

COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA
PROVINCIA DI FIRENZE



PIANO STRUTTURALE Variante generale

Variante n.3 al Piano Strutturale approvato con D.C.C. n° 54 del 01/06/2005

Adozione: D.C.C. n. del / /
Approvazione: D.C.C. n. del / /
Pubblicazione: B.U.R.T. n. del / /

SINDACO
Maurizio Semplici

CONSIGLIERE COMUNALE DELEGATO
Giacomo Trentanovi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Arch. Alberto Masoni

GARANTE DELLA COMUNICAZIONE
P.E. Simone Biagini



PROGETTO URBANISTICO
Arch. Riccardo Luca Breschi

Collaboratori:
Arch. Luisa Baldi
Arch. Andrea Giraldi

STUDI GEOLOGICI
Geol. Simone Raspollini

STUDI IDROLOGICO-IDRAULICI
Geol. Simone Raspollini
Ing. Alessio Gabbrielli

RELAZIONE GEOLOGICA

Versione aggiornata a seguito delle integrazioni richieste dall'Ufficio del Genio Civile di Firenze
e dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno

GR01

INDICE

1. PREMESSA	Pag. 5
1.1 Basi cartografiche	
2. NOTE GEOLOGICHE, ASSETTO TETTONICO-STRUTTURALE E SITUAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Pag. 8
2.1 Cenni di geologia generale e di tettonica	
2.2 Stratigrafia	
3. CLASSIFICAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI	Pag. 16
3.1 Unità litotecniche	
4. IDROGEOLOGIA	Pag. 19
5. GEOMORFOLOGIA	Pag. 21
6. NOTE ESPLICATIVE ALLA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	Pag. 24
7. CARATTERI IDROLOGICI ED IDRAULICI	Pag. 26
8. NOTE ESPLICATIVE ALLA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA	Pag. 29
9. NOTE ESPLICATIVE ALLA CARTA DELLE MOPS E DELLE AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	Pag. 31
9.1 Caratteristiche sismiche generali dell'area di Barberino val d'Elsa e zone limitrofe	
9.2 La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	
9.3 Le misure HVSR	
9.4 La carta delle aree a pericolosità sismica locale	
10. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	Pag. 40

INDICE DELLE DELLE FIGURE DEL TESTO

Figura 1: Carta strutturale dell'Appennino centro-settentrionale

Figura 2: Principali bacini neogenici e quaternari della Toscana

Figura 3: Carta degli epicentri (CNR - PFG, 1985)

Figura 4: Carta sismica d'Italia per il periodo 1893-1965 con aree di massima intensità (CNEN, 1968)

Figura 5: Carta della distribuzione della frequenza degli eventi sismici, e della loro profondità ed intensità massima (CNR - PFG, 1985)

Figura 6: Foglio di calcolo per la valutazione della carta del livello di microzonazione sismica sulla base delle indagini pregresse e/o nuove

INDICE DELLE TAVOLE ALLEGATE AL TESTO

- ❖ Autorità di Bacino Fiume Arno Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – ***Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi*** - Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124.
- ❖ Autorità di Bacino Fiume Arno Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – ***Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario fenomeni franosi - livello di dettaglio*** - Stralci n. 537, 573, 605, 636 e 637.
- ❖ Autorità di Bacino Fiume Arno Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – ***Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - livello di sintesi*** - Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124.

INDICE DELLE TAVOLE ALLEGATE

Tavola G01EST/G01OVEST	– Carta geologica, litotecnica ed idrogeologica	(Scala 1:10.000)
Tavola G01a	– Carta geologica, litotecnica ed idrogeologica (Barberino Val d'Elsa, Vico d'Elsa, Marcialla)	(Scala 1:5.000)
Tavola G01b	– Carta geologica, litotecnica ed idrogeologica (Zona Industriale)	(Scala 1:5.000)
Tavola G01s	– Sezioni geologiche	(Scala 1:5.000)
Tavola G02EST/G02OVEST	– Carta geomorfologica	(Scala 1:10.000)
Tavola G02a	– Carta geomorfologica (Barberino Val d'Elsa, Vico d'Elsa, Marcialla)	(Scala 1:5.000)
Tavola G02b	– Carta geomorfologica (Zona Industriale)	(Scala 1:5.000)
Tavola G03EST/G03OVEST	– Carta delle aree a pericolosità geologica	(Scala 1:10.000)
Tavola G03a	- Carta delle aree a pericolosità geologica (Barberino Val d'Elsa, Vico d'Elsa, Marcialla)	(Scala 1:5.000)
Tavola G03b	- Carta delle aree a pericolosità geologica (Zona Industriale)	(Scala 1:5.000)
Tavola G04EST/G04OVEST	– Carta delle aree a pericolosità idraulica	(Scala 1:10.000)
Tavola G04a	- Carta delle aree a pericolosità idraulica (Zona Industriale)	(Scala 1:5.000)
Tavola G05a	- Carta delle MOPS e delle aree a pericolosità sismica locale (Barberino Val d'Elsa, Vico d'Elsa, Marcialla)	(Scala 1:5.000)
Tavola G05b	- Carta delle MOPS e delle aree a pericolosità sismica locale (Zona Industriale)	(Scala 1:5.000)

INDICE DEGLI ELABORATI ALLEGATI

Elaborato GR02 – Schede dei dati di base

Elaborato GR03 – Relazione tecnica sulle misure HVSR

1. PREMESSA

Per incarico dell'**Amministrazione Comunale di Barberino Val d'Elsa (FI)** è stata condotta a termine una Indagine geologica e geologico-tecnica di supporto allo strumento urbanistico e dunque, in questo caso, di supporto al **“Piano Strutturale - Variante Generale”**, redatta dall'**Arch. Riccardo Luca Breschi** e relativa al territorio comunale di Barberino V.E.

La presente relazione e gli elaborati cartografici ad essa allegati sono redatti in ottemperanza all'**Art. 55** ed all'**Art. 62** della **L.R. 03.01.2005 n. 1** ed al **D.P.G.R. n. 53/R del 25.10.2011** (*Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche*).

L'indagine attuale ha permesso di relazionare, viste le tavole progettuali relative alle previsioni urbanistiche messe a punto per il territorio di Barberino Val d'Elsa, sull'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geologico-tecnico dei terreni interessati, prima e a seguito degli interventi previsti. Anche in questo caso, quanto emerso dai sopralluoghi e rilievi eseguiti, è stato integrato con i dati di archivio, ottenuti per la cortesia dell'U.T.C. di Barberino V.E. e di altri Professionisti, di precedenti indagini geologiche, geomorfologiche, geologico-tecniche, idrogeologiche e geofisiche che hanno interessato il territorio comunale (Elaborato **GR02 – Schede dei dati di base**).

Tutto il territorio comunale è stato sottoposto ad accurato rilievo geologico e geolitologico, nonché geomorfologico e, per i dati in possesso, geologico-tecnico e idrogeologico, i cui risultati sono stati riportati graficamente in due elaborati di base (**Carta geologica, litotecnica ed idrogeologica** e **Carta geomorfologica** alla scala 1:10.000 - V. Tavv. G01EST/G01OVEST e G02EST/G02OVEST all.).

Sono stati eseguiti estesi approfondimenti che hanno interessato sia il rilievo geologico e geomorfologico e sia le tematiche relative al rischio idraulico e sismico (e conseguentemente le tematiche correlate alla pericolosità geologica, idraulica e sismica) relativamente ai centri edificati principali del Comune (Barberino Val d'Elsa, Vico d'Elsa, Marcialla, Zona Industriale), riportandoli sulla base della C.T.R. alla scala 1:2.000, cartografia più dettagliata rispetto a quella disponibile per l'intero territorio comunale (C.T.R. alla scala 1:10.000), riproducendo poi le carte ottenute alla scala 1:5.000 (V. Tavv. G01a-G01b, G02a-G02b, G03a-G03b, G04a, G05a-G05b, all.).

Sulla base dell'approfondimento del rilievo geologico e geomorfologico eseguito, sia mediante fotointerpretazione delle foto aeree disponibili e sia tramite controlli a terra, sono stati individuati e ripерimetrati nel dettaglio i fenomeni geomorfologici più rilevanti nelle zone sopra citate, riportandone, come detto, i risultati sulla base cartografica alla scala 1:2.000 e riproducendoli alla scala 1:5.000.

A seguire è stata redatta, quale aggiornamento e dettaglio del quadro conoscitivo del Piano Strutturale, la **Carta delle aree a pericolosità geologica**, alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale ed alla scala 1:2.000 (con stampa alla scala 1:5.000) per i centri principali, nella quale sono stati cartografati i tematismi relativi alla pericolosità geologica utilizzando le definizioni riportate nel D.P.G.R. n. 53R/2011 (V. Tavole G03EST/G03OVEST e G03a-G03b allegate).

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici sono stati utilizzati i dati contenuti nello studio idrologico-idraulico eseguito recentemente, ai sensi del D.P.G.R. n. 53R/2011, dallo scrivente e dall'Ing. A. Gabbrielli, tenendo evidentemente conto anche delle integrazioni richieste, nel corso dell'istruttoria successiva al deposito delle Indagini, dai Funzionari dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze e dell'Autorità di Bacino del F. Arno preposti al controllo.

È stata di conseguenza redatta, quale aggiornamento e dettaglio del quadro conoscitivo del Piano Strutturale, la **Carta delle aree a pericolosità idraulica**, alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale ed alla scala 1:2.000 (con stampa alla scala 1:5.000) per la Zona Industriale, l'unico fra i centri principali ad essere interessato dai corsi d'acqua maggiori, nella quale sono stati cartografati i tematismi della pericolosità idraulica sulla base delle definizioni riportate nel D.P.G.R. n. 53R/2011 (V. Tavole G04EST/G04OVEST e G04a allegate), aggiornandone le perimetrazioni a seguito delle integrazioni allo studio idrologico-idraulico eseguito.

Per i centri abitati principali precedentemente menzionati (Barberino, Vico, Marcialla e la Zona Industriale) è stata redatta la **Carta delle MOPS e delle aree a pericolosità sismica locale** alla scala 1:2.000 con restituzione grafica alla scala 1:5.000 (V. Tavole G05a-G05b allegata), nuovi elaborati introdotti dalla recente normativa (D.P.G.R. n. 53R/2011) e nella quale sono stati cartografati i tematismi della pericolosità sismica sulla base delle definizioni riportate nello stesso D.P.G.R. n. 53R/2011.

Si ricorda inoltre che il Comune di Barberino Val d'Elsa è stato posto in **Zona 3, Sottozona 3.4** (accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni a_g/g variabile tra 0,125 e 0,150) dalla **D.G.R.T. n. 878 del 08.10.2012**.

Lo studio eseguito ha inoltre tenuto conto le Norme e le perimetrazioni definite nel **Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, (**D.P.C.M. 06.05.2005**).

Il presente studio tiene inoltre conto di situazioni particolari derivanti da obblighi di legge (*vincolo idrogeologico*) ed è stato convenientemente commisurato ed approfondito. In particolare, il vincolo idrogeologico è stato imposto dal Corpo Forestale dello Stato (ai sensi dell'art.1 - Tit.1, Cap.1 **Legge Forestale 30.12.23 n. 3267**) sulla maggior parte dei rilievi collinari del territorio comunale di Barberino Val d'Elsa. Su tali aree vige il Regolamento Forestale della Toscana approvato con D.P.G.R. n. 48/R del 08.08.2003 e s.m.i. ai sensi della L.R. n. 39 del 21.03.2000.

1.1 Basi cartografiche

Per la stesura delle carte sopracitate (sia tematiche che di sintesi) di supporto al presente Piano Strutturale è stato fatto uso delle basi cartografiche alla scala 1:10.000 ed alla scala 1:2.000, forniteci dalla Amministrazione Comunale e da considerarsi adeguate alle finalità dello studio.

Più precisamente sono state utilizzate le Sezioni relative al territorio comunale di Barberino Val d'Elsa della *Carta Tecnica Regionale* (Edizione 1997-98-99) realizzate dalla Regione Toscana. In particolare, le sezioni delle C.T.R. in cui risulta suddiviso il suddetto territorio sono:

- Sezione n. 286020
- Sezione n. 286030
- Sezione n. 286050
- Sezione n. 286060
- Sezione n. 286070
- Sezione n. 286080
- Sezione n. 286100
- Sezione n. 286110

Per alcune aree sono stati utilizzati anche i fogli della *Carta Tecnica Regionale* edita alla scala 1:2.000 attualmente esistenti per il Comune di Barberino Val d'Elsa:

- Foglio n. 16J08
- Foglio n. 16J16
- Foglio n. 16J24
- Foglio n. 16K25
- Foglio n. 16K26
- Foglio n. 16K33
- Foglio n. 16K34
- Foglio n. 16K41
- Foglio n. 16K42
- Foglio n. 16K44
- Foglio n. 16K45
- Foglio n. 16J62
- Foglio n. 16J63
- Foglio n. 15J06

- Foglio n. 15J07
- Foglio n. 15J08
- Foglio n. 15J14
- Foglio n. 15J15
- Foglio n. 15J16
- Foglio n. 15J23
- Foglio n. 15J24
- Foglio n. 20301
- Foglio n. 2032A
- Foglio n. 2032B
- Foglio n. 2032C
- Foglio n. 2032D
- Foglio n. 2033A
- Foglio n. 2033B
- Foglio n. 2033C

Seguendo l'iter in uso in questi casi, la stesura delle carte tematiche di supporto al Piano Strutturale (Carta geolitologica, geomorfologica, ecc.) si è articolata in una prima fase di acquisizione dei dati di archivio e bibliografici esistenti (V. Bibliografia), a cui ha fatto seguito un rilievo di dettaglio sulle foto aeree concesse in visione dall'Ufficio Cartografico della Regione Toscana e dall'Istituto Geografico Militare Italiano.

Successivamente sono stati portati a termine i controlli e le verifiche in situ; i risultati ottenuti sono stati riportati sulle basi cartografiche sopra indicate. Le carte ricavate sono state successivamente riversate su computer e stampate.

E' stata inoltre presa visione, per le correlazioni e le verifiche del caso, delle foto aeree (ortofoto) del 2009, consultabili in formato digitale e fornite dalla Regione Toscana all'Amministrazione Comunale di Barberino.

Per quanto concerne la numerazione delle Tavole allegate alla presente relazione (Tavole G01EST/G01OVEST e G01a-G01b-G01s, G02EST/G02OVEST e G02a-G02b, G03EST/G03OVEST e G03a-G03b, G04EST/G04OVEST e G04a, G05a-G05b) essa segue l'ordine previsto nel D.P.G.R. n. 53R/2011. Le sigle "EST" e "OVEST" che accompagnano la numerazione delle tavole alla scala 1:10.000 indicano, rispettivamente, la parte orientale (Tavole "EST") e la parte occidentale (Tavole "OVEST") del Comune, mentre le lettere "a" e "b" che accompagnano la numerazione delle tavole di dettaglio indicano, rispettivamente, i centri abitati di Barberino Val d'Elsa, Vico d'Elsa e Marcialla (Tavole "a") e la Zona Industriale (Tavole "b"), nelle quali sono state suddivise le carte compilate per ovvi motivi di semplicità di stampaggio e di leggibilità delle stesse. La lettera "s" riferita alla Tavola G01 indica infine le Sezioni geologiche, rappresentate alla scala 1:5000.

2. NOTE GEOLOGICHE, ASSETTO TETTONICO-STRUTTURALE E SITUAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Nella **Carta geologica** (V. Tav. G01EST/G01OVEST alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale e le Tavv. G01a e G01b alla scala 1:5.000 per i centri urbani principali, tutte allegare alla presente relazione) è riportato il rilievo geologico-strutturale del territorio del Comune di Barberino Val d'Elsa, per il quale è stata utilizzata la citata base cartografica alla scala 1:10.000 ed il materiale aerofotogrammetrico disponibile.

La redazione della carta tematica suddetta è stata convenientemente articolata in una prima fase di acquisizione dei dati di archivio e bibliografici esistenti (V. Bibliografia), ed in particolare è stata utilizzata la Carta Geologica Regionale della Toscana (CARG), cui ha fatto seguito un rilievo fotogeologico di dettaglio, per cui sono state utilizzate le foto aeree prima menzionate. Successivamente sono stati portati a termine i controlli e le verifiche in situ.

Appare opportuno premettere che il territorio del Comune di Barberino Val d'Elsa è posto nella parte meridionale della Provincia di Firenze, al confine con la Provincia di Siena e che esso si estende per un'area di circa 65,88 Km² ed è compreso tra le quote di 71 m s.l.m. circa presso il fondovalle del F. Elsa e di 530 m s.l.m. circa presso la Fattoria Le Isole (la sommità del Borgo medievale del capoluogo, in Piazza Barberini, è posta ad una quota di 373 m s.l.m. circa).

Esso confina a N con il Comune di Tavarnelle Val di Pesa, ad E con il Comune di Castellina in Chianti, a S con il Comune di Poggibonsi e a O con i Comuni di San Gimignano e di Certaldo.

Il confine occidentale del Comune è costituito dal F. Elsa, affluente del F. Arno, e dal F.so delle Avane; buona parte del confine meridionale è invece formato dal T. Drove, tributario del F. Elsa, e dai suoi affluenti principali (T. Drove di Cinciano, T. Drove di Tattera, B.ro gli Amaioni, B.ro di Cepparello, B.ro di Granaio). Lungo il confine settentrionale del Comune sono presenti il B.ro Virginio presso Marcialla, Il Borraccio presso Barberino, il B.ro di Spicciano presso Tignano, il Bro Argennino presso le Filigare ed il B.ro del Molinuzzo presso Cortine.

2.1 Cenni di geologia regionale e di tettonica

Dal punto di vista stratigrafico (V. Figura 1 che segue), le formazioni affioranti nella Toscana a S dell'Arno, al di sopra del basamento paleozoico, appartengono ai seguenti complessi, in ordine di sovrapposizione:

- *Unità di Monticiano-Roccastrada*
- *Unità della "Falda toscana"*
- *Unità Liguri s.l.*
- *Complesso Neautoctono*
- *Alluvioni recenti ed attuali*

I rapporti geometrici tra le unità tettoniche presenti nell'area in esame sono la risultante di movimenti verificatisi in regimi tettonici diversi, che hanno portato, in fasi successive, all'attuale assetto strutturale. In quest'area sono infatti riconoscibili due stili tettonici principali. Il primo stile, legato alle fasi tettogenetiche del corrugamento appenninico, è caratterizzato da movimenti orizzontali in regime di compressione, mentre durante il secondo si verificano dislocazioni prevalentemente verticali in regime di distensione.

Per le prime tre unità (*Unità di Monticiano-Roccastrada*, *Unità della Falda toscana* e *Unità liguri s.l.*), la posizione geometrica relativa viene attribuita a fenomeni di tettonica faldista.

Tali fenomeni si erano già impostati nel Cretaceo superiore, ma è stato nel Miocene inferiore che alcune unità "liguri", depositate in un bacino compreso tra l'attuale Corsica e la Liguria, a basamento oceanico, sono state abbinate su bacini a basamento continentale (*Serie Toscana*), interrompendone la sedimentazione e provocando un infaldamento di parte dei terreni di questi ultimi (*Falda Toscana*).

Questi grandi fenomeni tettonici hanno comportato intense deformazioni plastiche nei terreni coinvolti, che si sono manifestate in pieghe di varia dimensione vergenti verso NE e in numerose faglie e fratture, anche di notevole sviluppo, disposte generalmente in senso normale (NW-SE) e in senso parallelo (SW-NE) alla vergenza.

Le formazioni metamorfiche dell'*Unità di Monticiano-Roccastrada*, appartenenti all'*Unità di Massa* definita da RAU e TONGIORGI (1974), si sarebbero sovrapposte al basamento paleozoico autoctono della Toscana meridionale, che in affioramento è rappresentato dall'*Unità di Boccheggiano* (BURGASSI et Alii, 1979). Questa unità alloctona corrisponderebbe ad una grande anticlinale coricata est-vergente, totalmente sradicata dalla sua area di provenienza.

Sopra di essa è sovrascorsa l'*Unità della "Falda Toscana"* formata dagli stessi terreni (dal *Calcare Cavernoso* alle sequenze torbiditytiche del *Macigno*). Sopra la *Falda Toscana* stessa (o *Serie Toscana non metamorfica*) erano già state impilate, in una fase di poco precedente, le *Unità Liguri s.l.*

Al secondo stile tettonico citato è riferibile la formazione dei bacini neoautoctoni; il quadro tettonico è caratterizzato da dislocazioni a carattere rigido distensivo a componente verticale, attribuibili alle fasi tardo-orogenetiche, successive al corrugamento della Catena Appenninica. E' in questa fase distensiva che si ha la formazione di alti e bassi strutturali (bacini), separati da faglie dirette ad andamento appenninico NNW-SSE, spesso interrotte da altre faglie ad andamento antiappenninico WSW-ENE (V. Figura 2 che segue).

Nelle aree strutturalmente più depresse si formano, in un primo momento (Miocene superiore), bacini lacustri e successivamente (Miocene superiore-Pliocene medio), con l'accentuarsi degli sprofondamenti, bacini lagunari e marini (Bacino di Volterra, Bacino della Val d'Elsa) nei quali si accumulano sedimenti prevalentemente clastici del *Complesso Neoautoctono*.

Il generale sollevamento si ha nel Pleistocene, con movimenti verticali di alcune centinaia di metri. I *Depositi alluvionali recenti* si sono disposti indifferentemente al di sopra di tutti i terreni precedenti.

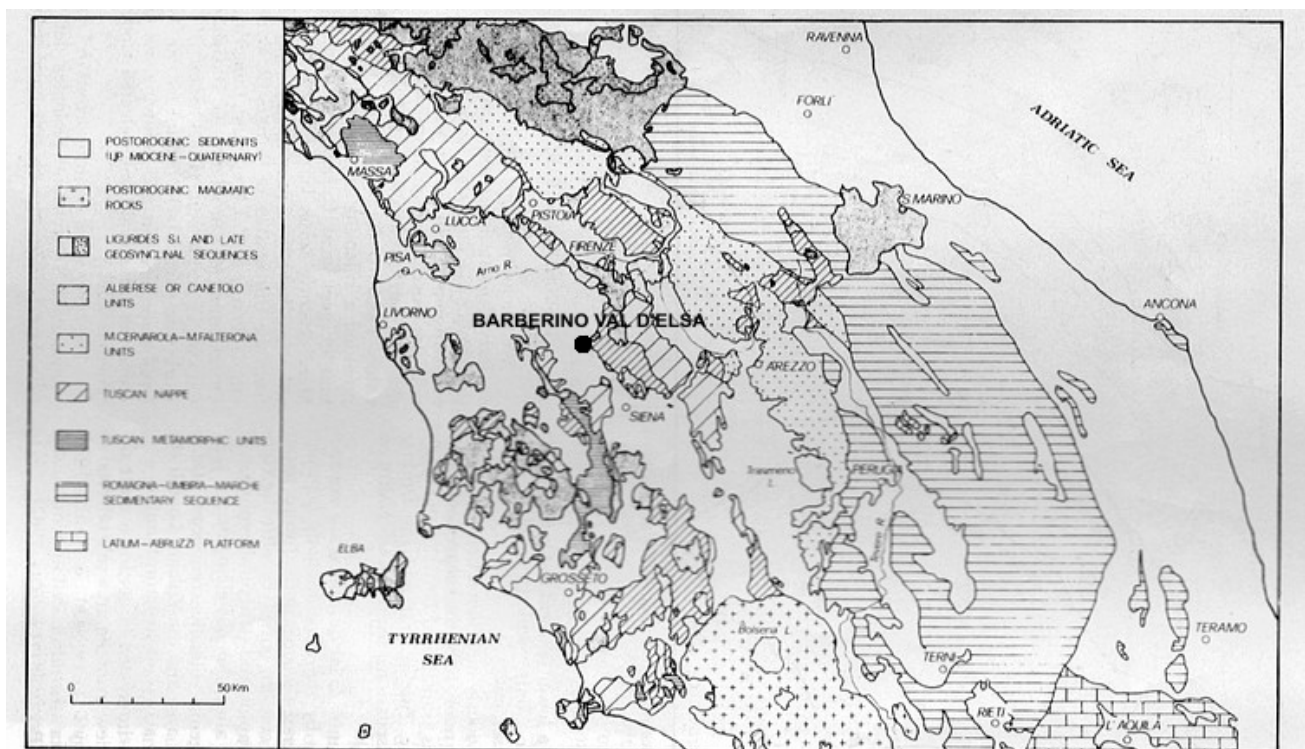


FIGURA 1: CARTA STRUTTURALE DELL'APPENNINO CENTRO-SETTENTRIONALE

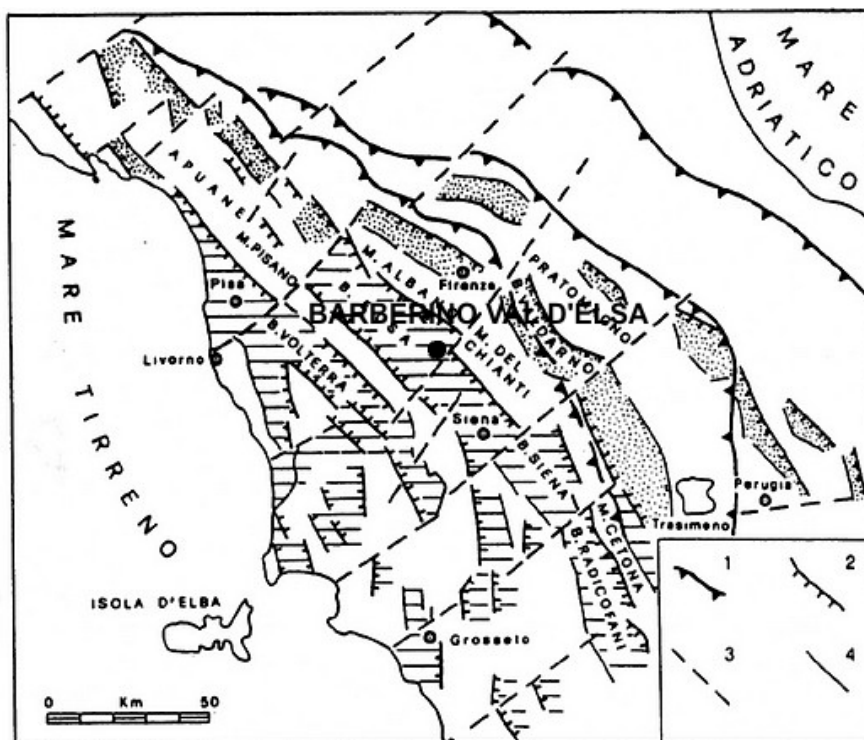


FIGURA 2: PRINCIPALI BACINI NEOGENICI E QUATERNARI DELLA TOSCANA

2.2 Stratigrafia

Il territorio del Comune di Barberino Val d'Elsa è costituito, nella sua parte orientale, da una serie di rilievi collinari (facenti parte dei “Monti del Chianti”) le cui quote si attestano sui 400-500 metri s.l.m., mentre, nella sua parte occidentale, più estesa della precedente, si osserva un paesaggio collinare maggiormente ondulato (Bacino della Val d'Elsa) con quote decisamente inferiori a quelle della parte occidentale (200-300 m s.l.m.). Sono inoltre presenti aree a morfologia pianeggiante di estensione nettamente minore, presenti nei fondovalle, in particolare lungo in corso del F. Elsa. A questi diversi tipi di paesaggio si associano terreni appartenenti a formazioni e ad unità geologiche diverse. Queste, a partire dal basso verso l'alto, sono:

Dominio Ligure Esterno

Unità tettonica che poggia direttamente sulle Unità Toscane, che dall'area di Firenze affiora con continuità fino all'area dell'Amiata e del M.te Cetona.

Le unità litostratigrafiche del Dominio Ligure Esterno sono costituite da un complesso basale prevalentemente pelitico e da unità torbiditiche, con una grande variabilità di facies, suddivise in varie formazioni: di queste, le Formazioni presenti nel territorio di Barberino Val d'Elsa, dal basso verso l'alto, sono:

Argille varicolori con calcari (AVA della Tav. G01EST/G01OVEST)

Tale formazione (Cretaceo) affiora in alcune strette fasce nella parte meridionale del settore orientale del Comune, in genere nell'area compresa fra Monsanto, La Quercia al Poggio e Marciano, e costituisce il termine inferiore di numerose sequenze di facies liguri (*Supergruppo della Calvana*, *Supergruppo della Baganza* e *Supergruppo del Sambro*) e il tetto della successione del *Supergruppo del Vara* (anch'esso appartenente alle liguridi), con spessore incerto anche se sicuramente notevole, presumibilmente di alcune centinaia di metri. Essa è costituita dall'alternanza irregolare di argille e argilliti, generalmente di colore grigio, più raramente nerastre o rossastre, fissili, con intercalazioni di calcilutiti e di calcari silicei, risedimentati, in strati di spessore variabile da 20 cm a oltre il metro e più frequenti verso la base della formazione. Nelle

argilliti, che talvolta sono il litotipo predominante (in particolare alla sommità della formazione), si possono talvolta rinvenire intercalati strati singoli o pacchi di sottili torbiditi arenaceo-pelitiche con grana da media a finissima.

Difficilmente è possibile rinvenire affioramenti in cui la formazione conserva un ordine stratigrafico interno; quasi ovunque infatti la Formazione è così intensamente deformata da assumere un aspetto stratigraficamente disordinato o caotico. La stratificazione, quindi, è difficilmente riconoscibile con sicurezza poiché gli strati calcarei appaiono ridotti a blocchi più o meno allineati, deformati in modo fragile con forme, in sezione, da squadrate a lenticolari e con gli assi maggiori orientati parallelamente gli uni agli altri. La roccia, che nelle porzioni poco deformate è costituita da argilliti con una pronunciata fissilità parallela alla stratificazione, assume di norma una spiccata struttura scagliosa con carattere penetrativo (clivaggio scaglioso). Queste caratteristiche mesostrutturali sono il risultato di un processo di forte estensione in un piano parallelo alla stratificazione che ha determinato un boudinage di tipo fragile dei litotipi competenti. Alla stratificazione si sostituisce così una stratificazione tettonica, che ha una persistenza ed una continuità di tipo cartografico.

Arenarie e siltiti silicoclastiche-carbonatiche (PTF della Tav. G01EST/G01OVEST)

Questa Formazione, precedentemente conosciuta come “*Pietraforte*” (Cretaceo), è costituita da arenarie a grana da medio a medio fine con cemento carbonatico in strati da centimetrici a decametrici con subordinati micro-conglomerati e peliti argillitiche. Gli affioramenti di tale Formazione sono presenti prevalentemente nell’area di Olena, sui versanti incisi dal B.ro gli Amaioni e dal B.ro di Cepparelli e sul versante che dal Pod. Ponzano degrada verso il T. Drove di Cinciano.

Argilliti grigio-brune e calcilutiti (FIA della Tav. G01EST/G01OVEST)

Argilliti prevalenti con intercalazioni di calcari marnosi, marne argillose, marne, calcilutiti e calcareniti. Il colore prevalente è grigio e grigio-marrone. Tutti i litotipi presenti, con percentuale costante, si ripetono in sequenze ritmiche con una notevole monotonia, e sono il risultato della deposizione di onde torbide.

L’età della formazione è Cretaceo superiore. Essa si trova, in regolare sequenza, alla base di tutta la serie dei terreni alloctoni di facies ligure. In quest’area è presente in numerosi affioramenti nella parte orientale del Comune, i più estesi dei quali si trovano nelle zone di Casa Scopeto e di Casa Nuova. Il letto della formazione non è osservabile in affioramento, mentre il tetto è qui costituito dalla F.ne di M.te Morello.

Formazione di Monte Morello (MLL della Tav. G01EST/G01OVEST)

Prevalenti calcari marnosi e calcari a grana fine, subordinate marne, argilliti, argilliti marnose e calcilutiti; alla base sono presenti anche arenarie e calcareniti. Il colore predominante dei calcari marnosi (detti anche “*Alberese*”) è bianco in superficie di alterazione e grigio-nocciola in taglio fresco. Lo spessore delle bancate calcaree è variabile da 50 cm a 2-3 m. Gli orizzonti argillitici e siltosi, di colore nocciola chiaro, micacei, di spessore variabile tra 50 e 100 cm, tendono a fratturarsi in scaglie parallele alla superficie di strato.

L’età della Formazione è Paleocene superiore-Eocene medio/superiore, localmente essa si rinvia soprastante la F.ne delle *Argilliti grigio-brune e calcilutiti*.

La formazione ha una vasta area di affioramento, che comprende tutta l’estremità orientale del comune di Barberino, dalla Fattoria Le Isole alla Loc. Filigare.

Flysch di Ottone (OTO della Tav. G01EST/G01OVEST)

Questa formazione (Cretaceo superiore - Paleocene) è presente con estesi affioramenti nel settore nord-orientale in corrispondenza delle Loc. Prumiano e Cortine e nel settore sud-orientale presso il Pod. Montignano. Si tratta di una torbidite calcareo-marnosa grigio-scura in strati di spessore da qualche centimetro ad un paio di metri.

Depositi marini pliocenici

Dopo l'interruzione delle comunicazioni tra il Mediterraneo e l'Oceano Atlantico avvenuta nel Messiniano superiore, circa 5,3 milioni di anni fa la Toscana fu interessata, con l'inizio del Pliocene, da una grande ingressione marina in coincidenza con il ripristino delle comunicazioni tra questi due bacini. Questa portò (BOSSIO et alii, 1998) alla deposizione di una successione sedimentaria di notevole spessore che venne ad occupare vari bacini toscani e quindi anche quelli dell'Elsa, che interessa per gran parte della sua estensione il territorio comunale di Barberino Val d'Elsa.

Dal basso verso l'alto si ritrovano le seguenti formazioni:

Conglomerati marini poligenici (PLIb della Tav. G01EST/G01OVEST)

Affiorano in zone di limitata estensione, presso Casa La Fornace, presso Monsanto e presso Casa La Querce. L'unità trasgredisce direttamente sulle formazioni *Liguri*. I *Conglomerati marini poligenici* passano verso l'alto alle *Sabbie e arenarie gialle* ed assumono spessore massimo di 15 m.

Litologicamente l'unità consiste in un conglomerato prevalentemente poligenico composto da ciottoli dolomitici e/o calcarei provenienti dalle formazioni *Liguri*. I ciottoli presentano solitamente morfologie da arrotondate a subarrotondate, anche se talvolta si osservano clasti con angoli poco smussati. Da un punto di vista dimensionale sono generalmente eterometrici, anche se solitamente hanno dimensioni intorno ai 2-3 cm. Gli elementi risultano inglobati in una matrice arenaceo-carbonatica biancastra od ocrea, localmente abbondante e solitamente ben cementata.

Argille sabbiose e limi di colore variabile da nocciola a grigio (FAAb della Tav. G01EST/G01OVEST)

Di questa formazione sono presenti affioramenti estesamente sviluppati nella parte occidentale del Comune, nelle valli incise dal T. Agliena, dal T. Bozzone, dal B.ro dell'Abese e dal B.ro Zambra, oltre ad altri piccoli affioramenti all'interno del Comune (ad esempio la Loc. Monteghezzi nella zona Ovest ed il Pod. Scarni nella parte Est del territorio).

Litologicamente consistono in una formazione eterogenea costituita da termini compresi fra sabbie limoso-argillose e sedimenti essenzialmente argillosi. E' caratterizzata, allo stato fresco, da un colore grigio-azzurro che alterato diventa giallo-ocraceo; si rinvencono spesso macrofossili (*Ostrea*). Rappresentano sedimenti distali di transizione tra le *Sabbie* (PLIs di Tav. G01EST/G01OVEST) e le *Argille e argille siltose* (FAA di Tav. G01EST/G01OVEST).

Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA della Tav. G01EST/G01OVEST)

Di questa formazione sono presenti affioramenti sul versante inciso dal B.ro delle Avane ed in alcuni piccoli lembi all'interno delle *Sabbie* presso S. Filippo a Ponzano ed il Capoluogo.

Litologicamente si tratta di argille grigio-azzurre e argille siltose da grigie fino al nocciola; entrambe si presentano sempre massicce. Talora si rinvencono cristalli di gesso di neoformazione e resti di macrofossili (*Gasteropodi*, *Lamellibranchi* e *Scafopodi*).

Sabbie e arenarie gialle (PLIs di Tav. G01EST/G01OVEST)

Le *Sabbie e arenarie gialle* sono la litofacies più diffusa di tutto il territorio comunale di Barberino, essendo ampiamente rappresentate in tutta la zona occidentale del Comune e presso la Loc. Monsanto nella parte orientale. Da un punto di vista geomorfologico le *Sabbie* sono spesso associate a ripide variazioni altimetriche (balze) o a versanti ben acclivi. Le *Sabbie* rappresentano di solito un deposito di regressione, poiché giacciono sulle *Argille e argille siltose*, ma si ritrovano anche trasgressive sulle formazioni più antiche *Liguri*; inoltre giacciono in concordanza sui *Conglomerati marini poligenici* basali della trasgressione pliocenica.

Litologicamente si tratta di sabbie a granulometria da media a grossolana, di colore giallo-ocra; in alcuni casi le sabbie assumono una colorazione decisamente grigia del tutto simile a quella delle

Argille e argille siltose. In esposizione fresca si presentano compatte, localmente ben cementate in livelli o lenti molto competenti di spessore mai superiore ai 40 centimetri e formati da frazioni granulometriche maggiori (sabbie grossolane e microconglomerati) sempre messe in evidenza da erosione selettiva; altrimenti sono di norma molto incoerenti. Le *Sabbie* si presentano da mal stratificate a massive; solo in rari casi, coincidenti con le litofacies a granulometria maggiore, è possibile osservare una grossolana stratificazione.

Localmente le sabbie contengono piccoli ciottoli ben arrotondati o addirittura appiattiti, sia dispersi nel sedimento sia organizzati in limitate lenti di dimensioni non cartografabili e di spessore sempre inferiore ai due metri.

Lo spessore della formazione delle *Sabbie* è estremamente variabile nelle varie località, sia per le condizioni di affioramento, sia per i passaggi laterali con le *Argille e argille siltose*. A titolo di esempio, nell'area ad ovest di Poggibonsi, si osservano spessori di circa 110 metri. Di regola lo spessore diminuisce verso Est in direzione della *Dorsale del Chianti*, mentre è verosimile un aumento della potenza in direzione Ovest (*Dorsale Medio-Toscana*).

In tutta l'area di affioramento delle *Sabbie* sono facilmente ritrovabili macrofossili anche di grandi dimensioni. In particolare modo si segnalano *Ostrea*, *Pecten*, *Nassa*, *Conus*, *Arca*, *Buccinulum*, *Isognomon*, *Venus*. Si ricordano i lavori di PALLA (1966, 1967) che forniscono un'esauriente lista dei macrofossili della parte settentrionale della Val d'Elsa.

Sulla base della collocazione stratigrafica sovrastante o in certi casi eteropica alle Argille e argille siltose, è possibile attribuire le *Sabbie* al Pliocene medio. Le caratteristiche litologiche e fossilifere riscontrate permettono di supporre un ambiente decisamente litorale. La presenza delle lenti di conglomerato suggerisce una probabile vicinanza di un delta fluviale capace di apporti clastici.

Calcareniti e calciruditi bioclastiche (PLIc di Tav. G01EST/G01OVEST)

Affiorano generalmente presso Monsanto nel settore orientale presso S. Filippo a Ponzano – Casa La Fornace nel settore occidentale del territorio comunale.

L'unità è trasgressiva sulle rocce del substrato pre-neogenico e mostra evidenti rapporti di eteropicità con le *Sabbie di S. Vivaldo*.

L'unità risulta costituita da varie litofacies, fra cui alternanze di strati calcarenitici e di brecce minute. Le calcareniti, di colore da bianco sporco a nocciola, presentano una granulometria media, localmente più fine (calcilutiti) ed isolati ciottoli centimetrici ben arrotondati. Alternate si ritrovano delle calciruditi di colore scuro con scarsa matrice. Nei livelli calcarenitici è sempre presente una buona litificazione che determina una pronunciata erosione selettiva. I vari livelli presentano spessori variabili: i maggiori sono quelli di brecce che raggiungono i 50 centimetri, mentre quelli calcarenitici non superano mai i 20 centimetri.

L'età della formazione è desumibile dalla posizione stratigrafica, in quanto è eteropica alle *Sabbie* che sono riferibili al Pliocene medio.

La presenza di brecce, di livelli bioclastici conchigliari di ambiente con elevata energia e di facies calcilutitiche sono la testimonianza di un sistema deposizionale di tipo costiero da marino a salmastro a bassa profondità e costituito da una o più lagune. Verso l'alto l'aumento dei sedimenti grossolani potrebbe rappresentare l'indizio di un progressivo interrimento delle lagune, forse ricollegabile alla regressione del Pliocene medio-superiore.

Depositi continentali rusciniani e villafranchiani

Si ritrovano esclusivamente nel settore occidentale del Comune, alla sommità dei rilievi collinari più elevati e comprendono i centri abitati di Barberino, di Tignano e di Marcialla. Si tratta di depositi di transizione fra i sottostanti sedimenti pliocenici di ambiente marino ed i sovrastanti depositi continentali pleistocenici e quaternari.

Conglomerati (VILa di Tav. G01EST/G01OVEST)

Si tratta di depositi psefitici a prevalenti elementi carbonatici (riferibili alle Liguridi s.l.) ben elaborati, in matrice limo-argillosa e/o sabbio-limosa, intercalati a depositi pelitici e psammitici.

Talora la componente psefitica dei depositi continentali è scarsa o concentrata in livelli sottili, e diventano predominanti i terreni psammitici e psammitico-pelitici (contententi ciottoli e ghiaie di natura prevalentemente calcarea).

Sabbie e conglomerati (VILe di Tav. G01EST/G01OVEST)

Litologicamente è composta di sabbie quarzose ed argillose, talora compatte, di colore da giallo a rossastro e di conglomerati, generalmente poco cementati, con elementi prevalentemente provenienti dalle Liguridi s.l., per cui si ipotizza un'età compresa tra il Pliocene superiore e l'inizio del Pleistocene.

Depositi pleistocenici

I sedimenti dei depositi alluvionali terrazzati più antichi si possono ritrovare a varie altezze rispetto ai corsi d'acqua attuali, presso i rilievi che fronteggiano la valle dell'Elsa (Bosco ai Marzi, Le Grillaie, Il Treppiede) nel settore occidentale, sia presso il Pod. Scarni e la Loc. Il Bossolo – Le Cantine nel settore occidentale, da un minimo di 15-20 m ad un massimo che supera i 100 m dai corsi d'acqua.

Queste diverse quote dei terrazzi antichi sono dovute sia alla diversa età del deposito alluvionale, sia al diverso tipo di corso d'acqua che ha dato origine al deposito. La maggior parte dei corsi d'acqua secondari infatti, dato l'assetto orografico della dorsale, hanno avuto in passato un comportamento prevalentemente erosivo, quindi la quota del loro alveo nel tempo si è abbassata notevolmente. I corsi d'acqua principali, come il Fiume Elsa, hanno invece costituito delle pianure alluvionali più o meno estese, dove la differenza di quota tra le alluvioni antiche, quelle recenti e quelle attuali è minore.

Depositi alluvionali terrazzati (bnb di Tav. G01EST/G01OVEST)

Nel complesso, si tratta di depositi prevalentemente psammitici e subordinatamente psefitici, formati da sabbie con intercalazioni di ghiaietto, ghiaie e ciottoli con elementi eterometrici (fino a 30-40 cm di diametro) ed eterogenei (di natura prevalentemente calcarea), frutto del disfacimento dei litotipi affioranti precedentemente descritti. Sono inoltre presenti livelli pelitici, sia argillosi che limosi. Gli strati mostrano una spiccata variabilità laterale: spesso sono delle lenti, mentre a volte uno stesso strato si interdigita con altri, come frequente in depositi di questa natura.

Dove erano disponibili informazioni sono state distinte le litologie (ghiaie, sabbie, limi e argille, con le loro combinazioni ghiaie e limi, ghiaie e sabbie, ghiaie sabbie e limi, limi e argille, sabbie e limi).

Depositi olocenici

Depositi eluvio-colluviali (b2a di Tav. G01EST/G01OVEST)

Diffusamente, in tutto il territorio comunale, sono presenti coperture detritiche (generalmente di limitata estensione) costituite da materiale incoerente di varia natura, derivante dall'accumulo di terreni dovuto in parte al trasporto idrico per ruscellamento superficiale, in parte per movimento gravitativo dei materiali incoerenti, in parte per alterazione del substrato.

Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna di Tav. G01EST/G01OVEST)

Si segnala la presenza di sedimenti alluvionali distribuite a varie altezze in diverse zone. La maggior parte sono collocate lungo il Fiume Elsa, nella parte occidentale del territorio comunale, ma si ritrovano anche lungo i corsi d'acqua principali. La composizione litologica di queste placche è influenzata dalle unità su cui il corso d'acqua ha prodotto l'erosione. Infatti è possibile osservare che le aree alluvionali nel settore orientale del Comune sono ricche in clasti calcarei mentre i terrazzi alluvionali dell'area occidentale sono formati da sabbie e argille plioceniche.

Depositi alluvionali attuali (b di Tav. G01EST/G01OVEST)

Sono presenti, con estensioni variabili, lungo i principali corsi d'acqua: le maggiori estensioni si hanno nel fondovalle del Fiume Elsa, ma depositi alluvionali attuali si hanno anche nei fondovalle dei suoi tributari. Sono costituiti da percentuali variabili di argilla, limo, sabbia e ciottoli, con prevalenza dei livelli psammitici. La stratificazione, raramente visibile, è irregolare, con frequenti eteropie tra i vari livelli. Lo spessore della copertura alluvionale è solitamente maggiore in vicinanza al corso d'acqua e si assottiglia, annullandosi alle estremità. Questa formazione pertanto giace sempre con contatto a franapoggio (più inclinato del pendio) sui terreni su cui si imposta.

Travertini e calcare continentale (fla di Tav. G01EST/G01OVEST)

Si tratta di sedimenti carbonatici terrazzati, localizzati nella zona orientale del Comune, in affioramenti di estensione estremamente ridotta, nel fondovalle del B.ro Argennino e presso la Loc. Casa Il Pantano.

Dove visibili in affioramento consistono in un calcare concrezionario fitoclastico e fitoermale dall'aspetto vacuolare. Le caratteristiche litologiche ed il contenuto fossilifero della Formazione permettono di ipotizzare una sedimentazione di tipo lacustre. In particolare la presenza in ampie aree di calcare fitoclastico è da mettere in relazione ad un basso livello delle acque che permetteva la crescita di piante di tipo palustre e la concentrazione di CaCO_3 per l'evaporazione delle acque.

Terreni di riporto, bonifica per colmata (h5 di Tav. G01EST/G01OVEST)

Si tratta di terreni di origine antropica, relativi a rilevati, argini, dighe, strade e ferrovie, ecc..

Frane

Diffusamente in tutto il territorio comunale, ma con netta prevalenza del settore occidentale, sono presenti coperture detritiche (generalmente di limitata estensione) costituite da materiale incoerente di varia natura, derivante dall'accumulo di terreni o masse rocciose movimentate per frana.

Sulla base di criteri geomorfologici sono state distinte le *frane attive* (a1 di Tav. G01EST/G01OVEST) dalle *frane quiescenti* (a1q di Tav. G01EST/G01OVEST).

3. CLASSIFICAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI

Per una corretta valutazione, da un punto di vista strettamente litotecnico, dei terreni affioranti nella successione litostratigrafica locale, si è tenuto conto dei parametri relativi alla composizione, al grado di cementazione, al tipo di stratificazione, al grado di fratturazione e di degradazione degli stessi.

La suddivisione dei litotipi in gruppi con caratteristiche comuni sotto il profilo litotecnico può quindi essere anche trasversale rispetto ai limiti formazionali, qualora una formazione contenga terreni a comportamento fisico-meccanico nettamente diverso; allo stesso modo uno stesso gruppo litotecnico può ovviamente raggruppare più formazioni, qualora i terreni che le costituiscono manifestino un comportamento meccanico omogeneo.

Da quanto sopra emerge chiaramente che, per una definizione accurata e puntuale delle caratteristiche litotecniche dei terreni in studio, sarebbe necessaria una serie di indagini geognostiche, dirette ed indirette, estese a tutto il territorio comunale, che avrebbero ovviamente costi economici insostenibili. I dati relativi a precedenti indagini geognostiche, messe a disposizione dall'U.T.C. di Barberino Val d'Elsa o concesse in visione da altri Professionisti, non sono chiaramente sufficienti per una corretta definizione di tutti i terreni affioranti nel territorio comunale.

L'elaborazione dei dati in nostro possesso, unita alle numerose osservazioni dirette, ha comunque permesso di raggruppare le 19 unità formazionali presenti in otto *Unità litotecniche* seguendo l'ordine e le definizioni contenute nei *“Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (2008)”*.

Si è pertanto proceduto alla redazione della **Carta litotecnica** richiesta accorpando la elaborazione grafica alla *Carta geologica* (Tav. G01EST/G01OVEST alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale e Tavv. G01a e G01b alla scala 1:5.000 per i centri urbani principali, tutte allegate alla presente relazione), la quale è stata integrata con i sondaggi e dati di base prima citati.

Sono quindi stati ubicati sulla C.T.R. alla scala 1:10.000 ed alla scala 1:2.000, utilizzando una diversa simbologia, i sondaggi geognostici, i saggi geognostici, le prove penetrometriche (statiche e/o dinamiche), le colonne stratigrafiche e le indagini geofisiche (MASW, rifrazione, tomografie elettriche, misure HVSR).

Attraverso le indagini geognostiche disponibili (V. **Elaborato GR02** – *Schede dei dati di base* ed **Elaborato GR03** – *Relazione tecnica sulle misure HVSR*, allegati alla presente relazione) è stato possibile risalire alle caratteristiche geotecniche generali dei terreni investigati.

3.1 Unità litotecniche

Le formazioni presenti sul territorio di Barberino Val d'Elsa, raggruppate quindi sulla base della composizione, della granulometria, del grado di cementazione, del tipo di legante e di stratificazione, nonché del grado di alterazione e di fratturazione, sono raggruppabili in otto grandi *Unità litotecniche*, in modo da identificare quelle formazioni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo:

1) Riporto antropico

La prima *Unità Litotecnica* distinta comprende i depositi di evidente origine antropica (**h5**), le cui caratteristiche fisico-meccaniche non risultano definibili se non puntualmente.

2) Ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa, spesso cementata e addensata

Questa *Unità Litotecnica* comprende le Formazioni dei *Conglomerati marini poligenici (PLIb)* e delle *Calcareniti e calciruditi bioclastiche (PLIc)* di età pliocenica, dei *Conglomerati (VILa)* e delle *Sabbie e conglomerati (VILe)* di età rusciniana-villafranchiana, e dei *Travertini e calcare continentale (fla)* di età olocenica.

Le loro caratteristiche geotecniche sono particolarmente buone, trattandosi di depositi a prevalenti elementi pefitici che si presentano in banchi stratificati, talora cementati. Le

caratteristiche meccaniche e fisiche del deposito sono abbastanza costanti per tutto lo spessore, e generalmente da discrete a buone, con valori di coesione talvolta uguali a 0, ma con un angolo di attrito interno mediamente superiore a 27°.

Per quanto riguarda i parametri fisico-meccanici relativi ai *Travertini*, i dati di archivio consultati permettono di indicare, per la componente non litoide, un angolo di attrito interno variabile tra 16 e 23 gradi e una coesione variabile tra 15 e 28 KPa circa.

3) Sabbia limosa e limo sabbioso, talvolta cementato, addensato o moderatamente addensato

A questa classe litotecnica appartengono solo le *Sabbie e arenarie gialle (PLIs)*, costituite prevalentemente da sabbie limose e limi sabbiosi con intercalazioni limo-argillose.

Si tratta di depositi a tessitura sabbioso-limosa di colore giallastro, costituiti da strati con spessori variabili (0,5/2,0 m). Vi sono intercalati sottili livelli di limi, da “debolmente sabbioso” ad “argilloso”. Rare le lenti ghiaiose. Di solito sono debolmente cementate, ma talora danno luogo a scarpate sub-verticali anche molto alte.

Le caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni sabbiosi sono mediamente buone, con valori di coesione compresi tra 0 e 0,5 e dell'angolo di attrito interno mediamente compresi tra 20° e 30°; generalmente hanno caratteristiche di bassa plasticità e compressibilità.

4) Limo argilloso e argilla limosa, consistente o molto consistente

Appartengono a tale *Unità litotecnica* le Formazioni delle *Argille sabbiose e limi di colore variabile da nocciola a grigio (FAAb)* e delle *Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA)*.

Per quanto riguarda la plasticità, questi materiali cadono nei campi di bassa plasticità e bassa-media compressibilità, confermando con ciò le buone caratteristiche dei depositi marini pliocenici.

Per quanto riguarda l'angolo di attrito interno e la coesione, i dati emersi sono buoni ad esclusione di quelli prelevati in corrispondenza degli impluvi più importanti, laddove i litotipi pelitici, se in affioramento o per uno spessore limitato al di sotto dei depositi alluvionali, sono plasticizzati e saturi d'acqua. Anche il carico di rottura (resistenza alla compressione semplice) dimostra che in genere i depositi pelitici pliocenici si presentano da consistenti e/o molto consistenti a compatti. La compressibilità tutto sommato da scarsa a media dei depositi marini pliocenici è confermata dal relativo indice edometrico.

In conclusione i sedimenti marini pliocenici hanno buone caratteristiche sia fisiche che meccaniche, se si eccettua situazioni locali di degradazione.

Dai dati relativi ai valori di S.P.T. e C.P.T., e per le loro caratteristiche granulometriche, appare inoltre poco probabile che nei sedimenti sopracitati si verifichi il fenomeno della liquefazione.

5) Deposito alluvionale a granulometria mista, generalmente poco addensato e poco consistente

In questa classe sono compresi quei sedimenti continentali con componente ghiaiosa, sabbiosa ed argillosa, mancanti di livelli cementati o diagenizzati: i *Depositi alluvionali terrazzati (bnb)*, i *Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)* e i *Depositi alluvionali attuali (b)*.

Tali depositi sono caratterizzati da una granulometria assai variabile sia in senso orizzontale che verticale: in essi prevalgono sedimenti limosi e sabbiosi, ma sono frequenti intercalazioni, a spessore variabile, e a discontinuità orizzontale, di depositi ghiaiosi e/o ciottolosi oppure argillosi.

Per quanto riguarda la plasticità, a conforto di quanto risultato, si rileva che i materiali alluvionali analizzati sono estremamente variabili in natura e composizione, comprendendo sia termini sabbiosi e/o ghiaiosi, non plastici, che i termini limo-argillosi, ad elevata plasticità e bassa consistenza (in genere plastici o molli).

Nei litotipi limo-argillosi e nelle argille limose, la coesione non drenata è variabile da 0 ad un massimo di circa 1Kg/cmq, a seconda dell'indice di consistenza e del grado di saturazione, e la compressibilità è in genere elevata. Per quanto concerne la coesione e l'angolo di attrito interno, la maggiore parte dei campioni hanno valori di coesione inferiori a 0,5 Kg/cmq e (per i litotipi

argillosi e limosi) angoli di attrito interno di solito minori di 15 gradi. Tali dati dimostrano le pessime caratteristiche dei materiali pelitici appartenenti ai depositi alluvionali.

Esistono comunque materiali appartenenti a lenti e livelli in situazione litostratigrafica particolare, denotata da indici di consistenza intorno all'unità o maggiori, e dovute ad un migliore addensamento del materiale o all'assenza di una falda acquifera permanente, almeno alla quota di prelievo del campione.

Sui campioni per i quali è stato possibile eseguire prove di compressione semplice, si è ottenuto un valore medio attorno ad 1 Kg/cm², denotando che, anche per quelli relativamente più consistenti, si hanno gradi di consistenza assai limitati.

Nei sedimenti psammitici e psefitici di natura alluvionale le caratteristiche di resistenza al taglio mediamente sono caratterizzate da valori della coesione compresi tra 0 e 0,3 Kg/cm² ed angoli di attrito interno mediamente superiori a 20°.

In definitiva, i depositi alluvionali sono caratterizzati da una grande eterogeneità nelle caratteristiche fisico-meccaniche, sottolineata dalla elevata variazione dell'indice di plasticità e dalla presenza di livelli o lenti prevalentemente limo-argillosi compressibili, talora di notevole spessore.

6) Detrito di versante

Comprende i *Depositi eluvio-colluviali* (**b2a**) e le *Frane attive e quiescenti* (**a1** e **a1q**) e sono costituiti da materiale incoerente di varia natura, derivante dall'accumulo per trasporto solido di materiali erosi e di masse di terre o rocce movimentate per frana. I litotipi presenti all'interno degli accumuli detritici, quindi, saranno essenzialmente quelli delle formazioni affioranti al loro intorno; trattandosi inoltre di materiale rimaneggiato e alterato, i parametri fisico-meccanici e le conseguenti caratteristiche geotecniche sono sicuramente pessimi.

7) Litotipi lapidei e argillitici con prevalenza di litotipi lapidei stratificati e fratturati

Questa classe comprende le Formazioni geologiche Liguri che presentano una netta prevalenza dei litotipi lapidei: *Formazione di Monte Morello* (**MLL**), *Arenarie e siltiti silicoclastiche-carbonatiche* (**PTF**) e *Flysch di Ottone* (**OTO**). Localmente, per le altre formazioni, sarà quindi possibile trovare facies a prevalenti litotipi lapidei o a prevalenti litotipi argillosi, ma la predominanza non sarà mai netta a livello della formazione. Data la regione geologica ad alta tettonizzazione con terreni spesso appartenenti a coltri alloctone che hanno subito spostamenti e/o intense deformazioni sia compressive che distensive, risulta che tutte le formazioni geologiche presenti all'interno della presente *Unità Litotecnica* mostrano un elevato grado di fratturazione. Da un punto di vista delle caratteristiche geomeccaniche, le formazioni hanno buone proprietà di resistenza, laddove il deposito è integro, sotto lo strato di alterazione superficiale, anche se in corrispondenza dei piani di stratificazione può presentare dei punti di debolezza.

8) Litotipi lapidei e argillitici con prevalenza di argille, fratturate e con strati in assetto disordinato o caotico

In questa classe litotecnica sono comprese quelle formazioni che l'intensa tettonizzazione ha reso caotiche in modo da non presentare un chiaro ordine sedimentario o stratificazioni evidenti. Per l'assetto scompaginato si attribuiscono a questi terreni scadenti qualità litotecniche, soprattutto in presenza di acqua. In questa classe sono comprese le *Argilliti grigio-brune e calcilutiti* (**FIA**) e le *Argille varicolori con calcari* (**AVA**).

4. IDROGEOLOGIA

Un parametro di particolare importanza nella valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni è la *permeabilità*. Esistono metodi diretti per valutare la permeabilità di un terreno consistenti in prove specifiche da eseguirsi sia in laboratorio che sul terreno, che utilizzano strumenti diversi secondo il grado di permeabilità da misurare. Per valutare la permeabilità di formazioni composte da alternanze di litotipi diversi, con vari gradi di cementazione, però, sarebbero necessari test di permeabilità rappresentativi di tutte le varie situazioni e di tutti i componenti ogni singola formazione: questo richiederebbe un lungo studio specifico che esula dalle finalità di questa indagine, a carattere più generale.

Esistono inoltre metodi indiretti per valutare la permeabilità di un territorio, basati sul tipo e sulla densità del drenaggio superficiale (lunghezza delle aste fluviali per unità di superficie). In questo modo si ottengono informazioni a carattere più generale e si individuano delle “*Unità idrogeomorfologiche*” che esprimono sia i rapporti fra ruscellamento ed infiltrazione, e quindi l’attitudine dei suoli e delle rocce a favorire o meno tali fenomeni idrogeologici, sia i fattori che condizionano tale attitudine, quali acclività dei versanti, vegetazione, uso del suolo e condizioni climatiche. La densità di drenaggio è inoltre legata alla erodibilità dei versanti ed è quindi funzione dei numerosi fattori che limitano e condizionano l’uso del suolo ed è sintomatica delle relative difficoltà sistematorie.

Le forme di drenaggio possono essere molto varie a seconda dei diversi litotipi: si avranno infatti, ad esempio, forme dendritiche ciliate, ben gerarchizzate e ad elevata densità nelle unità sabbiose ed in quelle argillose; forme pinnate con discreta gerarchizzazione e densità medio-alta nelle formazioni con strati litoidi ed argillitici (CANUTI E TACCONI, 1975).

Esistono essenzialmente due tipi di permeabilità: i terreni sciolti e non cementati (quali i sedimenti plio-pleistocenici e recenti) possiedono una permeabilità primaria o interstiziale, che dipende essenzialmente dalla porosità e quindi dalla granulometria e compattezza del deposito, mentre i terreni lapidei, i livelli diagenizzati delle sabbie e delle argille e/o i livelli cementati dei conglomerati, possiedono una permeabilità di tipo secondario, dovuta essenzialmente alla fratturazione e alla comunicazione dei sistemi di fratture.

Anche se all’interno delle varie formazioni sono presenti litotipi a composizione e granulometria differente, si possono fare dei raggruppamenti basati sul litotipo prevalente, sul grado di cementazione o di fratturazione e sul tipo di permeabilità. Tale suddivisione è stata schematizzata nella ***Carta geologica, litotecnica ed idrogeologica*** della Tav. G01EST/G01OVEST alla scala 1:10.000 per l’intero territorio comunale e delle Tavv. G01a e G01b alla scala 1:5.000 per i centri urbani principali, tutte allegate alla presente relazione, con l’esclusione dei terreni di riporto (**h5** della Tav. G01EST/G01OVEST, per i quali non appare possibile definire una classe di permeabilità) e delle frane attive o quiescenti (**a1** e **a1q** della Tav. G01EST/G01OVEST, le quali avranno permeabilità analoga alla Formazione su cui si impostano), e viene di seguito riportata:

A) Formazioni a permeabilità primaria

Travertini e calcare continentale (fla)

Depositi alluvionali attuali (b)

Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)

Depositi eluvio-colluviali (b2a)

Depositi alluvionali terrazzati (bnb)

Sabbie e conglomerati (VILe)

Conglomerati (VILa)

Calcareni e calciruditi bioclastiche (PLIc)

Sabbie e arenarie gialle (PLIs)

Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA)

Argille sabbiose e limi di colore variabile da nocciola a grigio (FAAb)

Conglomerati marini poligenici (PLIb)

B) Formazioni a permeabilità secondaria

Flysch di Ottone (OTO)

Arenarie e siltiti silicoclastiche-carbonatiche (PTF)

Argille varicolori con calcari (AVA)

Formazione di Monte Morello (MLL)

Argilliti grigio-brune e calcilutiti (FIA)

Tutti questi tipi di terreni, di natura e composizione diversa, con vari gradi di permeabilità e densità di drenaggio, possono essere raggruppati in 3 Unità idrogeomorfologiche:

- **Terreni permeabili:** Appartengono a questa unità Formazioni e litotipi a permeabilità primaria e/o secondaria alta ed elevata, con valori da 10^2 a 10^{-2} cm/sec, in genere con produttività idrica da media ad elevata e con densità di drenaggio inferiore a 3 Km/Km²: *Travertini e calcare continentale (fla)*, *Depositi alluvionali attuali (b)*, *Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna SL, S, GL, GS, G)*, *Depositi alluvionali terrazzati (bnb)*, *Sabbie e conglomerati (VILe)*, *Conglomerati (VILa)*, *Calcareniti e calciruditi bioclastiche (PLIc)* e *Conglomerati marini poligenici (PLIb)*.

- **Terreni semi-permeabili:** In questa unità si trovano Formazioni a permeabilità primaria o secondaria media, con valori da 10^{-2} a 10^{-5} cm/sec, con produttività idrica medio-bassa, con possibilità di avere sorgenti al contatto con strati argillosi di base e con densità di drenaggio compresa tra 3 e 9 Km/Km²: *Depositi eluvio-colluviali (b2a)*, *Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna L, LA)*, *Sabbie e arenarie gialle (PLIs)*, *Flysch di Ottone (OTO)*, *Arenarie e siltiti silicoclastiche-carbonatiche (PTF)* e *Formazione di Monte Morello (MLL)*.

- **Terreni impermeabili:** A questa unità appartengono le Formazioni a permeabilità primaria o secondaria bassa o molto bassa, con valori inferiori a 10^{-5} cm/sec, con produttività idrica bassa e con densità di drenaggio superiore a 9 Km/Km²: *Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA)*, *Argille sabbiose e limi di colore variabile da nocciola a grigio (FAAb)*, *Argille varicolori con calcari (AVA)* e *Argilliti grigio-brune e calcilutiti (FIA)*.

5. GEOMORFOLOGIA

Nella **Carta geomorfologica** (V. Tav. G02EST/G02OVEST alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale e le Tavv. G02a e G02b alla scala 1:5.000 per i centri urbani principali, tutte allegate alla presente relazione) è quindi riportato, sul supporto cartografico già citato, il rilievo degli accidenti geomorfologici più rilevanti.

Nella carta geomorfologica allegata (V. Tav. G02EST/G02OVEST) sono stati quindi individuati, con opportuni simboli, le posizioni topografiche e le dimensioni spaziali delle forme e processi di erosione idrica e del pendio, delle forme e processi dovuti alla gravità, delle forme carsiche e di quelle antropiche. Nella maggior parte dei casi sono state effettuate distinzioni tra processi morfogenetici fluviali e di versante. La legenda è stata concordata con i Funzionari preposti al controllo dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze e dell'Autorità di Bacino del F. Arno nel corso delle sedute della Conferenza dei Servizi svoltesi.

Come precedentemente eseguito per la *Carta geologica*, la redazione della *Carta geomorfologica* è stata suddivisa in una prima fase di acquisizione dei dati di archivio e bibliografici esistenti:

- Indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico del Comune di Barberino Val d'Elsa (Geologica Toscana, 2003-2006);
- Banca dati LaMMA;
- Banca dati IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia);
- Banca dati CARG.

A questa fase ha fatto seguito un rilievo fotogeologico di dettaglio, per cui sono state utilizzate le foto aeree disponibili. Successivamente sono stati portati a termine i controlli e le verifiche in situ.

In generale, come definito nel corso delle Conferenze dei Servizi tenutesi, i criteri seguiti nella redazione della *Carta geomorfologica* (e per la definizione delle successive classi di pericolosità geologica e di PAI) sono i seguenti:

- Per quanto riguarda lo stato di attività delle forme e dei fenomeni geomorfologici, sono stati definiti come "quiescenti" quei fenomeni che non presentano alcun segno di movimento e sono evidentemente rimodellati dall'erosione, mentre sono stati definiti come "attivi" tutte le forme e fenomeni restanti che presentino segni anche lievi di movimento.
- Le aree interessate da "soliflusso localizzato" sono state distinte dalle aree "a franosità diffusa"; queste ultime sono state classificate in classe G.4 di pericolosità geologica ed in classe PF4 di PAI.
- Per la definizione della classe di pericolosità degli elementi lineari (sia attivi che quiescenti), è stata attribuita una consistenza a tali elementi tramite un "buffer" (attribuito anche alle forme areali come "area di influenza") di entità variabile a seconda dell'importanza e delle dimensioni dell'elemento, tenendo presente che nel PAI non possono essere rappresentate aree di estensione inferiore a 1.500 mq (ovvero 1,5 cmq alla scala 1:10.000). Nelle frane, l'estensione è stata ottenuta dall'involuppo della corona e dell'accumulo.
- In linea generale, è stato assunto un buffer di 10 m per aree inferiori a 5000 mq (5 cmq alla scala 1:10000) e di 20 m per aree superiori a tale limite; per scarpate modeste ($h < 10$ m e breve lunghezza) il buffer è di 10 m, per scarpate grandi il buffer è di 20 m, per scarpate molto grandi ($h > 40-60$ m) il buffer è circa la metà dell'altezza.
- Gli elementi antropici (cave, invasi collinari, rilevati, ecc.) sono stati classificati in G.3 se non presentano problemi di stabilità, altrimenti sono stati inclusi in classe G.4.
- In generale, le aree non interessate da forme o fenomeni geomorfologici sono state classificate in G.1 su terreni a caratteristiche fisico-meccaniche molto buone (rocce) e pendenze inferiori al 10%, in G.3 nel caso di zone di fondovalle su terreni scadenti o di versanti a pendenze elevate ($> 50\%$ in roccia, $> 35\%$ nelle sabbie franche e nei conglomerati, $> 25\%$ nelle sabbie limose, $> 15-20\%$ nei limi e nelle argille), in G.2 nei restanti casi.

- Sono state riviste nel dettaglio le aree coperte dalla cartografia alla scala 1:2.000 per i centri ed in particolare i centri abitati di Barberino, Vico e Marcialla e per la Zona Industriale del fondovalle del T. Drove e del F. Elsa, riportando i risultati in un elaborato grafico alla scala 1:5.000 (V. Tavv. G02a e G02b).

Per quanto riguarda i caratteri generali, come appare dalle tavole sopra menzionate, l'orografia del territorio di Barberino Val d'Elsa è caratterizzata da una morfologia prevalentemente collinare che raggiunge la quota massima di 530 m presso la Fattoria Le Isole, lungo lo spartiacque coincidente con il confine orientale del Comune.

Da un punto di vista morfologico, il territorio del Comune di Barberino Val d'Elsa è costituito, nella sua parte orientale, da una serie di rilievi collinari (facenti parte dei “*Monti del Chianti*”) le cui quote si attestano sui 400-500 metri s.l.m., mentre, nella sua parte occidentale, più estesa della precedente, si osserva un paesaggio collinare maggiormente ondulato (Bacino della Val d'Elsa) con quote decisamente inferiori a quelle della parte occidentale (200-300 m s.l.m.). Sono inoltre presenti aree a morfologia pianeggiante di estensione nettamente minore, presenti nei fondovalle, in particolare lungo in corso del F. Elsa. A questi diversi tipi di paesaggio si associano terreni appartenenti a formazioni e ad unità geologiche diverse.

La litologia affiorante influenza fortemente il rilievo del territorio e conseguentemente la vegetazione e il paesaggio nel suo insieme. Ad oriente affiorano infatti in prevalenza le rocce coerenti delle formazioni mesozoiche *Liguri*, mentre nella parte centrale ed occidentale del Comune sono presenti le rocce semicoerenti e pseudocoerenti neogeniche. Le prime sono associate ad un paesaggio con forme prevalentemente dolci dove si rileva una stabilità generalmente maggiore, localmente tendente a diminuire in corrispondenza dei versanti incisi dai torrenti maggiori, mentre le seconde generano un paesaggio generalmente ondulato nel quale la presenza di acqua, il quale scorrimento superficiale produce una serie di incisioni tuttora in corso di approfondimento, mette talvolta in crisi la stabilità dei versanti.

L'idrografia del territorio comunale di Barberino Val d'Elsa è costituita da numerosi corsi d'acqua, a carattere torrentizio e di modeste dimensioni ma molto articolati, che convogliano le acque raccolte nel Fiume Elsa, tributario dell'Arno. Il reticolo idrografico, generalmente inciso e con tratti d'alveo in approfondimento, si presenta ben organizzato e modella una morfologia a forte energia di rilievo, segno evidente di un attuale ringiovanimento del territorio. Di norma le sponde si presentano ben incise e con una sezione della valle generalmente a “V”, in alcuni tratti particolarmente accentuata.

L'assetto idrografico dell'area deriva dall'evoluzione tettonico-strutturale della Toscana verificatasi dal Pliocene medio ad oggi, ed in particolare dagli effetti della tettonica distensiva legata alla recente attività della “Linea Piombino-Faenza”, che attraversa il territorio comunale in direzione SO-NE (V. Figura 2, che precede) e che separa la parte occidentale (laddove affiorano i sedimenti marini pliocenici) dalla porzione orientale (con presenza delle Formazioni *Liguri*). Sul significato di questa “Linea”, Bartolini et alii (1983) ipotizzano che si tratti di fasci di faglie parallele che determinano discontinuità laterali alle strutture appenniniche. Più recentemente, Liotta (1991) interpreta la “Linea Piombino-Faenza” e le altre “linee” che interessano la Toscana come *transfer fault* che interessano il basamento metamorfico e che di riflesso coinvolgono le coperture neoautoctone.

Solo alcune faglie sono certe, generalmente poste nella parte orientale e più facilmente individuabili a causa del dislocamento dei litotipi coerenti; le altre sono poste in corrispondenza di corsi d'acqua e quindi nascoste dai sedimenti marini pliocenici e dai depositi alluvionali. I corsi d'acqua presentano infatti tutta una serie di caratteri che fanno ipotizzare un controllo tettonico dell'idrografia: quasi tutti i corsi d'acqua sono fra loro paralleli e rettilinei; il loro verso di deflusso è quasi per tutti verso SO e contrario al Fiume Elsa, che scorre verso NO. Fanno eccezione il B.ro Virginiolo nel tratto iniziale che interessa il Comune di Barberino Val d'Elsa ed il B.ro di Cepparello nel tratto a monte dell'invaso artificiale, che scorrono in direzione parallela all'Elsa, ed i corsi d'acqua appartenenti al bacino del T. Pesa (B.ro dell'Argenna, B.ro delle Fiaccole), che scorrono verso N-NE.

Come accennato in precedenza, la sola parte orientale, laddove affiorano rocce competenti, non presenta particolari problemi di stabilità, con limitati fenomeni di dissesto. Le parti restanti, dove sono presenti terreni semicoerenti e pseudocoerenti, sono invece frequentemente interessate da frane, poste generalmente in corrispondenza del contatto tra sabbie e argille.

Spesso le frane sono miste, con movimenti risultanti dalla combinazione di più processi: in genere i dissesti iniziano come frane rotazionali con movimento a blocco, per poi trasformarsi in frane di colata, ampliandosi verso monte con fenomeni di crollo. Il decadimento delle proprietà meccaniche per assorbimento di acqua, avviene in pochi mesi, per una serie di fattori concomitanti e questo spiega la frana di colamento entro i limiti originari.

Questi processi gravitativi sono il risultato di molti fattori concomitanti: oltre all'acclività e a quelli litologico-stratigrafico ed idrogeologico, non è da escludere, in alcuni casi, quello umano (leggi: sbancamenti e scavi per apertura di nuovi spazi o strade, interruzione e non ripristino dei drenaggi esistenti, sistemi di coltivazione non adatti, ecc.).

6. NOTE ESPLICATIVE ALLA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

In relazione alla pericolosità geologica del territorio di Barberino Val d'Elsa, è stata costruita graficamente la **Carta delle aree a pericolosità geologica** (V. Tav. G03EST/G03OVEST alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale e le Tavv. G03a e G03b alla scala 1:5.000 per i centri urbani principali, tutte allegate alla presente relazione). In tale carta, richiesta dalla normativa vigente (D.P.G.R. 25.10.2011 n. 53/R), tutto il territorio comunale è stato diviso in quattro classi a pericolosità crescente, delle quali viene data spiegazione secondo la legenda della tavola citata.

Nell'elaborazione della *Carta delle aree a pericolosità geologica* si è fatto uso dei dati geolitologici e geomorfologici disponibili, rapportandoli ai valori dell'acclività sul territorio. Non è stato invece considerato il rischio di tipo idraulico (zone alluvionabili, ristagni, ecc.), in quanto tale tipo di rischio è stato messo in evidenza dalla apposita *Carta delle aree a pericolosità idraulica* (V. capitolo seguente).

Appare comunque utile ricordare di nuovo che la “*pericolosità*” così accertata, pur essendo un dato a carattere puntuale, ha sempre un certo margine di indeterminazione, a cui contribuisce la scala ed il tipo di base cartografica utilizzata, dovendo assumere dei parametri in cui raccogliere tutte le varie possibili situazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geologico-tecniche.

Poiché il territorio comunale di Barberino Val d'Elsa ricade tutto all'interno del bacino del Fiume Arno, è stata presa visione anche delle carte di “*Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante*” facenti parte del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Fiume Arno. In particolare, per il “*livello di sintesi*” alla scala 1:25000, si tratta degli Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124, mentre per il “*livello di dettaglio*” alla scala 1:10000 sono presenti perimetrazioni negli Stralci n. 537, 573, 605, 636 e 637, allegati a scopo illustrativo alla presente relazione. Si rimanda comunque agli elaborati ufficiali, disponibili sul sito Internet dell'Autorità di Bacino (www.adbarno.it), ed ai relativi aggiornamenti per tutti i particolari.

A tali perimetrazioni si applica la normativa associata al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (D.P.C.M. 06.05.2005 e s.m.i.), Capo II “*Pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana*” del Titolo II “*Aree a pericolosità idrogeologica*” delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Premesso tutto questo, le quattro classi in cui è stato suddiviso il territorio comunale, in base alla sua pericolosità riportata nelle Tavole G03EST/G03OVEST, G03a e G03b allegate ed alle quali si applicano le prescrizioni del D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R “*Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche*”, sono le seguenti:

Classe G.1 (pericolosità geologica bassa)

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologico giaciture non costituiscono fattori predisponenti il verificarsi di processi morfoevolutivi.

Classe G.2 (pericolosità geologica media)

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

In tutte le aree ricadenti in queste due prime classi di pericolosità geologica sono naturalmente necessarie indagini geognostiche puntuali in fase esecutiva e (ove possibile) analisi di laboratorio sui campioni prelevati, sia allo scopo di determinare i parametri fisico-meccanici e le caratteristiche geotecniche dei terreni, sia di chiarire i dubbi esistenti sulla stabilità del pendio stesso, prima ed in seguito agli interventi previsti, tenendo presente la necessità di una accurata regimazione delle acque superficiali.

Classe G.3 (pericolosità geologica elevata)

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%.

Per tali aree si rende necessario, oltre alle indagini geognostiche e alle analisi di laboratorio descritte in precedenza, uno studio della stabilità del versante nel suo complesso che definisca il grado effettivo del rischio in atto e, se necessario, effettuare interventi di bonifica e miglioramento dei terreni interessati. Bisognerà inoltre curare le caratteristiche di compattezza e di rigidità delle fondazioni mediante tecniche fondazionali di un certo impegno.

Classe G.4 (pericolosità geologica molto elevata)

Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.

In queste aree l'edificabilità è condizionata alla realizzazione di opere di bonifica e di consolidamento, con la consapevolezza che la realizzazione di nuove costruzioni può innescare nuovi movimenti franosi o rimobilizzare quelli quiescenti. Gli interventi saranno quindi possibili solo in alcune zone, nelle quali sarà necessario proporre un progetto di consolidamento e bonifica ed utilizzare tecniche fondazionali particolari, oltre ad un programma di controllo necessario per valutare l'esito di tali interventi. Sarà inoltre necessario accertare, con le consuete indagini geognostiche e mediante analisi di laboratorio sui campioni prelevati, il grado di eterogeneità del terreno, il suo assetto e le caratteristiche geomeccaniche in modo da risalire ai carichi ammissibili e ai cedimenti.

7. CARATTERI IDROLOGICI ED IDRAULICI

Il territorio comunale di Barberino Val d'Elsa ricade per la quasi totalità all'interno del bacino del Fiume Elsa, il quale scorre nella parte Sud-Ovest del territorio comunale e ne traccia il confine con i Comuni di San Gimignano e di Poggibonsi.

In ordine di rilevanza, è da segnalare anche la presenza del Torrente Drove, principale affluente del Torrente Staggia che a sua volta si immette nel Fiume Elsa poco a monte del territorio comunale di Barberino Val d'Elsa.

Il fondovalle del Fiume Elsa e del Torrente Drove rappresenta la zona maggiormente urbanizzata del territorio comunale, a parte il Capoluogo, lungo la quale si sviluppano le aree industriali de "Le Drove", di "Bosco ai Marzi", de "Le Grillaie" e de "La Zambra".

Tutto il reticolo idrografico comunale è costituito da affluenti più o meno rilevanti del Fiume Elsa e del Torrente Drove, che si immettono nei medesimi proprio in corrispondenza di detti insediamenti.

Il reticolo di monte, rappresentato prevalentemente da rami soprattutto del 1° e del 2° ordine di questi affluenti, del Fiume Elsa e del Torrente Drove stessi, è caratterizzato da pendenze d'alveo piuttosto pronunciate e da sottobacini di modeste dimensioni, tanto da non suscitare sostanzialmente interesse dal punto di vista idraulico. Scendendo invece verso il fondovalle, con il diminuire delle pendenze di questi corsi d'acqua e considerando le crescenti interferenze con le aree urbanizzate, il reticolo necessita di una approfondita verifica, anche in relazione alle problematiche che localmente si sono presentate sul territorio.

In definitiva, risulta che il sistema idraulico comunale debba essere studiato lungo le aste dei corsi d'acqua principali di fondovalle (Elsa e Drove) e lungo tutti gli affluenti di destra che confluiscono nei suddetti attraversando le aree produttive. Se storicamente il rischio idraulico lungo il Fiume Elsa, ed anche il Torrente Drove, appare noto, non era stato finora condotto uno studio omogeneo sul territorio volto ad individuare le singole criticità idrauliche che possono essere determinate dagli affluenti minori.

I corsi d'acqua oggetto della verifica eseguita dallo scrivente e dall'Ing. A. Gabbrielli sono stati i seguenti:

- Fiume Elsa
- Torrente Drove
- Torrente Bozzone
- Borro gli Amaioni
- Botro dell'Abese
- Fosso Zambra
- Fosso Avana
- Fosso "P. Treppiede di Sotto"
- Fosso "P. Le Mortelle"

Successivamente all'adozione della variante al PS, nel corso della istruttoria relativa al controllo delle Indagini geologiche e dello studio idrologico-idraulico da parte dei Funzionari dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze e dell'Autorità di Bacino del F. Arno, è stato richiesto che, nello sviluppo delle verifiche idrauliche di alcuni corsi d'acqua, venisse anche tenuto conto degli effetti del recente evento alluvionale del giorno 21 Ottobre 2013, pertanto alcune perimetrazioni delle aree allagate sono state "tarate" sulla base di quanto osservato sul territorio in occasione di detto evento.

In seguito, è stato chiesto di estendere lo studio dei corsi d'acqua in esame anche allo scenario relativo agli eventi di piena con tempo di ritorno cinquecentennale, cui sarà assegnata pericolosità idraulica PI1 ai sensi del PAI e le cui aree allagate sono state oggetto di una specifica norma di fattibilità per quanto riguarda gli interventi in esse previsti.

Inoltre, sempre alla luce dei recenti eventi meteorici eccezionali del giorno 21 Ottobre 2013 e giorni successivi, è stata estesa la valutazione della pericolosità idraulica anche alle aree produttive di “Bosco ai Marzi” e “Le Drove”, implementando nuove modellazioni idrauliche per due corsi d'acqua minori che rispettivamente le attraversano o lambiscono.

I nuovi corsi d'acqua studiati, la relativa modellistica idraulica nonché i risultati in termini di aree allagate associati a queste nuove verifiche sono stati inseriti nei medesimi elaborati grafici originariamente prodotti, opportunamente aggiornati.

Il Fiume Elsa è stato studiato lungo l'intero tratto ricadente nel territorio comunale.

Il Torrente Drove è stato studiato a partire dallo svincolo di Drove (Uscita “Poggibonsi Nord” del Raccordo Autostradale Firenze-Siena) fino alla sua confluenza con il Torrente Staggia.

Il Torrente Bozzone, principale affluente del Torrente Drove, è stato studiato lungo tutto il suo tratto interferente con le zone produttive di “Cipressino” e “Valcanoro”, fino al Drove.

Il Borro gli Amaioni, affluente del Drove di Tattera, è stato studiato per un breve tratto in Loc. Monsanto, in quanto interferente con una nuova previsione urbanistica.

Tutti gli altri corsi d'acqua, affluenti diretti del Fiume Elsa in destra idraulica a partire dalla Loc. Le Grillaie (Botro dell'Abese) fino al confine con il Comune di Certaldo (Fosso Avane), sono stati studiati lungo i loro tratti terminali fino all'Elsa, estesi tanto da poter compiutamente definire il rischio idraulico per le aree urbanizzate ad essi adiacenti.

Tutti questi affluenti destri del Fiume Elsa si caratterizzano per attraversare prima la S.R. 429 mediante ponti o tombamenti realizzati o modificati in periodi diversi e aventi spesso dimensioni non sufficienti per garantire il regolare deflusso delle portate di piena, e dopo il rilevato della linea ferroviaria Empoli-Siena-Chiusi, anche in questo caso con sottopassi che risultano maggiormente efficaci in quanto ricostruiti in occasione del recente raddoppio della linea ferroviaria stessi.

Le principali problematiche di natura idraulica derivanti da eventi di piena eccezionali (in questo lavoro valutati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 anni e, per i corsi d'acqua maggiori, 500 anni) sono dovute proprio al sottodimensionamento degli attraversamenti stradali e all'inadeguatezza dei tombamenti presenti. Tutto ciò, seppur con entità variabile tra corso d'acqua e corso d'acqua, ha la conseguenza di favorire il rigurgito di questi attraversamenti determinando esondazioni in prossimità della viabilità o dell'imbocco dei tombamenti, con possibilità di sormonto ed interessamento anche di ampie zone edificate. In particolare questo fenomeno si evidenzia lungo il Botro dell'Abese, il Fosso “P. Treppiede di Sotto” e il Fosso “P. Le Mortelle”.

Problematiche di natura idraulica si presentano, come ampiamente atteso e in parte già risaputo, anche lungo il Torrente Drove ed i suoi affluenti, in particolare il Torrente Bozzone. Questo corso d'acqua, attraversa le aree produttive del “Cipressino” e di “Valcanoro”, e, anche in questo caso, il sottodimensionamento degli attraversamenti stradali determina rigurgito ed esondazione, con coinvolgimento degli insediamenti esistenti.

Sia per il Bozzone che per i sopramenzionati affluenti destri del Fiume Elsa sono ipotizzabili interventi di messa in sicurezza di tipo analogo, ovvero la realizzazione di briglie a bocca tarata da collocare in aree poste ragionevolmente a monte degli insediamenti, che consentirebbero di “trattenere” i volumi di piena che altrimenti non riuscirebbero, come detto, a transitare sotto gli attraversamenti o i tombini esistenti senza rigurgitare e creare allagamenti.

Se il rischio idraulico dei corsi d'acqua minori finora descritti risulta in prevalenza legato alla presenza di interferenze con elementi antropici o attraversamenti dalle luci libere sottodimensionate, la pericolosità idraulica lungo il Fiume Elsa ed il Torrente Drove è legata a più tradizionali dinamiche d'alveo.

Il tratto terminale del Torrente Drove, in corrispondenza della confluenza con il Torrente Staggia, risulta esondabile in destra idraulica per eventi con tempo di ritorno superiore a 30 anni. Da ciò deriverà una classificazione di una parte dell'area produttiva de “Le Drove” a pericolosità elevata (V. Par. seguente).

Anche il Fiume Elsa è caratterizzato da pericolosità idraulica molto elevata o elevata lungo il proprio corso, anche in territorio comunale di Barberino Val d'Elsa. Però in destra idraulica la presenza del rilevato ferroviario lungo l'intero tratto Poggibonsi-Certaldo garantisce una sorta di “protezione” delle zone edificate. Si osservano criticità, per eventi di piena con tempo di ritorno

duecentennale, soltanto in alcune zone dove il rilevato ferroviario non riesce a contenere il livello idrometrico di piena e viene dunque sormontato. Ciò si verifica nel tratto a cavallo della stazione ferroviaria ed a valle dell'area industriale de "La Zambra", nei punti in cui la ferrovia scorre molto vicina al Fiume Elsa.

Per l'eventuale messa in sicurezza delle aree allagabili lungo il Torrente Drove e soprattutto lungo il Fiume Elsa si rendono necessari interventi strutturali di maggior rilevanza rispetto a quanto basterebbe per la messa in sicurezza degli affluenti minori, come anticipato. Lungo il Fiume Elsa sono previsti, anche in territorio di Barberino Val d'Elsa, una serie di interventi a livello di bacino, così come individuati dal Piano Stralcio Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

8. NOTE ESPLICATIVE ALLA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Nella Tavola G04EST/G04OVEST alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale e nella Tavola G04a alla scala 1:5.000 per la Zona Industriale, tutte allegata alla presente relazione, è stata riportata la **Carta delle aree a pericolosità idraulica**, con la conseguente suddivisione in classi di pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n. 53/R del 25.10.2011.

In primo luogo sono stati identificati su tali carte i corsi d'acqua censiti nell'Allegato 4 alla D.C.R. 72/2007 per il comune di Barberino Val d'Elsa, che sono i seguenti:

- Botro dell'Abese (FI 3027 AB)
- Torrente Agliena (FI 2435 AB)
- Borro dell'Argenna (FI 15 A)
- Borro di Avane (FI 18 AB)
- Borro Bozzone (FI 36 AB)
- Borro della Chiara o del Molinuzzo (FI 56 A)
- Torrente Drove di Cinciano e Borro Migliorini (FI 697 AB)
- Borro delle Drove o Borro di Spicciano (FI 3028 AB)
- Fosso Drove di Cepparello (FI 1129 AB)
- Torrente Drove di Tattera e Borro gli Amaioni (FI 2576 AB)
- Fiume Elsa (FI 718 AB)
- Botro del Granaio o di Celda (FI 349 A)
- Fosso Virginiolo (FI 1930 AB)
- Borro della Zambra e Borro di Falagnano (FI 229 AB)

Successivamente, per la definizione delle aree a pericolosità idraulica è stato fatto uso delle perimetrazioni relative allo studio idrologico-idraulico appositamente redatto dallo scrivente e dall'Ing. Alessio Gabbrielli per i corsi d'acqua che interessano la Zona Industriale e, per le aree non coperte da tale Studio, delle Indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico del Comune di Barberino Val d'Elsa (Geologica Toscana, 2003-2006).

Il suddetto studio è stato integrato successivamente all'adozione della Variante, come sopra detto, rispetto alla prima versione depositata nel Luglio 2013, con quanto richiesto nel corso della istruttoria relativa al controllo delle Indagini geologiche e dello studio idrologico-idraulico da parte dei Funzionari dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze e dell'Autorità di Bacino del F. Arno.

Sulla base delle aree inondabili riportate in tali cartografie, è stata di conseguenza redatta la *Carta delle aree a pericolosità idraulica*, nella quale sono stati cartografati i tematismi aggiornati sulla base delle definizioni riportate nel D.P.G.R. n. 53R/2011 ed ai quali si applicano le prescrizioni delle corrispondenti classi di pericolosità idraulica.

Per la realizzazione della *Carta della Pericolosità Idraulica*, è stata presa visione anche delle relative carte redatte dall'Autorità di Bacino Fiume Arno e cioè della carta di *“Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica”* facente parte del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124 del *“livello di sintesi”* alla scala 1:25000), allegati a scopo illustrativo alla presente relazione. Si rimanda comunque agli elaborati ufficiali, disponibili sul sito Internet dell'Autorità di Bacino (www.adbarno.it), ed ai relativi aggiornamenti per tutti i particolari.

In tali aree si applica la normativa associata al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (D.P.C.M. 06.05.2005 e s.m.i.), Capo I *“Pericolosità idraulica”* del Titolo II *“Aree a pericolosità idrogeologica”* delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Per quanto concerne la *“pericolosità idraulica”*, appare utile ricordare che la stessa, pur essendo un dato a carattere puntuale, ha sempre un certo margine di indeterminazione, a cui contribuisce

la scala ed il tipo di base cartografica utilizzata, dovendosi considerare, per le aree non coperte dallo studio idraulico precedentemente citato, dei limiti altimetrici ricavati esclusivamente dai punti quotati esistenti in cartografia, secondo quanto indicato nel D.P.G.R. n. 53R/2011.

Facendo quindi riferimento alla normativa vigente, sono state considerate le quattro classi di pericolosità idraulica così di seguito descritte:

Classe I.1 – Pericolosità idraulica bassa

Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

Classe I.2 – Pericolosità idraulica media

Aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Classe I.3 – Pericolosità idraulica elevata

Ricadono in questa classe le zone interessate da allagamenti con tempi di ritorno compresi tra 30 e 200 anni.

In assenza di studi idrologico-idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Classe I.4 – Pericolosità idraulica molto elevata

Ricadono in questa classe le zone interessate da allagamenti con tempi di ritorno inferiori a 30 anni.

In assenza di studi idrologico-idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contestualmente le seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Nella Tavola G04OVEST alla scala 1:10.000 e nella Tavola G04a alla scala 1:5.000 sono inoltre riportati i limiti delle aree allagabili per piene con tempo di ritorno TR500 anni, cui non è stata attribuita pericolosità idraulica ma per le quali sono state definite delle prescrizioni di fattibilità nella relazione geologica della Variante al Regolamento Urbanistico.

9. NOTE ESPLICATIVE ALLA CARTA DELLE MOPS E DELLE AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

9.1 Caratteristiche sismiche generali dell'area di Barberino Val d'Elsa e zone limitrofe

Da un punto di vista sismico, il territorio del Comune di Barberino Val d'Elsa è stato posto in *Zona 3, Sottosona 3.4* (accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni *ag/g* variabile tra 0,125 e 0,150) dalla D.G.R. n. 878 del 08.10.2012.

Sulla base del valore di accelerazione sismica (*ag*, risutata essere di 0,123) relativo alla sede comunale di Barberino per un periodo di ritorno di 475 anni, corrispondente in termini progettuali al tempo di ritorno relativo ad un progetto per Stato Limite di Salvaguardia delle Vita (SLV) avente vita nominale (V_n) = 50 anni e coefficiente d'uso (C_u) pari a 1, con D.P.G.R. n. 58/R del 22.10.2012 è stata attribuita la percentuale di sorteggio, pari al 5%, valevole nel periodo transitorio per tutto il territorio comunale, ricadente nella fascia C.

La sismicità storica del territorio del Comune di Barberino Val d'Elsa è ricavabile dalle informazioni sui terremoti storici italiani riportate dai diversi cataloghi. Dall'esame di queste appare come l'area in cui è compreso il territorio comunale sia da considerarsi a sismicità intermedia, in quanto l'intensità media degli eventi registrati è circa pari al VI-VII grado della scala MCS. Confrontando i dati locali con un contesto più ampio, risulta che i sismi hanno frequenze fino a cento, profondità fino a 30 Km e intensità fino all'ottavo grado MCS (V. Figure 3, 4 e 5).

Facendo riferimento al capoluogo di Barberino, i terremoti storici di cui si hanno notizie a partire dal 1148 entro un raggio di 30 Km dal centro abitato sono 54, prevalentemente verificatisi lungo la dorsale dei Monti del Chianti, con Magnitudo stimate fra 4,63 e 5,17. Fra questi, solamente uno appare interessare direttamente il territorio comunale di Barberino, verificatosi il 20.12.1906 con Magnitudo di 4,63 ed il cui epicentro è stato stimato fra il capoluogo stesso e la attuale S.G.C. Siena-Firenze.

Più recentemente, relativamente a sismi verificatisi entro un raggio di 30 Km da Barberino con Magnitudo almeno pari a 2,0, è possibile ricordare l'evento del 13.05.2011 che ha interessato il territorio comunale, con Magnitudo 3,1 ed epicentro fra Cortine e la S.G.C. Siena-Firenze ad una profondità di 8,3 Km.

Nelle zone limitrofe si riportano i tre eventi del 17.04.2013, con Magnitudo fra 2,0 e 3,3 ed epicentro presso San Casciano Val di Pesa, ed il recente evento del 21.06.2013 con Magnitudo 2,5 ed epicentro fra Certaldo e Gambassi.

Il catalogo del Progetto "ITHACA" non riporta attualmente per il Comune di Barberino Val d'Elsa la presenza di faglie capaci, ovvero di faglie che possano produrre, potenzialmente, deformazioni in superficie.

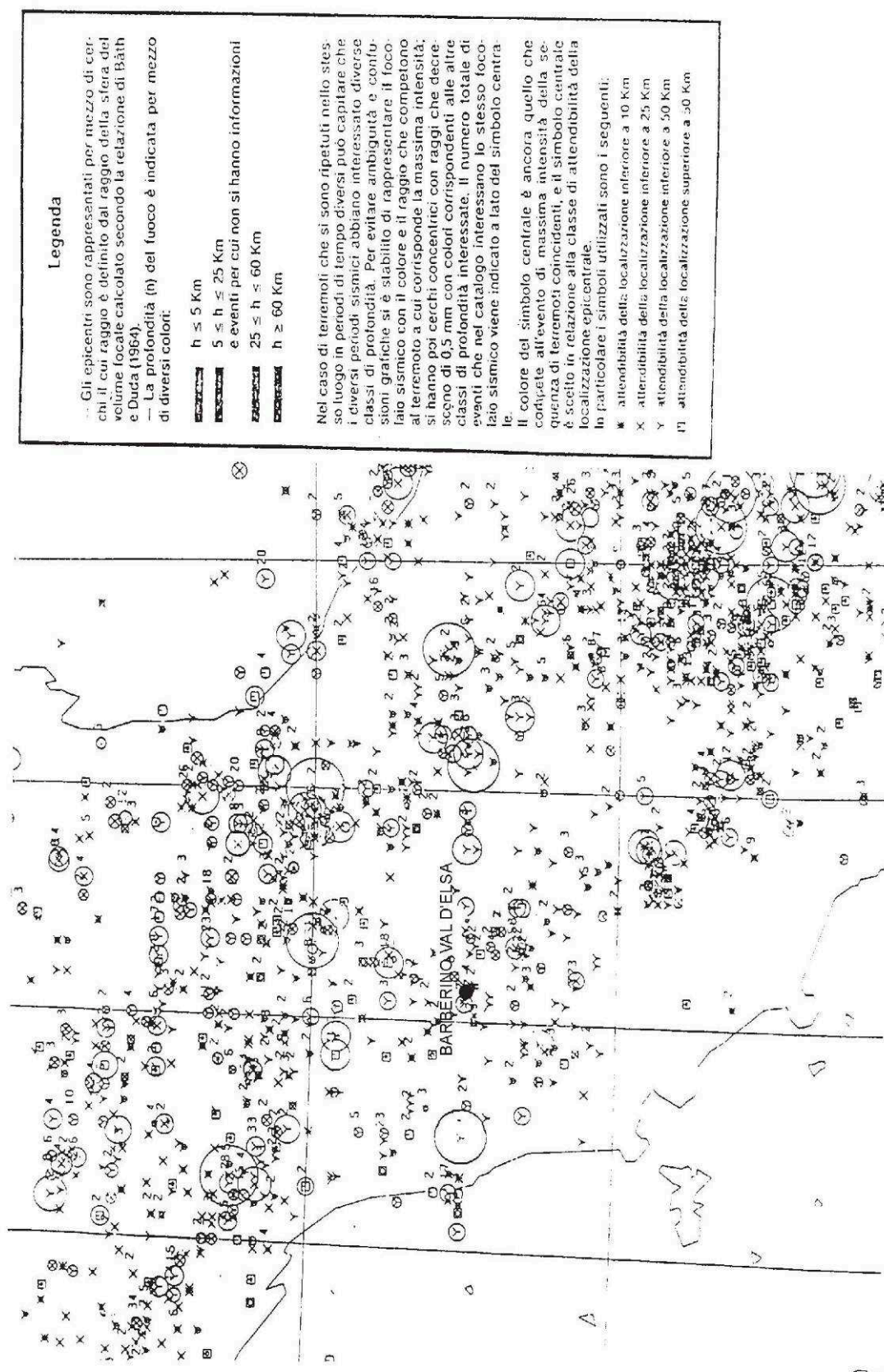


FIGURA 3: CARTA DEGLI EPICENTRI (CNR - PFG, 1985)

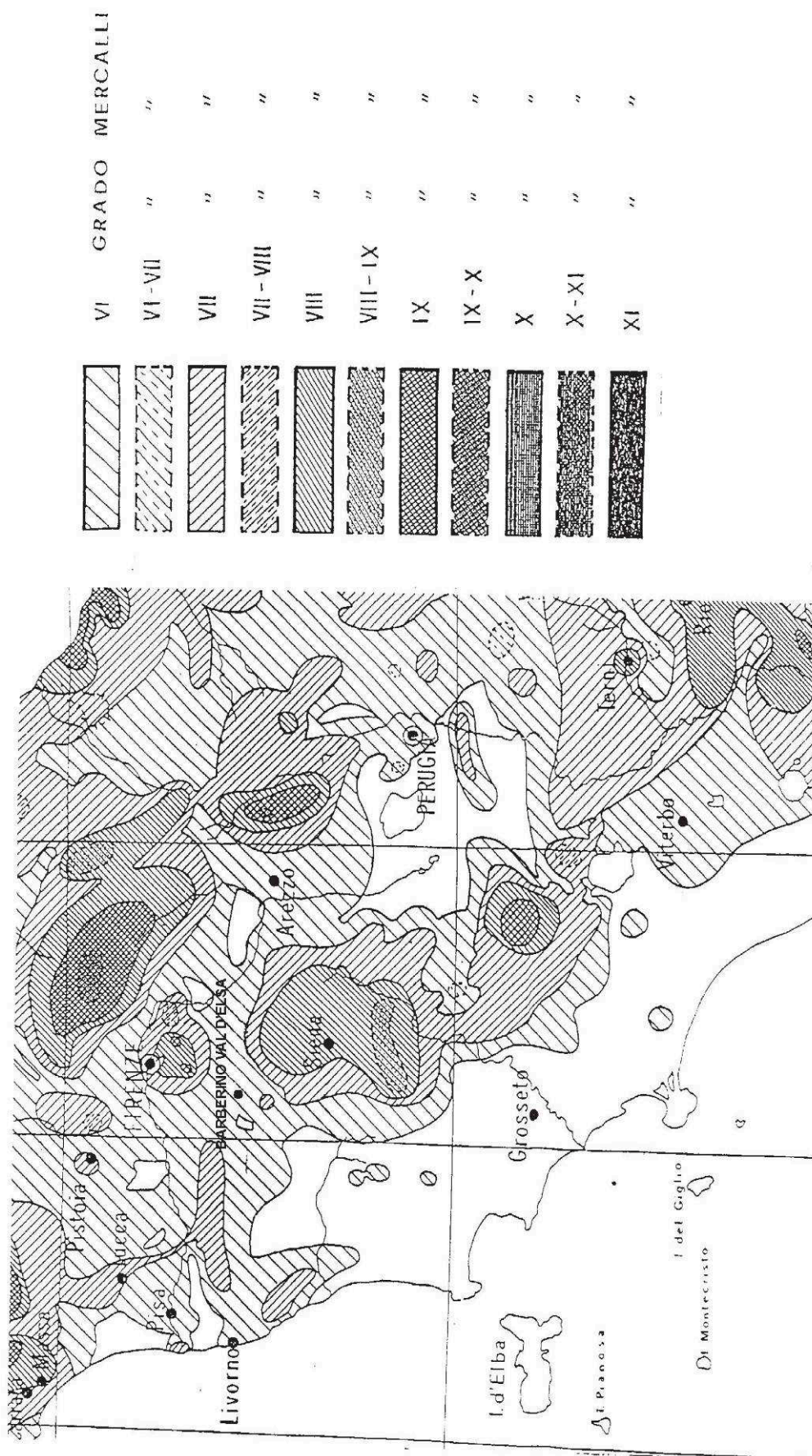


FIGURA 4: CARTA SISMICA D'ITALIA PER IL PERIODO 1893-1965 CON AREE DI MASSIMA INTENSITÀ (CNEN, 1968)

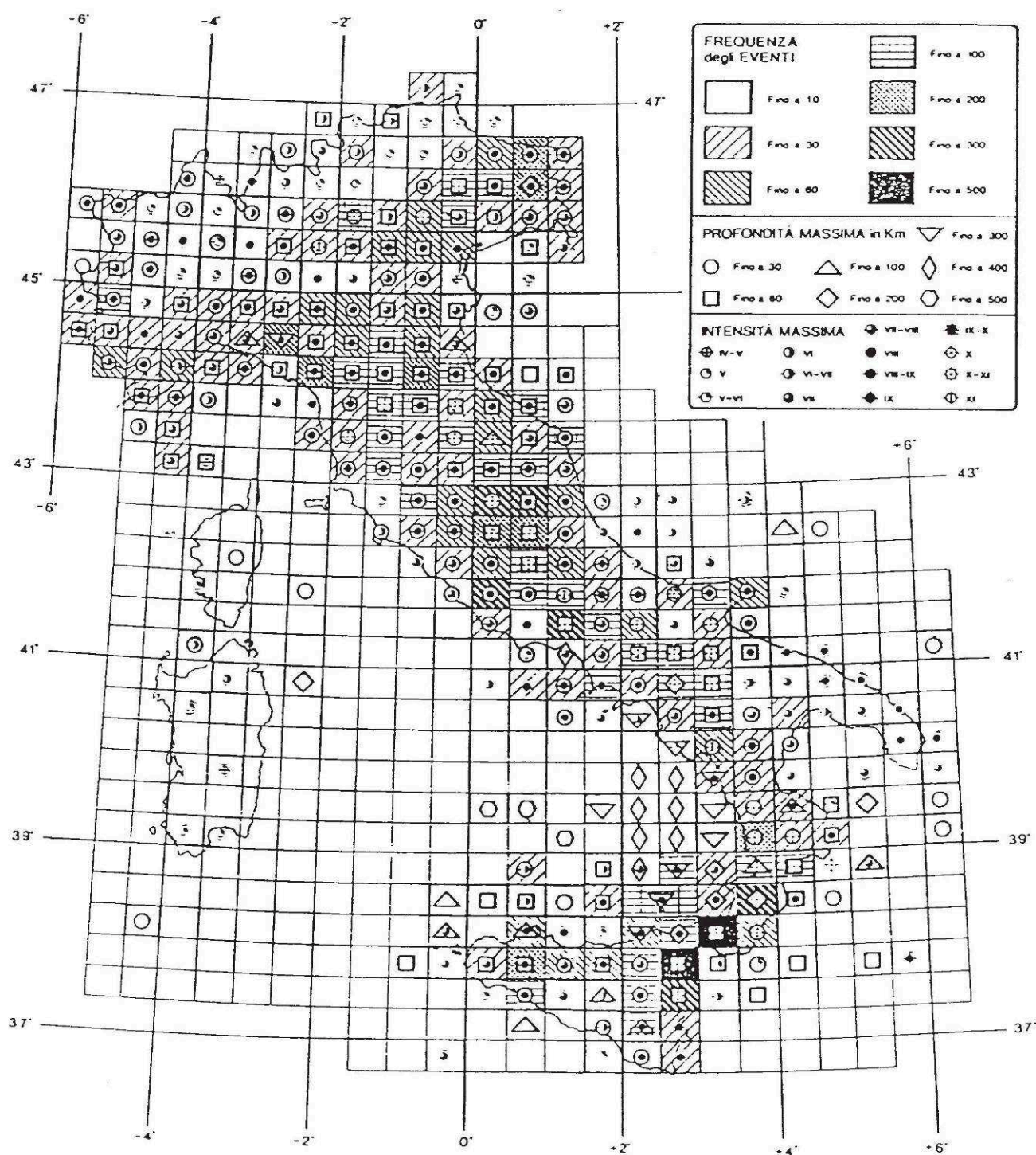


FIGURA 5: CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA DEGLI EVENTI SISMICI, E DELLA LORO PROFONDITÀ ED INTENSITÀ MASSIMA (CNR - PFG, 1985)

9.2 La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La **Carta delle MOPS e delle aree a pericolosità sismica locale** (Tav. G05a-G05b allegata alla resente relazione) è obbligatoria per tutti i comuni (ad eccezione di quelli classificati in zona sismica 4) che intendono predisporre, tra gli altri interventi previsti dalla normativa, nuovi Piani Strutturali o loro varianti (come nel caso del Comune di Barberino Val d'Elsa).

La Microzonazione Sismica ha lo scopo di individuare, a scala comunale, le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso, oppure possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente.

La Carta in oggetto è stata redatta solamente per le aree degli insediamenti edificati principali (Barberino Val d'Elsa, Vico d'Elsa, Marcialla e la Zona Industriale), definite concordemente con l'Amministrazione Comunale ed i Funzionari dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze.

La redazione della *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)* è stata portata a termine secondo le specifiche tecniche definite negli *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”*, redatti dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dal Dipartimento della Protezione Civile, nonché sulla base delle specifiche tecniche di cui all'O.D.P.C.M. 3907/2010 e dei *“Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (2008)”*.

Lo studio di Microzonazione Sismica necessario in fase di pianificazione urbanistica (e quindi in questa fase) è quello di *livello 1*, che consiste essenzialmente 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.

Per la realizzazione della Carta suddetta sono state prese in considerazione le informazioni esistenti, necessarie alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico, geomorfologico e geologico-tecnico (V. Tav. G01 - Carta geologica, litotecnica ed idrogeologica e Tav. G02 - Carta geomorfologica allegata) ed i dati relativi a precedenti indagini geognostiche messe a disposizione dall'U.T.C. di Barberino Val d'Elsa o concesse in visione da altri Professionisti (V. Elaborato **GR02 – Schede dei dati di base**), integrate mediante n. 15 misure di sismica passiva a stazione singola (V. Elaborato **GR03 – Relazione tecnica sulle misure HVSR**).

L'elaborazione eseguita ha portato alla stesura della Carta delle MOPS sulla base dei tre grandi gruppi nei quali è possibile suddividere le zone in studio:

- 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) **le zone suscettibili di instabilità**: zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliezioni superficiali).

Nel dettaglio poi sono state eseguite altre suddivisioni dei tre gruppi principali, sempre seguendo l'O.D.P.C.M. 3907/2010 e, in generale, gli *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* ed i *“Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (2008)”*.

In particolare, nelle parti del territorio comunale di Barberino Val d'Elsa per le quali è stata portata a termine la Microzonazione Sismica di Livello 1 non vi sono aree che ricadono nelle cosiddette *zone stabili*.

Tra le *zone stabili suscettibili di amplificazione sismica* sono state individuate 15 diverse tipologie di situazioni, cui sono stati aggiunti (quali situazioni distinte) i riporti ed i depositi eluvio-colluviali. Per determinare queste 17 diverse tipologie totali sono stati fondamentali i dati relativi alle indagini geognostiche di archivio, distribuite in modo più o meno omogeneo nelle aree indagate.

Infine, tra le *zone suscettibili di instabilità* sono state evidenziate le instabilità di versante attive e quiescenti e le aree in cui sono possibili cedimenti differenziali.

Con simbologie distinte sono state infine evidenziate le forme morfologiche di superficie.

Secondo le indicazioni dell'appendice 1 dell'allegato A alla Delibera della Giunta Regionale 18 aprile 2011 n. 261, deve essere determinata la qualità della carta di livello 1. Tale determinazione viene eseguita con una procedura semi quantitativa rappresentata secondo le indicazioni contenute nella tabella 1 dell'appendice citato e derivante dai calcoli che possono essere sviluppati con la formula seguente:

$$FQ = \left[\frac{100}{\sum_{i=1}^I P_i} \right] \sum_{i=1}^I P_i \left(\sum_{j=1}^{J_i} \frac{S_{ij}}{J_i} \right) = \left[\frac{100}{4} \right] \sum_{i=1}^I P_i \left(\sum_{j=1}^{J_i} \frac{S_{ij}}{J_i} \right)$$

dove:

I = numero di parametri

J_i = numero di indicatori relativi al parametro i-mo

P_i = peso del parametro i-mo

S_{ij} = punteggio relativo all'indicatore j-mo del parametro i-mo

FQ = fattore di qualità (%)

La procedura seguita per la valutazione della qualità della carta è la seguente:

- 1) nelle aree interessate dalla redazione della Carta è stato costruito un reticolato di celle quadrate, tutte uguali, orientate N-S e E-W, con il lato di 250 m;
- 2) è stata compilata la matrice contenente i sei parametri da considerare (carta geologico-tecnica, sondaggi a distruzione, sondaggi a carotaggio continuo, indagini geofisiche, prove geognostiche, misure delle frequenze di sito), ai quali viene assegnato un peso; ogni parametro prevede tre diversi indicatori ai quali verrà assegnato un punteggio che deve essere moltiplicato per il peso corrispondente;
- 3) la somma dei valori dei parametri ha permesso di definire il livello di qualità della Carta secondo la classificazione sotto riportata:

- ❖ **Classe A**, valori superiori a 75%; indicazioni: nessuna, carta di livello 1 di ottima qualità;
- ❖ **Classe B**, valori intervallo (50%-74%); indicazioni: migliorare almeno uno dei parametri;
- ❖ **Classe C**, valori intervallo (25%-49%); indicazioni: programmare indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità;
- ❖ **Classe D**, valori inferiori a 25%; indicazioni: la carta di livello 1 è di scarsa qualità e non risponde ai requisiti minimi richiesti dagli ICMS e dalle suddette specifiche.

Il calcolo sopra descritto è stato sviluppato per mezzo del file presente nel sito web della Regione Toscana in applicazione della formula riportata sopra. Il risultato ottenuto per la qualità della carta in esame è stato del **37,6%**, e quindi definisce la Carta redatta come appartenente alla **classe C** (V. Figura 6 che segue).

9.3 Le misure HVSR

La prova in questione è nota anche con il nome H/V e fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970, ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come *metodo di Nakamura*).

La prova consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva) misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un sismometro a tre componenti (due orizzontali, perpendicolari tra loro, ed una verticale).

Da quanto detto si capisce anche perché il metodo venga definito come prova HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) oppure HVSNR (*Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio*).

Le vibrazioni che vengono misurate sono i cosiddetti microtremori, che sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti, le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano ai fini degli studi di microzonazione (e quindi relativamente ai possibili effetti su edifici, manufatti, ecc.) sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz.

Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere, ecc.) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici, ecc.).

Durante l'acquisizione vanno rispettate sia una precisa metodologia e sia alcune accortezze, in modo che il dato sia statisticamente corretto. Esistono, in questo senso, delle linee guida (progetto S.E.S.A.M.E. - *Site EffectS assessment using AMbient Excitations*) che danno precise raccomandazioni sia sul metodo di acquisizione che sull'interpretazione delle misure HVSR (<http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>).

Come precedentemente accennato, l'acquisizione delle misure HVSR relative alle indagini in oggetto è stata condotta in n. 15 punti, che sono stati scelti in modo da coprire nel modo più omogeneo possibile l'estensione dei centri urbani interessati.

Le misure sono state eseguite con lo strumento denominato “ECHO TROMO HVSR 3” prodotto dalla ditta AMBROGEO di Rivergaro (PC), costituito da un geofono 3D con frequenza di risonanza di 2,0 Hz e da uno specifico acquisitore di dati a 24 bit che registra su un file in formato SAF (*Sesame Ascii Format*).

Il geofono 3D è costituito da un geofono verticale e da due geofoni orizzontali orientati secondo una terna di assi cartesiani X, Y e Z. Gli assi X e Y corrispondono ai geofoni orizzontali che oscillano rispettivamente secondo la direzione est-ovest e nord-sud, mentre l'asse Z corrisponde alla direzione alto-basso in cui oscilla il geofono verticale. Ogni misurazione è stata effettuata per una durata di 30 minuti, alla frequenza di 128 Hz.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software “WinMASW 5.0 Professional” della EliaSoft. Tramite tale software è stato possibile ripulire il dataset dai disturbi provocati dal passaggio di autoveicoli nelle strade vicine, in modo da non considerare tali parti di registrazione per la successiva elaborazione. Per ogni misura è stata compilata una scheda con i dati più importanti del sito. Nell'elaborato del Piano Strutturale denominato **GR03 – Relazione tecnica sulle misure HVSR** sono riportati i report delle misure e delle successive elaborazioni effettuate.

Il primo dato che è possibile interpretare è che solo in 2 misurazioni delle 15 effettuate (e più precisamente nelle misure denominate MARCIALLA2 e ZI-BOSCOMARZI) è presente un picco di frequenza ben identificabile nell'intervallo 0,1-10 Hz, nonostante l'intensità di entrambi i picchi non sia notevolmente marcata.

Sono stati registrati picchi (talvolta anche di notevole intensità) a valori superiori a 10 Hz in molte delle misure eseguite, ma la forma del picco e della curva lascia comprendere che si tratta di valori dovuti ad effetti antropici, trattandosi di centri urbani.

L'assenza di un picco di frequenza ben definito può essere interpretata come la mancanza di un orizzonte di contrasto che determini una brusca variazione delle velocità delle onde sismiche.

L'informazione determinante nella stesura della Carta delle MOPS ricavata dalle misure HVSR è che non appare esistere, nel territorio indagato, la presenza di un substrato ad una profondità tale da determinare un'amplificazione delle onde sismiche.

FIGURA 6
FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE

Parametro

4

a

Carta Geologica tecnica

1

Anno Rilevamento

1

Progetto

0.66

Scala

1

b

Sondaggi a distribuzione

0.5

Numero sondaggi

0

% celle occupate

0

Num. Sondaggi bedrock

0

c

Sondaggi a carotaggio continuo

1

Numero sondaggi

0.33

% celle occupate

0.33

Num. Sondaggi bedrock

0

d

Indagini geofisiche

0.5

Numero misure

0.33

% celle occupate

0.33

% indagini al bedrock

0

e

Prove geotecniche

0.25

Numero prove

0.33

% celle occupate

0.33

% prove al bedrock

0

f

Misure Frequenze

0.75

Numero misure

0.33

% celle occupate

0.33

Classe di affidabilità

0.33

25

0.88

0.00

0.22

0.11

0.05

0.25

37.6

punteggi parziali

21.9

0.0

5.4

2.7

1.4

6.1

37.6

media qualità - classe C

Inserire il valore *scat* nelle celle colorate in viola

Tabella 1 - Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Validazione indicatore (punteggi)	Alta (1)
			Bassa (0.33)	Media (0.66)
Carta geologica tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Allegato piano urbanistico
	0.33	Scala (rilevamento)	No data	50/100/20/100
Sondaggi a distribuzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distribuzione	No data	1-5
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distribuzione	No data	1-35%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato	No data	1-5
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero sondaggi a carotaggio	No data	1-5
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-35%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato	No data	1-5
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di celle occupate da indagini geofisiche	No data	1-5
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini geofisiche	No data	1-35%
	0.33	Numero di prove	No data	1-5
Prove geotecniche in situ (prove geotecniche, sez. 1 e 2)	0.33	Percentuale di celle occupate da prove geotecniche in situ	No data	1-35%
	0.33	Percentuale di prove geotecniche in situ	No data	1-35%
	0.33	Percentuale di prove geotecniche in situ	No data	1-35%
Misure dalle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-35%
	0.33	Classe di affidabilità	No data	Classe A < 55%

REGIONE TOSCANA

CLASSE

VALORI

INDICAZIONI

A	75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

Relazione geologica

Pagina 38

Dr. Geol. Simone Raspollini

9.4 La Carta delle aree a pericolosità sismica locale

L'analisi che sta a monte della definizione delle aree a pericolosità sismica è lo studio di *Microzonazione Sismica* di livello 1, elaborato secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'O.D.P.C.M. 3907/2010 e definiti negli *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica* redatti dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dal Dipartimento della Protezione Civile, sopra descritto.

La cartografia tematica corrispondente è quella delle *Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica* (MOPS) di cui nei paragrafi precedenti; per tale motivo le aree a pericolosità sismica locale sono state individuate sulla stessa Carta delle MOPS (V. Tavv. G05a-G05b allegate).

Lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 ha infatti la finalità di determinare, nella pianificazione urbanistica, scelte mirate e idonee che tendano ad assicurare la riduzione del rischio sismico.

La cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), prodotta con gli elaborati previsti per il livello 1, consente di identificare le aree per le quali non sono richiesti studi di approfondimento e, al momento, di predisporre la sintesi delle informazioni derivanti da detto studio vengono valutate le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani studiati secondo le seguenti definizioni di pericolosità sismica locale:

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.

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).

Pericolosità sismica locale elevata (S.3)

Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; zone 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 caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

In relazione alla possibilità di liquefazione dinamica, in considerazione della composizione litologica prevalente dei depositi alluvionali di fondovalle, di tipo essenzialmente limoso ed argilloso, e della profondità della falda nei terreni conglomeratici e sabbiosi presenti sui rilievi collinari, è stato ritenuto che non sia possibile il verificarsi di fenomeni di liquefazione dinamica nelle aree interessate dalla Carta delle MOPS in oggetto (Tavv. G05a-G05b allegate).

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.

Poggibonsi, 06 Febbraio 2014

DR. GEOL. SIMONE RASPOLLINI

10. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ABBATE E., BORTOLOTTI V., CONTI M., MARCUCCI M., PRINCIPI G., PASSERINI P. & TREVES B. (1988) – *Apennines and Alps ophiolites and the evolution of the western Tethys*. Mem. Soc. Geol. It., **31**, 23-44.

AUTORITÀ DI BACINO FIUME ARNO – *Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi - Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124*. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico.

AUTORITÀ DI BACINO FIUME ARNO – *Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario fenomeni franosi - livello di dettaglio - Stralci n. 537, 573, 605, 636 e 637*. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico.

AUTORITÀ DI BACINO FIUME ARNO – *Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - livello di sintesi - Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124*. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico.

BALLY A. W., BURBI L., COOPER C. & GHELARDONI R. (1988) - *Balanced sections and seismic reflection profiles across the central Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., **35** (1986), 257 - 310.

BARTOLETTI E., BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANESI G. & SQUARCI P. (1986) – *Studio geologico del territorio comunale di Rosignano Marittimo in relazione alla carta geologica alla scala 1:25.000*. Suppl. Quad. Mus. St. Nat. Livorno, **6** (1985), 33-127.

BARTOLINI C., BERNINI C., CARLONI C., COSTANTINI A., FEDERICI P. R., GASPERI G., LAZZAROTTO A., MARCHETTI G., MAZZANTI R., PAPANI G., PRANZINI G., RAU A., SANDRELLI F., VERCESI P. L. CASTALDINI D. & FRANCAVILLA F. (1983) – *Carta neotettonica dell'Appennino Settentrionale. Note illustrative*. Boll. Soc. Geol. It., **101** (1982), 523-549.

BERTINI G., CAMELI G. M., COSTANTINI A., DECANDIA F. A., DI FILIPPO M., DINI I., ELTER F. M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., PANDELI E. & SANDRELLI F. (1991) - *Struttura geologica fra i Monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec., 155-178.

BERZI A. (1972) - *An early Middle Pleistocene fauna at Monte Oliveto (S. Gimignano, Siena, Italy)*. Paleont. It., **68**, 29-33.

BOCCALETTI M., COLI M., DECANDIA F. A., GIANNINI E. & LAZZAROTTO A. (1981) - *Evoluzione dell'Appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., **21** (1980), 359-374.

BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L.M., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., PASCUCCHI V., SALVATORINI G., SANDRELLI F. & TERZUOLI A. (1998) – *Neogene-Quaternary evolution in the western side of the northern Apennines (Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., **52**, 513-525.

BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1993) - *Rassegna delle conoscenze sulla stratigrafia del Neoautoctono toscano*. Mem. Soc. Geol. It., **49** (1993), 17-98.

BURGASSI P. D., COSTANTINI A., DELL'AGNELLO L., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1979) - *Esame dei rapporti tra le formazioni metamorfiche del basamento della Toscana a Sud dell'Arno*. Mem. Soc. Geol. It., **20**, 123-133.

- CALAMAI A., CATALDI R., SQUARCI P. & TAFFI L. (1970) - *Geology, Geophysics, and Hydrology of the Monte Amiata Geothermal Fields*. Geothermics1 (Special issue), 1-9.
- CANUTI P. & TACCONI P. (1975) – *Idrogeologia e risorse del bacino del Fiume Arno: sottobacini dei fiumi Greve – Pesa – Elsa. Risorse idriche ed assetto del territorio*. Atti della conferenza di Firenze. Auditorium Flog, 83-93.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1982) - *Conoscenze geologico-strutturali*. In: *Il Graben di Siena*, CNR-PFE, SPEG, RF9, Pisa, 11-34.
- DE CASTRO C. & PILOTTI C. (1933) – *I giacimenti di lignite della Toscana*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **23**.
- IACCARINO E. (1968) - *Attività sismica in Italia dal 1893 al 1965*. Comitato Nazionale Energia Nucleare.
- LAVECCHIA G. (1988) - *The Tyrrhenian-Apennines system: structural setting and seismotectogenesis*. tectonophysics. **147**, 263-296.
- LAVECCHIA G. & STOPPA F. (1989) - *Tettonica e magmatismo nell'Appennino settentrionale lungo la geotraversa Isola del Giglio-Monti Sibillini*. Boll. Soc. Geol. It., **108** (1989), 237-254.
- LAZZAROTTO A. (1992) – *Appunti di Geologia Regionale*. Siena.
- LAZZAROTTO A. (1993) - *Elementi di geologia*. In: *La storia naturale della Toscana meridionale*. Monte dei Paschi di Siena, Ed. Pizzi, Milano (1993), 19-87.
- LAZZAROTTO A. E PASCUCCHI V. (1998) - *Aspetti geologici e geomorfologici del territorio senese*. In: *Le terre di Siena*. Protagon Editori Toscani (1998), 151-187.
- LIOTTA D. (1991) – *The Arbia-Val Marecchia Line, Northern Apennines*. Eclogae Geol. Helv., **84**, fasc. 2, 413-430.
- LIOTTA D. (1996) - *Analisi del settore centro-meridionale del bacino pliocenico di Radicofani (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **115**, 115-143.
- MARIANI M. & PRATO R. (1988) – *I bacini neogenici costieri del Margine tirrenico: approccio sismico-stratigrafico*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 519-531.
- MAZZANTI R. (1966) - *Geologia della zona di Pomarance-Larderello (Prov. di Pisa)*. Mem. Soc. Geol. It., **5**, 105-138.
- MERLA G. & BORTOLOTTI V. (1967) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000. Foglio 113 – Castelfiorentino*. Nuova Tecnica Grafica, Roma.
- PALLA P. (1966) – *Lamellibranchi pliocenici della Bassa Val d'Elsa (Toscana occidentale)*. Riv. Ital. Paleont., **72**, fasc. 2.
- PALLA P. (1967) – *Gasteropodi pliocenici della Bassa Val d'Elsa (Toscana occidentale)*. Riv. Ital. Paleont., **73**, fasc. 3.

PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA (1985) *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. Consiglio Nazionale delle Ricerche.

REGIONE TOSCANA - *Carta Geologica della Regione Toscana* in scala 1:10.000 - Foglio 308 MONTALCINO, Sezione 308020 (Ponte d'Arbia).

RAU A. E TONGIORGI M. (1974) - *Geologia dei Monti Pisani a Sud-Est della valle del Guappero*. Mem. Soc. Geol. It. **13**, 227-408.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1968) - *Carta Geologica d'Italia* in scala 1:100.000 - Foglio 113 CASTELFIORENTINO (2° Edizione).

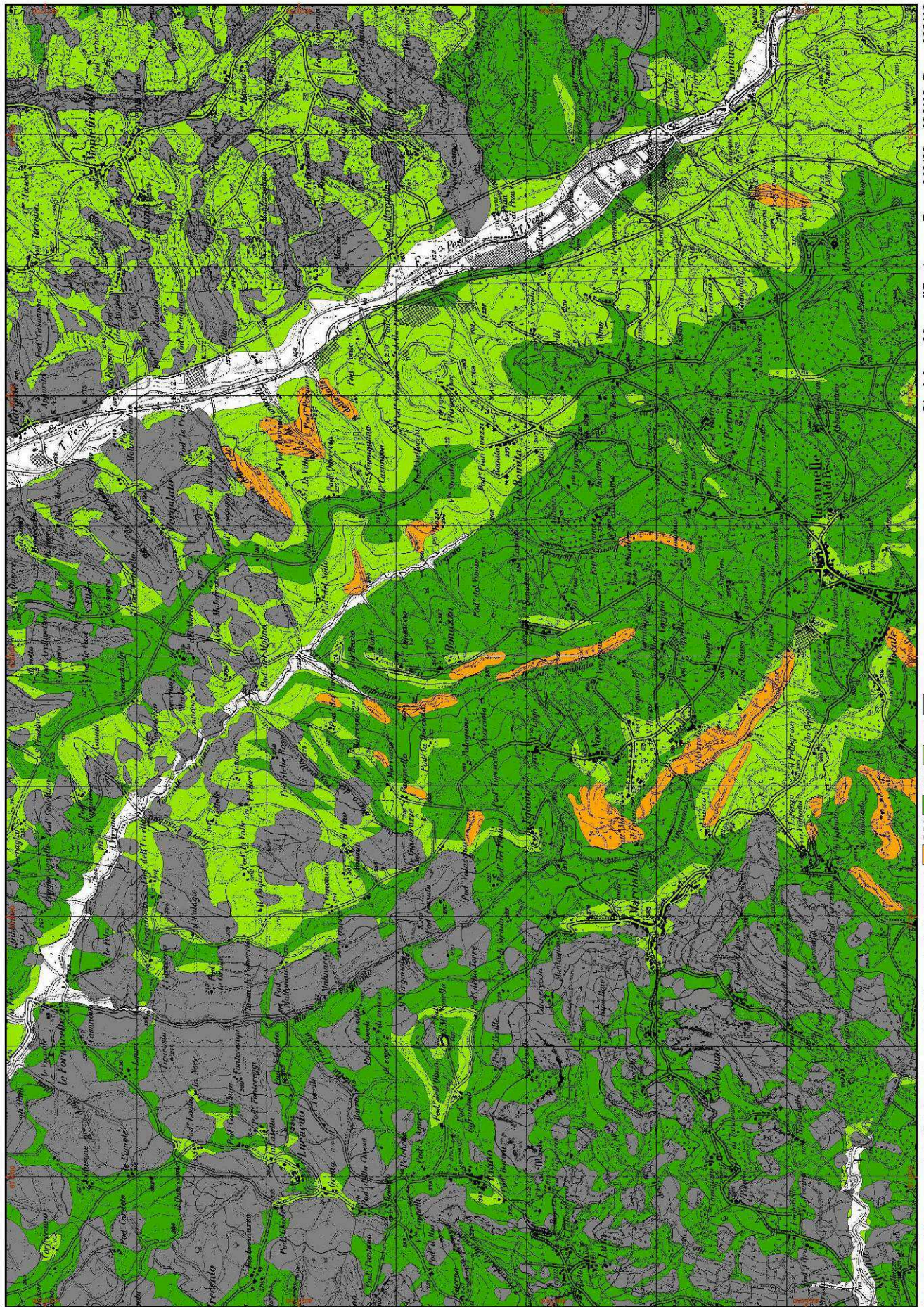
TERZAGHI K. (1950) - *Mechanism of landslides*. Berkey vol. Geol. Soc. of America.

INDICE DELLE TAVOLE ALLEGATE AL TESTO

- ❖ Autorità di Bacino Fiume Arno Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – ***Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi*** - Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124.
- ❖ Autorità di Bacino Fiume Arno Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – ***Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario fenomeni franosi - livello di dettaglio*** - Stralci n. 537, 573, 605, 636 e 637.
- ❖ Autorità di Bacino Fiume Arno Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – ***Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - livello di sintesi*** - Stralci n. 96, 108, 109, 110, 123 e 124.

Piano di Bacino del fiume Arno - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

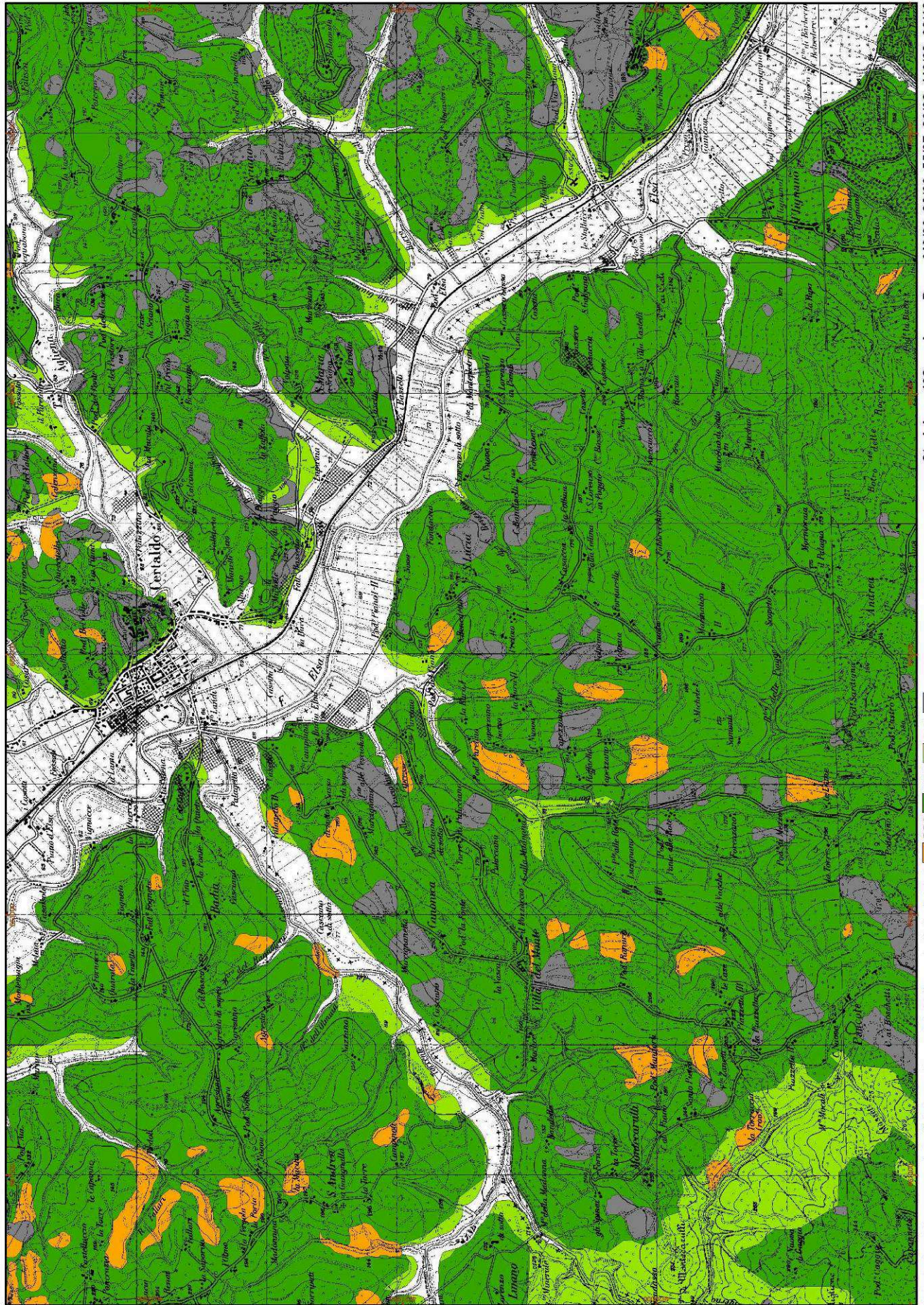
Autorità di Bacino del Fiume Arno



Stralcio n. 96 modificato con Dec. n° 40/09, n° 96/10, Dec. n° 62/12

Piano di Bacino del fiume Arno - Piano Straico Assetto Idrogeologico

Autorità di Bacino del Fiume Arno



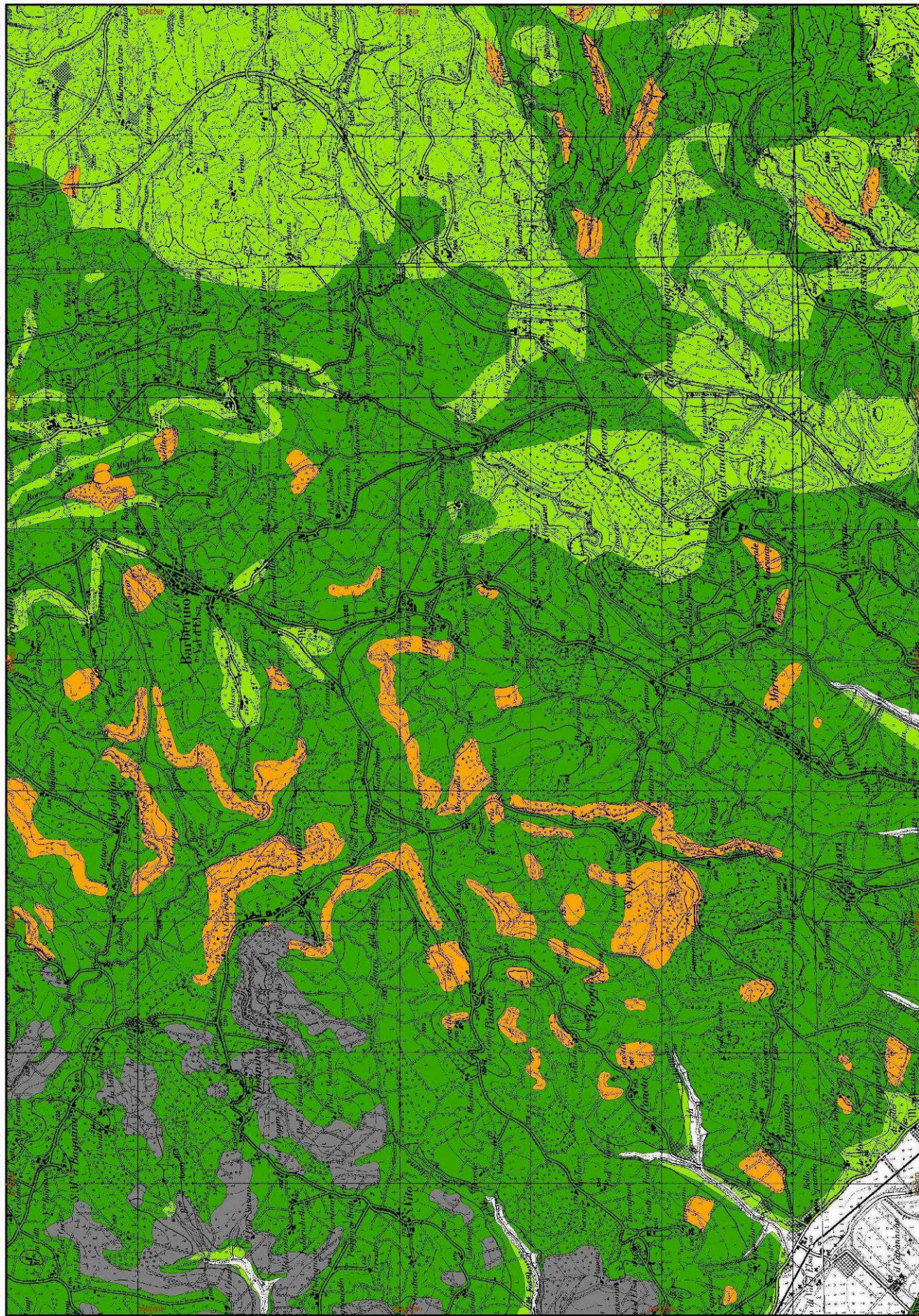
Cartografia prodotta in settembre 2012

Straico n. 108 mod. con Dec. n°40/06, 39/06, 55/07, 36/08, 110/09, 62/12

Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi

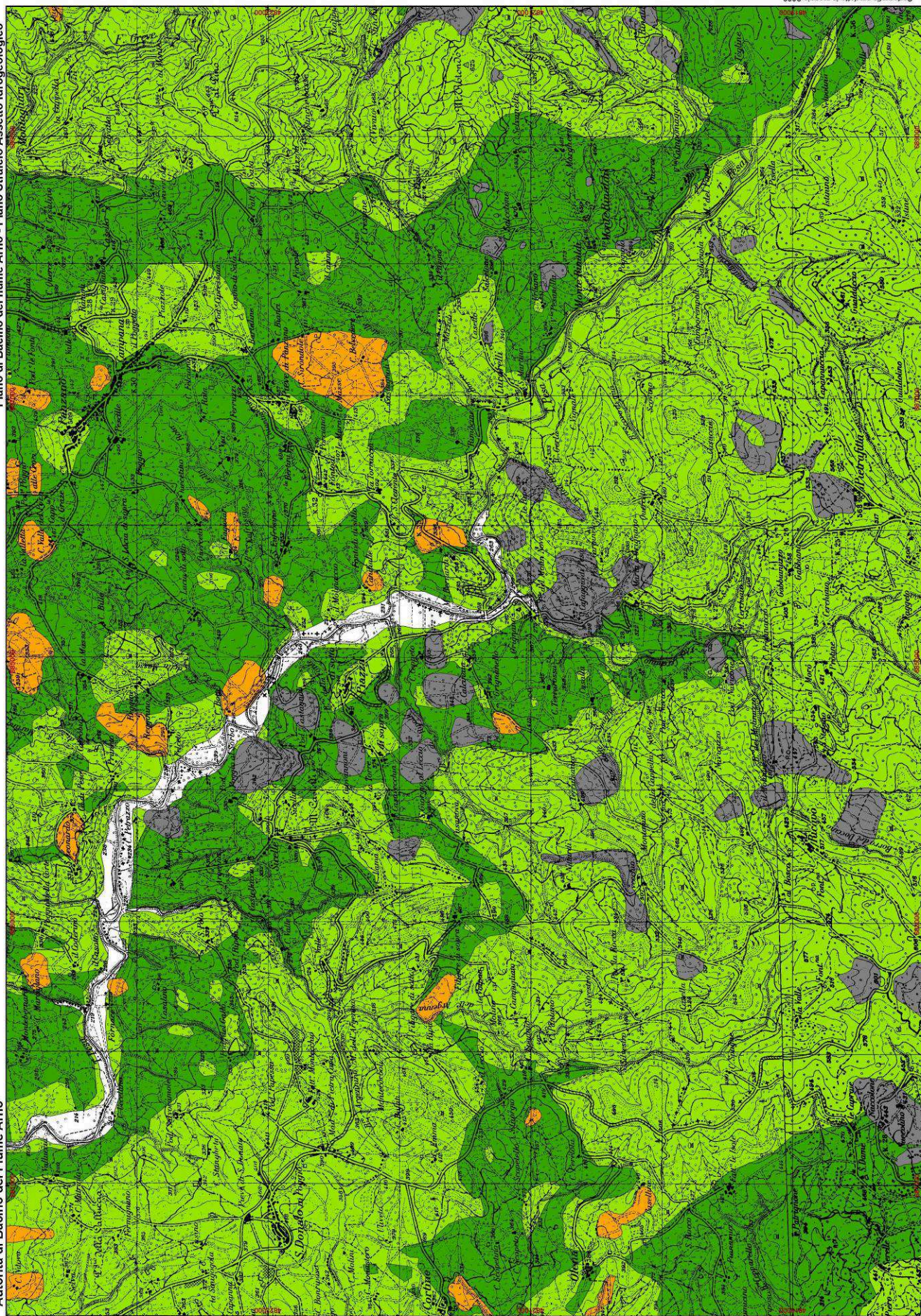
Piano di Bacino del fiume Arno - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Autorità di Bacino del Fiume Arno



Piano di Bacino del fiume Arno - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Autorità di Bacino del Fiume Arno

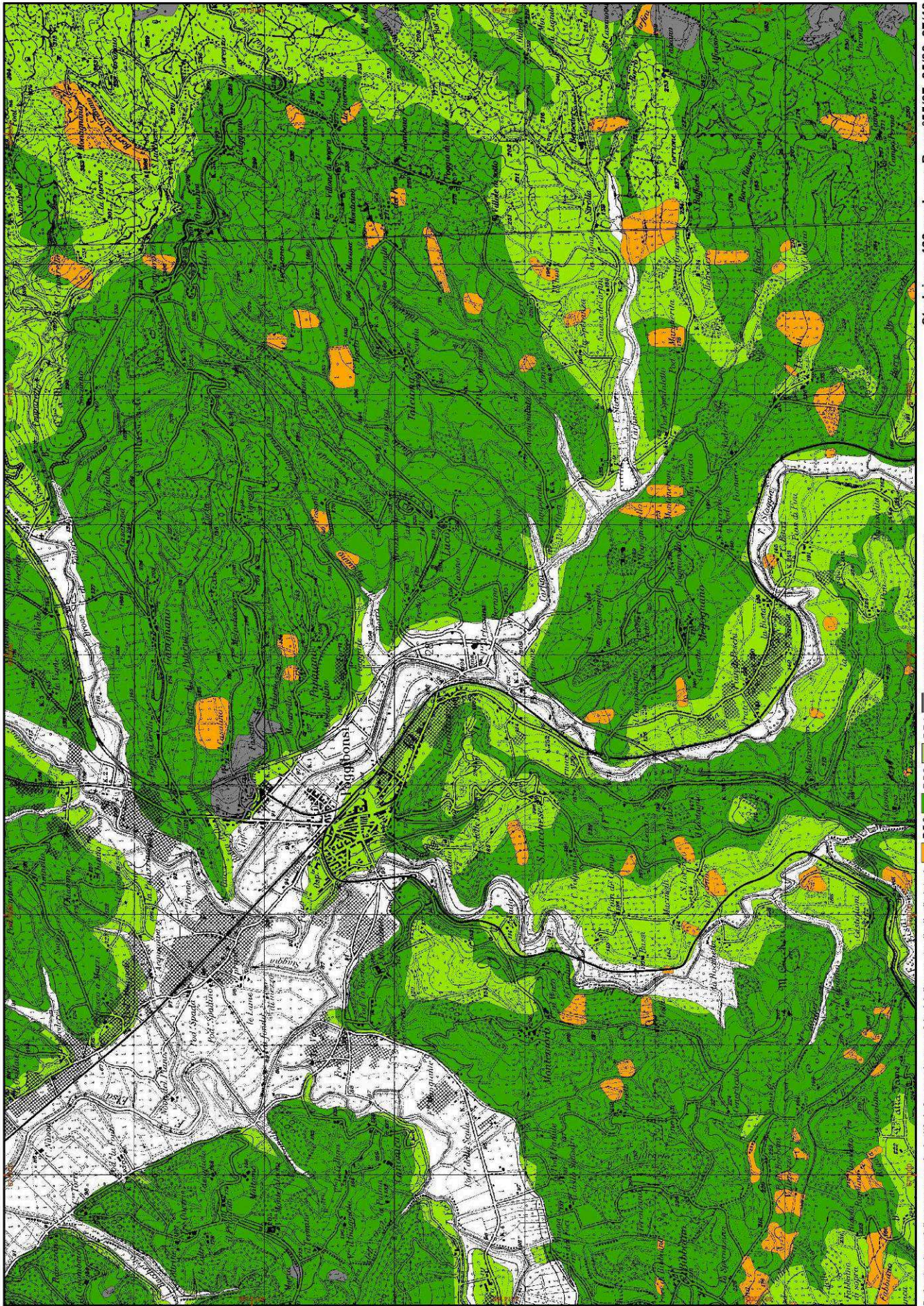


Stralcio n. 110 modificato con Dec.n°31 del 15/05/08, n°35 del 13/05/09

Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi

Piano di Bacino del fiume Amo - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Autorità di Bacino del Fiume Arno



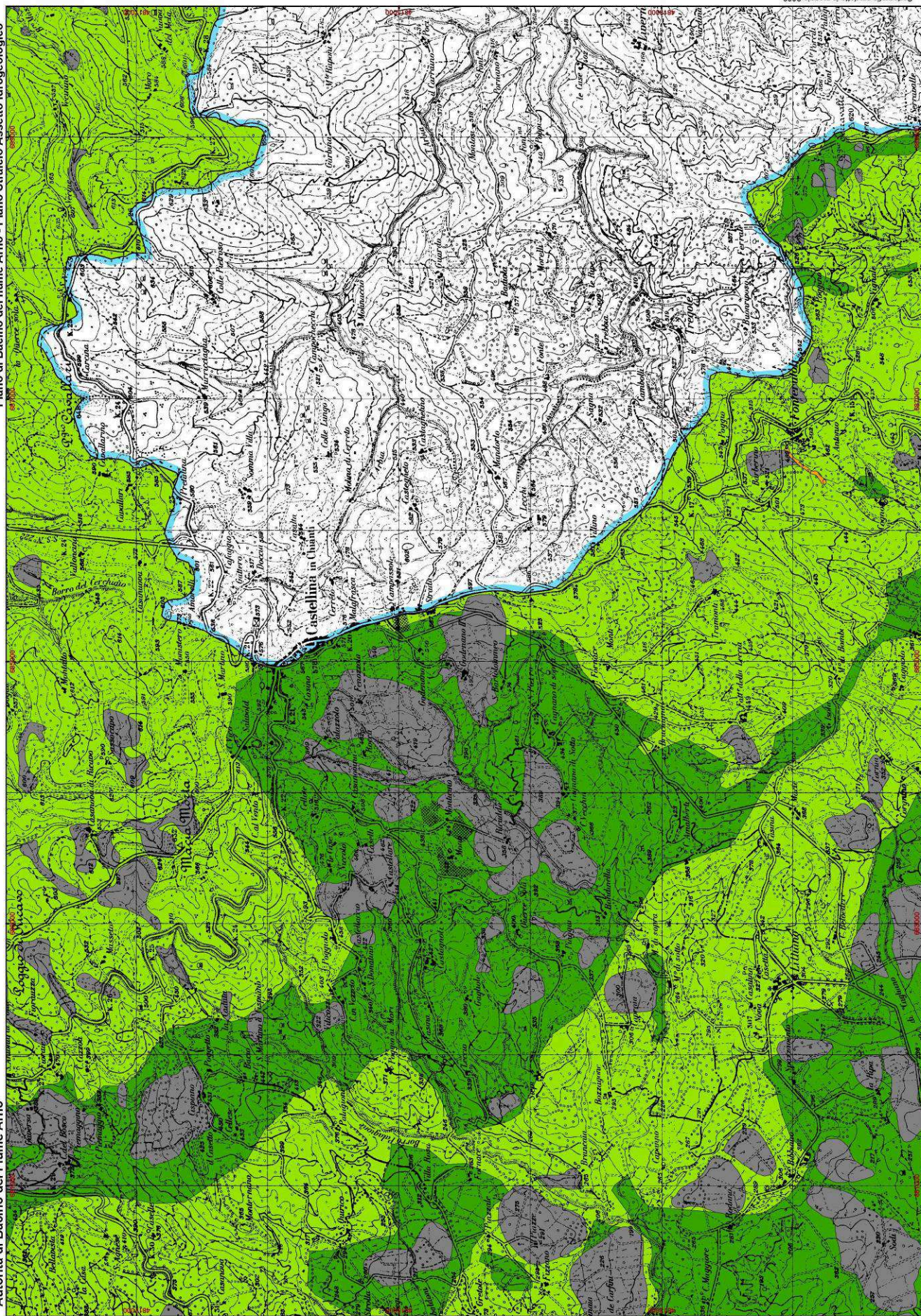
Cartografia prodotta in maggio 2012

Stralcio n. 123 mod. con Dec.n°55/07, 35/09, 37/12

Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi

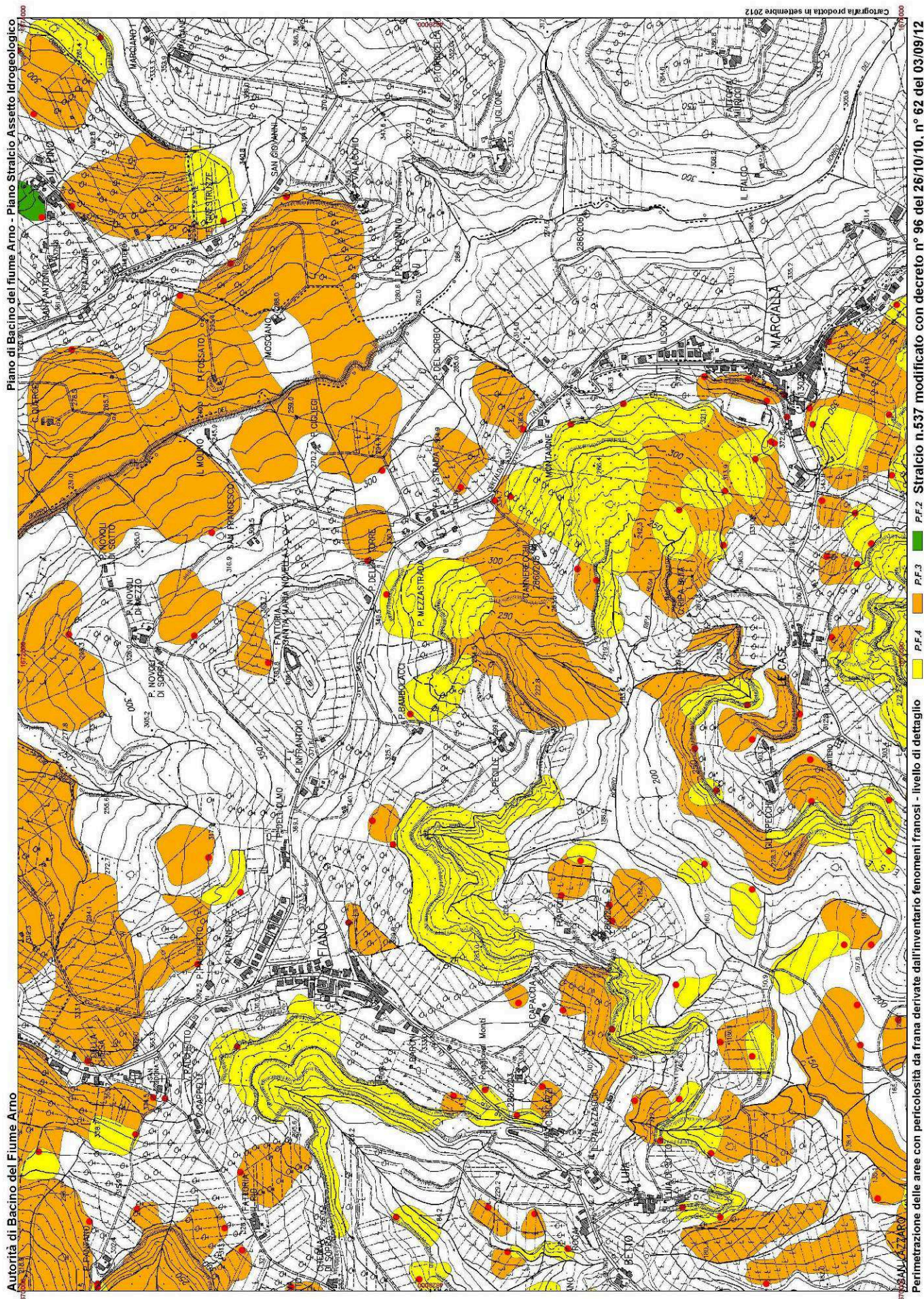
Piano di Bacino del fiume Arno - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Autorità di Bacino del Fiume Arno



Stralcio n. 124 modificato con Dec.n°31 del 15/05/08, n°35 del 13/05/09

Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi



Piano di Bacino del fiume Arno - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Autorità di Bacino del Fiume Arno



Stralcio n.573

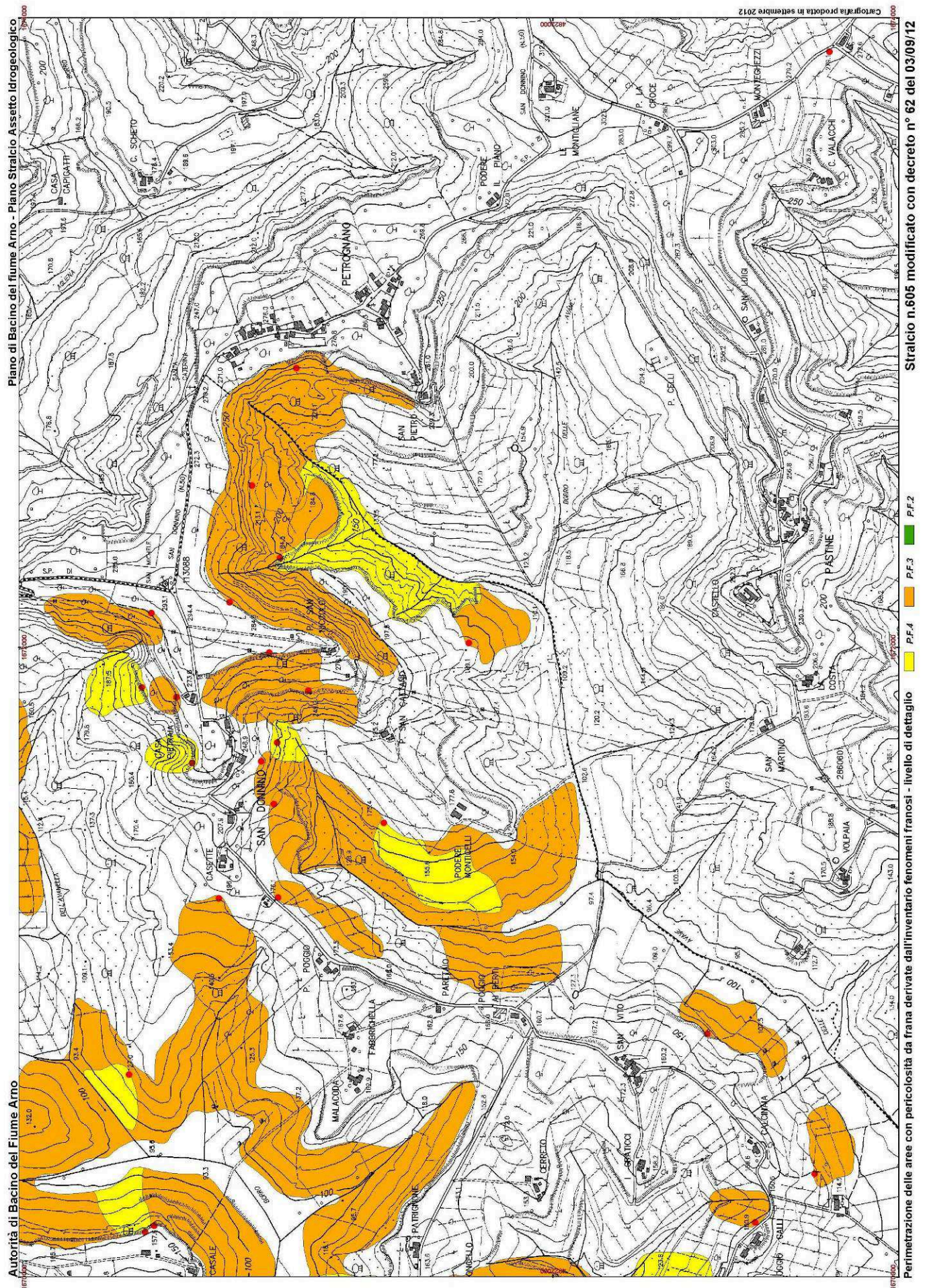
PF.2

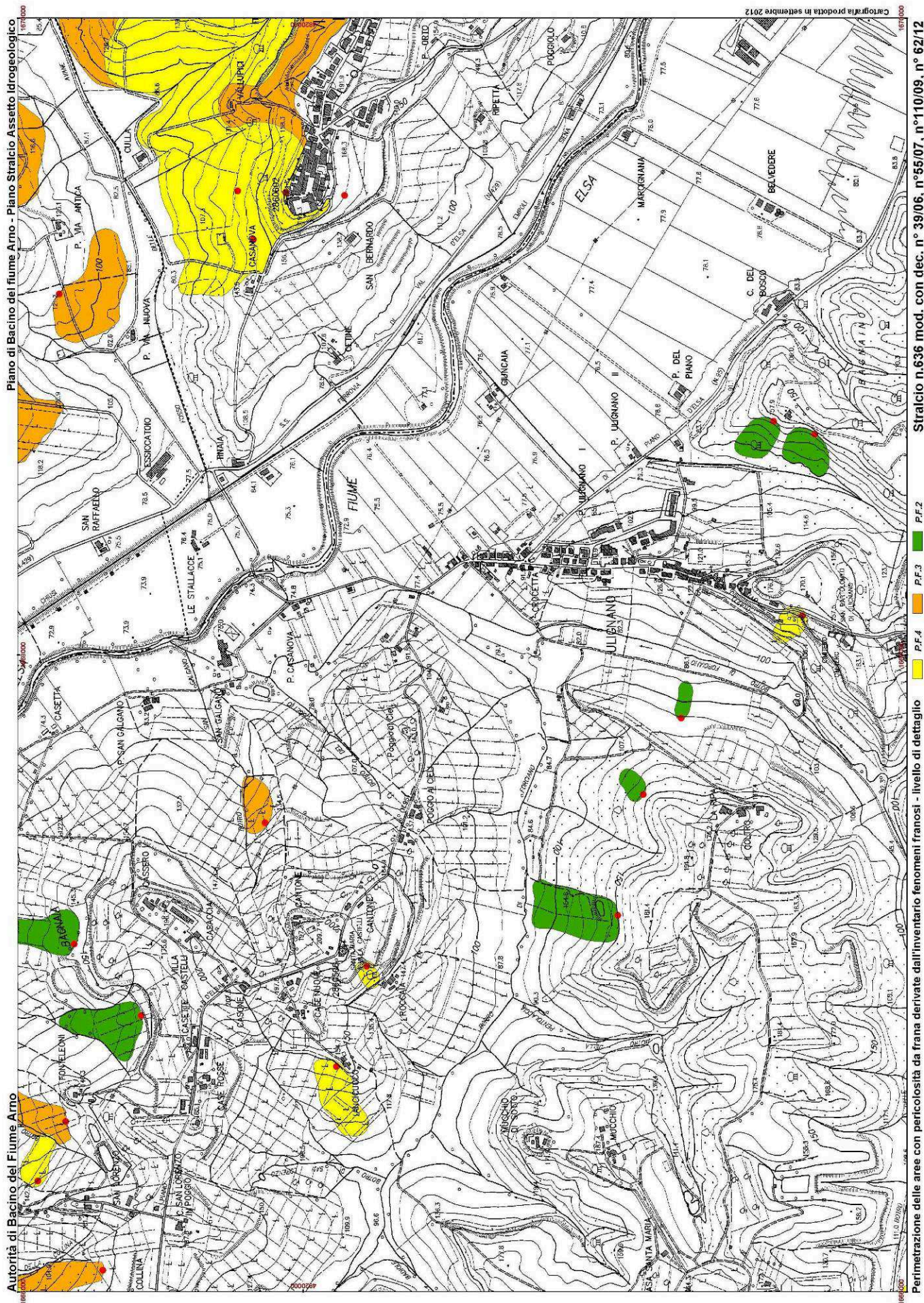
PF.3

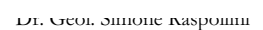
PF.4

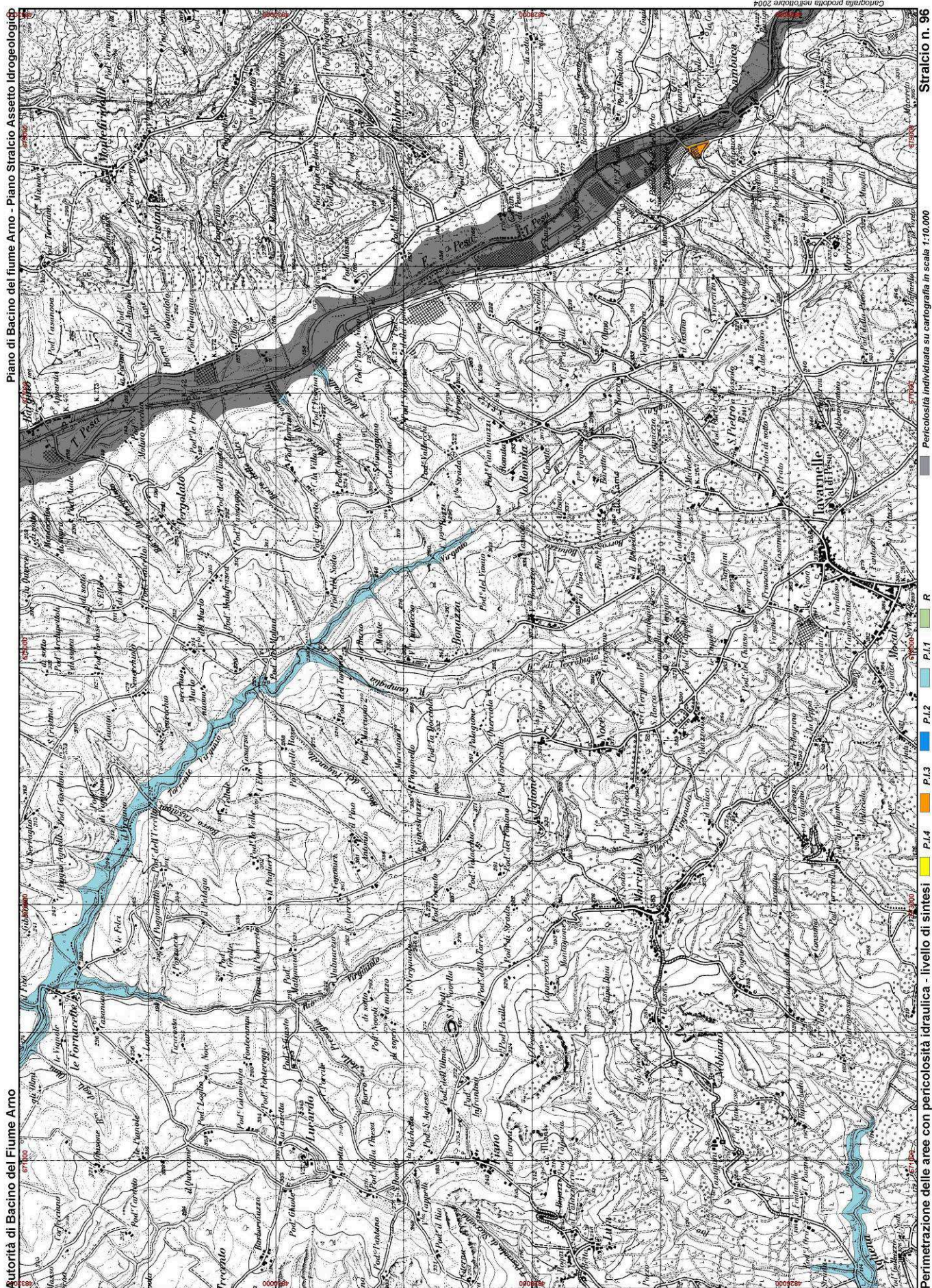
PF.5

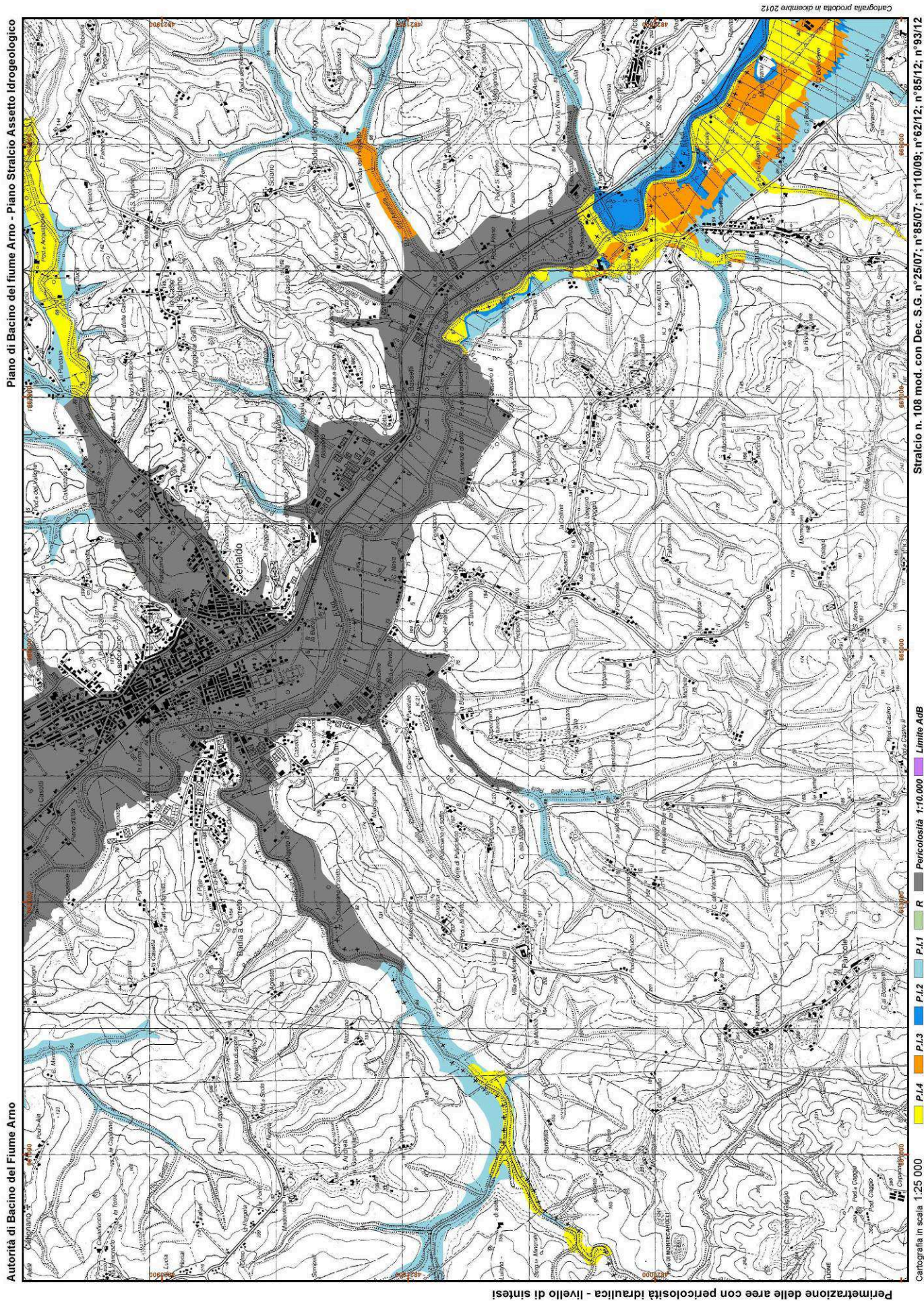
Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario fenomeni franosi - livello di dettaglio

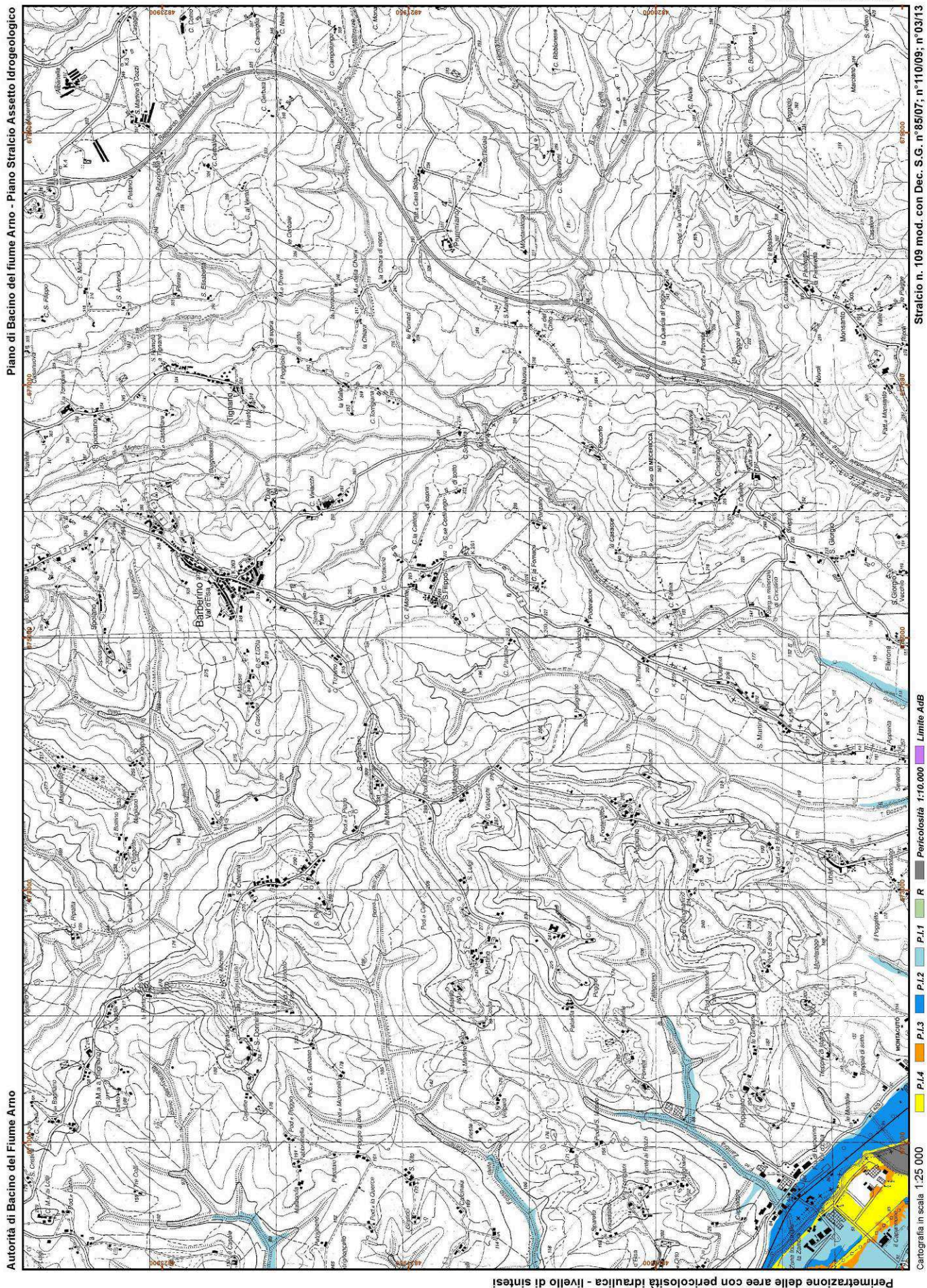


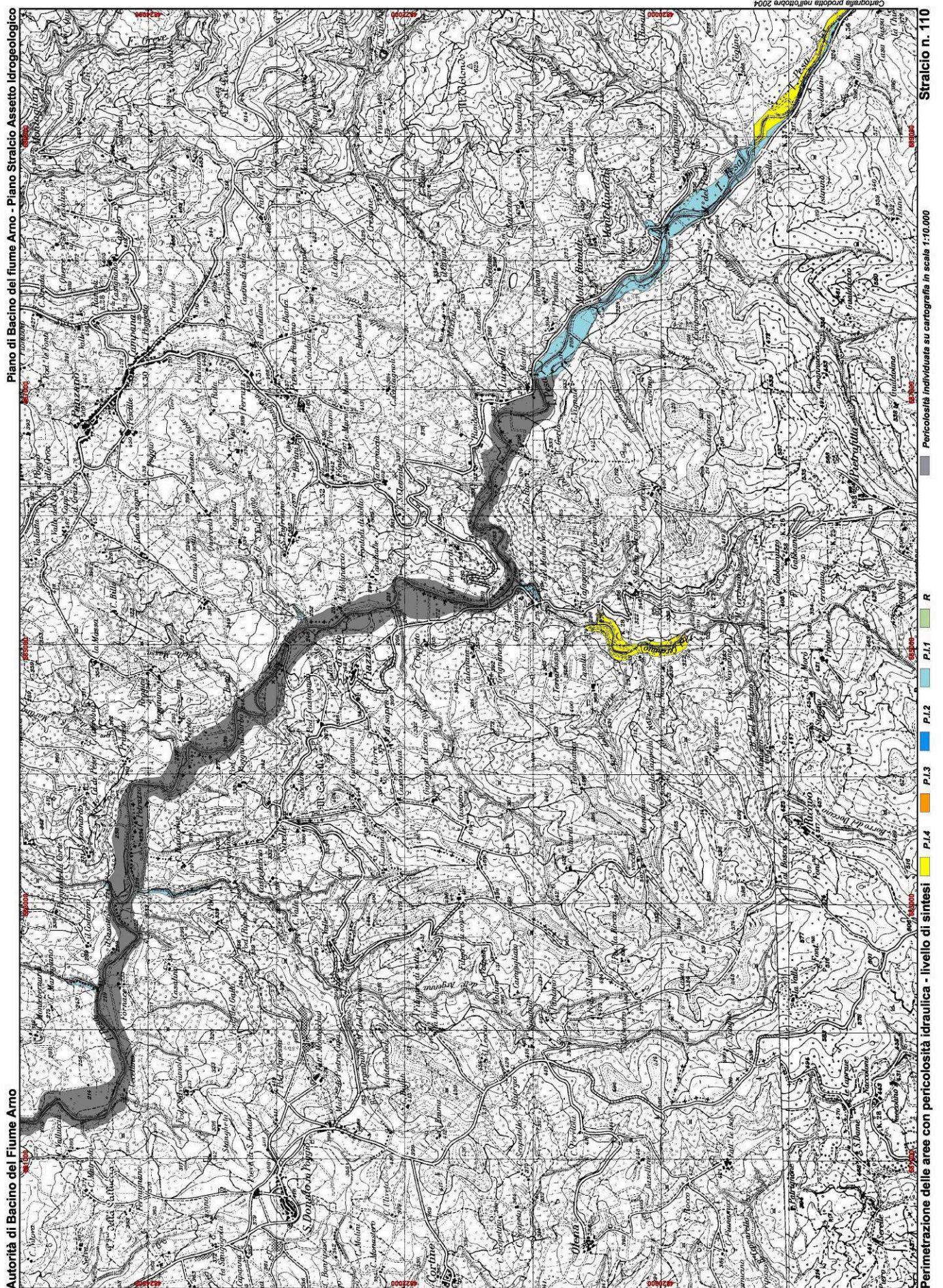






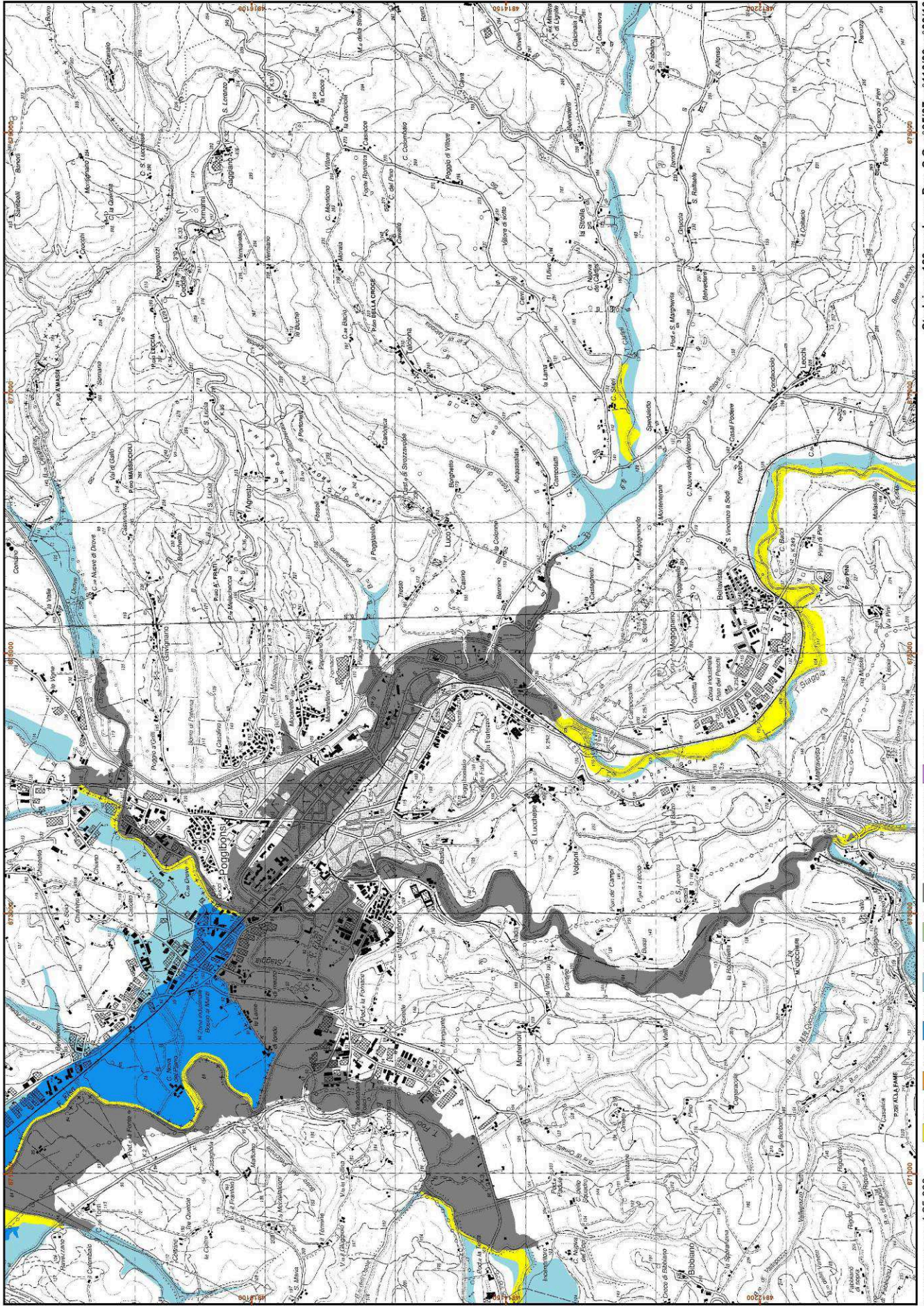






Piano di Bacino del fiume Arno - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Autorità di Bacino del Fiume Arno



Permeazione delle aree con permeabilità idraulica - livello di sintesi

