineare, le linee di drenaggio sono soggette inoltre a un fenomeno di erosione regressiva, che progressivamente va ad interessare le porzioni sommitali dei versanti. Ne deriva una generale instabilità gravitativa delle superfici che si traduce in una condizione di pericolosità geomorfologica localizzata nelle strette e ripide incisioni vallive. I movimenti gravitativi sono riferibili a fenomeni misti di colata detritica e di crollo di elementi rocciosi di modeste dimensioni (es. **aree montane di Palazzo del Pero**). Inoltre, quando questo processo d'incisione avviene alla base delle spesse coltri colluvio-alluvionali, da origine a frane di scivolamento rotazionale, pur in condizione di quiescenza o stabilizzate.

I settori pedemontani e collinari sono i territori nei quali, anche in virtù del degrado della copertura forestale e dell'utilizzo agricolo delle superfici, s'instaurano forme e processi di erosione idrica superficiale. Le coltri colluvio-detritiche favoriscono l'insediamento di attività agricole il cui impianto è generalmente associato a forme di terrazzamento artificiale delle superfici. Le pendenze spesso elevate e favoriscono l'attivazione di fenomeni di erosioni idrica superficiale, tipo gully e rill erosion.



Figura 48: nelle fasce collinari di raccordo tra sistemi montani e aree di pianura, sulle coltri colluvio-detritiche spesso si insediano attività agricole il cui impianto è generalmente associato a forme di terrazzamento artificiale delle superfici. Le pendenze spesso elevate favoriscono l'attivazione di fenomeni di erosioni idrica superficiale, tipo gully e rill erosion.

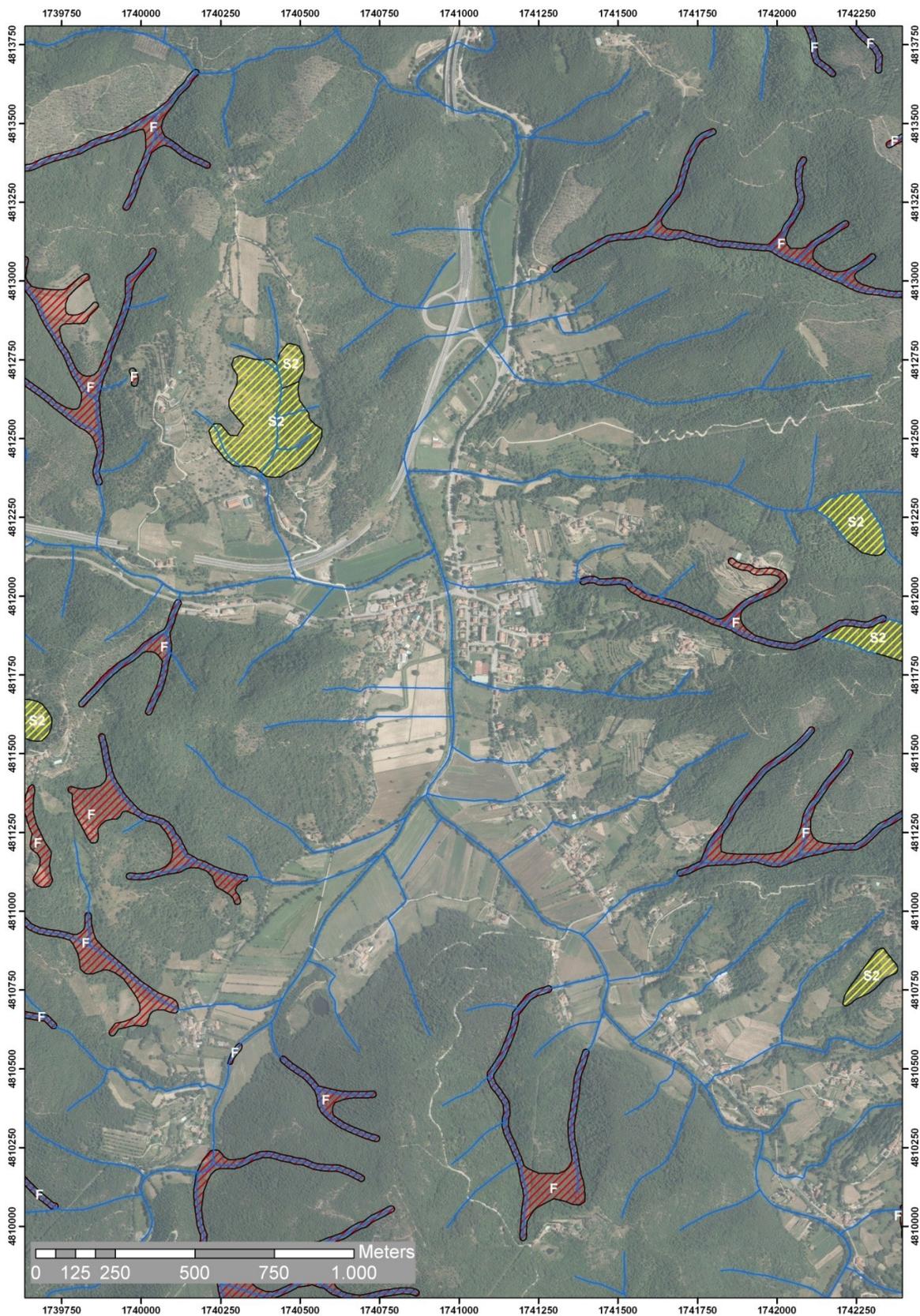


Figura 49: stralcio cartografico con in evidenza le aree a franosità diffusa (F) localizzate all'interno delle numerose incisioni torrentizie che solcano i sistemi orografici che fanno da cornice alla piana di Palazzo del Pero, nel settore orientale del territorio comunale.

## 8. ASSETTO IDROGEOLOGICO

I dati relativi alla caratterizzazione idrogeologica del territorio comunale si riferiscono, oltre che agli elaborati del Vecchio piano Strutturale di Arezzo, anche alle informazioni derivanti dal PTCP di Arezzo e dai dati ARPAT (Portale SIRA) relativamente ai punti di prelievo idrico per uso idropotabile.

In particolare, lo studio idrogeologico che ha accompagnato il vecchio PS di Arezzo, è stato realizzato con l'ausilio di una campagna pozzi con il fine di reperire i dati relativi ai livelli freaticometrici.

In sede di stesura del presente Studio, a partire da questi dati, attraverso procedure GIS, sono state estrapolate le linee isofreatiche e la soggiacenza della falda libera.

La definizione delle linee isofreatiche nell'area di interesse, è stata realizzata a partire dal dataset a geometria puntuale dei pozzi, riportante tra i suoi attributi il valore della quota piezometrica, e adottando il metodo di interpolazione esatta "Radial Basis Function" (RBF) disponibile nell'estensione "Geostatistical Analyst" dell'applicativo ESRI ArcGIS Desktop. Più precisamente, per la generazione della superficie del livello freatico è stata utilizzata la funzione radiale "Completely regularized spline", con una ricerca dei punti contigui (Search Neighborhood) di tipo Standard, con un numero minimo e massimo di punti contigui (Minimum neighbors e Maximum neighbors) rispettivamente pari a 10 e 15 ed una risoluzione (Cell Size) pari a 50 metri. Il risultato dell'interpolazione è un dataset di tipo raster (formato TIF) le cui celle hanno come valore il livello freatico. A partire da questa superficie sono state quindi generate le curve isofreatiche con equidistanza pari a 1 m; l'operazione è stata eseguita mediante l'applicativo GlobalMapper, applicando l'ulteriore opzione di smoothing, al fine di migliorare la qualità cartografica delle curve ottenute. Per una migliore leggibilità, nella carta Idrogeologica sono state rappresentate le isolinee ogni 5 metri. Infine, al fine di individuare la soggiacenza della falda libera, il raster della superficie del livello freatico è stato confrontato con il Modello Digitale del Terreno (DTM) regionale, attraverso il calcolo della differenza tra i valori dei 2 datasets, calcolo effettuato mediante il tool Map Algebra dell'estensione Spatial Analyst di ArcGIS Desktop (si veda a pag. 65 la Figura 50)

I pozzi analizzati nella campagna pozzi del vecchio PS di Arezzo sono di tipo superficiale, e interessano al massimo i primi 7-10 m dei depositi; sono generalmente da scarsamente produttivi a poco produttivi, mentre le perforazioni che hanno interessato la porzione di territorio dove affiorano i terreni pre-pliocenici sono generalmente più profondi (> di 30 m) e sfruttano le falde presenti nei sistemi di fratture del substrato (permeabilità secondaria). Le sorgenti presenti nel territorio sono in genere collocate lungo il passaggio dalla roccia a materiali argillitici a granulometria più fine; la brusca caduta delle caratteristiche di permeabilità comporta la saturazione del mezzo a permeabilità maggiore con conseguente venuta in superficie della falda. Il passaggio cui si fa riferimento è quello relativo al contatto tra i litotipi lapidei arenacei e quelli argillosi che vi si trovano intercalati; la presenza di queste sorgenti è spesso utilizzata per l'alimentazione dei laghetti collinari che sono presenti sul territorio comunale.

Gli acquiferi che invece sono impostati su terreni pre-pliocenici (Arenarie del Cervarola-Falterona) sono localizzati nei sistemi di fratture, pertanto viene sfruttata la permeabilità secondaria del mezzo litoide ai fini del reperimento idrico. I materiali costituenti il substrato sono essenzialmente arenacei, generalmente stratificati e con una media densità delle fratture; tale substrato è sostanzialmente impermeabile anche per la presenza tra le bancate arenacee di interstrati pelitici, di spessore variabile, che di fatto limitano molto la permeabilità del mezzo. La permeabilità tipica degli acquiferi in tale mezzo è pertanto secondaria cioè per fratturazione; le acque circolano nel sottosuolo attraverso sistemi di fratture e percolazioni lungo-strato ed impregnano la roccia saturandola, fino alla profondità massima alla quale sono presenti le fratture stesse; le produzioni di tali acquiferi sono comunque basse e dipendenti dal grado di fratturazione locale del litotipo e dal grado di riempimento con materiale argillitico di tali fratture.

L'area montuosa e collinare del territorio comunale rappresenta l'area di ricarica degli acquiferi e dovrà essere tutelata per la maggior vulnerabilità in quanto sprovvista della copertura di materiali a granulometria fine che la proteggono dall'infiltrazione degli agenti inquinanti provenienti dalla superficie. I dati relativi alle freaticometrie dei pozzi hanno permesso la

ricostruzione dell'andamento delle linee isofreatiche e la definizione delle linee di flusso; come già noto, la falda presente nella pianura di Arezzo trae la sua alimentazione dalla fascia pedecollinare e defluisce in direzione del canale maestro della Chiana. Nel settore nord invece è direttamente drenata dall'Arno anche se il tratto medio-terminale degli affluenti di sinistra del fiume Arno incassati nelle alluvioni, svolgono loro stessi funzione drenante della falda. Aree depresse della superficie piezometrica, evidenziate da curve chiuse, sono state individuate in corrispondenza degli insediamenti produttivi ad indicare l'elevata concentrazione di emungimenti di una certa consistenza.

La zona della Val di Chiana aretina evidenzia la funzione drenante del canale Maestro della Chiana che riceve le acque di falda dall'area pedecollinare e dalle numerose conoidi deiezionali presenti ai margini dei rilievi.

Di seguito viene riportata la classificazione dei terreni rilevati in funzione della permeabilità primaria e secondaria:

Secondo la letteratura comunemente riconosciuta dal mondo scientifico i vari livelli di grado di permeabilità con i trend di valori di conducibilità idraulica possono essere i seguenti, espressi in cm/sec:

<b>Molto elevata</b>	<b>ME</b>	$1 < K < 10^2$
<b>Elevata</b>	<b>E</b>	$10^{-1} < K < 1$
<b>Medio Elevata</b>	<b>MeE</b>	$10^{-2} < K < 10^{-1}$
<b>Medio Bassa</b>	<b>MeB</b>	$10^{-3} < K < 10^{-2}$
<b>Bassa</b>	<b>B</b>	$10^{-5} < K < 10^{-3}$
<b>Molto Bassa</b>	<b>MB</b>	$10^{-7} < K < 10^{-5}$
<b>Impermeabile</b>	<b>I</b>	$K < 10^{-7}$

Permeabilità	Litotipi e relativa classe di permeabilità					
	Aa; b2a; b; bna; bnb; VILa; VILb; h5	VILh;	VILc;	FAL1; FAL2; SEN	BMS; FAL3; FAL3a; FAL4	ACC; MVV; SIL; FALa
<b>Primaria</b>	<b>5 - elevata</b>	<b>2 - Medio-bassa</b>	<b>1 - molto bassa</b>			
<b>Secondaria</b>				<b>III - media</b>	<b>II - medio-bassa</b>	<b>I - molto bassa</b>

### **PERMEABILITA' PRIMARIA**

#### **Permeabilità elevata (Aa; b2a; b: bna; bnb; VILa; VILb; h5)**

Alluvioni recenti e attuali, e alluvioni terrazzate; conglomerati, sabbie e sabbie siltose; detriti di versante.

#### **Permeabilità media (VILh)**

Depositi sabbioso argillosi.

#### **Permeabilità molto bassa (VILc)**

Argille e argille sabbiose

### **PERMEABILITA' SECONDARIA**

#### **Permeabilità media (FAL1; FAL2; SEN)**

Arenarie grossolane; arenarie torbiditiche dell'Unità di M. Cervarola

#### **Permeabilità medio-bassa (BMS; FAL3; FAL3a; FAL4)**

Calcareniti, arenarie fini e siltiti dell'Unità di M. Cervarola

#### **Permeabilità molto bassa (ACC; MVV; SIL;FALa)**

Argilliti e siltiti dell'Unità di M. Cervarola e dell'Unità di Canetolo

### 8.1. Aree con problematiche idrogeologiche

Nella Carta delle aree con problematiche idrogeologiche sono evidenziate, secondo quanto indicato dalla DPGR 53/R, le aree che presentano situazioni sulle quali occorre porre attenzione al fine di non generare squilibri idrogeologici, **sia di carattere qualitativo, sia di carattere quantitativo.**

Particolare attenzione è posta anche all'individuazione delle aree in cui la risorsa idrica è esposta o presenta un basso grado di protezione, come nel caso di presenza di falda libera in materiali permeabili e prossima al piano campagna.

Inoltre sono evidenziati anche i punti di approvvigionamento idrico pubblico e privato. In particolare i punti di approvvigionamento per consumo umano sono soggetti alla disciplina delle aree di salvaguardia di cui **all'articolo 94 del D. Lgs. 152/2006** che prevede:

- zone di tutela assoluta: area circostante le captazioni di estensione di almeno **10 metri** adeguatamente protetta e adibita esclusivamente alle opere di presa.
- zone di rispetto: porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta di estensione pari a **200 metri** dal punto di captazione dove sono vietate alcune attività fra cui spandimento di concimi e prodotti fitosanitari in assenza di un piano di utilizzazione disciplinato dalla Regione, pascolo e stabulazione del bestiame, gestione dei rifiuti, stoccaggio di prodotti o sostanze chimiche pericolose.

**Da un punto di vista qualitativo** la definizione delle aree di criticità idrogeologica è stata condotta attraverso la valutazione della **Vulnerabilità degli acquiferi e delle Aree di bassa soggiacenza della falda.**

La vulnerabilità di un acquifero è definibile sinteticamente come la propensione di un corpo idrico sotterraneo a subire una contaminazione. Quindi la Carta della Vulnerabilità della falda (in realtà si dovrebbe parlare di acquiferi reali o potenziali) rappresenta, in funzione delle classi di vulnerabilità individuate, una zonazione del territorio che in base alle caratteristiche litologiche dei terreni superficiali definisce la possibilità di penetrazione e diffusione in profondità di un inquinante idroveicolato.

Uno dei criteri principali seguiti nella realizzazione di questo tematismo è stato quello di distinguere le formazioni sulla base della diversa permeabilità media dei litotipi costituenti, valutando anche il grado di fratturazione ed i fenomeni di alterazione che possono localmente modificare l'originaria permeabilità. Per la valutazione della Vulnerabilità intrinseca si è fatto riferimento al protocollo Metodo – Base GNDCI-CNR (fonte Civita, 1990).

Sono state individuate sei classi di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento (da molto elevata a molto bassa):

#### **Classe di vulnerabilità 1: MOLTO ELEVATA (EE)**

Sistemi acquiferi liberi in alluvioni da grossolane a medie, od in materiali fortemente alterati e/o risedimentati, privi di efficace protezione in superficie e, talora, soggiacenti ad agglomerati di centri di pericolo (urbanizzato). Pozzi e campi-pozzi, che deprimono fortemente la piezometrica al di sotto del livello della rete idrografica e/o il livello del mare, creano le condizioni di una ingestione rapida di inquinanti e di insalinamento progressivo per intrusione di acque marine.

### **Classe di vulnerabilità 2: ELEVATA (E)**

Sistemi acquiferi liberi in rocce prevalentemente carbonatiche e solfatiche fessurate e più o meno carsificate, con soggiacenza notevole, forti acclività superficiali, scarsa copertura, in posizione plano- altimetrica tale da non essere in contatto con la rete idrografica principale. Sistemi acquiferi liberi in complessi ghiaioso-sabbiosi, talvolta debolmente cementati, dotati di elevata permeabilità, con scarsa copertura di suolo attivo. Le condizioni di soggiacenza (spesso scarsa), la discreta connessione con la rete idrografica esaltata dalle depressioni indotte in pozzi e campi-pozzi creano le condizioni di elevato potenziale di inquinamento in aree ove sovente si forma la risorsa idrica sotterranea.

### **Classe di vulnerabilità 3: ALTA (A)**

Sistemi acquiferi liberi, semiconfinati o confinati, generalmente caratterizzati da notevole anisotropia ed eterogeneità, protetti in superficie da una copertura scarsamente permeabile, a tratti impermeabile.

I sistemi acquiferi in questione possono essere i medesimi che albergano nelle alluvioni e nei complessi ghiaiosi (Classe 1, Classe 2).

### **Classe di vulnerabilità 4: MEDIA (M)**

Sistemi acquiferi in complessi a granulometria media o medio-bassa, più o meno compattati o debolmente cementati, generalmente in posizione dominante rispetto alla rete idrografica, sovente poggianti su confinanti impermeabili.

Le aree di affioramento di questi complessi costituiscono sovente piccole unità prive di continuità con gli acquiferi maggiori.

La vulnerabilità di questi acquiferi varia, anche notevolmente, a seconda dello stato di fratturazione e di alterazione. La vulnerabilità è condizionata dai suoli di copertura e dall'azione filtrante dell'insaturo, oltreché dalla non elevata permeabilità.

Sistemi acquiferi in arenarie e complessi conglomeratico-arenacei, caratterizzati da vulnerabilità variabile da media a bassa a seconda dello stato di fratturazione e della percentuale di materiali marnosi presenti. In genere, questi complessi non sono molto produttivi a parità di alimentazione ma possono dare risposte di accumulo di inquinanti quando si trovano nel sottosuolo di agglomerati di centri di pericolo o vengono impegnati da scarichi industriali e discariche.

### **Classe di vulnerabilità 5: BASSA (B)**

Complessi flyschoidi argillo-marnosi e marnoso-arenacei, complessi epimetamorfici, con propagazione degli inquinanti scarsa anche se variabile da membro a membro.

In questi complessi, gli inquinanti idroportati possono essere veicolati e accumulati in sacche e strati dotati di maggiore permeabilità. Pertanto, gli insediamenti pericolosi di qualunque tipo necessitano di approfondimenti idrogeologici caso per caso.

**Classe di vulnerabilità 6: BASSISSIMA (BB)**

Argilloscisti, argille varicolori, argille più o meno sovraconsolidate e sabbiose, marne: gli inquinanti sversati, in funzione dell'acclività della superficie topografica, ristagnano o raggiungono direttamente le acque superficiali che li spostano e li distribuiscono in funzione della complessità del reticolo drenante.

Nella tabella che segue è stata eseguita una classificazione del grado potenziale di vulnerabilità degli acquiferi in funzione delle formazioni affioranti (in funzione della loro litologia prevalente e grado di porosità media) e quindi della tendenza o meno a trasmettere alla falda eventuali inquinanti che percolano nel sottosuolo.

<b>VULNERABILITA' INTRINSECA DELLA FALDA</b>			
<b>CLASSE</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>GRADO DI VULNERABILITA'</b>	<b>Formazioni cartografate</b>
1	EE	ESTREMAMENTE ELEVATA	b, bna; bnb
2	E	ELEVATA	h5, Aa, b2a, VILa; VILb
3	A	ALTA	VILh
4	M	MEDIA	FAL3; FAL4; FALa; SEN; BMS; FAL1; FAL2
5	B	BASSA	FAL3a; VILc
6	BB	BASSISSIMA	ACC; MVV; SIL

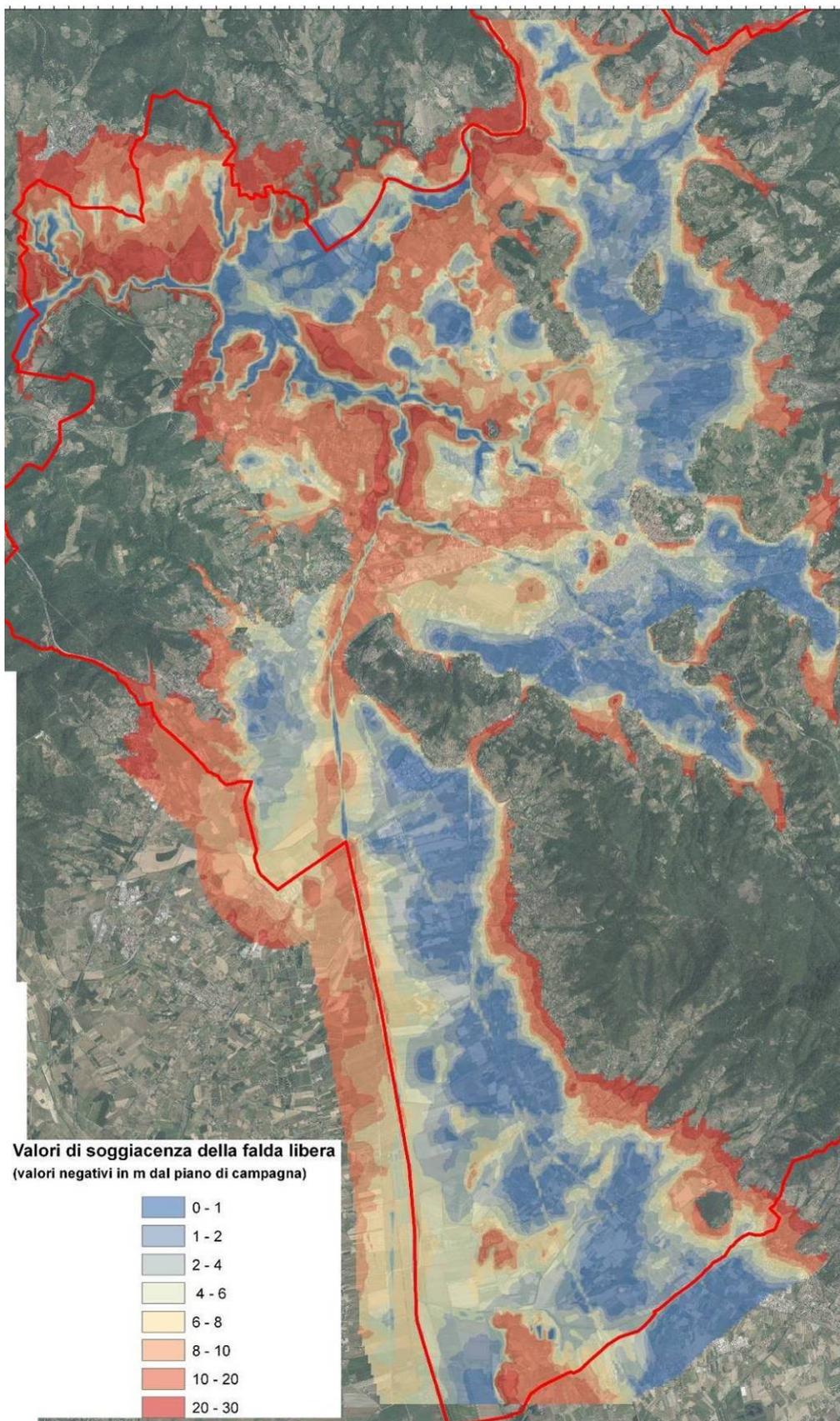


Figura 50: Rappresentazione raster dei valori di soggiacenza. Il raster della superficie piezometrica è stato confrontato con il Modello Digitale del Terreno (DTM) regionale, al fine di individuare la soggiacenza della falda libera tramite differenza tra i valori dei 2 datasets di partenza.

Si rimarca inoltre che ARPAT ha redatto la **Banca dati delle Zone Vulnerabili ai Nitrati**, che riunisce i dati provenienti dai monitoraggi ambientali effettuati dall'Agenzia sulla risorsa idrica previsti dal D.Lgs. 152/2006 ai fini della Direttiva Nitrati 91/676/CE. In particolare, la banca dati fornisce dati circa il trend Nitrati nel periodo 2008/2015. Per quanto riguarda il settore della Val di Chiana si riporta la tabella di sintesi del monitoraggio.

ZVN	Comune	Categoria	Prov	Stazione Id	Stazione Nome	Periododati	Medianitrati 2012-2015	Trendnitrati 2008-2015	Mediافosforotot 2012-2015	Stato TROFICO
CHIANA	AREZZO	RW	AR	MAS-113	CHIANA - BRIGLIA EX CERACE	2003 - 2019	<u>8.38</u>	Decremento Debole	<u>0.40</u>	SUFFICIENTE
CHIANA	AREZZO	RW	AR	MAS-613	TORRENTE MASPINO	2011 - 2019	<u>6.36</u>	Stabile	<u>0.20</u>	SUFFICIENTE
-	AREZZO	RW	AR	MAS-102 POT-004	ARNO CASTELLUCCIO BUON RIPOSO	2003 - 2019	<u>1.93</u>	Stabile	<u>0.03</u>	ELEVATO
-	AREZZO	RW	AR	MAS-890	TORRENTE NESTORE LOCALITA ANSINA	2010 - 2012	<u>0.41</u>	Stabile	<u>0.03</u>	ELEVATO
-	AREZZO	RW	AR	MAS-884	TORRENTE ANSINA	2010	-	-	-	-
CHIANA	AREZZO	GW	AR	MAT-P005	POZZO RIGUTINO VIALE	2003 - 2018	<u>51.65</u>	Incremento Debole	-	-
-	AREZZO	GW	AR	MAT-P006	POZZO ACQUEDOTTO	2003 - 2018	<u>1.24</u>	Stabile	-	-
-	AREZZO	GW	AR	MAT-P371	POZZO PREBETON	2003 - 2017	<u>4.30</u>	Stabile	-	-
-	AREZZO	GW	AR	MAT-P370	POZZO FABBRICIANI	2003 - 2017	<u>5.82</u>	Incremento Debole	-	-
-	AREZZO	GW	AR	MAT-P372	POZZO ROSSI	2003 - 2017	<u>10.43</u>	Incremento Forte	-	-
-	AREZZO	GW	AR	MAT-P369	POZZO ORETTINI	2003 - 2017	<u>11.37</u>	Decremento Forte	-	-
-	AREZZO	GW	AR	MAT-P009	POZZO CASTELLUCCIO- VADO	2003 - 2017	<u>1.41</u>	Stabile	-	-

Figura 51: tabella di sintesi dei dati di monitoraggio sulle acque dei pozzi oggetto di analisi nel territorio della Val di Chiana di Arezzo.

**Da un punto di vista quantitativo** il Piano stralcio "Bilancio idrico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, fornisce dei dati significativi circa la disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi della Pianura di Arezzo.

In particolare la valutazione della riserva idrica nell'acquifero principale all'interno del Piano Stralcio è basata su analisi ed elaborazioni, da cui risulta uno spessore medio di circa 12 metri; con tale spessore ed assumendo una porosità efficace del 10% (in considerazione della presenza di una matrice limosa in una parte della formazione) la riserva è stata valutata in 101,91 Mm<sup>3</sup>. La ricarica per unità di superficie risulta pari a 162.315 m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup>.

PIANURA DI AREZZO 83,89 Km <sup>2</sup>		Mmc/a
Infiltrazione areale		7.80
Apporti sotterranei (Aciss fratt. – Em Aciss)		4.93
Apporti dai versanti		0.85
<b>TOTALE RICARICA</b>		<b>13.58</b>
Drenaggio dai fiumi		- 1.02
prelievi	acquedottistico	1,00
	domestico	1,33
	irriguo	1,40
	produttivo	0,35
	servizi	0,12
<b>TOTALE USCITE</b>		<b>- 5.22</b>
<b>SALDO</b>		<b>8.36</b>

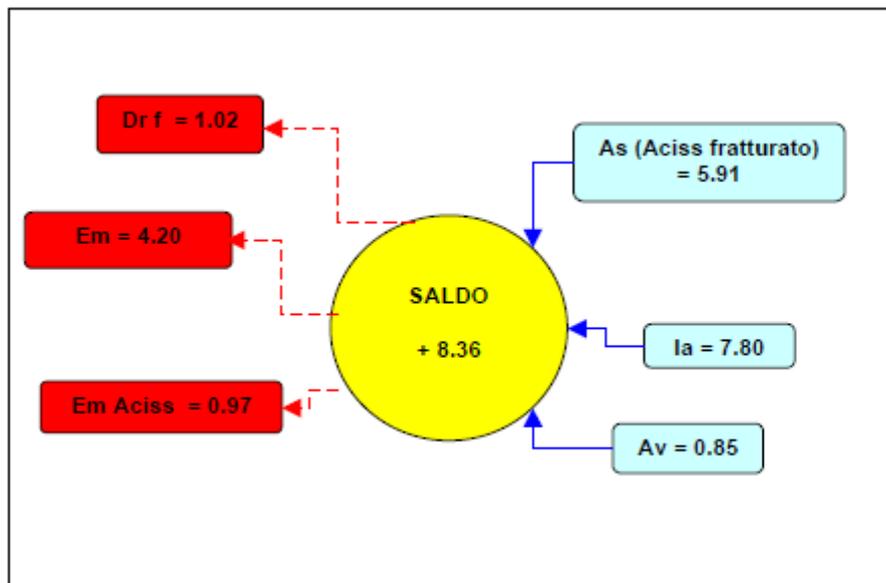


Figura 52: Schema concettuale del bilancio (in Mmc/anno). Da Piano stralcio "Bilancio idrico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (2008).

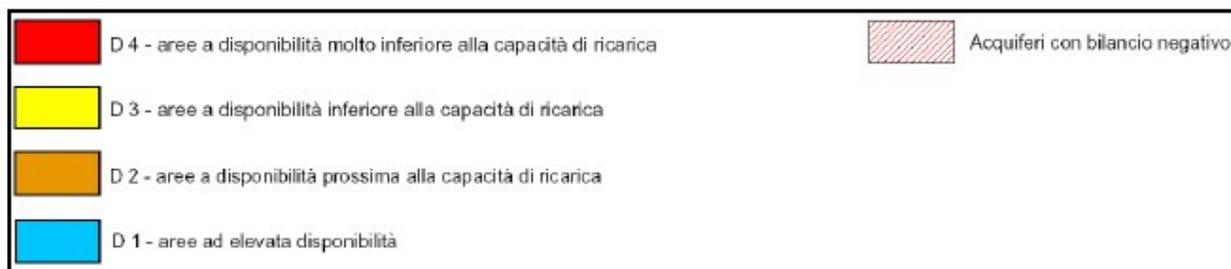
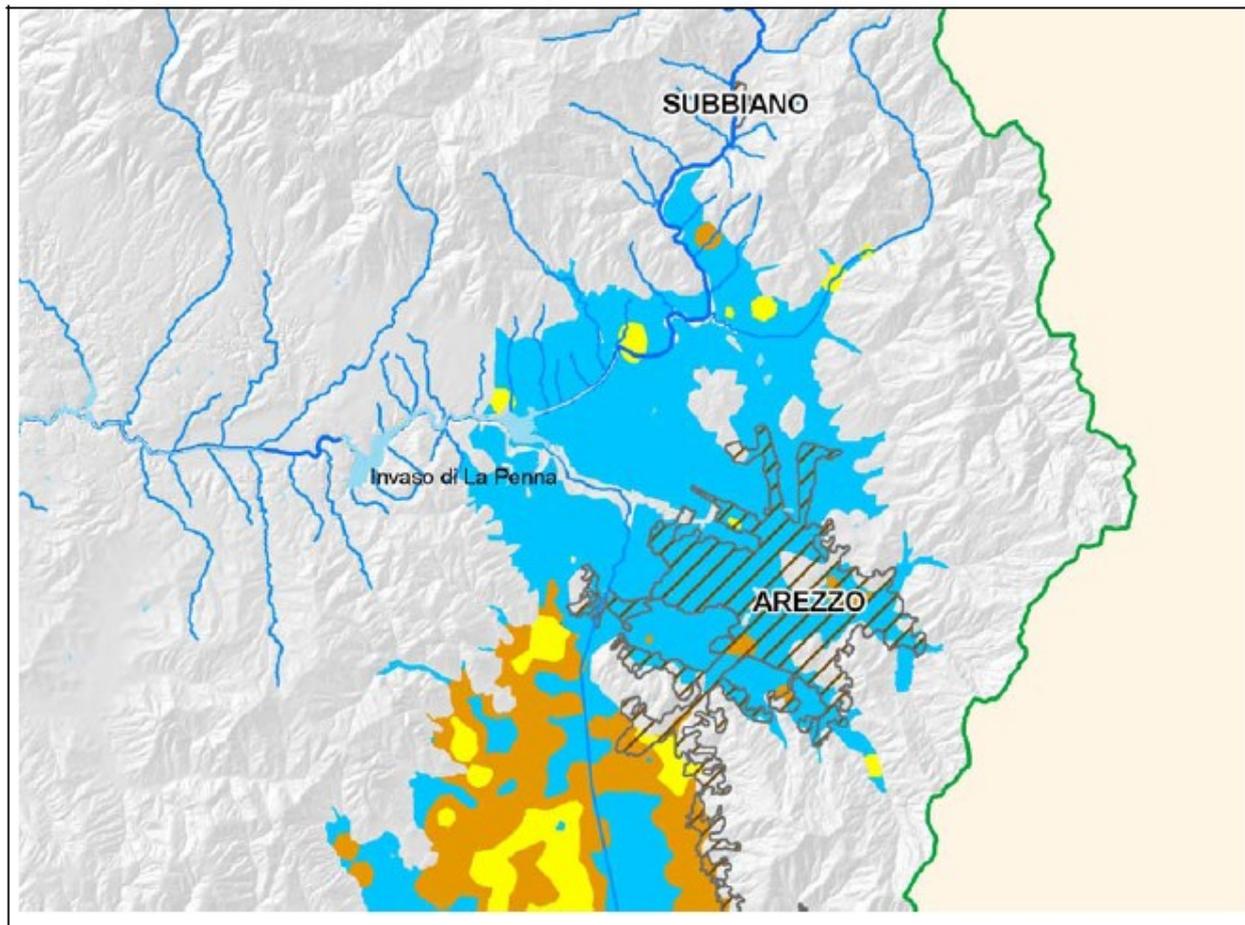


Figura 53: Stralcio cartografico della Piana di Arezzo (Piano stralcio "Bilancio idrico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (2008).

## 9. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DA FRANA

### 9.1. Percorso metodologico per la definizione della Pericolosità Geologica nel territorio di Arezzo

La valutazione della pericolosità da frana trova esito nella Carta della Pericolosità Geologica, costituita da una rappresentazione dei gradi di pericolosità in cui viene mappato il territorio secondo aree suscettibili di innesco di fenomeni gravitativi, ai sensi del DPGR 53/R. L'analisi geomorfologica del territorio comunale è stata specificatamente indirizzata al riconoscimento delle situazioni d'instabilità gravitativa di versante in atto e potenziale. L'approccio metodologico individua due percorsi paralleli e complementari: l'uno riferito all'individuazione dei fenomeni franosi in atto e potenziali censiti dall'inventario IFFI, da analisi storico-inventariali e da nuove perimetrazioni; l'altro basato sull'analisi e su considerazioni dell'assetto geolitologico e di acclività dei versanti.

Da un punto di vista metodologico, il percorso seguito dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno per la definizione della Pericolosità da Frana a partire dall'analisi dei dissesti censiti, costituisce un riferimento completo e collaudato a cui si è fatto riferimento per la costruzione della Carta della Pericolosità Geologica per quanto riguarda la classificazione dei fenomeni franosi. In questo senso i fenomeni franosi riconosciuti nell'intero territorio comunale, sono stati raggruppati secondo lo schema di classificazione del Progetto IFFI da cui discendono le diverse classi di Pericolosità da Frana secondo la 53/R (PG) e secondo il PAI (PF). L'analisi, partendo dall'acquisizione della cartografia messa a disposizione dalla Regione Toscana, dall'Agenzia del Distretto idrografico Dell'Appennino Settentrionale, ha condotto ad una rivisitazione dei dati IFFI ed a una loro integrazione estesa all'intero territorio comunale. Dal quadro conoscitivo dei fenomeni franosi emerso da tali analisi, discendono le differenti classi di Pericolosità da Frana (PF) deducibili attraverso la tabella di correlazione proposta dall'AdB dell'Arno (vedi sotto).

#### **Tablelle di correlazione dei dissesti nello standard IFFI con la classe di pericolosità PF. (da: Autorità di bacino del fiume Arno - marzo 2014)**

GEOM ORFO	Codice_IFFI (Tipologia + Stato attività)	DESCRIZIONE	Classe PF
S1	2 + 300	Frane di scivolamento e colate lente - inattive stabilizzate	PF2
S2	2 + 200	Frane di scivolamento e colate lente - inattive potenzialmente instabili (quiescenti)	PF3
S3	2 + 100	Frane di scivolamento e colate lente - attive	PF4
C1	1 + 300	Frane di crollo e ribaltamento - inattive stabilizzate	PF2
C2	1 + 200	Frane di crollo e ribaltamento - inattive potenzialmente instabili (quiescenti)	PF3
C3	1 + 100	Frane di crollo e ribaltamento - attive	PF4
R1	5 + 300	Colate rapide - inattive stabilizzate	PF2
R2	5 + 200	Colate rapide - inattive potenzialmente instabili (quiescenti)	PF3
R3	5 + 100	Colate rapide - attive	PF4

GEOM ORFO	Codice_IFFI (Tipologia + Stato attività)	DESCRIZIONE	Classe PF
F	11 + 100	Generalmente riferibile a gruppi di frane <b>attive</b> (delle diverse tipologie sopra indicate) non cartografabili singolarmente, aree franose attive poco profonde in cui non è ricostruibile chiaramente la geometria, frane superficiali attive facilmente obliterate dalle lavorazioni, aree ad intensa erosione con locali fenomeni di colamento o scivolamento attivi (ad esempio aree calanchive attive). Si tratta di forme poco persistenti nei loro tratti caratteristici, sono quindi riconoscibili solo se attivi o comunque ricorrenti. Sono assimilate a questa categoria anche le aree in dissesto associate a scarpate morfologiche caratterizzate da processi geomorfologici gravitativi o erosivi diffusi e ricorrenti.	PF4
DS	11 + 200	Generalmente riferibili a deformazioni superficiali con caratteristiche plastiche (soliflussi, soilcreep) o combinati con altri stili geomeccanici (crolli, deformazioni di taglio superficiali) in cui si abbia comunque un'evoluzione lenta o lentissima. In coerenza con i criteri IFFI possono essere assimilate ad aree a franosità diffusa inattive potenzialmente instabili a velocità bassissime o nulle.  Nella pratica operativa si può ipotizzare un passaggio graduale tra franosità diffusa e le deformazioni superficiali al diminuire della densità delle forme, della velocità evolutiva e con la progressiva obliterazione delle forme. Nel caso di dubbio, in ultima analisi, la scelta tra le due categorie è dettata dal livello di pericolosità stimato.	PF3
25K	ND	Processi geomorfologici di versante identificate al livello di sintesi del PAI (scala 1:25.000). Categoria residuale che comprende anche le aree a forte erosione e le forme carsiche con possibili instabilità gravitative.	PF3

**Ai fenomeni franosi attivi non cartografabili** alla scala del piano, è stato applicato un buffer di 15 metri in G4, più un ulteriore buffer di 8 metri in G3.

**Per quanto riguarda il percorso geolitologico e fisiografico**, la definizione dei criteri per la classificazione della pericolosità geologica del territorio, non interessato da fenomeni franosi censiti, si basa su analisi di carattere geologico-stratigrafico e morfo-clivometrico. In particolare, i sistemi orografici, pur impostati su ammassi rocciosi arenacei e arenaceo-pelitici, presentano in genere una diffusa coltre di materiale di alterazione del substrato, assimilabile a depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in matrice argillosa, di spessore variabile dal metro fino a 3-4 metri e oltre, come si evince anche dalle indagini di dettaglio della Microzonazione sismica. Questa configurazione dei versanti, pur in presenza di una fitta vegetazione boschiva, determina una condizione di instabilità potenziale delle coltri detritiche per pendenze superiori al 25%, specie in relazione a fenomeni di imbibizione del terreno in concomitanza di eventi piovosi significativi. Questo è confermato anche dalla uniforme distribuzione spaziale dei fenomeni franosi censiti, la cui presenza è per la gran parte connessa con spesse coltri di alterazione e pendenze in genere superiori al 25%. In tali condizioni, si configura pertanto per gran parte del sistema orografico, una potenziale pericolosità geologica elevata (G.3). Il territorio posto sotto la soglia di pendenza del 25%, è classificato con pericolosità geologica media (G.2), ad eccezione di settori ricadenti in altre classi di pericolosità superiore, per ragioni geomorfologiche.

Inoltre, i settori caratterizzati da substrato roccioso fratturato sub-affiorante in condizioni di pendenza superiore al 45% - corrispondenti a scarpate di degradazione attive e alle incisioni vallive in assenza della componente detritica di alterazione - sono stati attribuiti alla classe di pericolosità molto elevata G.4, in relazione alla presenza di fenomeni di crollo e di scivolamento roto-traslato di materiale roccioso fratturato o con giacitura sfavorevole. Le scarpate di degradazione lungo i versanti per le quali si riconosce uno stato evolutivo inattivo o quiescente, sono state classificate in G3, secondo un buffer di 10 metri a monte e a valle a partire dal bordo della stessa.

L'intero territorio comunale è stato pertanto caratterizzato, secondo normativa, in funzione dello stato di pericolosità in 4 classi secondo le quali ci si limita a circoscrivere un determinato fenomeno con il proprio potenziale di attività.

Le 4 classi di pericolosità sono così suddivise:

- **Pericolosità geologica molto elevata (G.4):** aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.
- **Pericolosità geologica elevata (G.3):** aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.
- **Pericolosità 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 versanti con pendenze inferiori al 25%.
- **Pericolosità geologica bassa (G.1):** aree in cui sia i processi geomorfologici che giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

In sintesi, il percorso metodologico che ha condotto alla definizione della pericolosità geologica del territorio comunale può essere di seguito schematizzato:

- **acquisizione dati IFFI – inventario dei fenomeni franosi (aggiornamento gennaio 2018);**
- **acquisizione dati PAI di sintesi (scala 1:25.000) e dettaglio (1:10.000);**
- **acquisizione dati sui fenomeni franosi (progetto CARG – dati DB geomorfologico regionale);**
- **acquisizione dati sui fenomeni franosi e di pericolosità geologica del vecchio Piano strutturale comunale;**
- **acquisizione dati storico-inventariali, sulla base di informazioni dirette fornite dai tecnici comunali o raccolte dai siti web;**
- **verifica delle condizioni di sussistenza spaziale, tipologica e grado di attività, dei fenomeni franosi identificati sul territorio aretino di cui ai punti precedenti, secondo le procedure adottate per il rilievo geomorfologico precedentemente descritte;**
- **individuazione di nuove aree interessate da fenomeni franosi attualmente non censite, adottando lo schema di classificazione IFFI, mediante metodi diretti e indiretti di rilevamento geomorfologico;**
- **definizione dei criteri morfo-litologici per la classificazione del territorio non interessato da fenomeni franosi di cui ai punti precedenti, in condivisione con i tecnici del Genio Civile. In tal senso, in relazione ai caratteri geo-litologici del territorio, la classe di acclività del 25% è stata individuata come valore soglia per la discriminazione tra aree ricadenti in classe G2 e G3;**
- **condivisione metodologica dei criteri di rivisitazione e di nuova identificazione dei fenomeni franosi con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno e il Genio Civile, anche attraverso sopralluoghi congiunti nelle aree di interesse;**

- **attribuzione della Classe di Pericolosità Geologica (G) alle diverse tipologie di fenomeni franosi individuati, applicando lo schema di correlazione dei dissesti con la classe di pericolosità (PF), nello standard IFFI (vedi tabella di correlazione par. 9.3);**
- **individuazione dei buffer di rispetto attorno alle aree G4 e G3 derivanti da fenomeni franosi, di 15 m e 8 metri rispettivamente, attribuiti alla classe di pericolosità geologica G3; individuazione di un buffer di 10 m attorno alle aree G4 derivanti da scarpate fluviali attive, attribuito alla classe di pericolosità geologica G3.**

Infine, si precisa che a seguito dell'approfondimento del quadro conoscitivo redatto ai sensi degli artt. 27 e 32 delle norme di attuazione del Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) e al parere positivo espresso dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, relativamente alle aree a pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana, di cui alla nota Prot. n. 3184 del 19.04.2019, sono state recepite le revisioni e le integrazioni agli elaborati cartografici della Geomorfologia e della Pericolosità Geologica. Queste hanno comportato in particolare lo stralcio della gran parte delle aree a franosità diffusa (PF4), connesse a scarpate morfologiche di modesta importanza e, in minor misura, la revisione dello stato di attività di alcuni corpi franosi classificati come stabilizzati.

## 9.2. Premessa normativa e metodologica per l'aggiornamento del PAI-Frane <sup>1</sup>

Ai sensi e per gli effetti dell'adeguamento al PAI ex articolo 27, comma 4, delle norme d'attuazione, il perimetro delle aree a pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana della cartografia di PAI relativa al territorio comunale di Arezzo dovrà essere adeguato e approvato dall'Autorità di bacino del fiume Arno e dall'Autorità di bacino del Fiume Tevere. Le modifiche delle classi di pericolosità dovranno essere concertate con gli uffici dell'Autorità di bacino del fiume Arno, dell'Autorità di bacino del Fiume Tevere e con la Regione Toscana, che prenderanno atto del nuovo quadro conoscitivo del territorio comunale di Arezzo realizzato nell'ambito del nuovo Piano Strutturale. I paragrafi 9.1, 9.2 e 9.3, che descrivono il processo metodologico che l'Autorità di bacino del Fiume Arno ha definito per l'aggiornamento del PAI, riportano in parte i contenuti presenti nel sito web dell'AdB del Fiume Arno, a cui si rimanda per ulteriori specifiche.

La presenza di due Autorità di Bacino competenti all'interno del territorio comunale di Arezzo, comporta la presenza di un quadro conoscitivo di base e di percorsi metodologici differenti. Infatti, mentre l'Autorità di Bacino del Fiume Arno arriva alla definizione della Pericolosità di sintesi (in scala 1:25.000) su base geomorfologica ed alla pericolosità di dettaglio (in scala 1:10.000) sulla base dell'inventario IFFI e mette a disposizione gli sph-files relativi ai vari tematismi, l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere produce delle cartografie in formato pdf dell'inventario dei fenomeni Franosi, ma allo stato attuale non è presente una cartografia di pericolosità dell'intero territorio di riferimento.

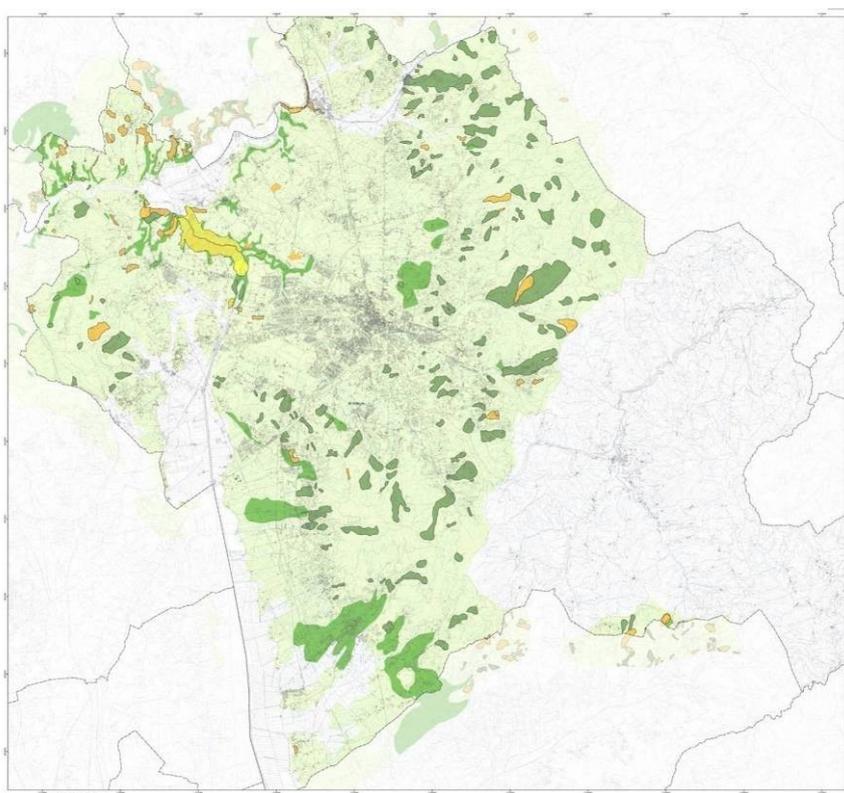


Figura 54: stralcio cartografico della carta della Pericolosità da Frana secondo il PAI vigente – Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.

<sup>1</sup> I paragrafi 9.2, 9.3 e 9.4, descrivono il processo metodologico che l'Autorità di bacino del Fiume Arno ha definito per l'aggiornamento del PAI e riprendono i contenuti presenti nel sito web dell'AdB del Fiume Arno, a cui si rimanda per ulteriori specifiche.

**L'aggiornamento del PAI per gli aspetti geomorfologici** ("Adeguamento al PAI"), in base alla normativa vigente e alla sua prassi applicativa, è un obbligo per le amministrazioni ogni qualvolta sia rilevata una difformità a livello di quadro conoscitivo rispetto agli strumenti di governo del territorio e, più in generale, è necessario che sia attivato ogni qualvolta sono evidenti difformità rispetto alle reali condizioni di pericolosità dei luoghi, in particolare se sono verificate (anche per nuovi eventi) condizioni di pericolosità e rischio molto elevate non correttamente perimetrate dal PAI.

In generale l'adeguamento al PAI si concretizza su base comunale più volte l'anno in applicazione degli articoli 27 e 32 (Arno) e degli artt.24 e 25 (bacini regionali toscani) o per porzioni limitate di territorio applicando il criterio della "rettifica di minima entità" (richiamato all'art.32 per l'Arno e, nei fatti, agli artt.13 e 14 dei PAI ex regionali).

In accordo con l'atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti ex D.l. 180/98 (DPCM 29.09.98) per il bacino dell'Arno i dati del progetto IFFI sono la base conoscitiva principale 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" – PAI (art.9 delle Norme di Attuazione, DPCM 06/05/2005). Per la perimetrazione delle aree con pericolosità da frana a livello di dettaglio del PAI i dati IFFI sono la base conoscitiva che determina la classe e l'estensione dell'area a pericolosità, secondo i criteri dettati all'allegato 2 delle norme di attuazione del PAI 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). Il rapporto tra pericolosità PAI a livello di dettaglio ed informazione della banca dati IFFI è esplicitato da una specifica tabella di corrispondenza (vedi oltre) frutto dell'applicazione operativa delle norme PAI.

La corrispondenza tra PAI a livello di dettaglio e IFFI può non essere presente, in particolare dall'IFFI verso il PAI. Questo può dipendere dall'applicazione dei criteri PAI o da semplici errori nella registrazione del dato, ma soprattutto dal livello di aggiornamento del PAI rispetto alle informazioni raccolte nell'IFFI; infatti, mentre l'aggiornamento della banca dati IFFI, pur seguendo precisi criteri operativi, non ha vincoli normativi dal punto di vista della modalità e dei tempi di registrazione delle informazioni che vi vengono archiviate, diversamente l'aggiornamento del PAI è sottoposto alla normativa ex L.183/89 e ex DI 180/98, secondo le specifiche del DPCM 06.05.05, ed ha quindi precisi vincoli formali. Il PAI è aggiornato più volte nel corso dell'anno in base al completamento delle procedure di adeguamento degli strumenti e degli atti di governo del territorio delle amministrazioni locali e al completamento delle procedure di rettifica di minima entità.

La metodologia adottata dall'Autorità di bacino del Fiume Arno per realizzare l'inventario dei fenomeni franosi deriva dal progetto IFFI curato da ISPRA, ed è coerente con essa. La metodologia è di tipo "tradizionale" ed è basata sulla raccolta di dati storici e indagini geomorfologiche di terze parti, prevalentemente banche dati geologiche a supporto della pianificazione territoriale delle pubbliche amministrazioni, analizzate e trattate tramite fotointerpretazione (di tipo multitemporale almeno per l'analisi su ortofotopiani), affiancata da analisi dei rilievi LIDAR quando disponibili, e verifica di campagna delle chiavi di lettura per garantire la necessaria coerenza a livello di bacino. L'attività di campagna permette di verificare ed integrare le informazioni già disponibili e di rilevare nuovi dissesti. I sopralluoghi sono la principale fonte di acquisizione delle evidenze dello stato di attività dei dissesti, soprattutto quando si rilevano condizioni di rischio, sono pertanto lo strumento principale per la definizione della classe di pericolosità del PAI. Quando sono disponibili, particolare importanza riveste l'analisi del territorio tramite rilievi LIDAR, l'esperienza operativa ha infatti dimostrato che quest'ultimi permettono, con buona confidenza, di definire con precisione limiti e tipologie di forme e, talvolta,

concorrono a definire il loro stato di attività. L'interpretazione geomorfologica del territorio è integrata dall'analisi dei dati radar satellitari.

### **9.3. Metodi operativi per la definizione dell'estensione, tipologia e stato attività dei dissesti franosi**

La definizione della tipologia, dell'estensione e dello stato di attività applicati per l'IFFI nel bacino dell'Arno è sviluppata secondo un processo integrato in ambiente GIS che utilizza più metodi (elencati più avanti), per tutti è necessario un rilievo di campagna per la calibrazione.

I metodi principali si basano sull'analisi delle evidenze superficiali sul terreno e sui manufatti conseguenti a movimenti del terreno. In generale i riferimenti principali sono:

- l'evidenza superficiale di macro e micro forme morfologiche proprie dei dissesti gravitativi;
- il confronto multitemporale dell'evoluzione delle forme;
- la patologia strutturale dei manufatti.

L'analisi dell'uso del suolo è utilizzata a supporto degli elementi sopra descritti e viene utilizzata con attenzione negli ambienti caratterizzati da diffuso abbandono della pratica agricola.

Nella pratica le evidenze visive, se chiaramente riconoscibili, hanno un valore predominante rispetto a qualsiasi altro metodo.

Nel dettaglio i metodi utilizzati sono:

- evidenza superficiale, rilevate in campagna, degli effetti del movimento del terreno. I rilievi di campagna sono ammissibili se corredati da documentazione fotografica e localizzazione del rilievo (nella sezione dedicata sono riportati i rilievi effettuati dall'Autorità di bacino). Il rilievo di campagna è il riferimento indispensabile per tarare i metodi che seguono;
- evidenze superficiali degli effetti del movimento del terreno (macro forme) rilevate da analisi stereoscopica di fotoaeree o analisi piana di ortofoto multitemporali in abbinamento a DTM LIDAR;
- evidenze superficiali degli effetti del movimento del terreno (macro forme) rilevate da analisi piana di ortofoto su riprese multitemporali (sempre disponibili gli anni 1954-1978-1988-1996-2000-2010-2013-2016), quando possibile a grande scala (voli con scala riferimento 1:2000, riprese Google Map, Bing e simili);
- movimenti manufatti registrati con tecniche tipo InSAR (Permanent Scatterers o assimilabili);
- misure strumentali geotecniche;
- studi e rilievi di dettaglio (comprese relazioni geologiche con verifiche di stabilità);
- cartografia geomorfologica alla scala 1.10.000 o superiore e studi correlati (principalmente banche dati regionali e strumenti urbanistici comunali);
- testimonianze dirette qualificate (sono ammesse se è disponibile un riscontro indipendente, quali foto o altre fonti);
- fonti informative quali giornali o pubblicazioni divulgative, anche via web, fotografie, servizio street view di Google.

In base all'Allegato 2 delle norme di attuazione del PAI le proposte di modifica e integrazioni degli elaborati inerenti la pericolosità geomorfologica possono riguardare sia **il livello di sintesi (scala 1:25.000), sia il livello di dettaglio (scala 1:10.000)**. In tutti e due i casi suddetti la proposta di perimetrazione delle aree a pericolosità dovrà essere prodotta al livello di dettaglio (scala 1:10.000). Ciò in quanto, coerentemente con quanto definito al secondo comma dell'art. 32 delle norme di attuazione del PAI, l'obiettivo è quello di estendere a tutto il bacino la cartografia alla scala di dettaglio. In tale ottica le proposte di integrazione e modifica, una volta recepite, vanno ad integrare il quadro conoscitivo del PAI alla scala 1:10.000. *Nella cartografia di sintesi, alla scala 1:25.000, permangono pertanto solo le informazioni riferibili al generico insieme dei dissesti geomorfologici di versante.* La pericolosità geomorfologica nel livello di dettaglio è definita secondo tre classi distinte: P.F.2 pericolosità media, P.F.3 pericolosità elevata e P.F.4 pericolosità molto elevata.

#### **9.4. Definizioni dello Stato Attività Frane e Movimento Prevalente**

Lo stato di attività di un fenomeno franoso costituisce un riferimento indispensabile per la successiva determinazione della classe di pericolosità geologica. In questo senso il processo gravitativo in relazione allo stato evolutivo può essere distinto in:

**Attivo** - Frane con indizi di movimento in atto o recenti, quali rotture della superficie topografica, per nulla o poco modificate dalle attività antropiche, deformazioni della copertura vegetale (es. strappi della copertura erbacea, rotazione o caduta di alberi), danni a strutture e infrastrutture (es. muri, drenaggi, manto stradale). Il movimento è avvenuto in un arco di tempo paragonabile alla vita umana, o comunque successivamente ai primi voli aerei a disposizione (post 1950).

**Inattivo-quiescente** - Frane le cui morfologie, geometrie e caratteri dinamici sono ancora riconoscibili pur se rimodellate ad opera di agenti naturali e antropici. L'area in frana presenta evidenze geomorfologiche o testimonianze che indicano una possibilità di riattivazione del processo nell'attuale sistema morfodinamico e morfoclimatico.

**Relitte o naturalmente stabilizzate** - L'area in frana non ha possibilità di riattivazione del processo nell'attuale sistema morfodinamico e morfoclimatico. Si tratta di evidenze di corpi di frana sepolti o relitti su morfologie non più relazionabili alla presenza di un versante.

**Stabilizzato** - Frane non riattivabili a causa di interventi antropici

**Inattivo quiescente per interventi di stabilizzazione o sistemazione antropica** - Frane senza evidenze di movimento in atto in seguito a interventi di messa in sicurezza (difese attive o passive, drenaggi) o sistemazioni agricole o forestali.

**Stato di attività indeterminato** - Stato di attività non determinabile con sicurezza causa insufficienti fattori in sito.

Sulla base delle istruzioni della Regione toscana sono identificati per ogni corpo di frana, ove possibile dai riscontri oggettivi, un orlo di scarpata (elemento lineare), una zona di accumulo (elemento areale che corrisponde al classico "corpo di frana") e una zona intermedia che si definisce zona di distacco e marca l'entità del percorso del corpo di frana dopo l'innesco del fenomeno.

### Criteria di determinazione dello stato di attività

Codice IFFI	Suffisso PAI	DESCRIZIONE	Classe PF
100	3	Evidenze morfologiche o testimoniali su manufatti che indicano condizioni di attività (rottura di pendio associate a contropendenze, versanti ondulati con lunghezza d'onda breve rispetto alla lunghezza del versante, versanti concavo-convessi, disordine nel reticolo di drenaggio, superfici di rottura, accumuli di materiale, lesione sui manufatti, deformazioni su strutture di contenimento, inclinazione pali o alberature, etc.) anche in assenza di dati oggettivi (letture strumentali, documentazione o testimonianze accertate); letture strumentali o testimonianze accertate riferite ad eventi degli ultimi 5-10 anni in assenza di evidenze morfologiche o testimoniali su manufatti.	PF4
200	2	Evidenze morfologiche o testimoniali su manufatti che indicano condizioni di potenziale instabilità (stessi indici dello stato "attivo" con un livello di evidenza inferiore) in assenza di dati oggettivi (letture strumentali, documentazione o testimonianze accertate); letture strumentali o testimonianze accertate riferite ad eventi più antichi di 10 anni in assenza di evidenze morfologiche o testimoniali su manufatti.	PF3
300	1	Forme di natura gravitativa prive di evidenze morfologiche o testimonianze di potenziale instabilità	PF3

#### 9.5. Variazioni delle aree in Frana nell'area del Distretto idrografico dell'Appennino settentrionale rispetto all'inventario IFFI-PAI

Come precedentemente evidenziato, l'analisi geomorfologica del territorio comunale è stata specificatamente indirizzata al riconoscimento delle situazioni d'instabilità gravitativa di versante in atto e potenziale, con l'obiettivo di definire la pericolosità geologica da frana secondo quanto indicato nel DPGR 53/R. L'analisi, partendo dall'acquisizione della cartografia messa a disposizione dalla Regione Toscana, dall'Agenzia del Distretto idrografico Dell'Appennino Settentrionale, ha condotto ad una rivisitazione dei dati IFFI ed a una loro integrazione estesa all'intero territorio comunale.

In particolare i **Criteria di individuazione di nuove aree interessate da fenomeni franosi attualmente non censiti e di rivisitazione di quelli già riconosciuti, sono stati concordati con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno e il Genio Civile, anche attraverso sopralluoghi congiunti nelle aree di interesse.**

In particolare le modifiche apportate alla perimetrazione dei fenomeni franosi secondo inventario IFFI, sono state condivise con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno a seguito di incontri fatti nei primi mesi del 2019. Le aree oggetto di modifiche congiunte sono quelle di **Monte sopra Rondine, Meliciano, La Chiassa, Le Poggiacce**, di cui si riportano di seguito gli stralci cartografici.

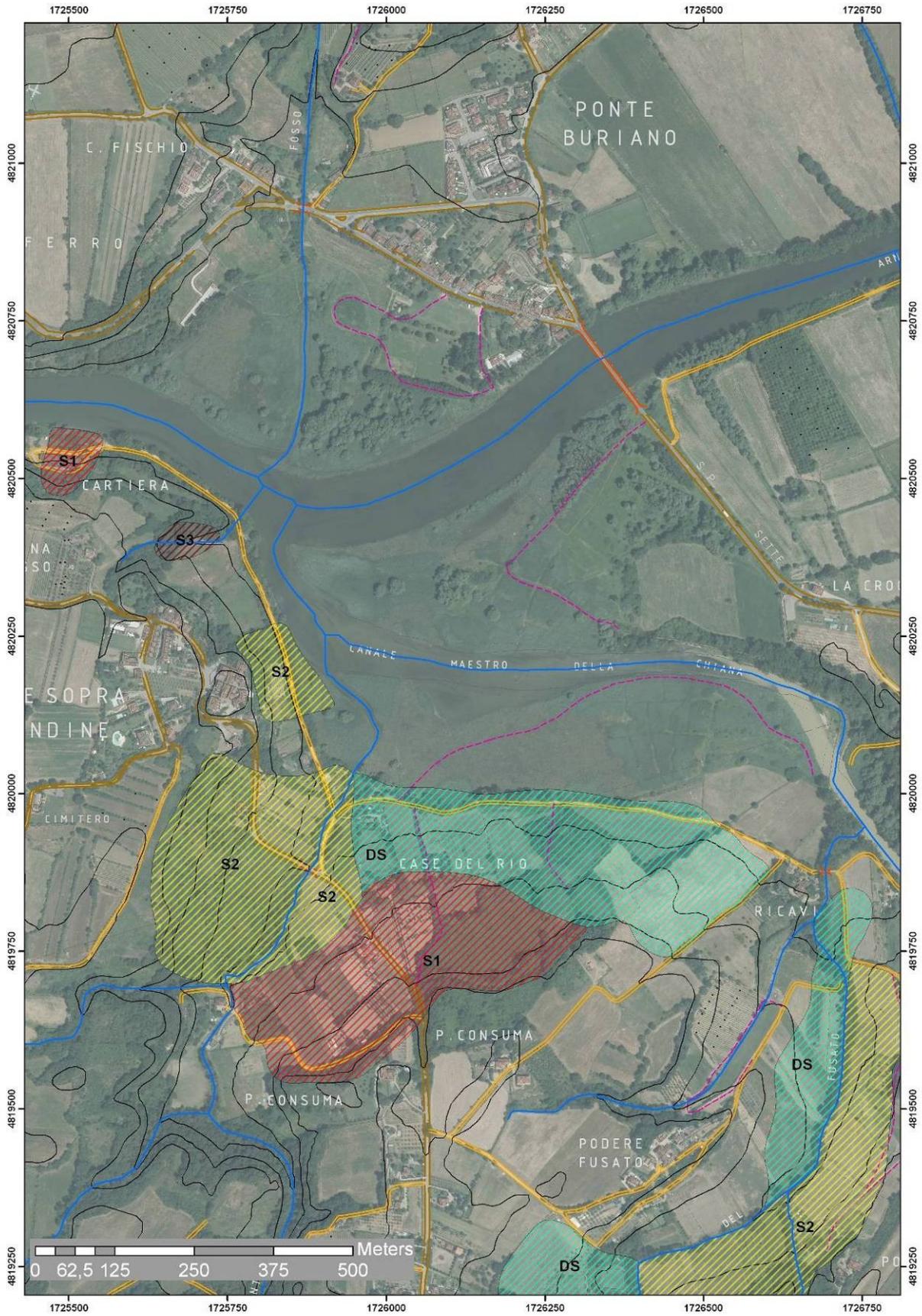


Figura 55: l'individuazione dei fenomeni franosi attualmente riconosciuti dall'inventario IFFI nel settore di Monte sopra Rondine.

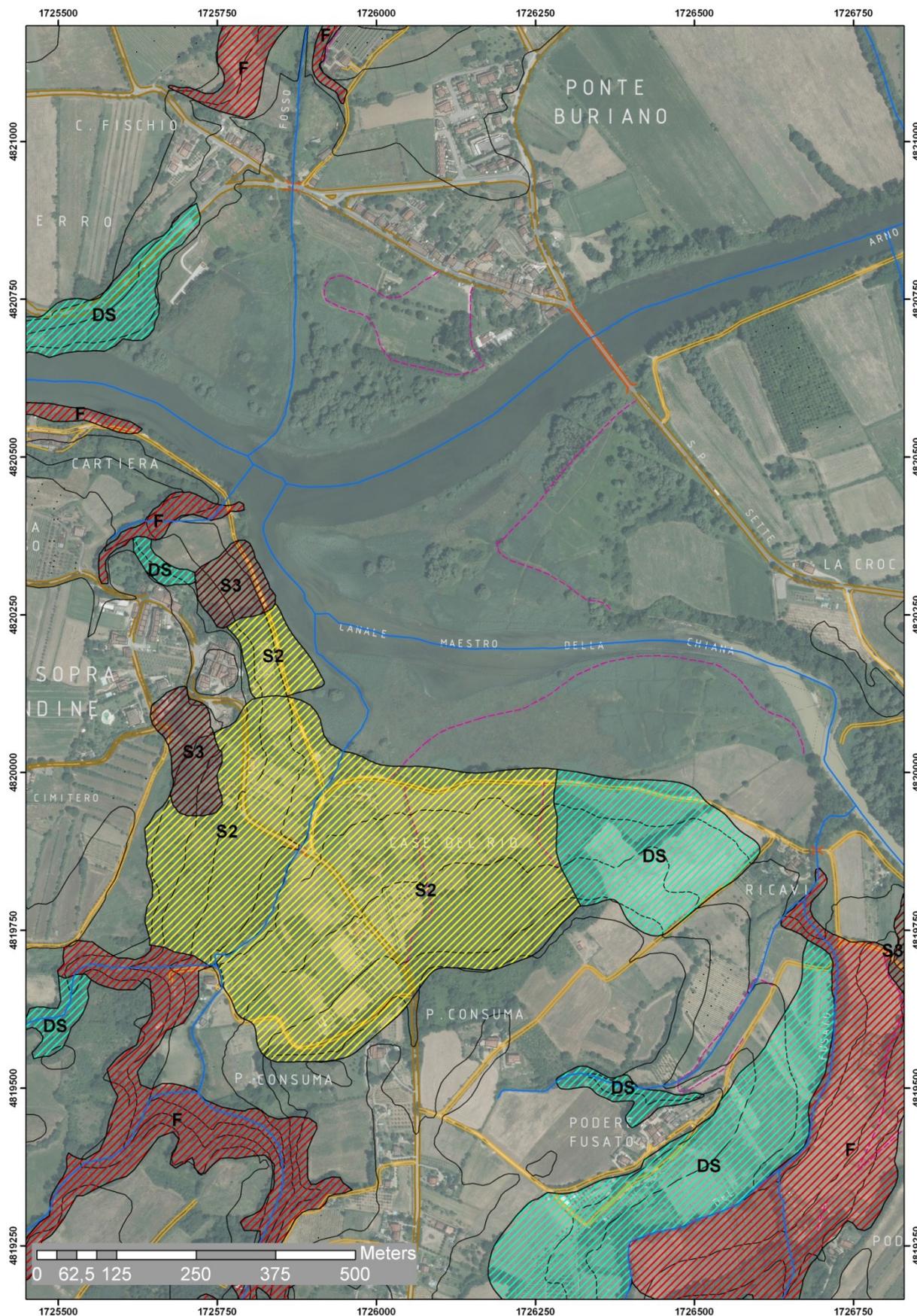


Figura 56: Nuova perimetrazione dei fenomeni franosi nel settore di Monte sopra Rondine, per i quali si richiede aggiornamento IFFI e pericolosità PAI.

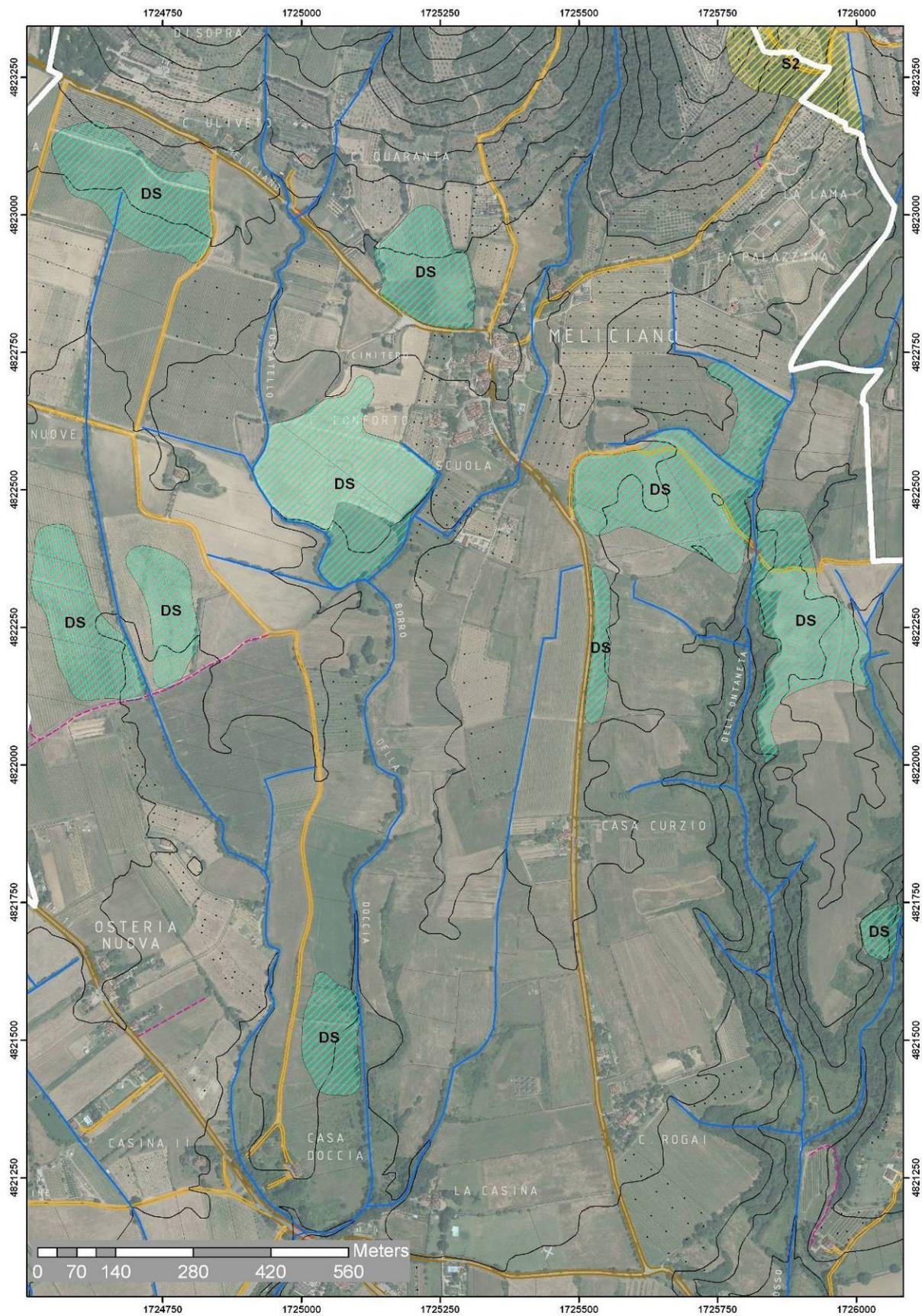


Figura 57: l'individuazione dei fenomeni franosi attualmente riconosciuti dall'inventario IFFI nel settore di Meliciano

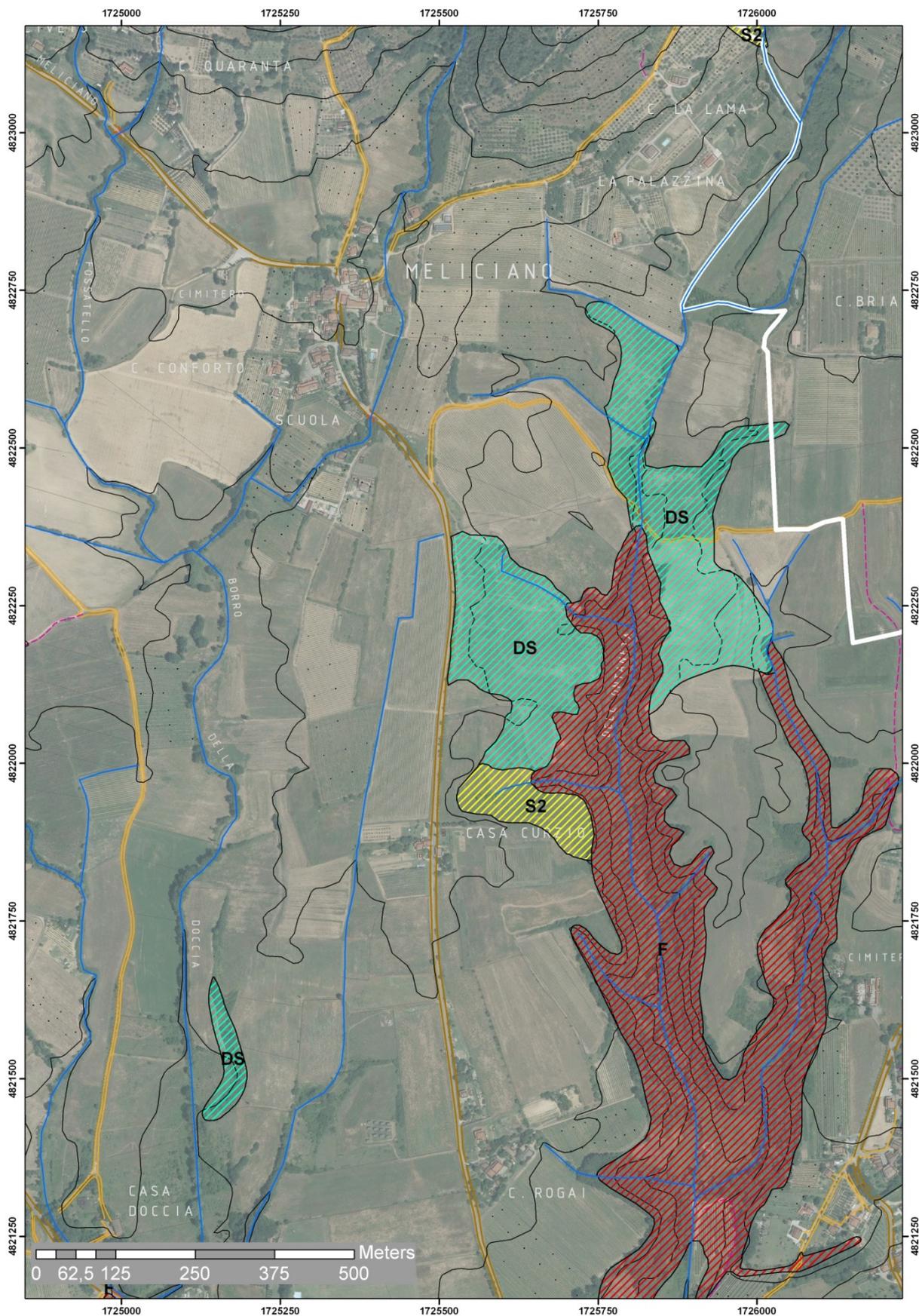


Figura 58: Nuova perimetrazione dei fenomeni franosi nel settore di Meliciano, per i quali si richiede aggiornamento IFFI e pericolosità PAI.

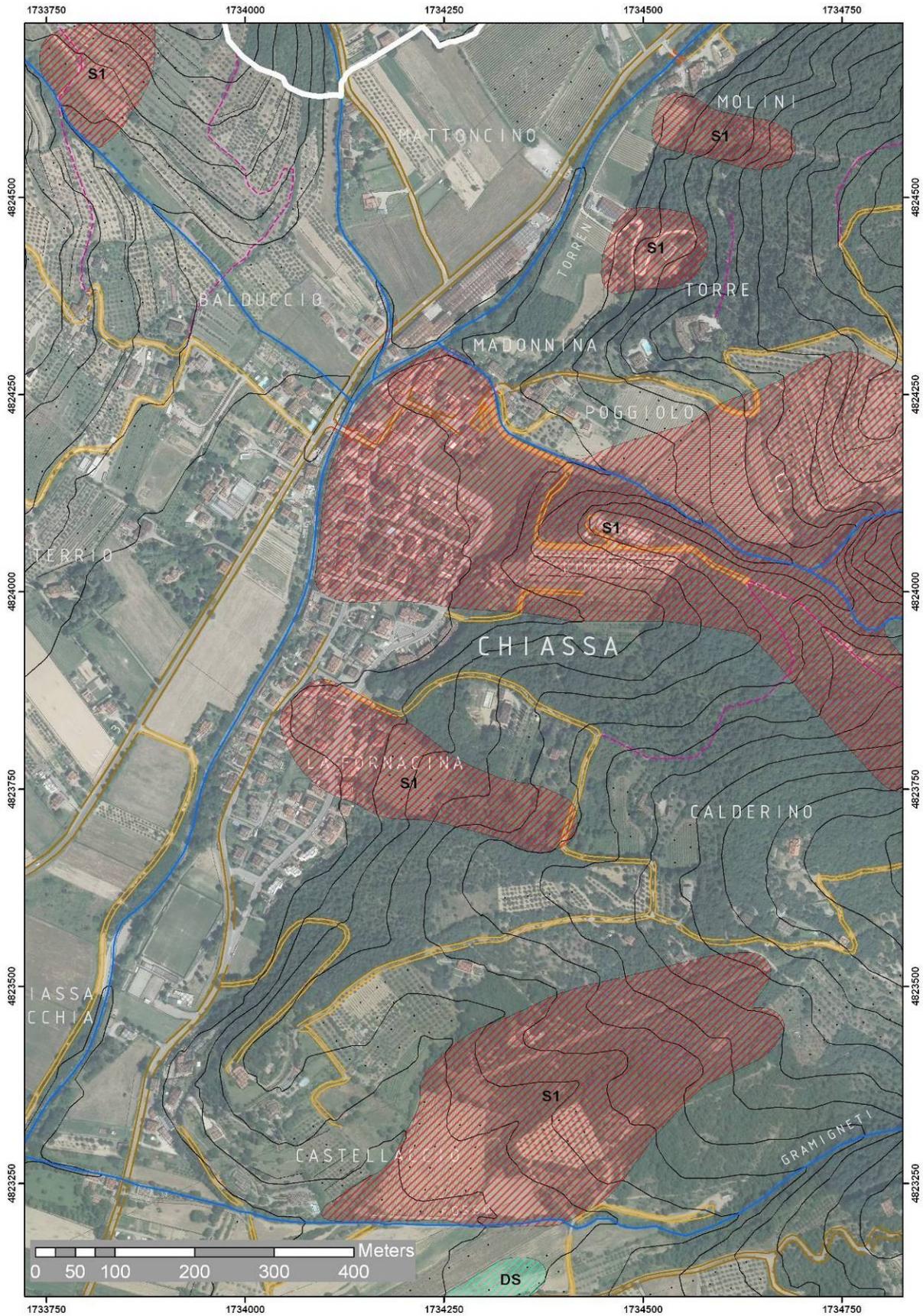


Figura 59: l'individuazione dei fenomeni franosi attualmente riconosciuti dall'inventario IFFI nel settore di Chiassa

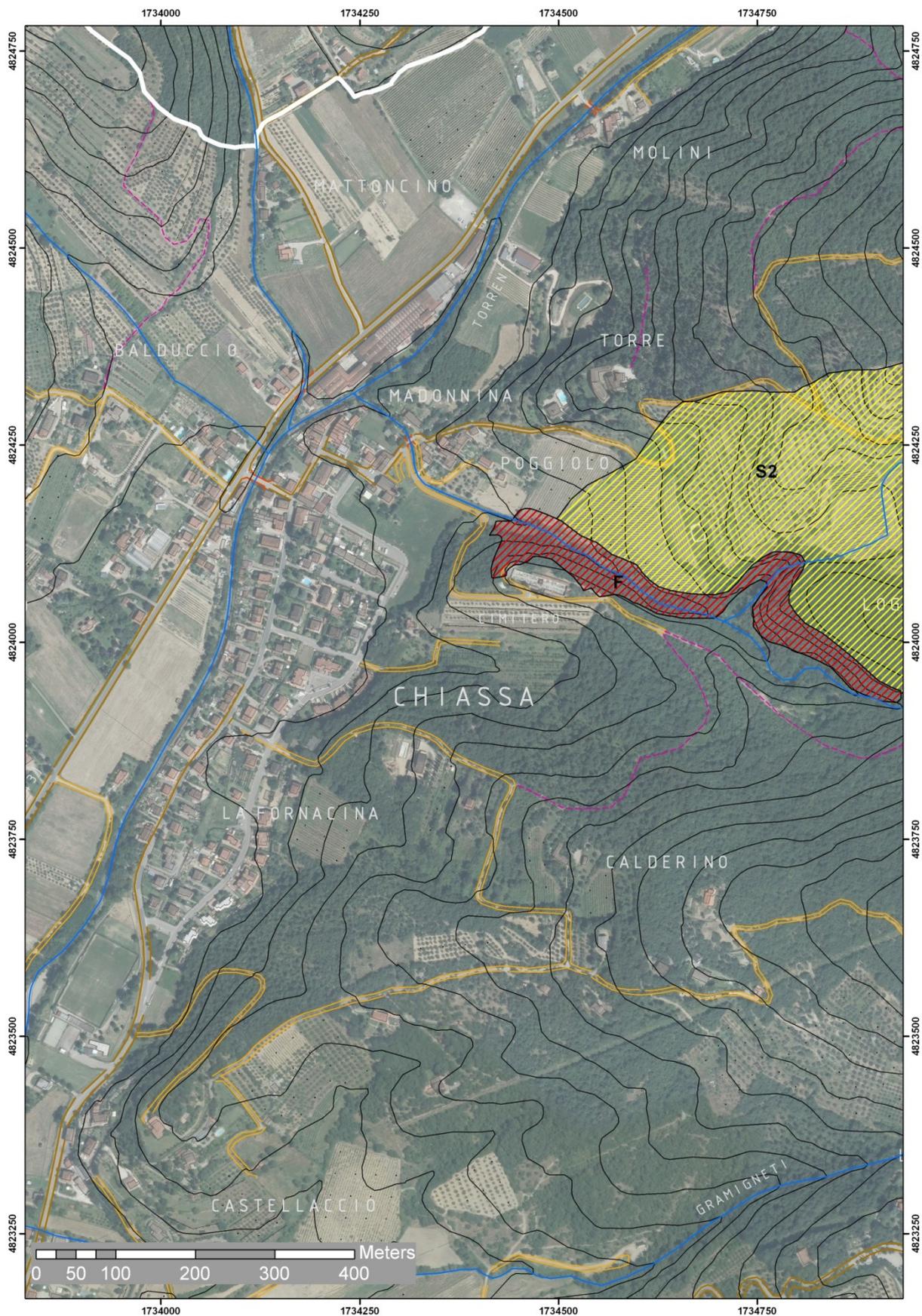


Figura 60: Nuova perimetrazione dei fenomeni franosi nel settore di Chiassa, per i quali si richiede aggiornamento IFFI e pericolosità PAI.

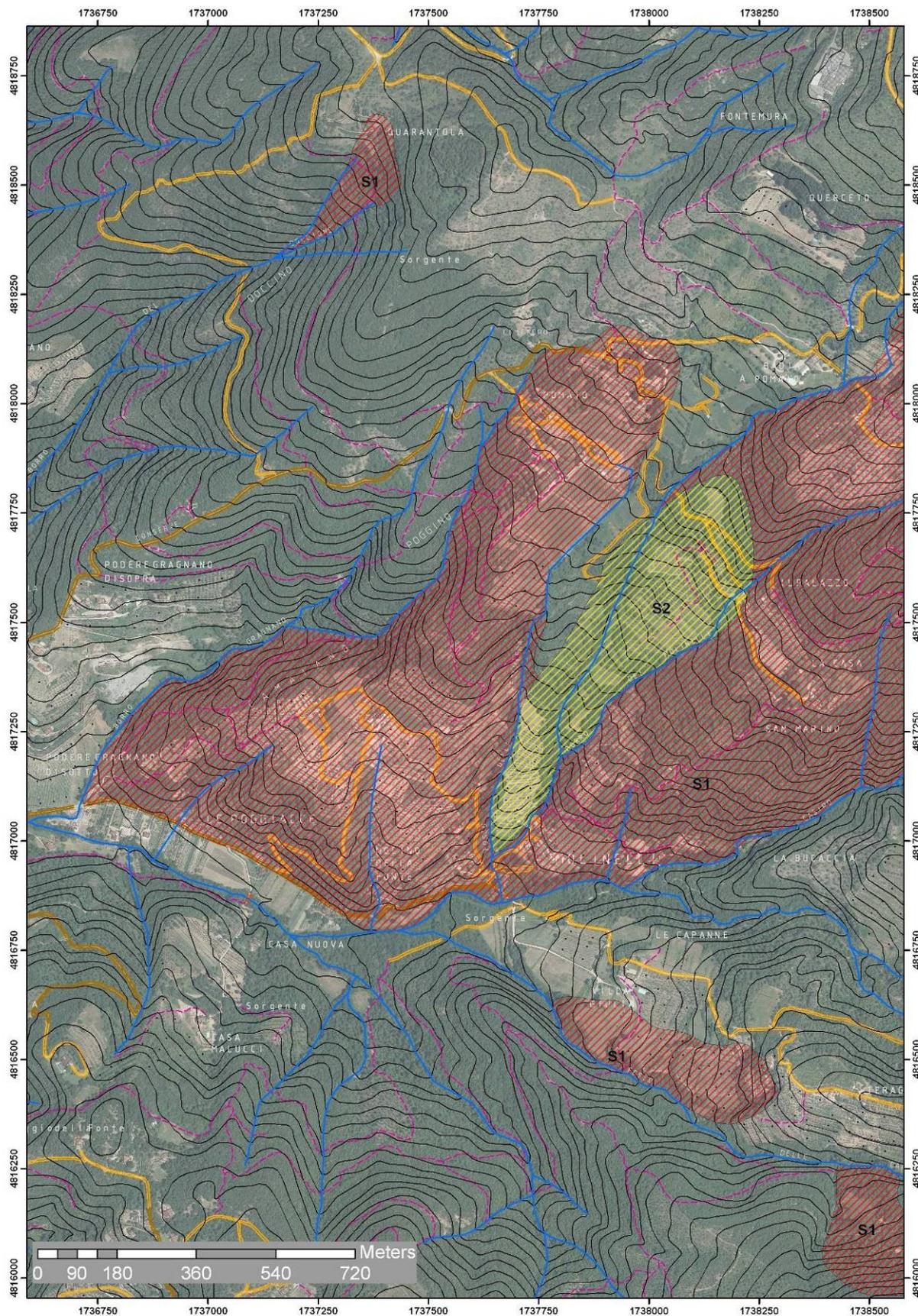


Figura 61: l'individuazione dei fenomeni franosi attualmente riconosciuti dall'inventario IFFI nel settore di le Poggiasco



## 10. MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE

Il territorio comunale di Arezzo è inserito nella nuova classificazione sismica che è stata approvata con "Del. GRT n° 421 del 26/05/2014" (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014). L'aggiornamento è stato redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006. Il Comune di Arezzo è classificato in Zona Sismica 2.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di individuare ad una scala comunale le zone in cui le condizioni locali (geologia, litologia, stratigrafia, struttura e morfologia), possono modificare le caratteristiche di un terremoto o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, le infrastrutture e l'ambiente.

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, **a cui si rimanda per le specifiche**, rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica ("MOPS").

Per il presente studio i dati esistenti sono stati implementati con le seguenti indagini geofisiche:

- n° 105 misure di frequenze naturali dei terreni H/V
- n° 19 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e SH
- n°3 stendimenti di sismica con metodologie ESAC-MASW.

E' stata inoltre eseguita l'analisi delle **Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE) di livello 1** che fornisce un quadro generale del funzionamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, dell'insediamento urbano per la gestione dell'emergenza sismica.

Gli elementi prioritari da evidenziare per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico, sono quelli utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, risulta indispensabile acquisire tutti gli elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno principalmente in relazione alla misura diretta delle Vsh (velocità di propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente).

Nello specifico, la MS individua e caratterizza:

1. le zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. le zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
3. zone suscettibili di instabilità: zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione del permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, faglie superficiali).

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi esistenti di tipo geologico, geomorfologico e delle indagini geofisiche, geotecniche e geognostiche, sono evidenziate, sulla base del quadro conoscitivo desunto, le aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito.

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

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

## 11. PERICOLOSITÀ SISMICA

Per quanto riguarda gli aspetti sismici derivanti dal DPGR 53/R, gli stessi sono stati affrontati attraverso la valutazione degli effetti locali e di sito tramite gli studi di Microzonazione Omogenea in Prospettiva Sismica di livello 1 finalizzati alla realizzazione della carta delle (MOPS), a cui si rimanda per i risultati. All'interno dell'area di studio è stata discriminata la presenza di **zone suscettibili di instabilità**, **zone stabili suscettibili di amplificazione sismica**, e **zone stabili**. Nelle zone suscettibili di instabilità, in particolare, sono state indicate le zone suscettibili di instabilità di versante in stato attivo, quiescente e inattivo. Le microzone individuate all'interno delle MOPS, costituiscono la base di riferimento per la realizzazione della **Carta della Pericolosità Sismica Locale**:

- **Le zone suscettibili di instabilità** cartografate nell'area oggetto di studio sono riferibili a fenomeni di instabilità gravitativa. Tali aree sono state classificate come zone di attenzione per instabilità in quanto, in occasione di eventi sismici di rilevante importanza, tali fenomeni potrebbero riattivarsi. Le diverse fenomenologie che hanno evidenziato indizi di attività durante gli ultimi cicli stagionali sono raggruppate entro la categoria (**FR\_a**) e determinano una **Pericolosità Sismica S4**. Alle zone interessate da fenomeni gravitativi quiescenti (**FR\_Q**), è stata attribuita la **Pericolosità sismica locale S3 (elevata)** ai sensi DPGR 53/r/2011 che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici. Alle zone interessate da fenomeni gravitativi inattivi (**FR\_I**) è stata attribuita la **Pericolosità sismica locale S2 (media)**;
- **Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** così come codificate nelle MOPS, corrispondono per la maggior parte a classi di **Pericolosità sismica locale S3 (elevata)**. Sono ricomprese nella **classe di Pericolosità sismica S3** le zone caratterizzate da un significativo contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri". Nel territorio di Arezzo, ad eccezione delle aree con substrato sub-affiorante, si rilevano condizioni di significativo contrasto impedenza sismica entro i primi 30 metri di profondità. ;
- **Le zone stabili** sono quelle dove affiora il substrato roccioso e dove non si abbiano differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro, ovvero in presenza di un passaggio graduale tra fascia di alterazione e la roccia sana . Tali zone vengono inserite all'interno della **classe "Pericolosità sismica locale media (S.2)"**, fatta salva la eventuale presenza concomitante di settori in pericolosità geomorfologica G4 che comportano un pari aumento di grado di pericolosità sismica.

Per quanto riguarda la **suscettibilità alla liquefazione**, questa rappresenta un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace. Essa ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino a eguagliare la pressione intergranulare. L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale sabbioso a compattarsi quando è soggetto ad azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno. Per valutare il potenziale di liquefazione sulla base dei dati disponibili è stata utilizzata l'analisi qualitativa, basata sulle osservazioni delle caratteristiche sismiche, geologiche e geotecniche dei siti interessati o potenzialmente interessati dal fenomeno della liquefazione. Tali letture, evidenziano, nella quasi totalità dei casi, la presenza di depositi costituiti da materiali con ampia distribuzione granulometrica, con percentuali elevate di materiali fini (<0.002 mm), e con presenza non

trascurabile di ghiaie, motivo per il quale **i terreni analizzati presentano una scarsa suscettibilità alla liquefazione.**

La sintesi di tutte le informazioni derivanti dallo studio di MS di livello 1, ha consentito pertanto di valutare le condizioni di pericolosità sismica del territorio oggetto di analisi, secondo i livelli di pericolosità previsti dalla Legge regionale n.53R del 25/10/2011:

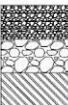
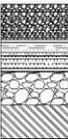
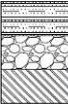
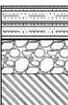
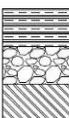
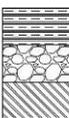
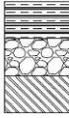
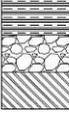
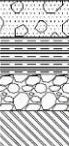
**Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):** zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2;

**Pericolosità sismica locale elevata (S.3):** zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri (spessore dei terreni di copertura <60 m) ;

**Pericolosità sismica locale media (S.2):** zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3 o con spessore dei terreni di copertura >60 m );

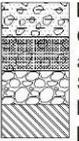
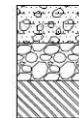
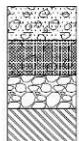
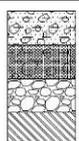
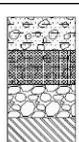
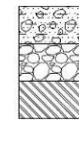
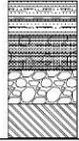
**Pericolosità sismica locale bassa (S.1):** zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

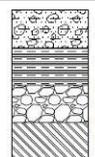
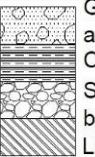
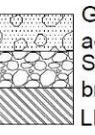
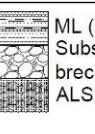
**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI E CLASSI DI PERICOLOSITA' SISMICA**

<b>ZONA</b>		<b>PS</b>
2001 Zona 1	 <p>GW (3-10 m) Ghiaie e sabbie da poco a moderatamente addensate di terrazzo fluviale Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S3</b>
2002 Zona 2	 <p>GW (3-10 m) Ghiaie e sabbie da poco a moderatamente addensate di terrazzo fluviale ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S3</b>
2003 Zona 3	 <p>ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S3</b>
2004 Zona 4	 <p>ML (30-60 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S3</b>
2005 Zona 5	 <p>CL (3-10 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S3</b>
2006 Zona 6	 <p>CL (10-30 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S3</b>
2007 Zona 7	 <p>CL (30-60 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S3</b>
2008 Zona 8	 <p>CL (60-100 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S2</b>
2009 Zona 9	 <p>GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale CL (60-100 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<b>S2</b>

<p>2010 Zona 10</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale                  CL (60-100 m) Argille limose lacustri                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S2</b></p>
<p>2011 Zona 11</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale                  CL (30-60 m) Argille limose lacustri                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2012 Zona 12</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale                  CL (10-30 m) Argille limose lacustri                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2013 Zona 13</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale                  CL (3-10 m) Argille limose lacustri                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2014 Zona 14</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2015 Zona 15</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2016 Zona 16</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  SM (3-10 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2017 Zona 17</p>		<p>ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  SM (10-30 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2018 Zona 18</p>		<p>ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano                  SM (10-30 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana                  Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):                  breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)                  LPS</p>	<p><b>S3</b></p>

<p>2019 Zona 19</p>		<p>ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano SM (3-10 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2020 Zona 20</p>		<p>ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2021 Zona 21</p>		<p>ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale CL (3-10 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2022 Zona 22</p>		<p>ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale CL (10-30 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2023 Zona 23</p>		<p>GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale CL (3-10 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2024 Zona 24</p>		<p>SW (3-10 m) Sabbie ghiaiose di bacino (piana) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2025 Zona 25</p>		<p>SW (10-30 m) Sabbie ghiaiose di bacino (piana) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2026 Zona 26</p>		<p>ML (30-60 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>
<p>2027 Zona 27</p>		<p>ML (30-60 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) GM (3-10 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS</p>	<p><b>S3</b></p>

2028 Zona 28		ML (30-60 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) GM (10-30 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2029 Zona 29		ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2030 Zona 30		ML (3-10 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2031 Zona 31		ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) GM (3-10 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2032 Zona 32		ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) GM (10-30 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2033 Zona 33		ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) GM (30-60 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2034 Zona 34		ML (60-100 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S2</b>
2035 Zona 35		ML (100-150 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S2</b>
2036 Zona 36		ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano SM (30-60 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2037 Zona 37		ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) GM (3-10 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano CL (3-10 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>

2038 Zona 38		ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre) CL (3-10 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2039 Zona 39		ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano SM (30-60 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2040 Zona 40		GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale CL (10-30 m) Argille limose lacustri Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2041 Zona 41		GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S3</b>
2042 Zona 42		Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato (SFALS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) ALS	<b>S3</b>
2043 Zona 43		ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato (SFALS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) ALS	<b>S3</b>
2099		Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS): breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) LPS	<b>S2</b>

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Abbate E. (1983) - Schema stratigrafico della successione neoautoctona del Valdarno Superiore e del bacino di Arezzo. In: I depositi fluvio-lacustri del Valdarno Superiore. Centro Studi Geol. App., Centro 2P Firenze, 1-6.
- Ademollo A., Benini M., Caroli G., "Progetto Preliminare per l'Individuazione degli Interventi Atti a Ridurre il Rischio Idraulico nel territorio del Comune di Arezzo" – aprile 1998
- Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici Progetto Cartografia Geologica CARG.
- Aruta G., Bruni P., Buccianti A., Cecchi M., Cipriani N., Monti L., Nebbiai M., Papini M., Pandeli E. & Reale V. - Integrated Stratigraphical, Petrographical and Statistical Data as a Tool for Mapping Perisutural Siliciclastic Turbidite Successions Dipartimento delle Scienze della Terra, Università di Firenze, via La Pira 4, 50121, Firenze (D.L. 11/6/1998, n.180; L. 3/8/1998, n. 267; D.L. 13/5/1999, n. 132; L. 13/7/1999, n. 226; D.L. 12/10/2000, n. 279; L. 11/12/2000, n. 365).
- Autorità di Bacino del Fiume Arno – "Piano di bacino del fiume Arno Stralcio: "Assetto Idrogeologico".
- Autorità di Bacino del Fiume Arno – "Piano di bacino del fiume Arno stralcio:"Rischio Idraulico".
- Autorità di Bacino del Fiume Arno – "Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio idrogeologico più alto, recante l'individuazione e la perimetrazione delle aree a pericolosità e a rischio idraulico e di frana molto elevato" .
- Autorità di Bacino del Fiume Arno – "Procedura di adeguamento alla pericolosità da frana del PAI tramite l'aggiornamento della banca dati IFFI – Aggiornamento marzo 2014.
- Autorità di Bacino del Fiume Arno – Piano stralcio "Bilancio idrico" del Bacino del Fiume Arno (2008).
- Azzaroli A. e Lazzeri L. (1977) - I Laghi del Valdarno Superiore. Centro Studi per la Geol. Dell'App. in rapporto alle Geosinclinale Mediterranee, 1-4.
- Bartolini C. e Pranzini G. (1980) - Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 105 (Lucca), 107 (Monte Falterona), 113 (Castel Fiorentino), 114 (Arezzo), 115 (Città di Castello), 121 (Montepulciano), 123 (Perugia). Estratto da Contributi prel. alla realiz. della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n.356 del Prog. Final. Geod., 1025-1033.
- Boccaletti M., Coli M. (a cura di ): "Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale" scala 1:250.000. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica – 1982.
- Boccaletti M. e Coli M. (1983) - La tettonica della Toscana: assetto ed evoluzione. Mem. Soc. Geol. It., 25, 51-62.
- Bortolotti V. (1962) - Contributo alla conoscenza della stratigrafia della Serie Pietraforte- Alberese. Boll.Soc. Geol. It., LXXXI, 225-304.
- Boselli L., Francini G., Sbragi E.: "Studi Geologici di Supporto alla Revisione del PRG del Comune di Arezzo" – 1987.
- Casagli N. "Fenomeni Franosi" Dispensa del Seminario del prof. Università degli Studi di Firenze anno Accademico 1996 – 97.

- Chiarini R., "Deviazione del torrente Castro nel tratto interrato che attraversa il centro urbano di Arezzo e realizzazione di un sistema di trasporto pubblico di tipo integrato sottosuolo – superficie (TR.I.S.S.) – studio di fattibilità – marzo 2002.
- Coli M. (1992) - Tettonica. Assetto generale. In: Appennino Tosco-Emiliano. Guide Geol. Reg., Soc. Geol. It., 4, 54-56.
- De Giuli C. (1983) - Aspetti paleontologici della successione del Valdarno Superiore e del bacino di Arezzo. In: I depositi fluvio-lacustri del Valdarno Superiore. Centro Studi Geol. App., Centro 2P Firenze. 19-23.
- Francalanci P., Gabbani G., Neroni E., Pranzino G., "Ricostruzione dei Depositi Alluvionali del Valdarno Superiore Aretino " – atti Soc. Tosc. C. Nat., Mem., serie A, 95 (1988) pagg. 185 – 201.
- "Guide Geologiche Regionali" 12 itinerari Appennino Tosco-Emiliano Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze BE-MA editrice- edizione gennaio 1994
- HEC RAS User's Manual– US Army Corps of Engineers
- HEC RAS Hydraulic Reference Manual – US Army Corps of Engineers
- Linee guida per la progettazione delle casse di laminazione Autorità di Bacino del fiume Arno.
- Maione U., Le piene fluviali – appunti di idrologia La Goliardica Pavese.
- Marchi E., Rubatta A. – Meccanica dei fluidi UTET.
- Monnanni R., Pancini P., Piangoloni A. (1994) - Acque Superficiali. In: Relazione sullo stato dell'ambiente nel Comune di Arezzo. Edito a cura di "Ufficio Ambiente Comune di Arezzo"., 1, 37-53.
- Pancini P., Pedone A. (1998) - Acque Superficiali e Sotterranee. In: Stato dell'ambiente del Comune di Arezzo. Edito a cura di "Ufficio Ambiente Comune di Arezzo"., 2, 34-56.
- Pandeli E., Aruta G., Lithostratigraphy of the M.Cervarola – M. Falterona Fm. between Arezzo and Trasimeno Lake (Tuscan – Umbria, Northern Apennines, Italy) – Giornale di Geologia, ser. 3a vol. 57/1-2, 1995, pp.131-157
- Pedone A. (1994) - Acque sotterranee. In: Relazione sullo stato dell'ambiente nel Comune di Arezzo. Edito a cura di "Ufficio Ambiente Comune di Arezzo"., 1, 59-77.
- Piano Strutturale (2003) - Studio geologico-tecnico di supporto alla redazione del Piano Strutturale dell'Amministrazione Comunale di Arezzo.
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Arezzo
- "Rapporto sullo Stato dell'Ambiente della Provincia di Arezzo" Regione Toscana – Provincia di Arezzo – dicembre 1999
- "Rapporto sullo stato delle acque dei principali fiumi in Toscana" Regione Toscana – ARPAT– dicembre 2001
- Rinaldi M, - Freedom.dicea.it - UniFI
- "Stato dell'Ambiente del Comune di Arezzo" a cura del Comune di Arezzo Ass. alla qualità ambientale e ai servizi tecnologici – anno 1998
- Servizio Geologico d'Italia: "Carta Geologica d'Italia: FOGLI 114 – 115 – scala 1:100.000"

- Società Geologica Italiana "Guide Geologiche Regionali - Appennino Tosco-Emiliano" 1992