



AREA SERVIZI TERRITORIALI METROPOLITANI
Servizio Progettazione Costruzioni e Manutenzione Strade

INTERVENTO FINANZIATO NELL'AMBITO DEL VTO PER BOLOGNA

VARIANTE ALLA S.P. 65 "DELLA FUTA"



NODO DI RASTIGNANO - 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO
TRATTO COMPRESO TRA SVINCOLO DI RASTIGNANO E PONTE DELLE OCHE
NEI COMUNI DI SAN LAZZARO DI SAVENA, BOLOGNA E PIANORO
PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED
IDROGEOLOGIA DI INQUADRAMENTO
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
DI INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

IL GEOLOGO Dott. Vittorio Boerio Ord. Geol. Lombardia n.794 RESPONSABILE GEOLOGIA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. III068	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
---	--	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE -- SCALA -	
RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice	Commessa	Lotto, Sub- Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo		Rev.
111444		0001	PD	00	000	00000	00000	R	G E O	0001	- 0	

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER: Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. III068		SUPPORTO SPECIALISTICO:  SOCIETA' DI INGEGNERIA		REVISIONE	
	REDATTO:		VERIFICATO: Dott. Simona Polattini		n.	data
					0	FEBBRAIO 2018
					1	-
					2	-
					3	-
					4	-

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

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
3	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE	7
3.1	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI	7
3.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	8
3.3	FOTOINTERPRETAZIONE	13
3.4	RILEVAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	14
3.5	REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E DI INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	14
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE	16
4.1	DOMINIO LIGURE	18
4.2	DOMINIO EPILIGURE.....	18
4.3	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	19
5	ANALISI DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA BIBLIOGRAFICA	20
5.1	PROGETTO CARG.....	20
5.2	CARTA GEOLOGICA REGIONE EMILIA ROMAGNA	20
6	STRATIGRAFIA.....	24
6.1	DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI	24
6.2	UNITÀ DELLA SUCCESSIONE NEOGENICO - QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO	26
6.3	SUCCESSIONE EPILIGURE	28
6.4	SUCCESSIONE LIGURE.....	30
7	GEOMORFOLOGIA	32
7.1	VERIFICA DI PSAI, PGRA, IFFI, REGIONE EMILIA E PIANO STRUTTURALE COMUNALE	33
8	MODELLO IDROGEOLOGICO D'INQUADRAMENTO.....	46
8.1	RETICOLO IDROGRAFICO	46
8.2	INDIVIDUAZIONE E CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE	46

8.3	LIVELLI PIEZOMETRICI.....	48
9	ELEMENTI DI SISMICA GENERALE	50
9.1	SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2014)	50
9.2	SISMICITÀ RECENTE (DAL 1985 AL 2016)	56
9.3	FAGLIE CAPACI	58
9.4	STRUTTURE SISMOGENETICHE	61
9.5	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	64
10	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....	67
11	PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO.....	73

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto lo studio geologico - geomorfologico a supporto della progettazione definitiva per il II Lotto del “Nodo di Rastignano”, che consiste nel completamento verso Sud dell'asse stradale che collega lo svincolo di Rastignano e Ponte delle Oche.

Lo scopo del lavoro consiste nell'illustrare gli elementi geologici e geomorfologici utili ad individuare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni interessati dall'intervento in progetto.

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

- unità geologiche presenti, sulla base di una caratterizzazione litologica delle singole formazioni, che nel contempo tenga conto delle classificazioni litostratigrafiche e cronostratigrafiche convenzionali;
- assetto geomorfologico del territorio;
- schema idrogeologico generale.

La relazione contiene anche un capitolo di sismica generale, che inquadra il territorio dal punto di vista della sismicità, ed un capitolo di inquadramento idrogeologico, che espone un quadro conoscitivo utilizzabile come punto di partenza per studi quantitativi di idrologia sotterranea.

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

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area analizzata si sviluppa a di Bologna, nei pressi dell'abitato di Rastignano, lungo la valle del Torrente Savena. Nel suo sviluppo, la viabilità percorre 3 comuni (partendo da sud verso nord):

- Comune di Pianoro, attraversato in due tratti: a Sud dove si ritrova lo svincolo del Ponte delle Oche e, subito dopo il torrente Savena, in corrispondenza dell'abitato di Rastignano.
- Comune di Bologna. All'interno di questo ambito si trova l'area del Paleotto e una parte del viadotto Rastignano.
- Comune di San Lazzaro di Savena. All'interno di questa area comunale si sviluppa la connessione fra il I e II Stralcio della Variante, si trovano l'area tutelata di Villa Luisa e lo scavalco ferroviario.

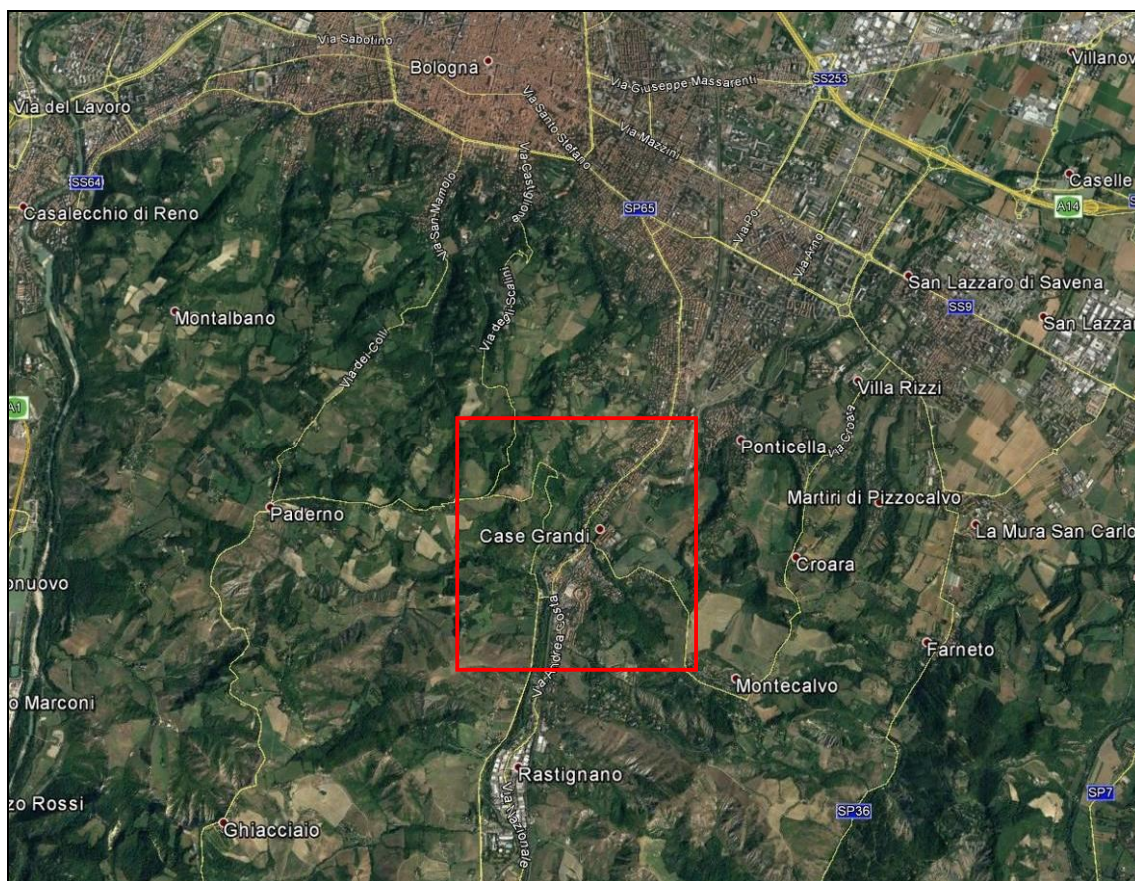


Fig. 1 - Inquadramento geografico dell'area

Le quote altimetriche del terreno si aggirano fra 95 m s.l.m. e 110 m s.l.m. e la morfologia del territorio è stata profondamente influenzata dall'attività antropica, sia in epoca storica (regimazioni idrauliche pre-medievali e medievali del T. Savena, costruzione della ferrovia "Direttissima" Bologna-Firenze, eventi bellici della Prima e Seconda guerra mondiale,

espansione urbanistica post-bellica) sia recenti (costruzione della linea Alta Velocità Bologna-Firenze).

A scala territoriale più ampia si riconoscono invece i tratti morfologici naturali, quali ad esempio talune forme terrazzate di origine fluviale.

Il lotto di completamento della Variante di Rastignano si estende dalla strada di fondovalle Savena (località Ponte delle Oche in comune di Pianoro) al I stralcio (località Trappolone – in comune di San Lazzaro di Savena), completando così una nuova direttrice di scorrimento nel quadrante Sud-Ovest della viabilità della periferia sud-est bolognese, nei pressi dell'abitato di Rastignano, che mette in diretto e veloce collegamento la vallata del Savena con la rete principale urbana di Bologna e con il sistema tangenziale – autostrada.

In questa zona, posta allo sbocco della Valle del Savena nella pianura padana, suddivisa fra i comuni di Bologna, San Lazzaro e Pianoro, si è sviluppato, lungo la strada provinciale della Futa, un complesso urbano compatto, con caratteri a luoghi disordinati, probabilmente favoriti dalla suddivisione amministrativa del territorio. Il fiume e la linea ferroviaria storica Bologna – Firenze hanno costituito degli elementi di cesura del territorio, che risulta così suddiviso fra aree densamente urbanizzate – tipicamente nate a ridosso della strada - aree agricole e naturali.

Per buona parte il contesto geografico di intervento si presenta come fortemente urbanizzato, costituito da edifici a destinazione prevalentemente residenziale, con presenza secondaria di insediamenti produttivi e commerciali.

Procedendo da sud verso nord, l'infrastruttura può considerarsi composta dai seguenti corpi d'opera:

- Tratto di adeguamento della esistente strada di fondovalle Savena (via De Gasperi) alla nuova rotatoria del Ponte delle Oche;
- Nuova rotatoria del Ponte delle Oche, che permette il raccordo fra la nuova variante e il tracciato storico della SP65;
- Tratto in leggero rilevato fino alla Via Torriane sul medesimo sedime della esistente via del Paleotto; successivamente la strada sale gradualmente di quota con un'ampia curva verso destra fino a raggiungere la rotatoria del Parco Paleotto;
- Nuova rotatoria del Parco Paleotto, che ha la funzione di consentire il collegamento con la porzione di Via del Paleotto.;

- Tratto di attraversamento dell'abitato di Rastignano: dopo la rotatoria Paleotto, la strada si mantiene in quota e con un viadotto di 260m di lunghezza scavalca Via del Paleotto, attraversa il torrente Savena e il tracciato storico della SP65. Successivamente si mantiene in leggero rilevato nell'ampio terrazzo compreso fra la SP65 e la ferrovia Bologna - Firenze. Quindi scavalca la ferrovia con un ponte.

Complessivamente la lunghezza dell'asta principale è di circa 1560m.

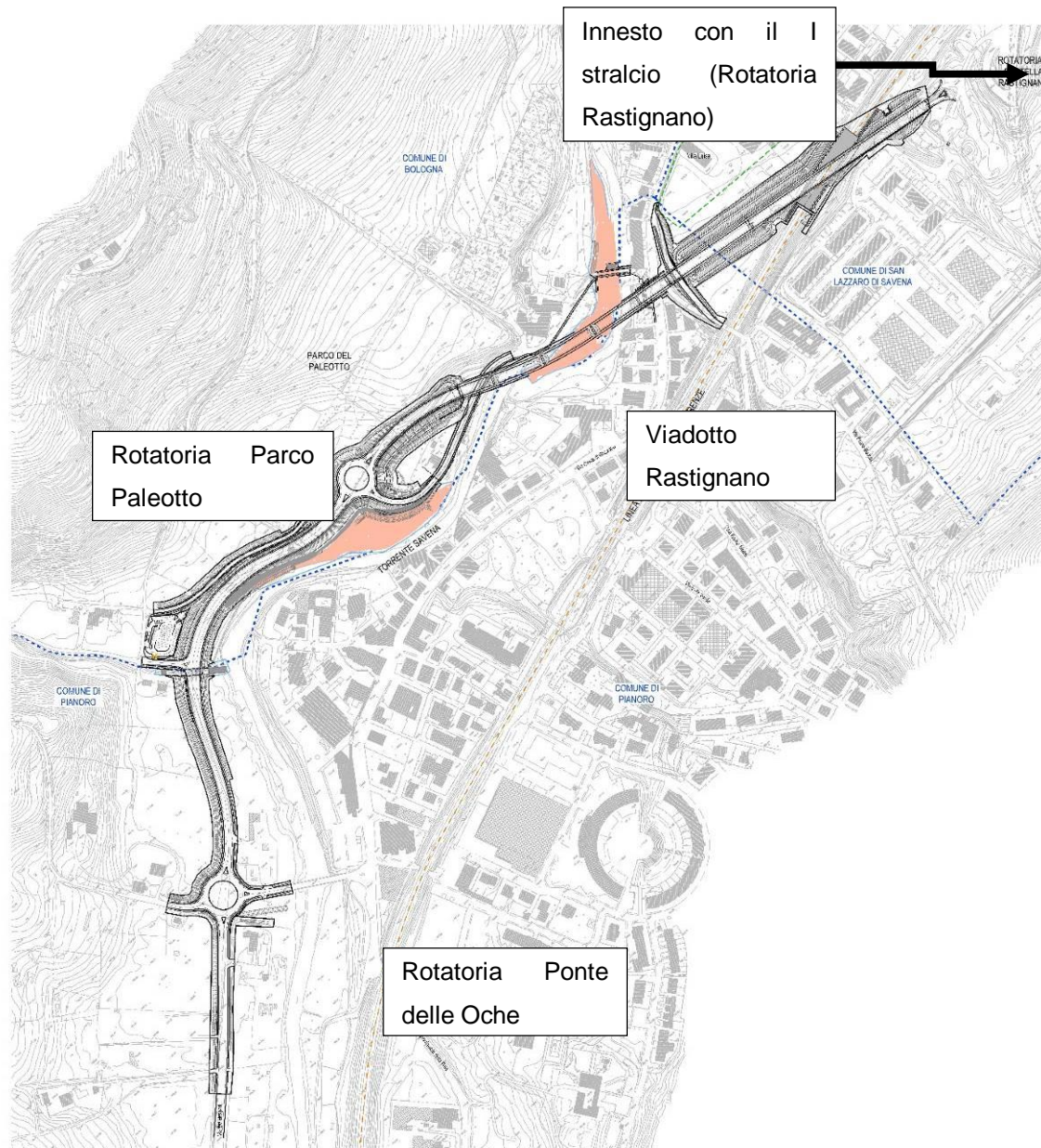


Fig. 2 - Planimetria generale

3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

3.1 Raccolta dei dati pregressi

Sono stati reperiti tutti i dati disponibili presso vari Enti pubblici o precedenti progetti inerenti la tratta in esame e di ogni altro dato disponibile e significativo per l'elaborazione di un modello concettuale dell'area.

I dati di base utili all'inquadramento geologico, geomorfologico sono stati ricavati dai seguenti documenti:

- Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale alla scala 1:250.000 CNR, 1982;
- Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 - Foglio 87 Bologna;
- Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (Progetto CARG) - Foglio 221 Bologna;
- Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna scala 1:250.000 (Servizio geologico sismico e dei suoli);
- Documentazione inerente la geologia ed il dissesto presente sul sito della Regione Emilia (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati>). In particolare:
 - Cartografia Geologica 1:10.000 (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis>)
 - Carta inventario frane e archivio storico delle frane (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/cartografia-dissesto-idrogeologico>)
 - Catalogo delle frane del Bacino del Reno (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/strumenti-e-dati/frane/catalogo-frane-storiche>);
 - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) - Autorità di Bacino del Fiume Reno (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-reno/pianificazione>)
 - Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni relative al territorio della Regione Emilia-Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/cartografia#MokaPGRA>).
- Catalogo dei Dati Geografici, servizio di cartografia online della Regione Emilia-Romagna: <http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo>, messo a disposizione Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli;
- Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI) sul sito <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/iffi-inventario-dei-fenomeni-franosi-in-italia>;

- Catalogo dei Dati Geografici, servizio di cartografia online della Provincia di Bologna: <https://cartografia.cittametropolitana.bo.it/catalogo/>;
- Piano Territoriale della Provincia di Bologna (PTCP) https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/PTCP_-_documenti_di_piano;
- Piano Strutturale Comunale del Comune di Bologna – Quadro conoscitivo <http://www.comune.bologna.it/psc/documenti/3310/>
- Piano Strutturale Comunale del Comune di Pianoro – http://www.uvsi.it/images/stories/psc_2011_pianoro/psc.htm
- Piano Strutturale Comunale del Comune di S. Lazzaro di Savena - <http://www.comune.sanlazzaro.bo.it/aree-tematiche/territorio/edilizia-e-urbanistica/psc-piano-strutturale-comunale>

Per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo e per l'inquadramento idrogeologico sono stati analizzati i seguenti documenti:

- Dati geognostici pregressi ricadenti nelle adiacenze del tratto di interesse (pozzi, sondaggi, cpt, pozzetti della Banca dati geognostici regionali o BDGR)
- Dati geognostici e acquisiti nel corso delle campagne di indagini per il progetto del Nodo di Rastignano ovvero per la linea ferroviaria AV/AC Bologna-Firenze.

Per l'analisi aerofotogrammetrica sono stati utilizzati i seguenti voli:

- Fotogrammi aerei (ortorettificati e non) relativi a diversi anni e quote di volo (fonti: Archivio Cartografico dell'Emilia-Romagna e Portale Cartografico Nazionale PCN)

3.2 Indagini geognostiche

I dati pregressi di sottosuolo analizzati riguardano le varie campagne geognostiche eseguite in anni successivi negli areali interessati dal Nodo di Rastignano e per il progetto della linea ferroviaria AV/AC Bologna-Firenze.

Nella fase di analisi dei dati geognostici, si è attribuito un criterio di attendibilità, che ha previsto una maggiore confidenza nelle informazioni ottenute dai sondaggi direttamente osservati in cantiere; subordinatamente sono stati considerati quelli con un log stratigrafico corredato da documentazione fotografica ed infine quelli per i quali risultava disponibile unicamente il log stratigrafico.

Le campagne indagini si sono articolate in indagini e rilievi in sito (sondaggi penetrometrici statici e dinamici, a carotaggio continuo e sismici, rilievi geomeccanici) ed in prove di

laboratorio. I certificati di prova inerenti alle prove di laboratorio sono disponibili solo per le campagne indagini del 2004 (RCT), 2007 (SPG), 2009 (Sogeo Srl – SGT Sas) e 2016 (Geoprobe); per quanto attiene alle indagini sismiche del 2004, sono disponibili unicamente le interpretazioni stratigrafiche delle prove sismiche, senza i dati tomografici acquisiti in campagna.

Tutti i dati di sottosuolo raccolti, elencati di seguito, sono stati utilizzati per la redazione della Carta geologica – Geomorfologica e del Profilo Geologico.

- Anno 1996 – Committente: ANAS – Società appaltatrice: THESIS ENGINEERING
- Anno 1998 - Committente: Consorzio CAVET – Società appaltatrice: Consorzio Treesse
- Anno 2004 – Committente: ECO-TER Srl - Società appaltatrice: RCT
- Anno 2007 – Committente: Enser Srl – Società appaltatrice: SPG
- Anno 2009 – Committente: Enser Srl – Società appaltatrice: Sogeo Srl – SGT Sas
- Anno 2016 - Committente: Enser Srl – Società appaltatrice: Geoprobe Srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Codice	Tipo di indagine	Campagna geognostica	Lunghezza (m)	Coordinate (SPEA 2016)		Quota del p.c. [m. slm]
				Est	Nord	
S1	Sondaggio stratigrafico	1996	20.0	9894673.093	3151014.933	97.88*
S2			20.0	9894719.820	3151021.134	93.01*
S3			20.0	9895061.577	3151252.729	106.51*
BH2		1998	20.0	9895045.829	3151281.055	102.04*
BH3			20.0	9895106.123	3151243.144	111.18*
S1		2004	26.6	9894460.266	3150909.307	103.01
S2			31.2	9894965.169	3151226.181	105.34*
S3			30.5	9895024.681	3151210.323	111.87*
ENS1		2007	12.0	9894287.826	3150301.399	101.80*
ENS2			12.0	9894278.087	3150663.117	100.72*
ENS3			13.0	9894710.718	3151076.467	97.83*

Codice	Tipo di indagine	Campagna geognostica	Lunghezza (m)	Coordinate (SPEA 2016)		Quota del p.c. [m. slm]
				Est	Nord	
ENS4		2007	12.75	9894746.829	3151081.323	98.92*
ENS5			14.5	9894787.729	3151076.990	105.96*
BH1		2009	6.6	9894322.637	3150726.826	100.87*
BH2			10.0	9894531.367	3150935.254	99.74*
BH3			10.0	9894970.984	3151228.998	105.34*
BH4			10.0	9895035.687	3151271.789	102.80*
BH5			12.0	9894607.556	3150933.479	97.38*
TP1		2016	1.0	9894276.901	3150578.181	101.00
TP2			1.0	9894257.273	3150712.660	103.20
TP3			1.0	9894460.081	3150880.895	100.50
TP4			1.0	9894964.584	3151228.619	105.30
DPSH1	Prova penetrometrica dinamica	1998	2.4	9895023.693	3151263.839	102.62*
DPSH2			2.4	9895043.959	3151249.450	102.80*
DPSH3			2.1	9895074.578	3151235.893	108.50*
DPSH4			1.8	9895110.049	3151329.253	106.95*
DPSH5			1.8	9895141.296	3151266.444	103.00*
DPSH6			8.4	9895138.663	3151217.769	110.00*
CPTU1	Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono	2009	5.5	9894544.689	3150946.555	99.27*
CPTU2			2.0	9894528.045	3150968.163	108.70*
CPTU3			5.3	9894489.543	3150911.268	103.25*

* quota presunta rilevata a posteriori da cartografia

INDAGINI GEOFISICHE

Codice	Tipo di indagine	Campagna geognostica	Lunghezza (m)	Coordinate SPEA 2016		Quota del p.c. [m. slm]
				Est	Nord	
PIA1	Stendimento sismico a rifrazione in onde P	2004	115	9894961.838, 9894854.684,	3151211.767 3151142.400	105.00
PIA2			115	9894791.907, 9894864.457,	3151085.971 3151151.711	105.00
PIA6			88	9894296.108, 9894262.100,	3150719.943 3150638.793	101.00
TR1	Prova HVSR	2009	-	9894314.066	3150721.168	100.51*
TR2			-	9894262.222	3150643.152	100.69*
TR4			-	9894391.467	3150815.710	101.00*
TR5			-	9894547.605	3150956.154	99.90*
TR6			-	9894797.950	3151084.735	106.43*
TR7			-	9895048.927	3151285.121	102.04*
TR8			-	9894961.873	3151215.637	105.37*

* quota presunta rilevata a posteriori da cartografia

Indagini 1996 – Thesis Engineering

Le indagini geognostiche utili consistono in:

- n. 3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità di 20 m da piano campagna, con carotiere semplice in terreno e doppio in roccia.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT e sono stati prelevati campioni rimaneggiati. Nelle perforazioni S1 ed S3 sono stati installati piezometri a tubo aperto.

Indagini 1998 – Consorzio Treesse

Le indagini geognostiche utili consistono in:

- n. 2 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità di 20 m da piano campagna con carotiere semplice in terreno e doppio in roccia.
- n. 6 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti, spinte a rifiuto a profondità comprese tra 2.1 m e 2.7 m circa da piano campagna.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT e sono stati prelevati campioni di roccia. Nelle perforazioni sono stati installati piezometri a tubo aperto.

Indagini 2004 – RCT

Le indagini geognostiche utili consistono in:

- n. 3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese fra 26.60 m e 31.2 m da piano campagna con carotiere semplice in terreno e doppio in roccia.
- N. 3 tomografie sismiche a rifrazione con misura delle onde P della lunghezza compresa fra 88m e 115m.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT, prove pressiometriche e sono stati prelevati campioni di roccia. Nelle perforazioni S2 ed S3 sono stati installati piezometri di tipo Casagrande.

Indagini 2007 – SPG

Le indagini geognostiche utili consistono in:

- n. 3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese fra 12.00 m e 14.5 m da piano campagna con carotiere doppio tipo wire-line.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT, prove Lugeon e sono stati prelevati campioni di roccia.

Indagini 2009 – Sogeo / SGT

Le indagini geognostiche utili consistono in:

- n. 5 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese fra 6.6 m e 12 m da piano campagna con carotiere semplice, di cui uno inclinato di 35° rispetto all'orizzontale.

- n. 3 sondaggi penetrometrici statici con punta elettrica e piezocono, spinti a rifiuto a profondità comprese fra 2.0m e 5.3m; è stata altresì eseguito uno stop in sabbia per l'accertamento del livello della falda.
- n. 7 prove di sismica passiva a stazione singola del tipo HVSR.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT e sono stati prelevati campioni rimaneggiati. Nelle perforazioni sono stati installati piezometri a tubo aperto.

Indagini 2016 – Geoprobe

Le indagini geognostiche consistono in:

- n. 4 pozzetti esplorativi eseguiti con mezzo meccanico e spinti fino a -1.0 m da piano campagna con rilievo stratigrafico, esecuzione di prova di carico su piastra circolare (norma SN 670 317a) e prelievo di un campione medio di terreno fra 0.5m e 1.0m di profondità da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico.

L'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata in GEO 0005, utilizzando simbologia differente in relazione alla tipologia di indagine ed alla fonte.

3.3 Fotointerpretazione

L'area in esame è stata analizzata sotto il profilo geomorfologico a piccola scala, al fine di discriminare e riconoscere l'insieme delle forme e dei fenomeni che possano descrivere l'evoluzione del territorio nel loro complesso. Tale studio è stato condotto sia tramite l'osservazione in stereoscopia delle foto aeree acquisite durante riprese aeree nelle passate decenni, sia l'osservazione degli ortofotopiani aerei/satellitari più recenti. Gli anni in esame sono: 1969, 1976, 1985, 1996, 2006 e 2012. Le risultanze di questa analisi multi temporale, assieme alle verifiche in situ, sono sintetizzate nella Carta Geologica – Geomorfologica allegata.

Il quadro riepilogativo dei fotogrammi analizzati è riportato di seguito.

FONTE	ANNO	STRISCIATA	FOTOGRAMMI
PCN	2012	Ortofotopiani da satellite	
PCN	2006	Ortofotopiani da satellite	
PCN	1996	N/D	N/D
Archivio	1985	15d	645

FONTE	ANNO	STRISCIATA	FOTOGRAMMI
PCN	2012	Ortofotopiani da satellite	
Cartografico E-R			648
Archivio Cartografico E-R	1976	30	1264 1265
Archivio Cartografico E-R	1969	15	432 433

3.4 Rilevamento geologico e geomorfologico

Lo studio geologico – geomorfologico è stato condotto in agosto-settembre 2016 e si è sviluppato attraverso i seguenti momenti conoscitivi:

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

L'area è caratterizzata da scarsi affioramenti e da ampie coperture, pertanto, per la ricostruzione delle cartografie e del profilo geologico, sono risultate fondamentali le indagini geognostiche.

3.5 Redazione della cartografia geologica, geomorfologica e di inquadramento idrogeologico

Sulla base delle attività conoscitive svolte e di tutti i dati bibliografici raccolti è stato possibile ricostruire il quadro geologico dell'area di studio. Gli elementi acquisiti hanno portato alla compilazione dei seguenti elaborati tematici di sintesi alla scala 1:5000:

- Planimetria geologica e profilo geologico longitudinale - GEO0002
- Planimetria geomorfologica - GEO0003
- Planimetria idrogeologica di inquadramento e profilo idrogeologico - GEO0004
- Planimetria ubicazione indagini - GEO0005

Per quanto concerne la geologia, la base di partenza è costituita dalla cartografia preesistente redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna. Nella cartografia geologica sviluppate in questa sede sono state riportate le

successioni stratigrafiche, distinguendo le aree in affioramento da quelle dove l'ammasso roccioso è sub - affiorante (ricoperto da modesti spessori di suolo o di detrito), vi sono inoltre rappresentati i principali lineamenti tettonici e le giaciture dei piani di strato. Per quanto attiene agli elementi strutturali ed al relativo assetto, si sottolinea come la loro ubicazione in planimetria ed in sezione possa, talora, presentare un certo grado di indeterminatezza, in ragione della frammentaria esposizione rocciosa e della presenza di estese coltri di copertura.

Per quanto concerne la geomorfologia sono state riportate le forme ed i processi geomorfologici riferibili a tre categorie principali:

- Forme e processi dovuti alla dinamica fluviale;
- Forme antropiche;
- Forme e processi di tipo gravitativo.

I processi gravitativi comprendono le frane, che sono state suddivise in funzione del grado di attività, distinguendo forme attualmente in evoluzione e forme attualmente quiescenti entrambe, ove possibile, suddivise in corpo di frana, nicchia di distacco e coronamento.

In particolare si evidenzia che sono considerate attive le frane con evoluzione stagionale o comunque quelle che all'analisi multitemporale delle foto aeree mostrano una persistenza di forme e segnali di attività.

Le frane quiescenti sono state indicate con la sigla Fq. Si sottolinea come queste frane presentino una forte propensione alla riattivazione quando osservate su scala temporale più ampia e soprattutto in presenza di fenomeni eccezionali (meteorici o sismici) o nel caso di interventi antropici non correttamente concepiti.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE

L'area in esame si inserisce, da un punto di vista geologico-strutturale, nel contesto dell'Appennino settentrionale; esso è costituito da una catena a falde, caratterizzata dalla sovrapposizione di elementi paleogeografici più interni su elementi più esterni (i termini interno ed esterno si riferiscono alla direzione verso cui si propaga la deformazione orogenetica).

La catena deriva dalla deformazione di differenti domini paleogeografici meso-cenozoici: il Dominio ligure (corrispondente in larga misura all'area oceanica), il subligure, sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, e il Dominio toscano - umbro di pertinenza adriatico - padana. Oltre a questi domini entra a far parte dell'Appennino settentrionale il Dominio epiligure, formato da sedimenti depositi a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate.

Durante le varie fasi orogenetiche che hanno caratterizzato questo settore appenninico, le falde sono state smembrate dall'attività tettonica lungo fasce di scorrimento meccanico, producendo un quadro composto da volumi rocciosi piuttosto complesso. La gerarchia di tali volumi, a livello più generale, li ha inquadrati in unità tettoniche, ossia volumi rocciosi delimitati da contatti meccanici e facenti parte di una stessa successione stratigrafica.

Per questa porzione della catena le unità riconosciute si sono strutturate a partire dalla fase orogenetica post-mesoalpina (Eocene medio – Pleistocene) e sono riferibili al dominio epiligure, al cui interno sono localmente presenti olistoliti di formazioni liguridi (Argille Varicolori, Monghidoro, Loiano e Marne di Monte Piano). Al di sopra delle unità Epiliguri poggiano i depositi del Sistema Emiliano Romagnolo Superiore.

Per quanto attiene agli elementi tettonici di importanza regionale individuati localmente, nella valle del Savena (come in tutte le valli appenniniche) si individua un importante lineamento tettonico trasversale all'asse della catena (andamento antiappenninico NNE-SSW). Le caratteristiche di questo lineamento sono state esaminate in diversi studi sull'evoluzione tettonica mio-pliocenica della Catena, dai quali risulta che la faglia della val Savena si è impostata sin dal Miocene superiore e durante il Messiniano ha determinato la definizione di due settori a diversa subsidenza, da cui deriva la drastica diminuzione di spessore della successione evaporitica a Ovest della stessa. La linea del Savena avrebbe anche agito, in tempi successivi dalla fine del Miocene al Quaternario, come svincolo cinematico trasversale laterale ad accavallamenti di ordine maggiore.

Ai movimenti tettonici avvenuti lungo il lineamento del Savena possono essere ricondotte talune condizioni di fratturazione osservate nei litotipi, sia nell'esame strutturale degli affioramenti, sia nelle porzioni rocciose attraversati dai sondaggi geognostici

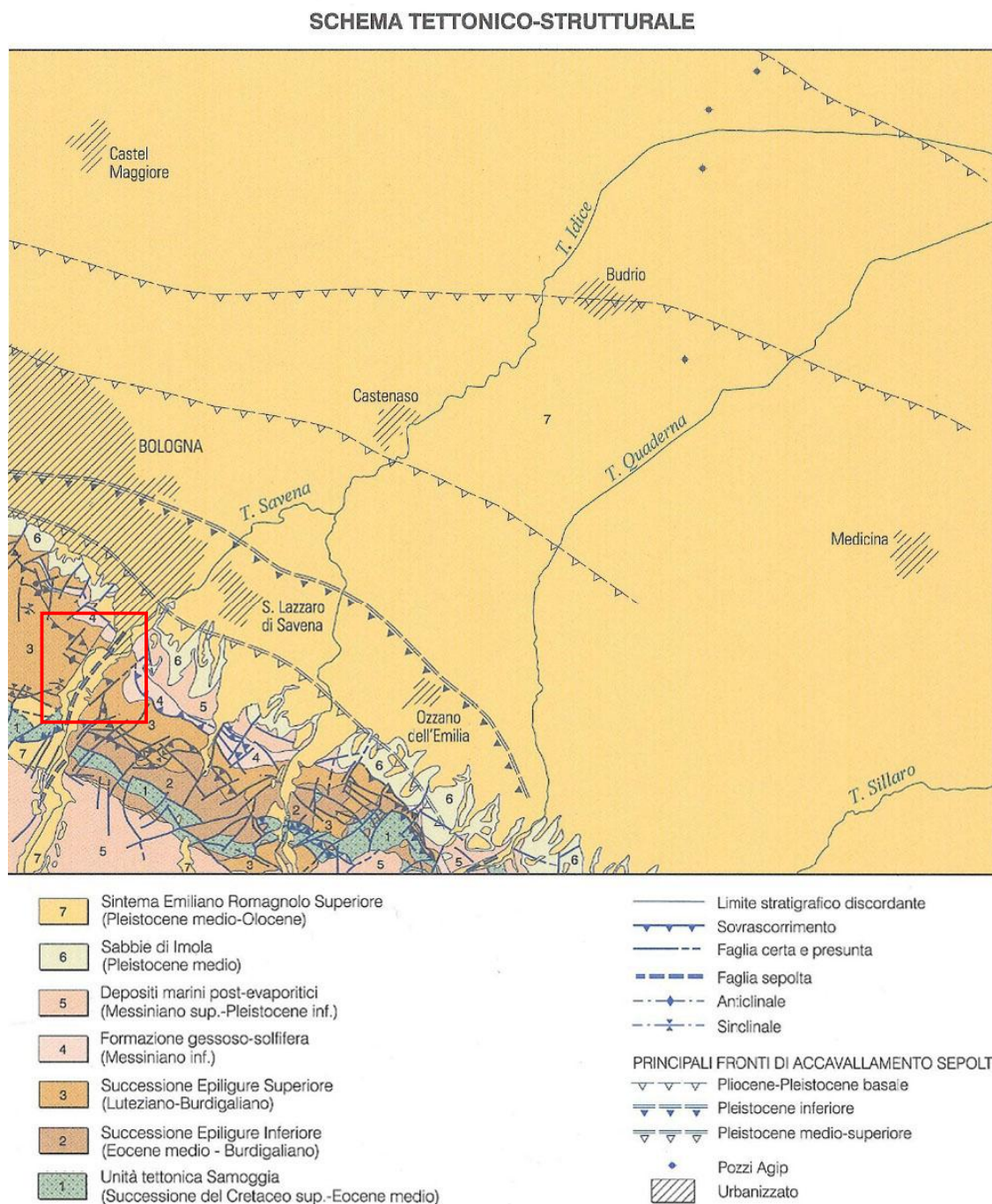


Fig. 3 - Schema tettonico-strutturale dell'area bolognese (da CARG Foglio 221 Bologna)

Più in dettaglio, sono state riconosciute le seguenti unità tettoniche (dalla più antica alla più recente):

4.1 Dominio Ligure

Si può suddividere in due unità strutturali principali, ognuna delle quali rappresentata da una vasta serie di successioni stratigrafiche:

- formazioni torbiditiche flyschoidi del Cretacico - Eocene, con relative facies di scarpata o di chiusura di bacino: ad essi appartengono la formazione di Montevenere e di Monghidoro (con progressiva diminuzione degli apporti carbonatici a favore di quelli silicoclastici);
- unità a struttura caotica cretacicche, storicamente afferenti alle Argille Scagliose o complesso Autoctono. Ad esse appartengono le Argille a Palombini (talvolta associati a masse ofiolitiche, corpi arenacei torbiditici e Argilliti variegate), le Argille Varicolori, le Argille varicolori della Val Samoggia, ecc.

Tali unità sono state interessate da una complessa storia deformativa, che ne ha spesso sconvolto l'originario ordine stratigrafico, dando origine a unità apparentemente caotiche, tipo *"broken or dismembered formations"*. Di conseguenza, la ricostruzione stratigrafica di questi terreni è spesso fortemente interpretativa. I termini affioranti nell'area sono riferibili all'Unità Tettonica Samoggia.

4.2 Dominio Epiligure

Questa successione, discordante sull'unità ligure, è generalmente costituita da depositi sintettonici di bacino confinato. Si tratta in prevalenza di alternanze di marne di scarpata, torbiditi e depositi di frana sottomarina, di età post-fase Ligure, cioè a partire dall'Eocene medio.

Nell'area di progetto le unità epiliguri affioranti sono le marne e le siltiti mioceniche attribuibili alle formazioni di Pantano e di Cigarello del Gruppo di Bismantova (Miocene medio) e alle sovrastanti Marne del Termina (Miocene superiore), la successione continua verso l'alto (verso nord) con evaporiti messiniane della Formazione Gessoso-Solfifera.

Sulla successione epiligure poggia in discordanza la successione post-evaporitica del margine padano-adriatico.

Nell'area in esame sono state cartografati olistoliti di dimensioni fino a ettometriche derivanti dalle liguridi all'interno della Formazione delle Brecce Argillose del Val Tiepido-Canossa. Si tratta di accumuli per frane sottomarine multiple, in ambiente di scarpata e base scarpata, derivanti dal fronte delle Liguridi. L'origine di questi corpi caotici è messa in relazione a fasi deformative regionali di età Oligocene sup. - Aquitaniano.

4.3 Sintema emiliano-romagnolo superiore

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo e comprende la totalità dei depositi continentali affioranti. Nelle porzioni intravallive e di margine appenninico, l'unità è costituita da depositi terrazzati di piana alluvionale intravalliva che appoggiano in discordanza su depositi marini più antichi. Si tratta di ghiaie e sabbie di canale fluviale passanti ad alternanze di argille, limi e sabbie di piana inondabile variamente pedogenizzati.

5 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA BIBLIOGRAFICA

L'area di studio è compresa in numerose cartografie geologico-geomorfologiche ed in banche dati prodotte da vari Enti pubblici in anni diversi. In particolare si ricordano le cartografie geologiche realizzate dall'ISPRA (Progetto CARG) e da Regione Emilia Romagna (a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli).

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

5.1 Progetto CARG

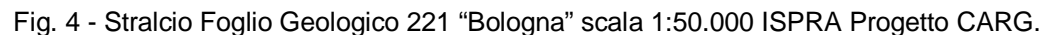
La cartografia del Foglio Geologico d'Italia 221 "Bologna" (ISPRA, 2002) (fig. 4) mostra come l'infrastruttura in progetto poggia su terrazzi di origine alluvionale di ordine differente, di cui quello di ordine superiore ascrivibile al Subsistema di Ravenna (AES8), che occupa l'areale compreso fra la rotonda di Rastignano e la spalla B del viadotto Rastignano, mentre quello di ordine inferiore appartiene all'Unità di Modena (AES8a), presente nel tratto compreso fra la spalla A del viadotto Rastignano e l'intersezione con la Fondovalle Savena).

Le unità del substrato sottostante il materasso alluvionale sono invece rappresentate dalle formazioni Epiliguri del Gruppo di Bismantova (Cigarellino, Pantano) e dalla Formazione del Termina.

5.2 Carta geologica Regione Emilia Romagna

La cartografia presente sul sito della Regione Emilia Romagna (edita dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli) (fig. 5) concorda grosso modo con la cartografia CARG-ISPRA, fatti salvi alcuni dettagli aggiuntivi che meglio definiscono la genesi delle coperture quaternarie:

- Una parte delle coperture sulle quali è ricompreso l'abitato di Rastignano, ubicata in destra idraulica del t. Savena, è classificata come "conoide torrentizia inattiva" (area campita in grigio, sigla "i2"),
- La scarpata fluviale compresa fra la spalla A del viadotto Rastignano e la Rotatoria Paloetto è costituita da depositi di versante sensu lato (sigla a3).



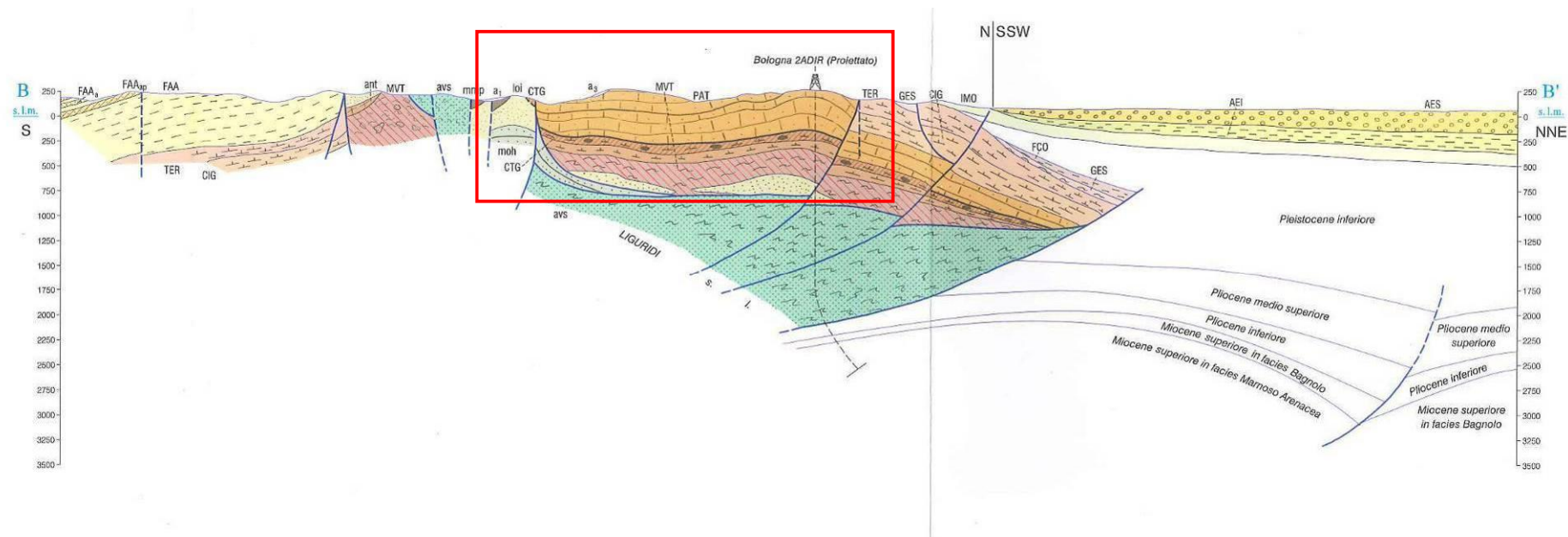


Fig. 5 - Sezione geologica - Progetto CARG.

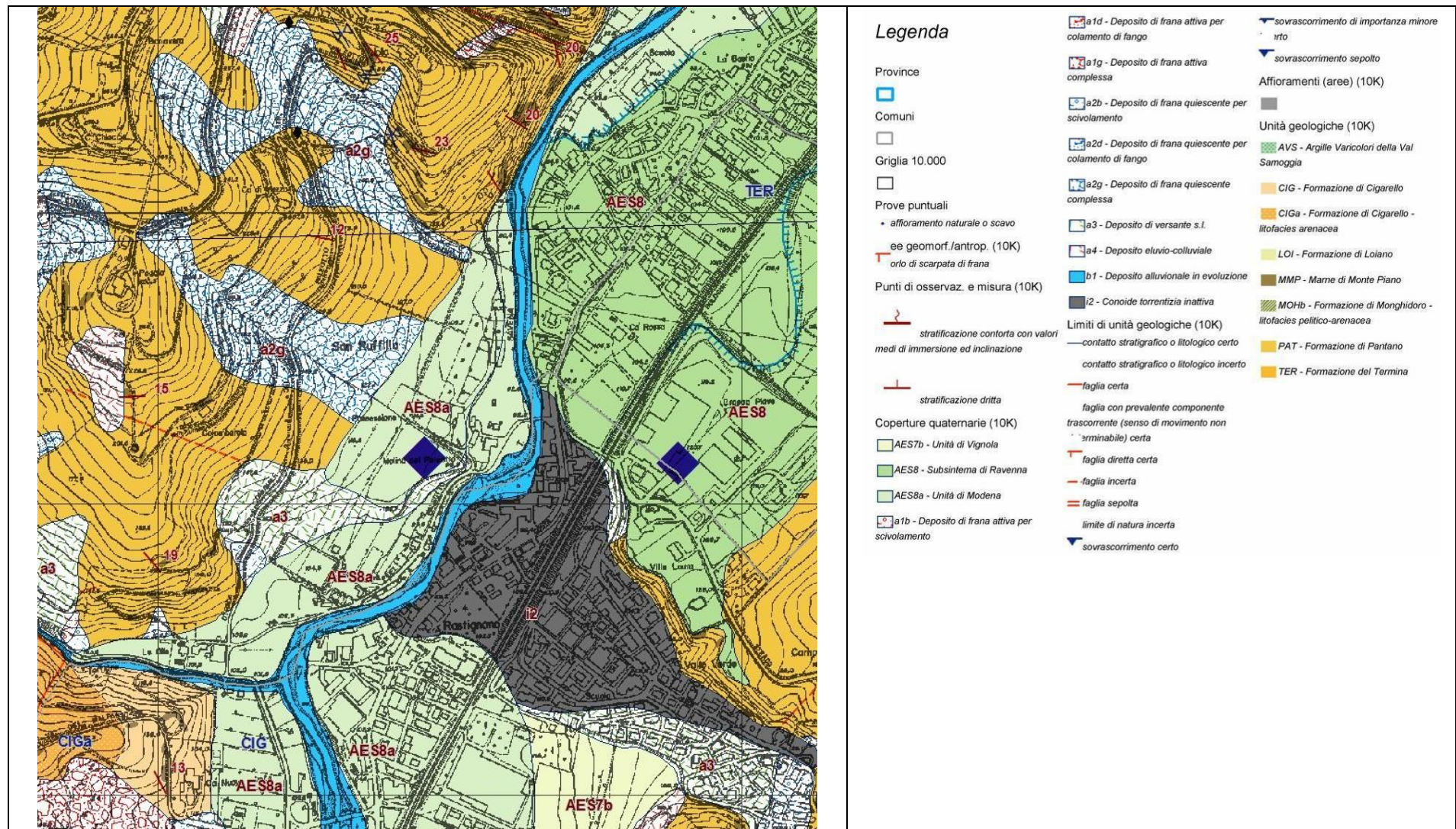


Fig. 6 - Stralcio Carta geologica Emilia Romagna (Geologico Sismico e dei Suoli)

6 STRATIGRAFIA

Nell'ambito del quadro strutturale descritto in precedenza, è stata riconosciuta la seguente successione stratigrafica, che viene descritta secondo l'ordine d'impilamento delle unità tettoniche, procedendo dall'alto verso il basso.

Lungo la fascia di pertinenza del progetto (offset di 500 m per lato rispetto all'asse stradale) si rinvengono le seguenti facies/formazioni geologiche:

- depositi quaternari continentali;
- unità della Successione neogenico-quaternaria del margine appenninico padano;
- unità della Successione epiligure;
- unità della Successione ligure.

Nel seguito sono descritte le varie unità presenti, procedendo in ordine cronologico decrescente (dall'unità più recente alla più antica). Le suddivisioni stratigrafiche utilizzate per il presente studio si rifanno alla nomenclatura proposta dal Progetto CARG e adottata poi altresì dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della regione Emilia Romagna per la redazione della cartografia geologica regionale.

6.1 Depositi quaternari continentali

Deposito eluvio-colluviale - a4

Deposito di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), generalmente di limitato spessore.

Depositi di versante s.l. - a3

Si tratta di accumuli eterogenei ed eterometrici costituiti da frammenti lapidei derivanti dalla disgregazione meccanica degli ammassi rocciosi sulla cui attribuzione genetica permane un certo grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso

Depositi di frana attiva o quiescente - a1 ed a2

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

Deposito alluvionale in evoluzione - b1

Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a evoluzione dovuta alla dinamica fluviale attiva.

Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione - b1a

Composizione analoga ai depositi b1, ma l'evoluzione è molto meno spinta per presenza di vegetazione che limita l'azione fluviale.

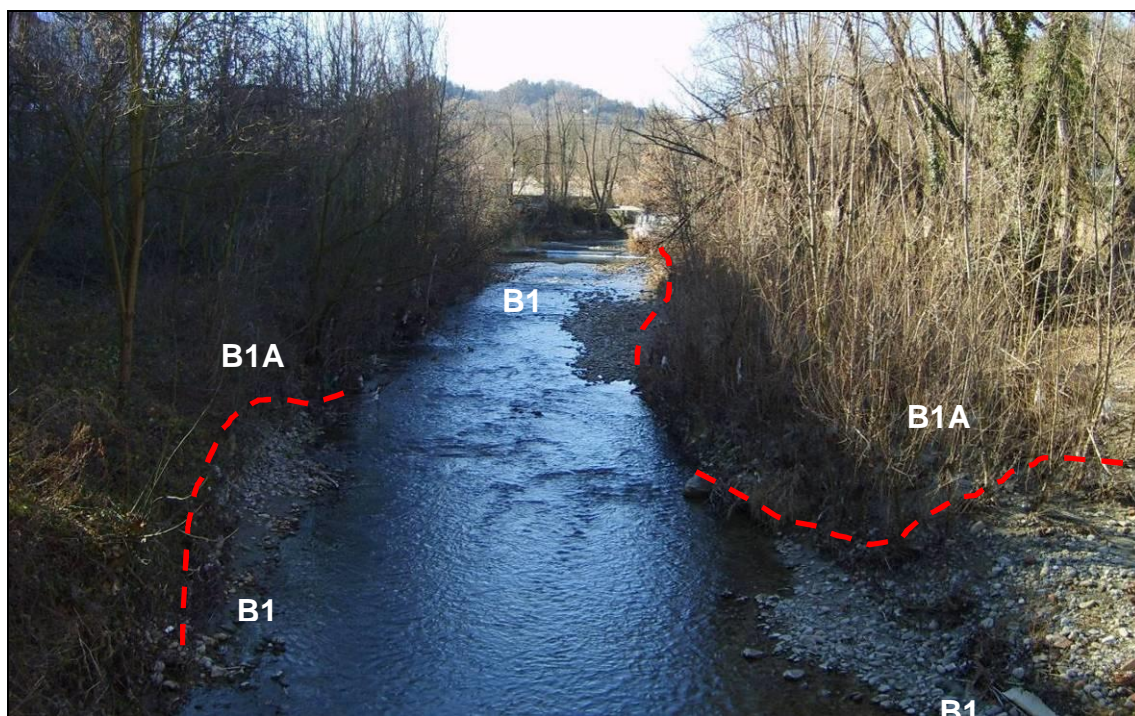


Foto 1 - Depositi alluvionali in evoluzione b1 e b1a in un tratto del Savena subito a monte del ponte storico del Paleotto.

Deposito di conoide torrentizia inattiva - i2

Depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallecicole trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale trasportato dall'acqua, attualmente non soggetti ad evoluzione.

Depositi antropici

L'area in cui si inserisce il progetto è fortemente antropizzata quindi occorre considerare la presenza di materiali di riporto ed aree rimodellate dalle attività umane in corrispondenza delle infrastrutture e degli abitati.

6.2 Unità della successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari continentali affioranti al margine appenninico padano e dei sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. Comprende depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di vario ordine gerarchico.

All'interno del Supersistema è stata riconosciuta una superficie di discordanza angolare che separa depositi prevalentemente limoso-sabbiosi di piana alluvionale (Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore AEI) da sovrastanti ghiaie di conoide o terrazzo alluvionale (Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore AES, presente nell'area in esame).

SISTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO SUPERIORE (AES):

Questo sistema è costituito da ghiaie, sabbie, limi ed argille di piana intravalliva, di conoide e di piana alluvionale. Risulta parzialmente suddiviso in subsistemi limitati, in affioramento, da scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e nel sottosuolo della pianura da bruschi contatti fra depositi fini alluvionali e palustri su depositi grossolani di conoide e di piana alluvionale. Il suo spessore massimo in pianura risulta di circa 300..

Età: Pleistocene medio – Olocene

AES8 - Subsistema di Ravenna

Nei settori intravallivi è rappresentato da ghiaie passanti a sabbie e limi, organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali; negli sbocchi vallivi e nella pianura alluvionale, invece, da ghiaie, sabbie, limi e argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0.5 ad 1.5 m, contengono frequenti reperti archeologici dell'età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoi calcari appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Il Subsistema contiene una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura 25 m circa.

Età: Pleistocene sup. - Olocene (14.000 - attuale; datazione 14C).

AES8a - Unità di Modena

Nei settori intervallivi è costituito da ghiaie prevalenti, organizzate in due ordini di terrazzi alluvionali; negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale da ghiaie, sabbie, limi e argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive. Spessore massimo in pianura di 7 ÷ 10 m.

Età: post-romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale, datazione archeologica).



Foto 2 - Depositi alluvionali della successione neogenico-quadernaria del margine appenninico-padano (ghiaie e sabbie, subordinatamente limi).

Subsistema di Villa Verucchio (AES7)

Unità di Vignola (AES7b)

Nei settori intravallivi sono costituiti da ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore dato da un suolo non calcareo di colore bruno scuro. Negli sbocchi vallivi prevalgono le ghiaie, caratterizzate da un suolo non calcareo di colore bruno scuro rossastro spesso sino a 2 m circa. Limite inferiore erosivo.

Età: Pleistocene sup.

6.3 Successione epiligure

Si tratta di unità neogeniche formatesi in acque relativamente poco profonde durante il sollevamento della Catena appenninica e costituite prevalentemente da termini marnosi e subordinatamente arenitico-pelitici.

TER - Formazione del Termina

Marne argillose, siltose talora debolmente sabbiose, grigio-scure, fossilifere (Lamellibranchi, Gasteropodi, Echinidi piritizzati) con rari strati medi di areniti carbonatiche giallastre e sporadici strati medi e sottili di arenarie gradate, marroni o grigie, con granulometria media e grossolana, ricche in bioclasti e glauconite. Stratificazione poco marcata sia per la scarsa classazione granulometrica che per bioturbazione. Localmente frequenti depositi caotici per risedimentazione di massa. Possono essere presenti rari livelli di peliti nerastre con lamine piano-parallele, bituminose, alternate a biosiltiti grigio chiaro o biancastre. Ambiente di scarpata e margine bacino con apporti torbiditici e frane sottomarine. Il limite inferiore è stratigrafico con CIG (Formazione di Cigarello), tettonico con AVS (Argille Varicolori della Val Samoggia) e PAT (Formazione di Pantano). La potenza totale della formazione può raggiungere alcune centinaia di metri.

Età: Serravalliano terminale – Messiniano inferiore.

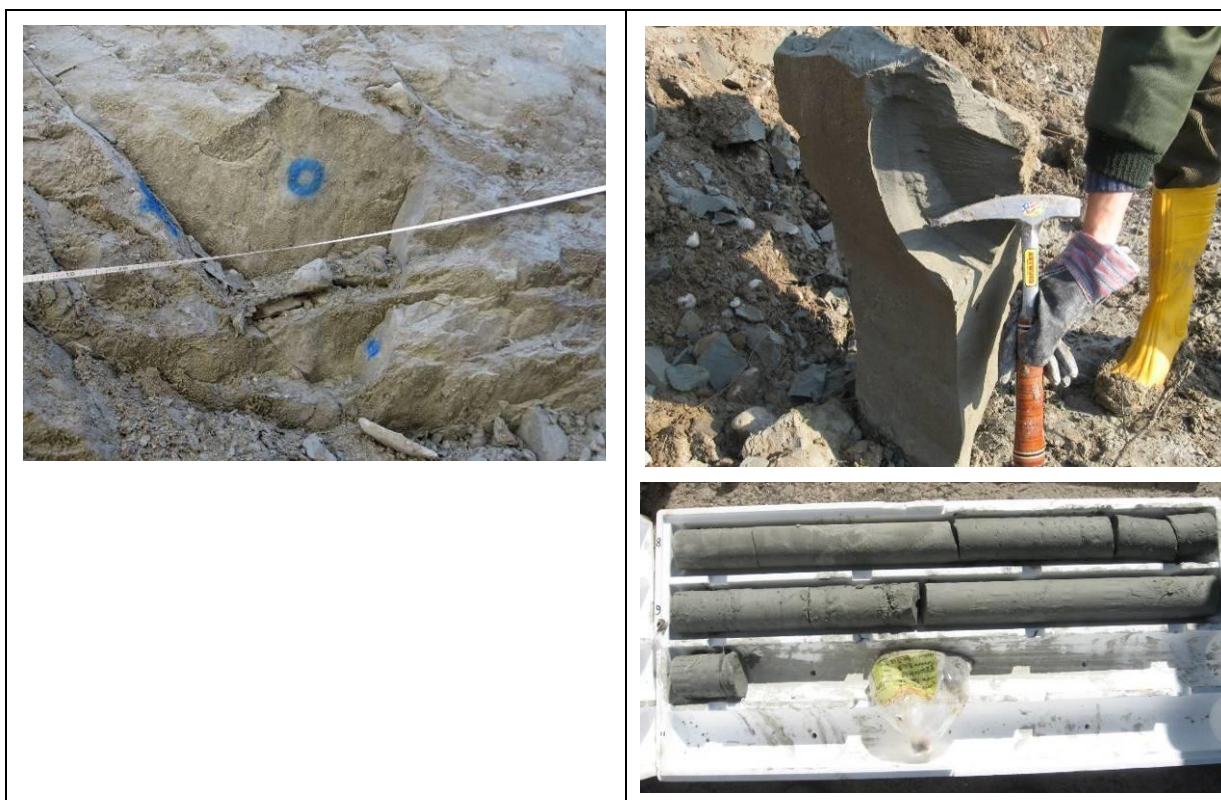


Foto 3 - Successione Epiligure – Formazione del Termina.

CIG - Formazione di Cigarelllo

Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beiges se alterate, bioturbate e fossilifere; sono presenti sia bioclasti che biosomi (Lamellibranchi, Gasteropodi, talora Echinidi). Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano livelli di slump e di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari con $A/P < 1$. Localmente, verso la base, possono esser presenti livelli discontinui di vulcanoclasti ricche di cristalli millimetrici di biotite, o calcareniti grossolane giallastre in strati spessi. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT (Formazione di Pantano). La potenza varia da qualche decina di metri a circa 500 metri.

Età: Langhiano – Serravalliano.

PAT - Formazione di Pantano

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione, quando visibile di spessore medio; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Talora la parte alta degli strati arenacei è gradata e con laminazione ondulata. Localmente si intercalano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminate. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG (Formazione di Contignaco); talora la base è elisa tettonicamente. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è circa 500 m.

Età: Burdigalliano sup. - Langhiano inf.

MVT - Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa

Breccie a matrice argillosa grigia o grigio-scura, talora varicolore, con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calcilutiti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, argilliti, siltiti e arenarie, e inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri. La matrice può essere prevalente. Alla scala del campione è evidente la tessitura clastica matrix-supported. I blocchi di maggiori dimensioni, talora cartografabili, sono presenti per di più alla base. Il limite inferiore è netto su MMP (Marne di Monte Piano); questa unità presenta evidenti rapporti di eteropia con ANT (Marne di Antognola) e risulta anche sovrapposta ad unità epiliguri e liguri più antiche. Depositi di colata gravitativa (mud e debris flow). La potenza massima varia da qualche decina a oltre 200 metri.

Età: Aquitaniano.

6.4 Successione ligure

Sono formazioni alloctone e più antiche, formatesi in ambienti marini profondi e successivamente eradicate dai luoghi di formazione dalla tettonica orogenetica, sollevate e trasportate nelle aree più esterne dell'Appennino e su unità più giovani lungo superfici di scollamento / sovrascorrimenti. L'inteso rimaneggiamento, effetto di tale modalità di messa in posto, ha prodotto una tessitura caotica alla micro-scala così come alla macro-scala, con assenza di strutture sedimentarie chiaramente riconoscibili.

MOH - Formazione di Monghidoro

Torbiditi arenaceo pelitiche in strati generalmente spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P circa 2/1. Si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P=1/2. Le arenarie sono gradate con base a granulometria da media a grossolana, talora microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro ma generalmente marroni o giallastre per alterazione ed ossidazione dei minerali ferici; passano ad argilliti più o meno siltose di colore nerastro. Si tratta di torbiditi di piana bacinale. Limite inferiore graduale su MOV (Formazione di Monte Venere), dove non tettonizzato. La potenza massima è di qualche centinaio di metri.

Maastrichtiano sup - Paleocene

AVS - Argille Varicolori della Val Samoggia

Argilliti, talora siltose, rosse, grigio scure, nere, verdi sottilmente stratificate, con intercalazioni di sottili livelli di arenarie fini e medie grigio scure e violacee, marne verdi, grigie o biancastre, calcari micritici silicizzati grigio-verdastri, grigio chiari o biancastri, talora a patine magnesifere. Locali evidenze di trasposizione, talora pressoché totale, foliazione e "layering tettonico" alla scala metrica, boudins di siltiti brune e verdastre, magnesifere, caotiche per intensa tettonizzazione. All'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di brecce ofiolitiche. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbida distali. Potenza geometrica della formazione di qualche centinaio di metri.

Età: Cretacico inf. - Eocene inf.



Foto 4 - Argille Varicolori della Val Samoggia.

7 GEOMORFOLOGIA

Il tracciato del II lotto della Variante di Rastignano si sviluppa lungo il fondovalle del torrente Savena, in una fascia altimetrica compresa tra le quote 95 ed 110 m s.l.m.

I versanti hanno acclività media, e sono caratterizzati da forme ondulate, che si raccordano dolcemente verso il basso con le superfici sub-pianeggianti dei terrazzi alluvionali del torrente Savena, le quali si estendono su almeno due livelli riconosciuti rispetto all'alveo attuale.

I terrazzi rappresentano il risultato dell'evoluzione quaternaria della valle, che è proceduta con un'alternanza di fasi di approfondimento erosivo (prevalentemente per sollevamento tettonico) e fasi di stasi (quiescenza tettonica). Durante queste ultime il corso d'acqua, più o meno stabile a una determinata quota, divagava nel fondovalle modellando superfici suborizzontali su cui venivano depositati i sedimenti fluviali (la cui granulometria tende a decrescere da monte verso valle). Nelle successive fasi erosive le piane di fondovalle venivano incise, rimanendo pensili rispetto al nuovo livello del greto. Nelle fasi di approfondimento quindi si creavano le scarpate che raccordano i diversi ordini di terrazzi, alcune delle quali in prossimità dell'area indagata sono abbastanza evidenti.

Sui terrazzi dei diversi ordini si estendono le aree urbanizzate di San Ruffillo e Rastignano, che, coprendo in modo pressoché continuo l'area, rendono difficoltoso un esame diretto delle morfologie naturali.

Il torrente Savena, nel tratto interessato dal progetto, si approfondisce gradualmente e corre incassato di 3÷6 m rispetto agli abitati soprastanti. Il corso del torrente si presenta sinuoso e tale pattern non è riconducibile a sole ragioni naturali, ma anche per la regimazione idraulica a cui è stato sottoposto già da epoche antiche (la costruzione della briglia che deviava parte delle acque verso l'antico molino del Paleotto era già esistente in epoca post-medievale e probabilmente risalente ad età romana).

Sono stati osservati fenomeni di erosione spondale nel tratto di torrente compreso tra il rio Torriane ed il ponte Paleotto (entro depositi alluvionali). Le scarpate di erosione in sponda destra sono modellate direttamente all'interno del substrato roccioso marnoso.

Il tracciato interessa le aree di alveo attivo e le fasce di pertinenza fluviale solo in corrispondenza dell'attraversamento in viadotto.

In corrispondenza dei settori interessati direttamente dal tracciato, non si rilevano fenomeni di instabilità in atto o quiescenti; sono tuttavia rintracciabili modeste instabilità delle

coperture, con scivolamento e colamento di esigui spessori, in alcuni settori di versante limitrofi.

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

L'analisi geomorfologica è stata condotta anche attraverso la verifica dei dissesti segnalati dagli Enti (I.F.F.I., Regione Emilia, Autorità di Bacino del Fiume Reno - confluita nel Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale - e Piani Strutturali dei Comuni) per l'area in esame.

7.1 Verifica di PSAI, PGRA, IFFI, Regione Emilia e Piano Strutturale Comunale

Nell'ambito del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PSAI) e del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale sono identificate e descritte le aree di pericolosità geomorfologica ed idraulica, finalizzate alla redazione di strumenti di pianificazione per la salvaguardia del territorio.

Per quanto concerne il *rischio da frana e assetto dei versanti*, lo studio è stato redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Reno nell'ambito del PSAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

Per ciò che riguarda la *pericolosità da alluvione*, il 3 marzo 2016 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Nazionali hanno definitivamente approvato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) che di fatto sostituisce il PSAI.

La perimetrazione è stata effettuata sulla base dei risultati di specifici studi in funzione della frequenza di accadimento dell'evento, ed particolare:

- pericolosità idraulica elevata (P3) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno TR fino a 30 anni;
- pericolosità idraulica media (P2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno TR di 200 anni;
- pericolosità idraulica bassa (P1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno TR di 500 anni.

Nelle figure seguenti vengono riportate gli stralci delle carte per l'area in esame.

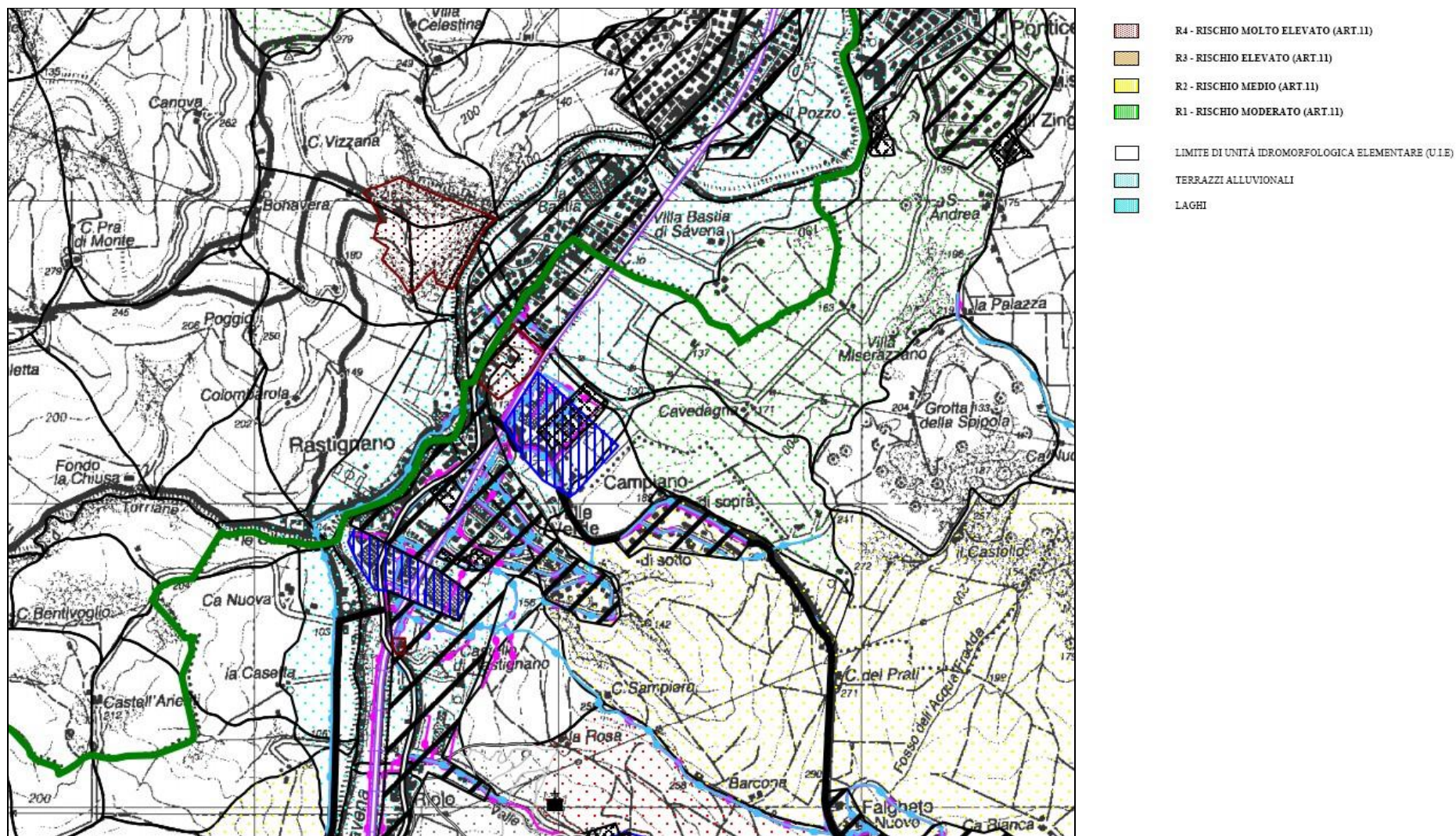


Fig. 7 - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico - Rischio nel territorio del bacino montano da frana e assetto dei versanti

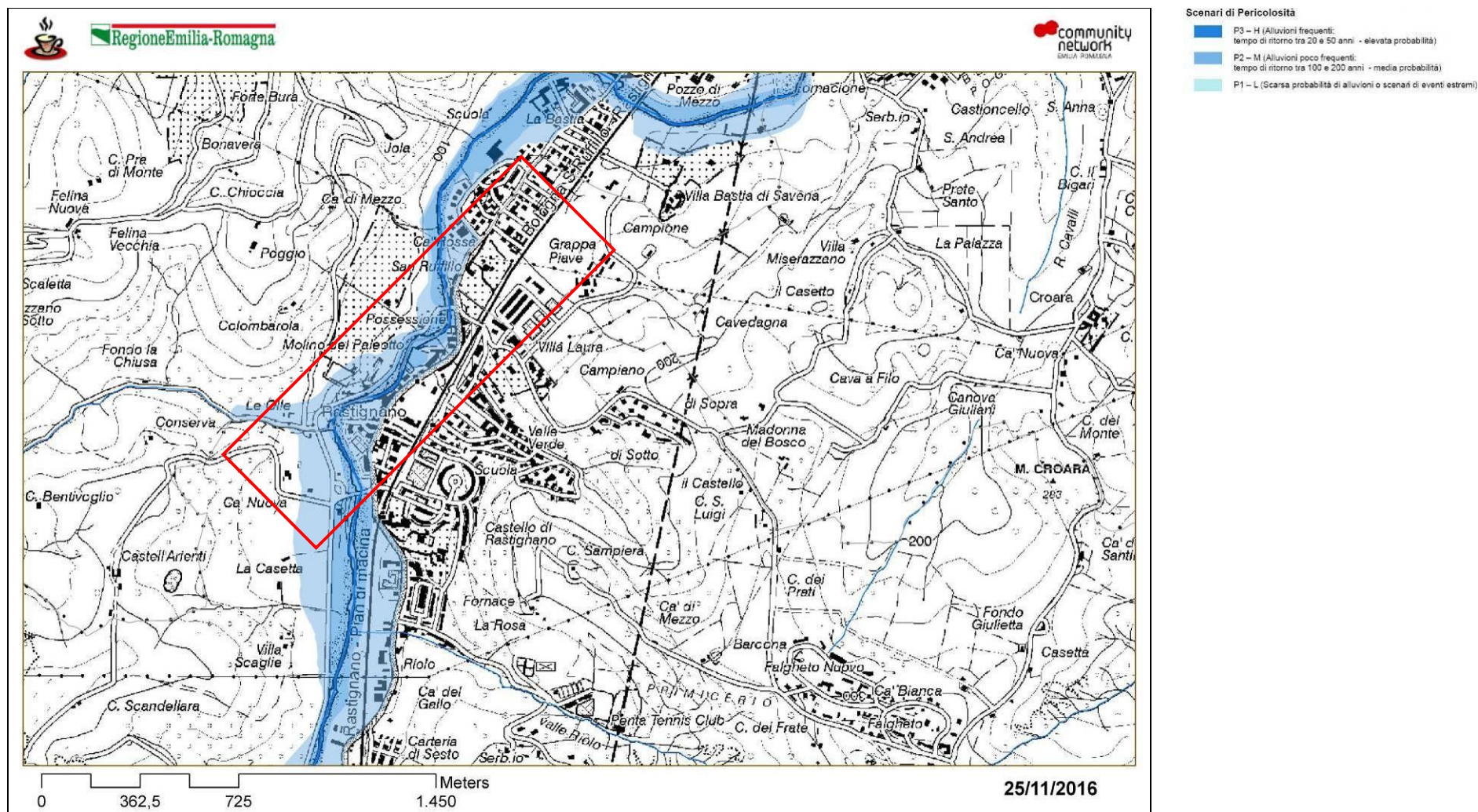


Fig. 8 - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni - Pericolosità idraulica

In particolare, il tracciato della viabilità in esame si colloca su aree a pericolosità idraulica P3 (Alluvioni frequenti) e P2 (alluvioni poco frequenti) e lambisce alcuni dissesti attivi e quiescenti

Il progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (APAT, 2005), realizzato per conto del Servizio Geologico - ISPRA con l'ausilio delle Regioni e Province autonome, costituisce il primo inventario omogeneo e aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale; esso acquisisce dati da varie fonti tra cui Regioni, Province ed Autorità di Bacino.

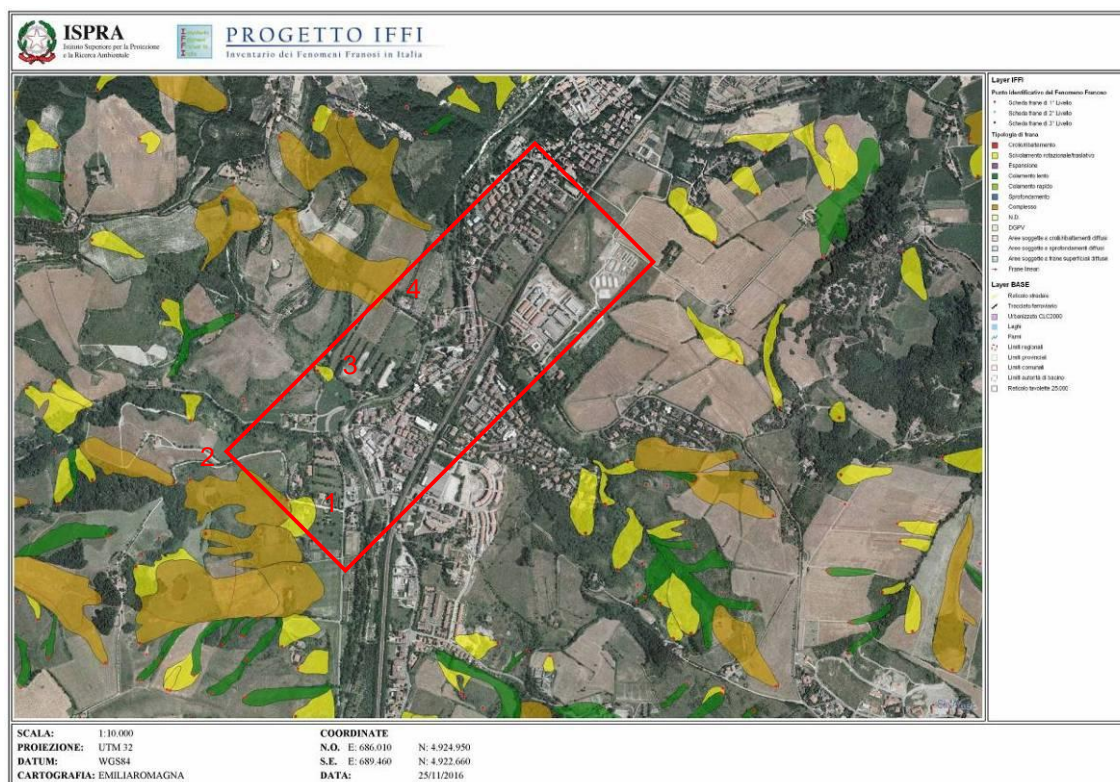


Fig 9 - Progetto IFFI

Nella tabella seguente sono riepilogate le caratteristiche dei dissesti più prossimi al tracciato; Si tratta comunque di perimetrazioni esterne all'area di progetto e che coinvolgono i versanti prospicienti il fondovalle.

ID Fig. 9	IDFrana	Tipo di movimento	Attività	Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività	Danno
1	370744300	n.d.	Quiescente	Rilevamento sul terreno, Fotointerpretazione	n.d.
2	370776300	n.d.	Quiescente	Rilevamento sul terreno, Fotointerpretazione	n.d.
3	370787300	Scivolamento rotazionale/traslativo	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	n.d.
4	370800500	Complesso	Quiescente	Fotointerpretazione	n.d.

La Regione Emilia Romagna, (Fig. 10 e tabella) fornisce una perimetrazione del dissesto in buon accordo con IFFI (rispetto a quest'ultimo sono riportate anche le aree con detrito di versante ed i depositi eluvio-colluviali).

La Provincia di Bologna, nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale fornisce le seguenti cartografie:

- Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali
- Rischio da frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche
- Tutela delle acque superficiali e sotterranee

Per quanto riguarda i Piani Strutturali dei Comuni di Bologna, Pianoro e S. Lazzaro di Savena, nelle Fig. 11, 12 e 13 si riportano gli stralci delle cartografie.

- Comune di Pianoro: il tracciato si colloca all'interno di fasce di tutela e pertinenza fluviale
- Comune di Bologna: l'intera estensione del terrazzo alluvionale compresa fra la spalla A del Viadotto Rastignano e Rio Torriane (al confine con il Comune di Pianoro) sia sottoposta a Vincolo Idrogeologico (RDL 3267/1923) ed una ridotta porzione del rilevato fra la Rotonda Paleotto e la spalla A del Viadotto Rastignano sia ricompresa in una "area di possibile evoluzione del dissesto".

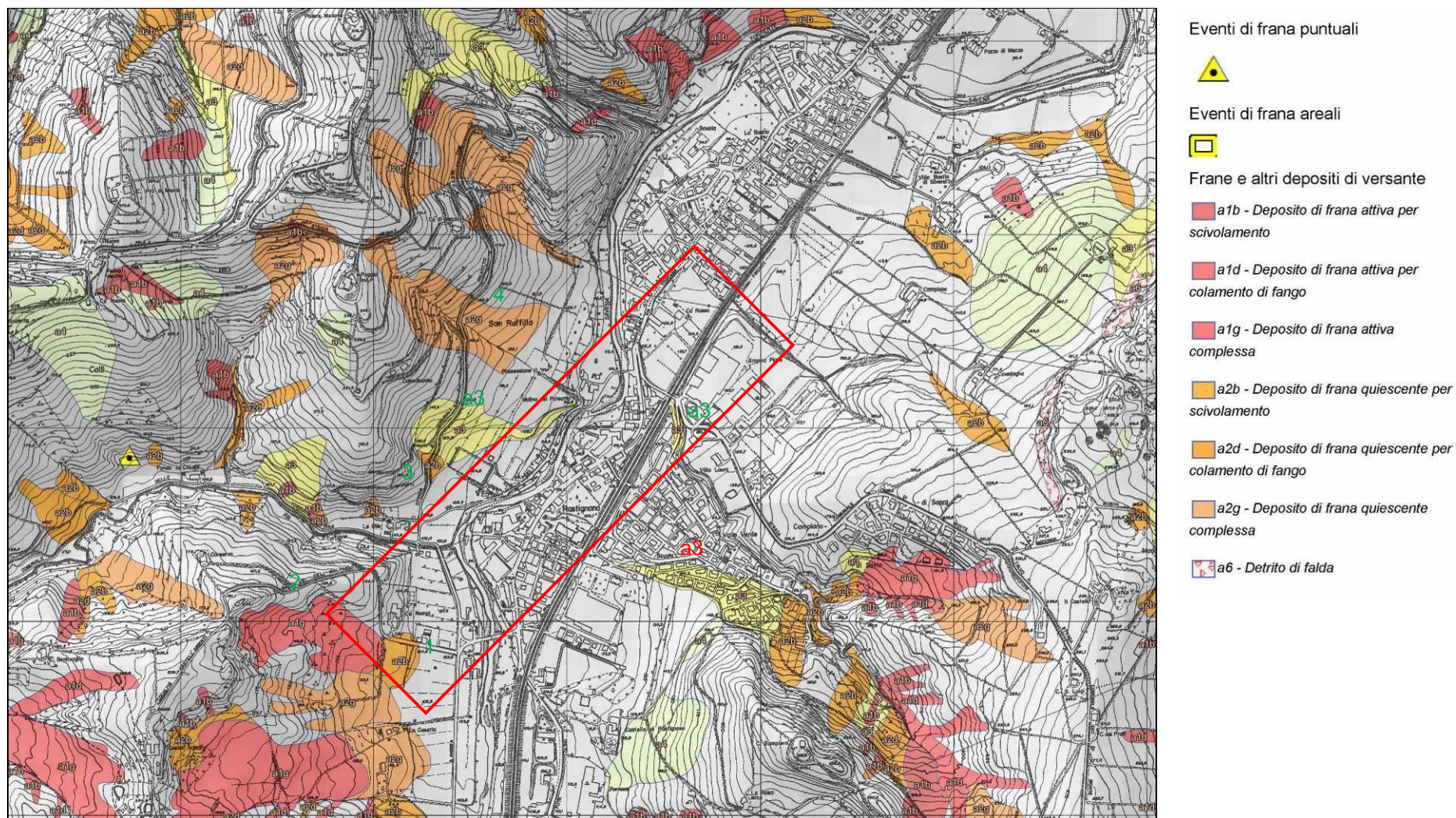


Fig. 10 - Stralcio Cartografia del dissesto della Regione Emilia Romagna

ID Fig. 10	1	2	3	4	a3
DATA_ AGGIORNAMENTO	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale	06/10/2012	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale
ID_IFFI	372614800	372668300	373264700	372703700	
LIVELLO_IFFI	1	1	1	1	
SIGLA	a2b	a1g	a2b	a2g	a3
LEGENDA	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento	a1g - Deposito di frana attiva complessa	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento	a2g - Deposito di frana quiescente complessa	a3 - Deposito di versante s.l.
DESCRIZIONE TIPOLOGICA	Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura ben definita o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio. Non vengono distinti tra loro gli scivolamenti traslativi o rotazionali.	Deposito costituito dalla combinazione di due o più tipologie di movimento. Le frane complesse più frequenti sul territorio appenninico sono costituite da scivolamenti accompagnati da colamenti di fango o detrito.	Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura ben definita o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio. Non vengono distinti tra loro gli scivolamenti traslativi o rotazionali.	Deposito messo in posto da un movimento spazialmente continuo all'interno della massa spostata costituita da materiale prevalentemente granulare saturo di acqua che si comporta come un fluido viscoso. Le superfici di taglio all'interno della massa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate se non al termine del movimento quando la massa tende a rallentare e a solidificarsi. Una volta messo in posto l'accumulo può essere riattivabile con meccanismo prevalente di scivolamento, anche se nella Banca Dati viene mantenuta la tipologia del primo movimento.	Deposito di genesi incerta. Non si esclude che esso sia realmente attribuibile a una frana, tuttavia mancano, almeno in parte, i caratteri morfologici tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato l'accumulo e la sua attribuzione a altre categorie (oltre a depositi di frana anche, eolici, glaciali o periglaciali e soprattutto eluvio-colluviali). Generalmente l'accumulo è costituito da materiale prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei più o meno abbondanti.

ID Fig. 10	1	2	3	4	a3
DESCRIZIONE STATO DI ATTIVITA	<p>Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti, alla data del rilevamento o dell'aggiornamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.</p>	<p>Deposito che ha manifestato evidenze di movimenti in atto nell'ultimo ciclo stagionale, indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi. Vengono incluse in questa categoria anche frane che, pur non presentando sicure evidenze di movimento nell'ultimo ciclo stagionale, denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno smosso) all'occhio del tecnico rilevatore. Sono altresì incluse anche frane con movimento rilevabile solo attraverso monitoraggi (inclinometri, estensimetri, dati interferometrici), qualora esistenti.</p>	<p>Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti, alla data del rilevamento o dell'aggiornamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.</p>	<p>Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti, alla data del rilevamento o dell'aggiornamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.</p>	
NUMERO DI RIATTIVAZIONI DOCUMENTATE	-	-	-	-	-

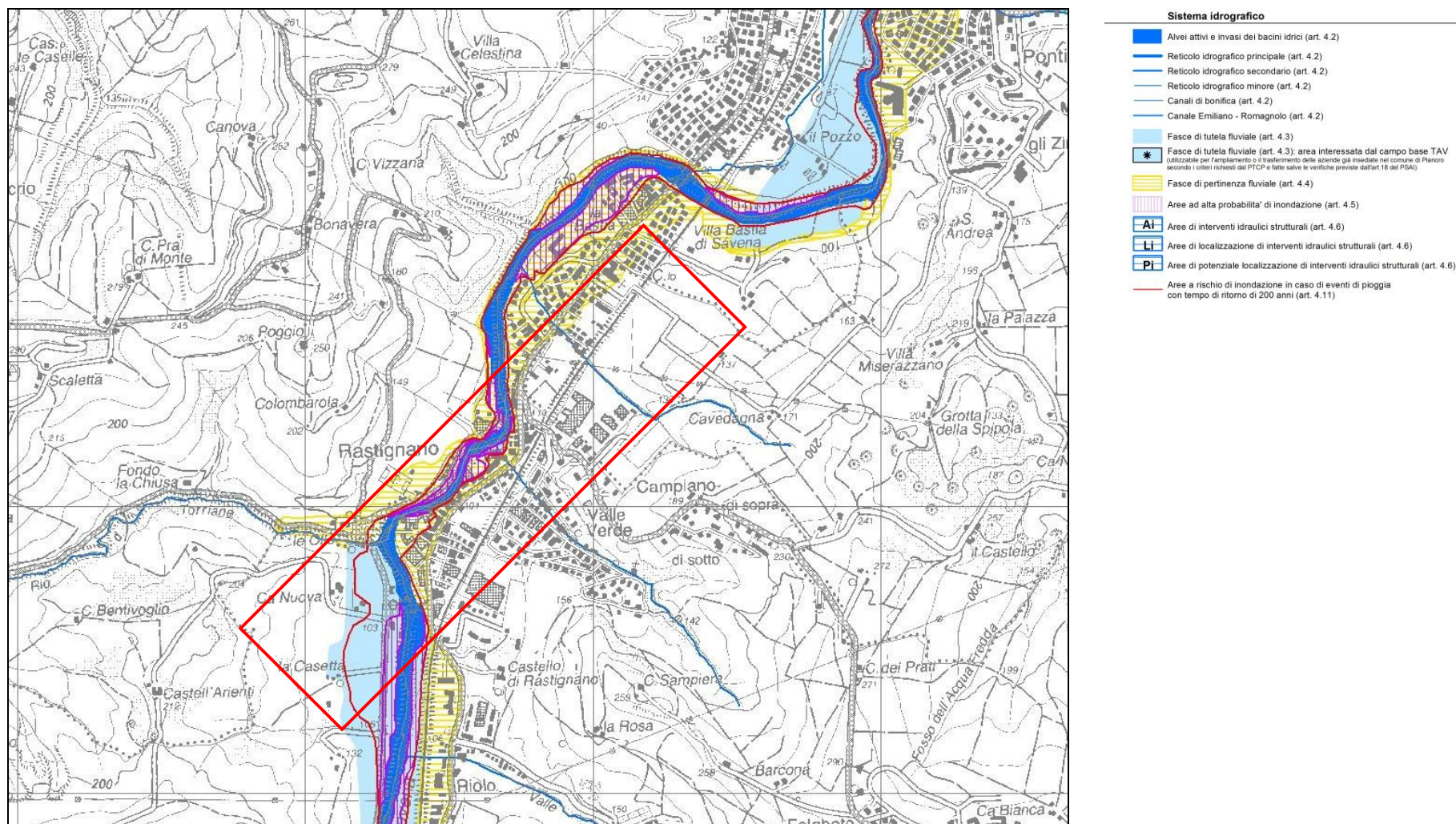


Fig. 11 - PTCP Provincia di Bologna - Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali

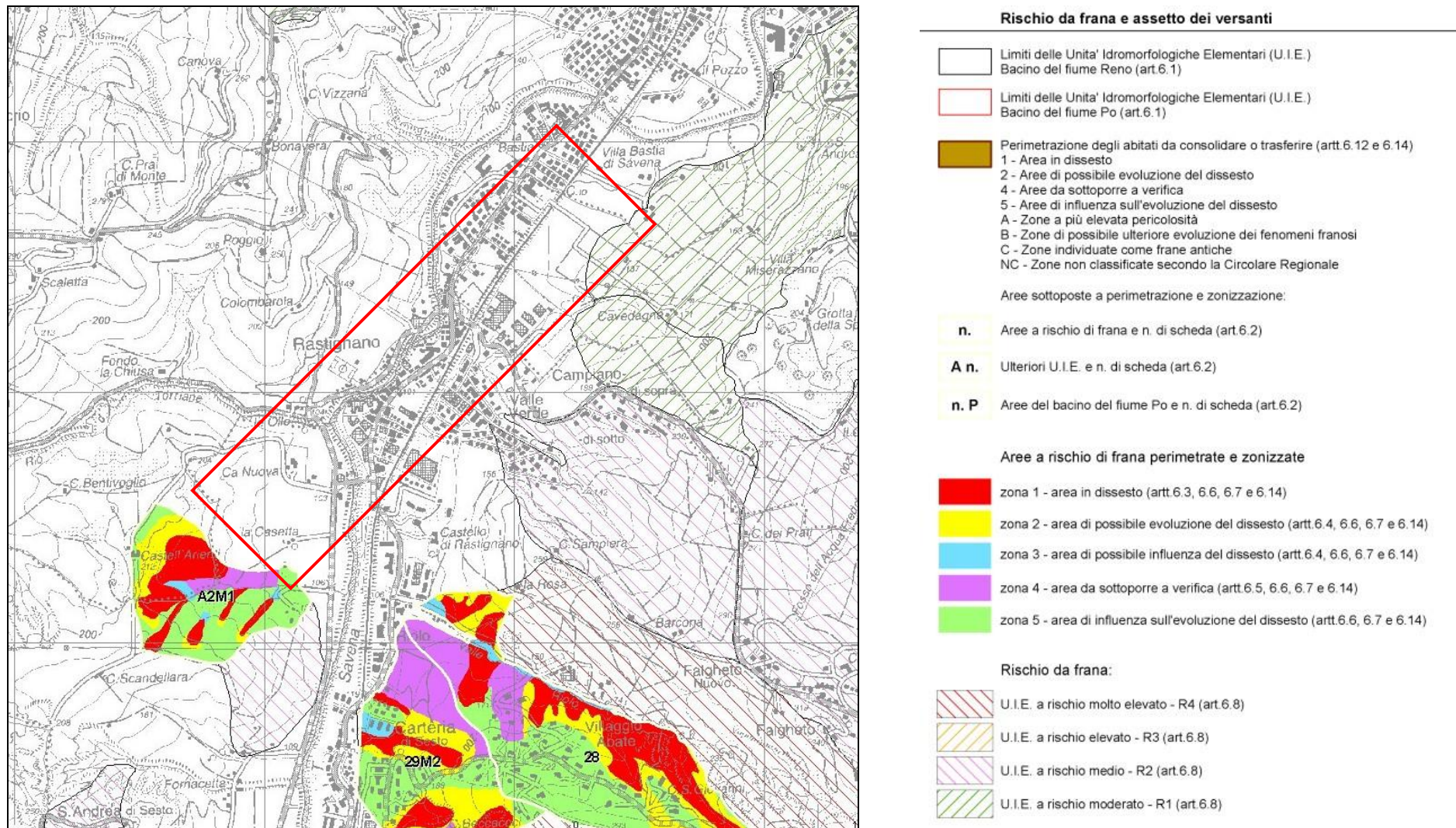


Fig. 12 - PTCP Provincia di Bologna - Rischio da frana, assetto dei versanti ed acque meteoriche

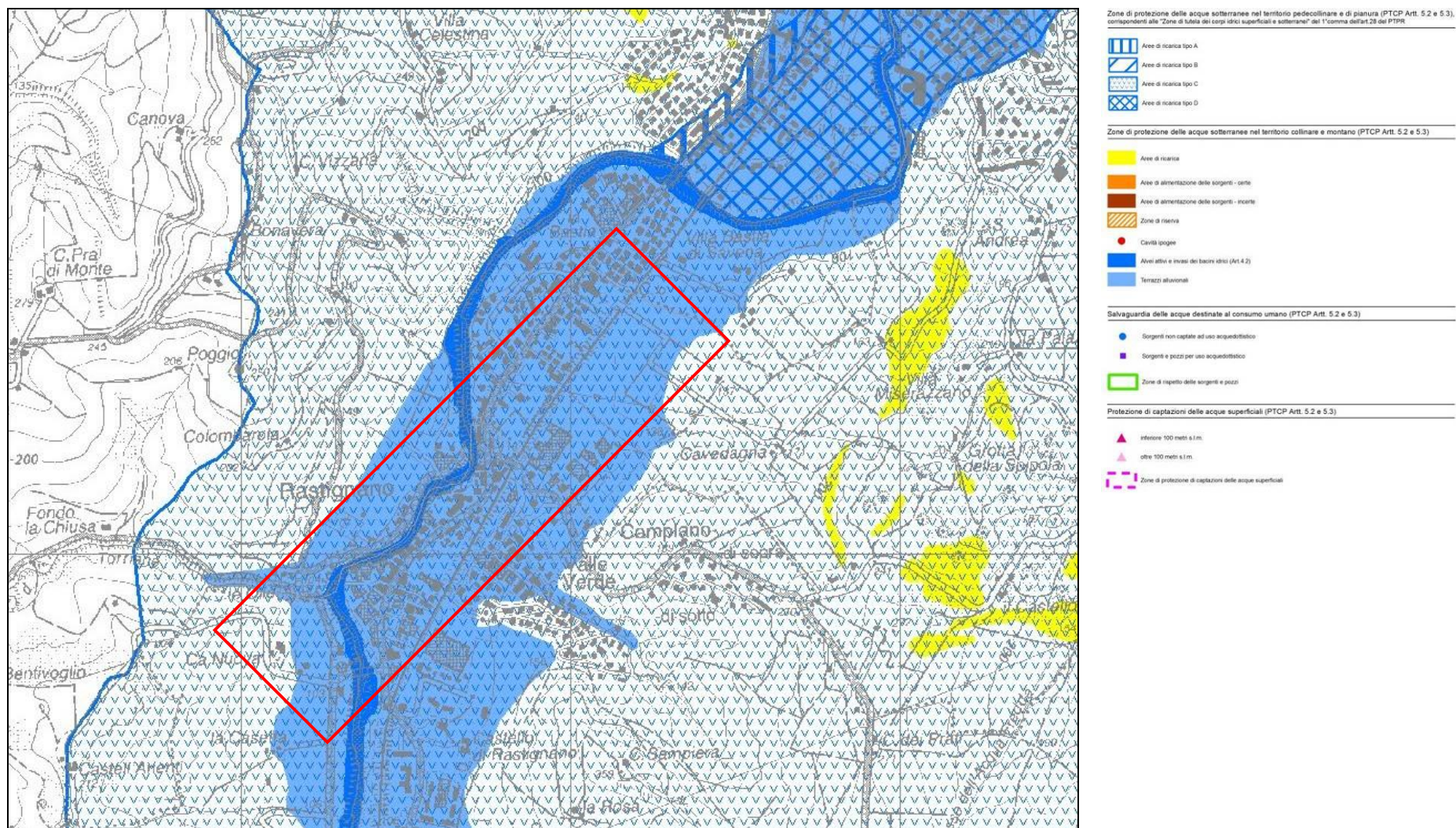


Fig. 13 - PTCP Provincia di Bologna - Tutela delle acque superficiali e sotterranee

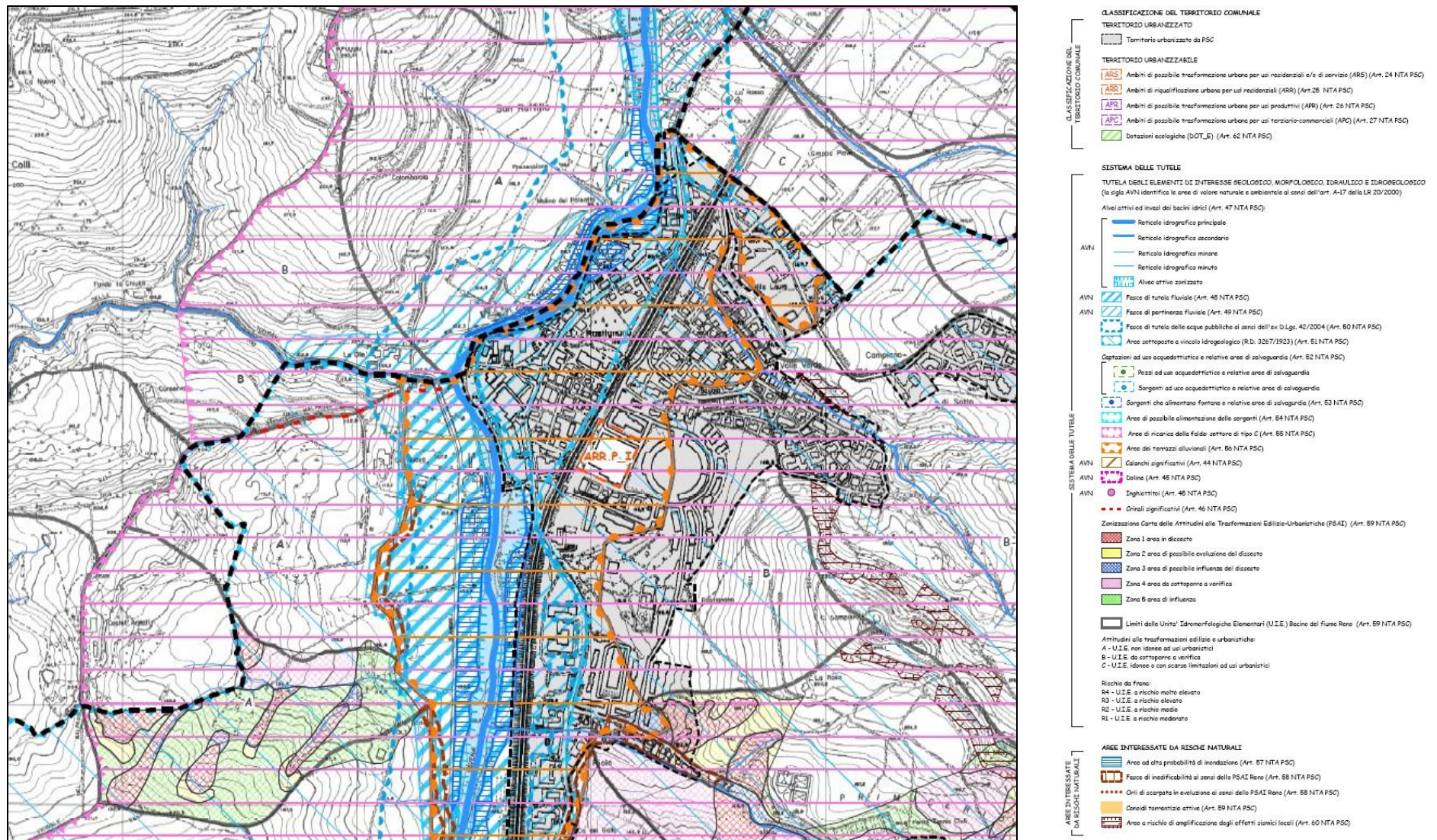


Fig. 14 – PSC Comune di Pianoro - Tutele geologiche, geomorfologiche, idrauliche ed idrogeologiche

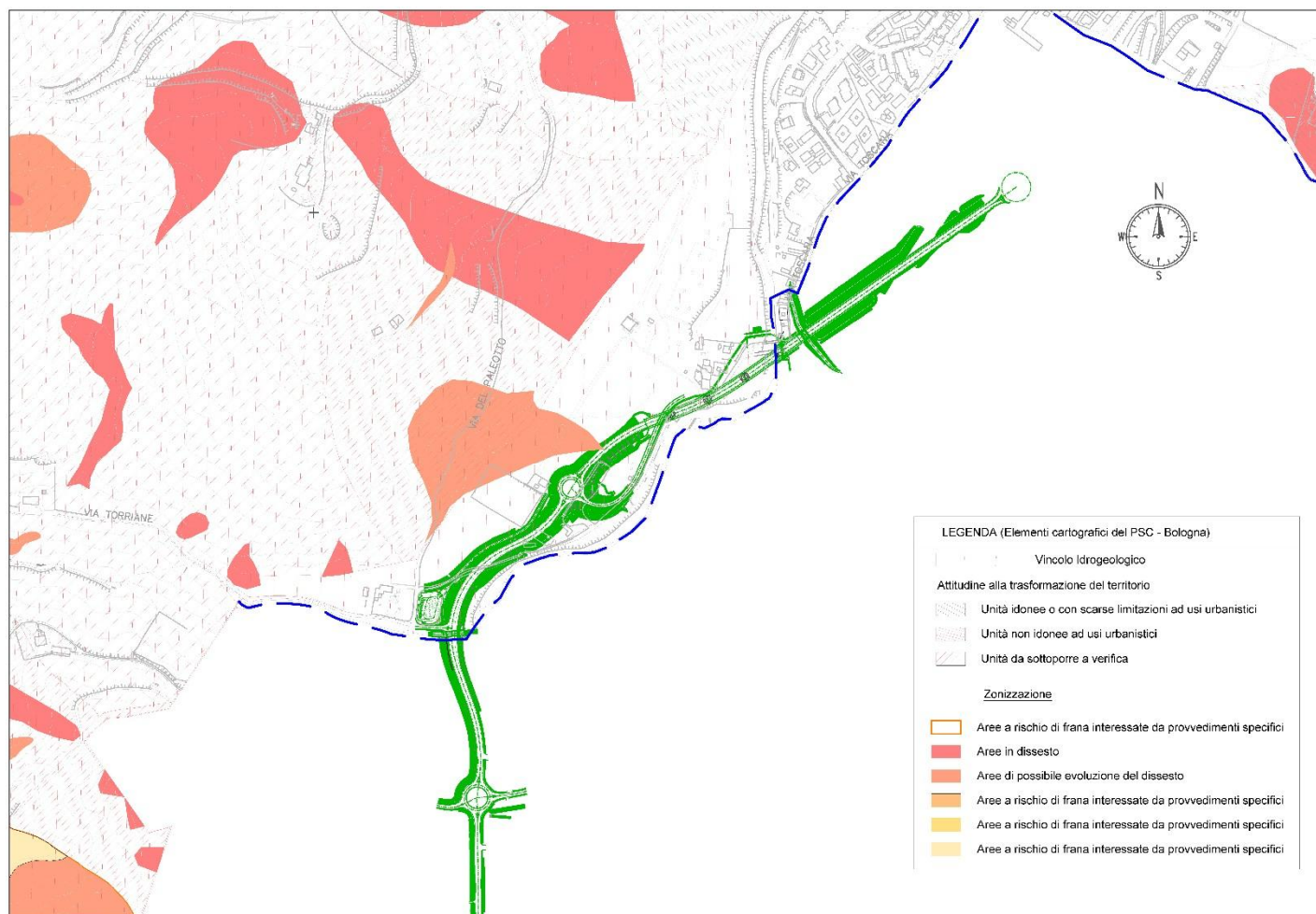


Fig. 15 – PSC Comune di Bologna Stralcio della Carta Unica del Territorio/2 – Tutela Stabilità dei versanti

8 MODELLO IDROGEOLOGICO D'INQUADRAMENTO

Il presente capitolo è dedicato alla definizione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area interessata dalla realizzazione dell'opera.

Il lavoro è stato eseguito con le seguenti finalità:

- reticolo idrografico
- l'individuazione dell'assetto idrogeologico e la definizione delle Unità idrogeologiche;
- la stima della permeabilità degli ammassi rocciosi.

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

8.1 Reticolo idrografico

L'area in esame, ricade all'interno del Bacino del Torrente Savena (estensione circa 175 km²), affluente dell'Idice che a sua volta confluisce nel Fiume Reno.

Il torrente Savena, a carattere torrentizio, nasce in Toscana, nel territorio di Firenzuola poco a nord del Passo della Futa; dopo 3 km entra in Provincia di Bologna, percorre una valle piuttosto incassata e ad andamento pressoché rettilineo, bagnando Pianoro (dove riceve il suo principale affluente, il rio Favale), e la periferia sud orientale di Bologna e termina il suo corso immettendosi nel torrente Idice presso San Lazzaro di Savena dopo circa 55 km. Il corso montano del T. Savena termina a S. Ruffillo alla periferia SE di Bologna, dopo un percorso di circa 45 km secondo un asse prevalentemente diretto da sud a nord; i restanti 9 km che lo separano dall'immissione in Idice sono in pianura e, in parte, arginati.

8.2 Individuazione e classificazione delle Unità idrogeologiche

La quantità d'acqua immagazzinata nel sottosuolo e la presenza di falde acquifere sono legate, oltre che a fattori esogeni (precipitazioni, assetto morfologico ed orografico) anche a fattori endogeni (caratteristiche di permeabilità delle formazioni e loro rapporti geometrico – spaziali).

A livello idrogeologico generale possono essere espresse le seguenti considerazioni:

- il grado di permeabilità delle alluvioni è medio-alto in corrispondenza dei depositi alluvionali attuali e recenti e tende a decrescere all'interno dei depositi alluvionali più antichi, nei quali la matrice fine, per effetto di un'alterazione di maggiore corso, può

essere più abbondante. Le variazioni di permeabilità sono quindi legate alla granulometria ed alla percentuale di sedimenti fini che caratterizzano i vari depositi.

- all'interno del substrato litoide (unità AVS, CIG, TER e PAT), la permeabilità è da molto bassa a bassa, ed è legata principalmente alla circolazione idrica all'interno delle discontinuità. Laddove vi sia la presenza concomitante di orizzonti arenacei e zone di più intensa fratturazione (es: fasce cataclastiche in corrispondenza delle faglie), può verificarsi una circolazione idrica e, in funzione dei gradienti idraulici, possono riscontrarsi falde discontinue.

L'individuazione delle Unità Idrogeologiche è stata effettuata differenziando ed accorpando le formazioni geologiche in funzione delle loro caratteristiche di permeabilità, valutate sulla base della litologia, granulometria e dei dati ricavati dalle prove in sito o dalla letteratura (carte idrogeologiche derivate dal CARG e reperite sul sito della Regione Emilia).

Sulla base di tali dati è stato possibile ricostruire il modello concettuale di circolazione delle acque sotterranee e redigere una carta dei complessi idrogeologici nella quale sono stati individuate 7 Unità idrogeologiche divise in due gruppi riconducibili al tipo di permeabilità (per porosità - primaria; per fessurazione - secondaria) ed in quattro classi riconducibili alla permeabilità media (Molto Alto - Alto, Medio, Basso, Molto Basso).

Tali classi di permeabilità risultano comunque soggette a variazioni anche significative, legate all'estrema variabilità granulometrica dei terreni sciolti e alla presenza di strutture (es. faglie e fratture) nei materiali lapidei.

	<i>Classe</i>	<i>Unità idrogeologica</i>	<i>Litologia</i>	<i>Grado di permeabilità stimato</i>
Permeabilità primaria per porosità	I	Unità dei depositi antropici	Depositi di riporto, cave e discariche	-
	II	Unità alluvionale	Depositi alluvionali	Molto alto-alto
	III	Unità detritico di versante	Depositi di frana attiva, quiescente, eluvio-colluvio e detrito di versante	Medio
	IV	Unità a permeabilità variabile in relazione alla granulometria*	AES7 – AES8 – AES8a – depositi di conoide	VARIABILE*
Permeabilità secondaria per fratturazione	V	Unità delle arenarie prevalenti	CIGa – PAT - MOH	Medio
	VI	Unità delle marne prevalenti	CIG - TER	Basso
	VII	Unità delle argilliti prevalenti	AVS	Molto basso

Per quanto riguarda i terreni a permeabilità variabile delle unità AES7, AES8 ed AES8a, in planimetria sono stati rappresentati mediante un unico colore; viceversa, sul profilo idrogeologico sono stati distinti sulla base della granulometria riscontrata nei sondaggi (permeabilità media per terreni con ghiaie prevalenti, bassa per sabbie e limi e molto bassa per i livelli prevalentemente argillosi).

8.3 Livelli piezometrici

Le misure piezometriche disponibili, acquisite durante le campagne geognostiche, sono state riportate in forma grafica all'interno del profilo idrogeologico.

Nella tabella seguente sono riepilogati i livelli misurati; la maggior parte dei piezometri non è più rilevabile (sepolti o demoliti in seguito ad attività antropiche).

SIGLA	ANNO	PIEZ. TIPO	CARATTERISTICHE PIEZOMETRO	LETTURE DI FALDA (IN m DA PIANO CAMPAGNA)	STATO STRUMENTAZIONE AL 19/09/2016
S1	1996	Tubo Aperto Ø1"1/4	Finestrato fra 4 e 18m	-6.43 [19/09/2016]-	Attivo
S3	1996	Tubo Aperto Ø1"1/4	Finestrato fra 4 e 18m	-	Demolito (aree di cantiere)
BH2	1998	Tubo Aperto	ND	-	Sepolto
BH3	1998	Tubo Aperto	ND	-	Sepolto
DPSH1	1998	-	-	-0.90 [29/04/1998]	-
DPSH2	1998	-	-	Non rilevata	-
DPSH3	1998	-	-	Non rilevata	-
DPSH4	1998	-	-	-1.00 [29/04/1998]	-
DPSH5	1998	-	-	-1.20 [29/04/1998]	-
DPSH6	1998	-	-	-2.10 [29/04/1998]	-
S1	2004	-	-	-6.10 [28/08/2004]	-
S2	2004	Casagrande	2 celle a -6.0m e - 21.0m da p.c.	@6m: -3.98m; -3.92 @21m: -3.94m; -3.94m [17/08/2016]	Attivo
S3	2004	Casagrande	2 celle a -3.0m e - 21.0m da p.c.	-	Demolito (aree di cantiere)
ENS1	2007	-	-	-2.65 [22/02/2007]	-
ENS2	2007	-	-	-3.70 [22/02/2007]	-
BH1	2009	Tubo Aperto Ø3"	Finestrato fra -4 e -6m	-5.60 [29/05/2009]	Sepolto
BH2	2009	Tubo Aperto Ø3"	Finestrato fra -2 e -10m	-5.20 [29/05/2009]	Sepolto
BH3	2009	-	-	-3.40 [29/05/2009]	-
BH4	2009	Tubo Aperto Ø3"	Finestrato fra -2 e -11m	-0.76 [11/06/2009]	Demolito (aree di cantiere)
CPTU1	2009	-	-	-3.0 [03/05/2009]	-
CPTU3	2009	-	-	-3.9 [03/05/2009]	-

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

La morfologia della superficie piezometrica della falda superiore nella zona di interesse, non rappresenta la “falda di progetto”, che deve essere definita dal punto di vista ingegneristico tenendo conto anche delle caratteristiche delle opere. Infatti, bisogna introdurre un adeguato fattore di sicurezza che innalzi i livelli piezometrici del modello ad una quota tale per cui sia garantita la funzionalità / fattibilità delle opere progettate anche nel caso in cui si verificassero escursioni stagionali eccezionali.

9 ELEMENTI DI SISMICA GENERALE

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

- Sismicità storica dal 1000 al 2014: Database DBMI15 - a cura di *Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E.* (2016). *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.* doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15> - disponibile on-line all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.
- Sismicità recente (dal 1985 al 2016): Database ISIDE (*Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE*) dell'I.N.G.V. disponibile on-line all'indirizzo <http://cnt.rm.ingv.it/>
- Faglie capaci: catalogo delle faglie capaci ITHACA (*ITaly HAZard from Capable faults*) dell'Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale, disponibile on-line all'indirizzo <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>
- Strutture sismogenetiche: Database DISS3 (*Database of Individual Seismogenic Sources*) disponibile on-line all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- Classificazione sismica nazionale: disponibile on-line all'indirizzo <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>
- Classificazione sismica Regione Emilia Romagna: dati e pubblicazioni disponibili on-line all'indirizzo <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/la-classificazione-sismica>

9.1 Sismicità storica (dal 1000 al 2014)

Con riferimento all'analisi della sismica storica del territorio interessato, vengono esaminati i dati riportati nel D.B.M.I.15, che contiene 122.701 dati di intensità, relativi a 3.212 terremoti riferiti a circa 20.000 località di cui 15.213 in territorio italiano.

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano, chiamata DBMI15 è stata rilasciata a luglio 2016 e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI11.

DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati

consente inoltre di elaborare le “storie sismiche” di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

In particolare sono stati estratti i dati disponibili per i comuni di Bologna, per il quale i dati storici sono più documentati, S. Lazzaro di Savena e Pianoro.

Nelle tabelle seguenti viene riportato l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5, i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo, l'intensità epicentrale e la magnitudo momento.

Seismic history of Bologna [44.494, 11.343] Total number of earthquakes: 204					
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io	Mw
5-6	1174 08 17 18	Val Padana	3	4-5	3.93
F	1194	Galeata	3	6-7	4.86
6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
5-6	1280 01 25	Pianura emiliana	2	5-6	4.4
5-6	1323 02 25 19	Bologna	2	5	4.16
5	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63
F	1349 09 09 08 15	Viterbese	9		
3-4	1352 12 25	Alta Valtiberina	7	9	6.31
7-8	1365 07 25 18	Bologna	1	7-8	5.33
6-7	1399 07 20 23	Appennino modenese	6	7	5.1
5	1400 02 29 19 15	Bologna	1	5	4.16
5	1400 03 03 12 15	Bologna	1	5	4.16
5	1408 01 03 16 30	Bologna	2	4	3.7
3	1414 08 07	Colline Metallifere	8	7-8	5.7
7	1433 05 04 08 05	Bologna	4	6	4.63
NC	1455 02 06	Appennino bolognese	2		
6-7	1455 12 20 20 45	Appennino bolognese	5	5-6	4.4
2-3	1473 05 07 07 45	Milanese	5	4	3.7
3-4	1483 08 11 19 40	Romagna	14	8	5.69
3	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
6-7	1504 12 31 04	Bolognese	15	6	5.02
8	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5.62
6-7	1505 01 20 23 50	Bolognese	11	5-6	4.76
5-6	1505 01 27 02 40	Bolognese	2	5	4.16
5-6	1505 04 03 12 25	Bolognese	1	5-6	4.4
5-6	1505 05 15	Bolognese	1	5-6	4.4
NF	1509 04 19	Faentino	5	7	5.02
5-6	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
4	1536 08 17 00 05	Appennino settentrionale	10	6-7	5.12
4-5	1542 06 13 02 15	Mugello	46	9	6.02
4	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
3-4	1591 07 10	Romagna	6	6-7	5.13
4	1624 03 19	Argenta	18	7-8	5.43
4	1661 03 21 23	Modenese	4	6-7	4.86
5-6	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05
6	1666 04 14 18 58	Bolognese	3	5	4.16
3	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27

3	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5.59
6	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84
5	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.4
F	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
F	1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6	4.94
4	1725 10 29 17 40	Appennino tosco-emiliano	28	8	5.67
4	1727 03 09 11	Mugello	6	6-7	4.93
4-5	1728 02 04 03	Bolognese	2	5-6	4.4
5-6	1739 07 31 11	Bologna	1	5-6	4.4
3	1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8	5.64
6	1779 06 01 23 55	Bolognese	8		
6	1779 06 02 07 30	Bolognese	3		
7	1779 06 04 07	Bolognese	12	7	5.22
6-7	1779 06 10 08 35	Bolognese	10		
7	1779 07 14 19 30	Bolognese	17		
5	1779 08 20 10 50	Bolognese	2	5	4.16
6	1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5	4.7
6-7	1780 02 06 04	Bolognese	9	6-7	5.06
4	1780 09 22 13 45	Forlivese	3	4-5	3.93
4	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6.12
3	1781 07 17 09 40	Faentino	46	8	5.61
4-5	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5.66
6-7	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
6	1801 10 08 07 52 53.00	Bolognese	6	6	4.9
F	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.6
4-5	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
4	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
4-5	1813 09 21 07 45	Romagna	12	7	5.28
2	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
3	1828 04 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano	22	5-6	4.93
4	1830 01 26 04 30	Alto Reno	11	5	4.53
3	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
4-5	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
4	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
3	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
6	1834 10 04 19	Bolognese	12	6	4.71
3	1843 10 25 03 30	Mugello	17	6-7	5.03
NF	1846 08 14 12	Colline Pisane	121	9	6.04
5	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
3	1854 06 16 13 25	Imola	9	5	4.57
4	1861 10 16	Romagna	10	6-7	5.13
3-4	1864 03 15	Zocca	13	6-7	4.84
4	1864 12 11 17 40	Mugello	9	7	5.11
5-6	1869 06 25 13 58	Appennino bolognese	18	7-8	5.43
3	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
3	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61
F	1871 01 22 21 30	Pianura romagnola	8	6	4.95
3-4	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
5	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
4-5	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
4-5	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
4-5	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
NF	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
5	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84
5	1878 04 05 09 46	Bolognese	6	6	4.63
4	1878 06 04 14 40	Bolognese	13	5	4.52
4	1878 11 09 17 48 50.00	Tossignano	8	5	4.53
5	1879 04 27 04 06	Appennino tosco-emiliano	20	7	5.03

6	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22
5	1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5	4.59
6	1881 02 14 09 00 30.00	Appennino bolognese	21	6	4.77
3	1881 09 28	Cesena	24	6-7	4.71
4	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01
3	1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6	4.96
F	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4.47
6	1889 03 08 02 57 04.00	Bolognese	38	5	4.53
3	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
NF	1890 03 26 20 10	Bellunese	48	6	4.82
3	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
NF	1891 08 01 13 32 22.00	Lugo	15	4-5	4.36
2-3	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
NF	1892 12 29 13 47 48.00	Castel del Rio	36	5-6	4.37
2	1894 02 09 12 48 05.00	Valle d'Ilasi	116	6	4.74
3	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
NF	1895 03 23	Comacchio	33	6	4.65
4	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5.5
2-3	1895 08 07 19 49 32.00	Appennino tosc-emiliano	84	5	4.67
NF	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
NF	1896 07 08 01 51 28.00	Porretta Terme	17	5	4.37
3	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5.09
3	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
4	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3	1899 06 26 23 17 22.00	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3	1901 10 30 14 49 58.00	Garda occidentale	289	7-8	5.44
NF	1902 12 04 16 35 01.00	Lunigiana	36	5	4.35
3	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	62	6	4.81
3	1904 06 10 11 15 28.00	Frignano	101	6	4.82
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1
3-4	1908 06 02 22 30	Frignano	18	4-5	4.5
6	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26
NF	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5.08
3	1913 07 21 22 35	Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
5	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
5	1916 08 16 07 06 14.00	Riminese	257	8	5.82
2	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
4-5	1918 11 10 15 12 28.00	Appennino forlivese	187	9	5.96
4-5	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6.38
5	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53
NF	1920 10 06 22 47	Mantovano	19	4-5	4.14
3	1922 05 24 21 17 25.00	Ferrarese	7	4	3.7
3-4	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5.72
6	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4	1929 04 11 00 56	Bolognese	10	4	4.72
4	1929 04 12 00 32	Bolognese	7	4	4.82
5-6	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 19 22 40	Bolognese	12	5-6	4.54
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
5	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.1
5	1929 04 22 14 19	Bolognese	12	5-6	4.61
5	1929 04 28 19 40	Bolognese	20	6	4.73
5	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.2
4	1929 05 01 21 13	Imolese	3	4	4.57
5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29

2-3	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4.96
3	1929 08 17 04 25	Bolognese	10	4-5	3.89
4	1930 10 24 00 52	Appennino tosco-emiliano	12	4	3.97
4	1930 10 26 07 14	Appennino tosco-emiliano	14	4	4.21
3	1930 10 26 07 31	Modenese	11	4	4.12
2	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	1931 04 11 01 26	Faentino	19	4-5	4.81
3	1931 06 10 17 02	Modenese	14	4	4.59
NF	1931 12 15 03 23	Mugello	35	6	4.62
3	1935 06 05 11 48	Faentino	27	6	5.23
3	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
3-4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
3	1956 04 26 03 00 03.00	Appennino bolognese	89	6	4.74
3	1960 10 29 00 08 39.00	Mugello	69	7	4.91
F	1963 07 19 05 46 01.50	Mar Ligure	412		5.95
3-4	1964 09 05 21 09	Appennino tosco-emiliano	22	5	4.35
NF	1967 12 09 03 09 56.00	Adriatico centrale	22		4.36
4	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
4	1971 07 15 01 33 23.00	Parmense	228	8	5.51
3	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4-5	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
2-3	1976 09 11 16 35 02.44	Friuli	40	7-8	5.6
4-5	1976 09 15 09 21 19.01	Friuli	54	8-9	5.95
3	1977 09 16 23 48 07.64	Friuli	94	6-7	5.26
4	1978 12 05 15 39 04.00	Romagna	34	4-5	4.61
3	1978 12 25 22 53 41.00	Bassa modenese	28	5	4.39
3	1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6	4.78
3	1980 06 07 18 35 01.00	Garfagnana	102	6-7	4.64
3	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	69	6-7	4.57
4	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4.43
4	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	802	6	4.71
F	1987 07 11 01 46 52.02	Bassa Bolognese	15	5	4.2
4	1989 09 13 21 54 01.50	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
2-3	1992 04 17 11 59 07.29	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
4-5	1996 10 15 09 55 59.95	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4	1999 07 07 17 16 12.59	Frignano	32	5	4.67
NF	2000 05 06 22 07 03.78	Faentino	85	5	4.08
NF	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4.67
NF	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4.82
5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5.24
3	2004 11 24 22 59 38.55	Garda occidentale	176	7-8	4.99
NF	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4.29
4	2008 12 23 15 24 21.77	Parmense	291	6-7	5.36
3	2011 07 17 18 30 27.31	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79

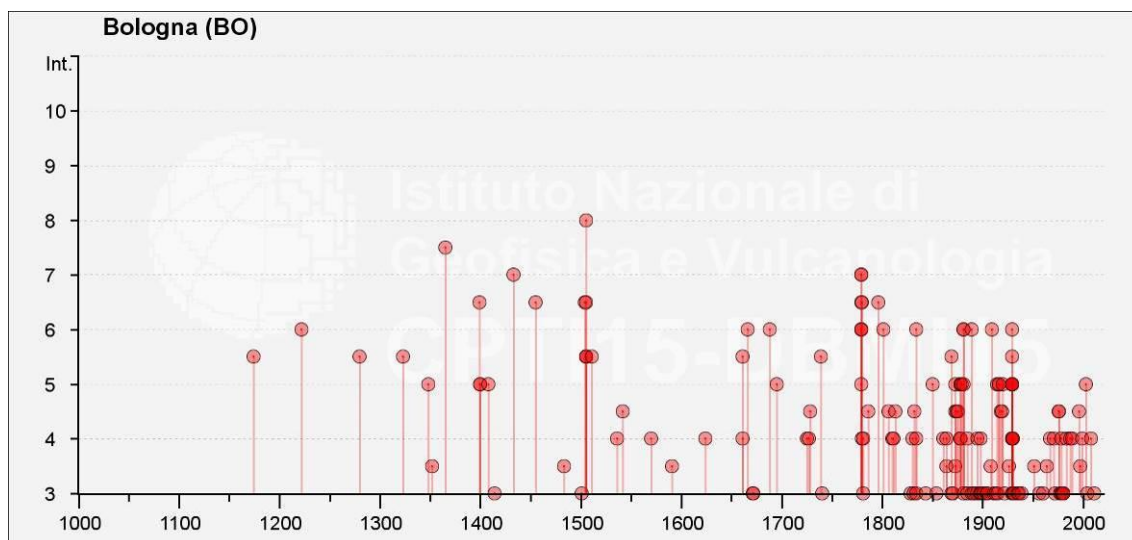


Fig. 16 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2014 nel Comune di Bologna

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune Bologna hanno raggiunto IS=8 per l'evento del 1505. Le aree epicentrali sono collocate direttamente nell'area della pianura Emiliana-Romagnola o nell'Appennino Tosco-Emiliano.

Seismic history of S. Lazzaro di Savena

[44.470, 11.408]

Total number of earthquakes: 3

Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io	Mw
3	1929 08 17 04 25	Bolognese	10	4-5	3.89
3	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3-4	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	802	6	4.71

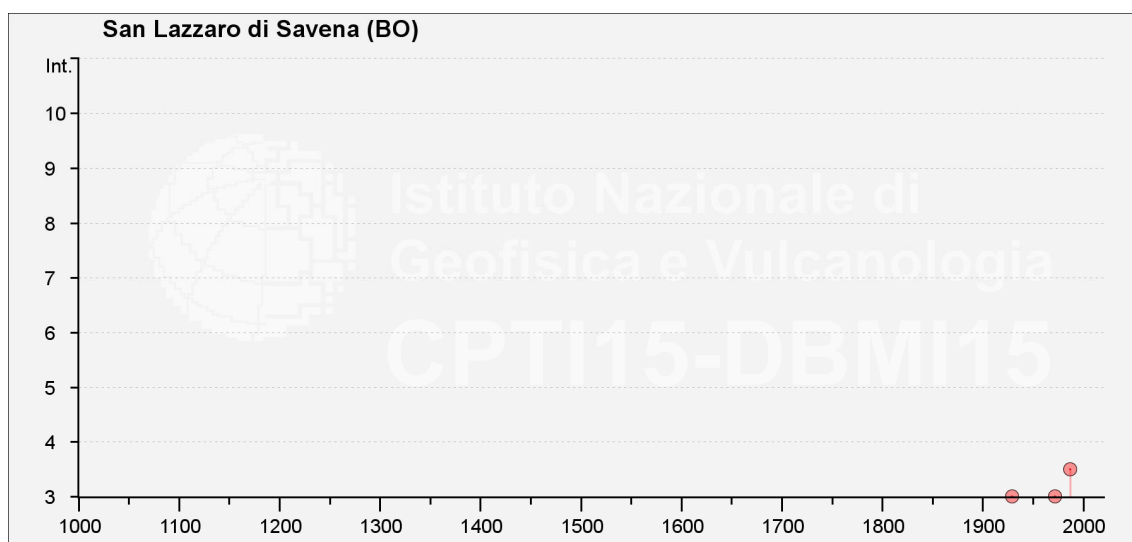


Fig. 17 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2014 nel Comune di San Lazzaro di Savena

Seismic history of Pianoro**[44.387, 11.345]**

Total number of earthquakes: 22

Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io	Mw
NF	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
NF	1898 03 09 11 43	Romagna settentrionale	68	6	4.59
NF	1899 06 26 23 17 22.00	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	1908 06 02 22 30	Frignano	18	4-5	4.5
NF	1913 07 21 22 35	Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
6	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
6	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
5	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.1
5	1929 04 22 14 19	Bolognese	12	5-6	4.61
5	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.2
3	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1992 04 17 11 59 07.29	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2000 05 06 22 07 03.78	Faentino	85	5	4.08
NF	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4.67
F	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4.82
NF	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	186	4	4.3
5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5.24
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18
NF	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4.29

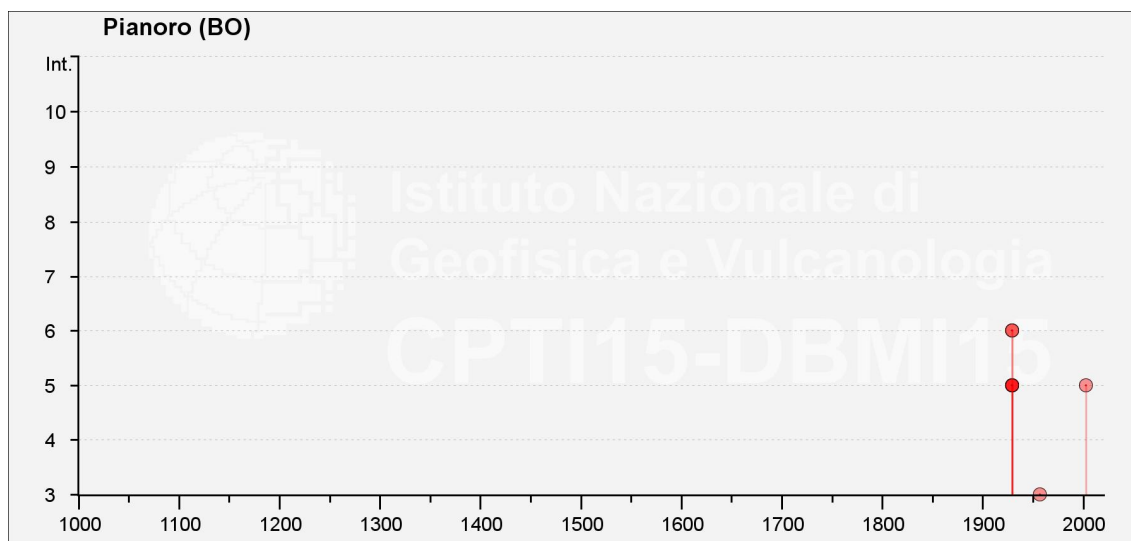


Fig. 18 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2014 nel Comune di Pianoro

9.2 Sismicità recente (dal 1985 al 2016)

Per quanto concerne i sismi che hanno interessato l'area bolognese dal gennaio 1985 a novembre 2016, i dati sono stati recuperati dal database ISIDE dell'INGV considerando un'area di raggio 100 km rispetto a Bologna (che include le aree epicentrali dei terremoti più intensi di cui al paragrafo precedente).

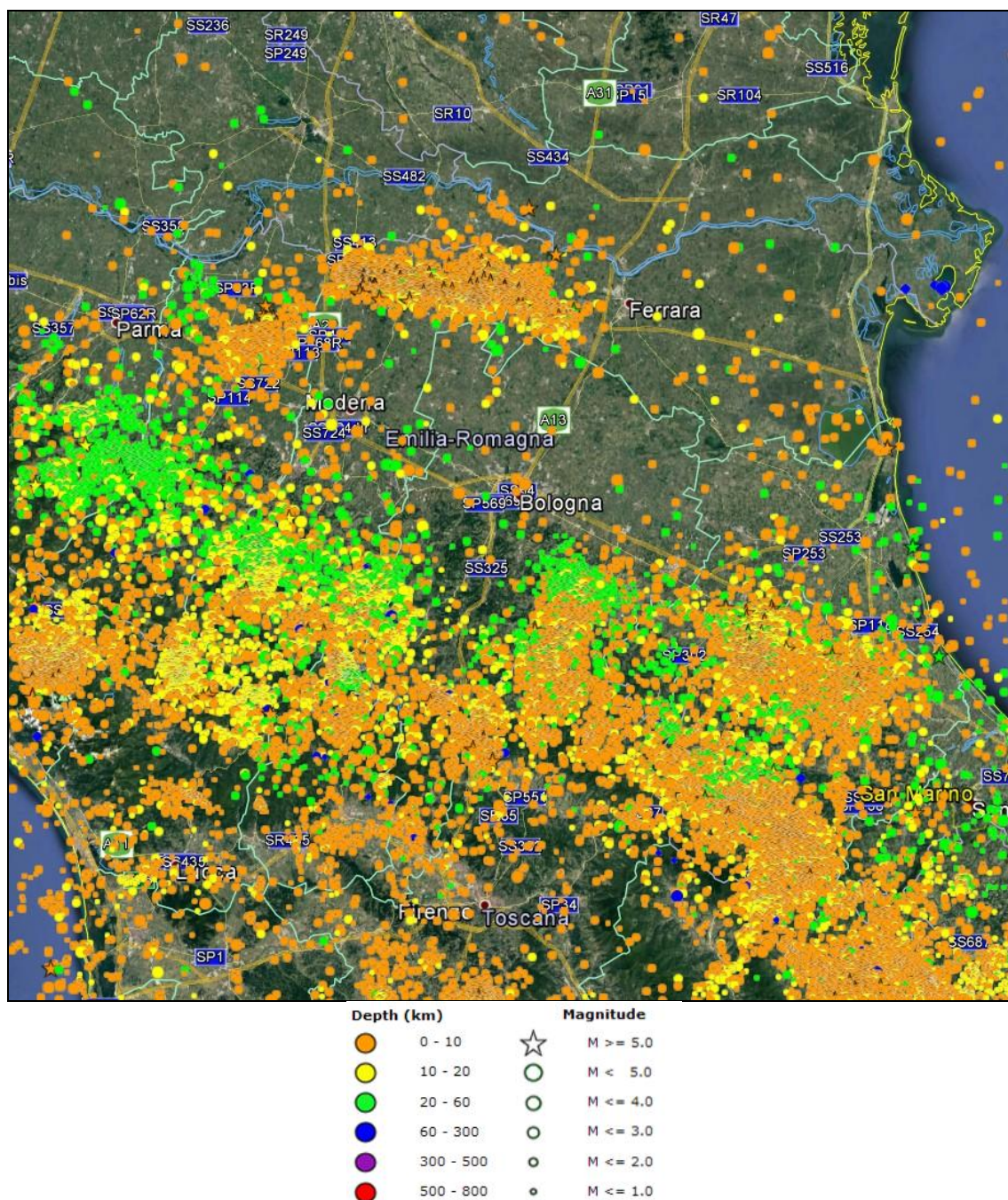


Fig. 19 – Database ISIDE - periodo 1985-2016.

Nell'area del progetto, per l'intervallo di tempo e di distanza considerato, sono segnalati n. 29143 terremoti principali. Dalla planimetria si distinguono le seguenti aree sorgenti:

- la principale area sorgente si sviluppa lungo l'arco appenninico, dalla Lunigiana-Garfagnana al Mugello all'area umbro-marchigiana;
- intensa e frequente attività sismica è presente in una fascia trasversale che va dall'Appennino bolognese alla costa adriatica;
- nella parte SW della Toscana, si registrano terremoti concentrati nelle Colline Metallifere e Monti del Chianti e Monte Amiata;

- si nota una concentrazione di sismi nell'area modenese connessa con i terremoti che hanno interessato l'Emilia nel 2012.

In generale le profondità sono per la maggior parte entro i 10 km e le magnitudini più rappresentate variano tra 1.0 e 2.0.

	max	media
Profondità (km)	96.4	11.23
Magnitudo	5.8	1.79

Nella seguente immagine sono evidenziati i terremoti avvenuti nelle aree più prossime al tracciato.

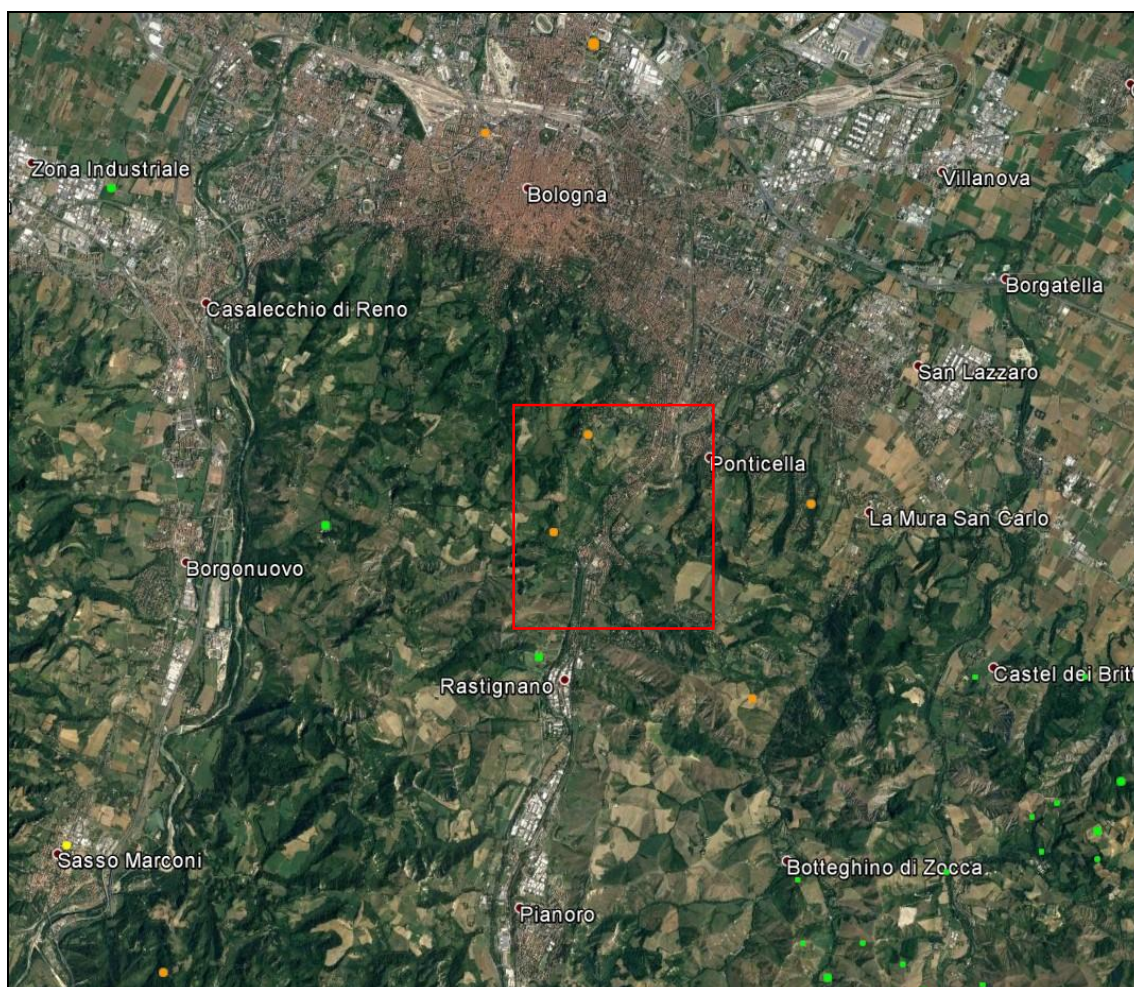


Fig. 20 – Database ISIDE - periodo 1985-2016 - Dettaglio area di progetto.

9.3 Faglie capaci

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

La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere \geq VIII-IX grado della scala ESI2007.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA “ITaly Hazard from Capable faults”, disponibile on-line all’indirizzo http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA_-_Catalogo_delle_faglie_capaci.

Il data base del Progetto ITHACA, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

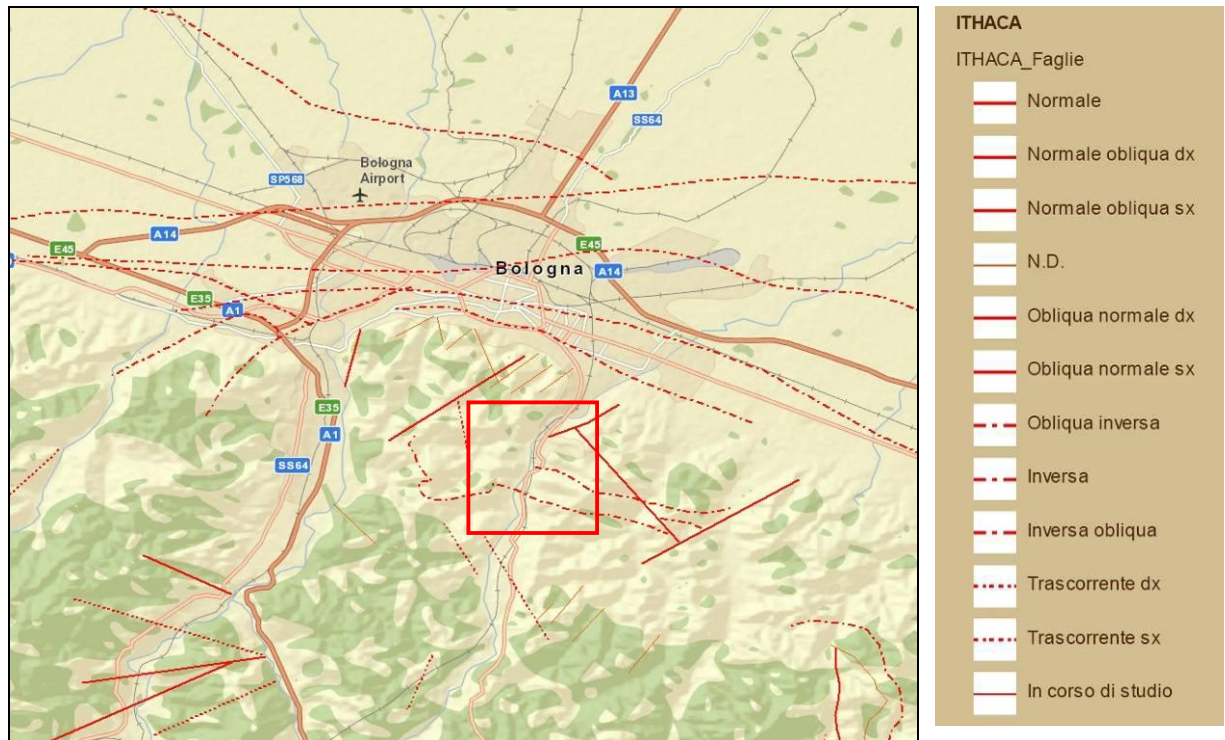


Fig. 21 – Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA nell'area bolognese

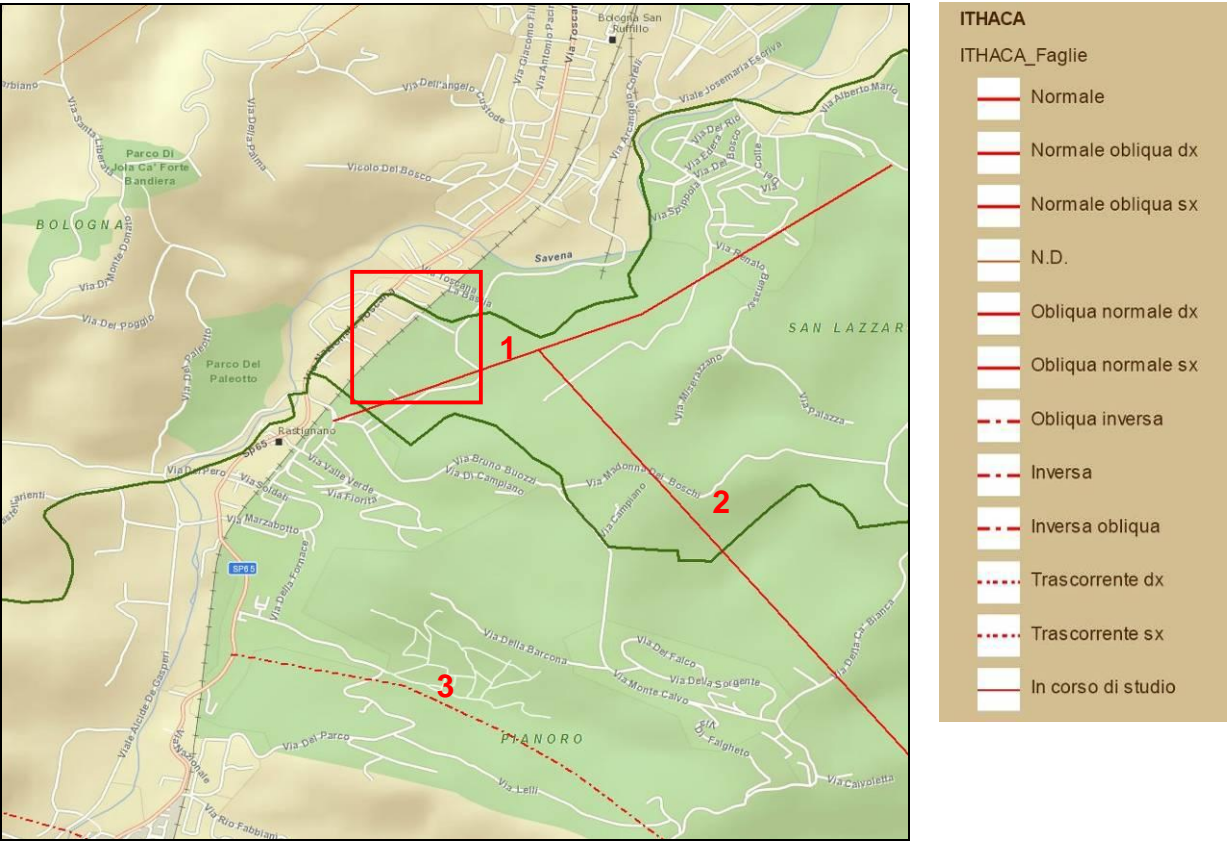


Fig. 22 – Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA nell'area bolognese

Nell'area di studio sono segnalate alcune faglie capaci interferenti e prossime al tracciato, appartenenti al sistema appenninico, sia normali sia inverse.

	1	2	3
TIPOLOGIA	NORMALE	NORMALE	INVERSA
FAULT NAME	-	-	Montecalvo - Bologna
FAULT CODE	93601	93603	93648
MACROZONE	3	3	3
REGION NAME	Emilia Romagna	Emilia Romagna	Emilia Romagna
SYSTEM NAME	Appenninic foothills	Appenninic foothills	Appenninic foothills
RANK	-	-	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	-	-	300
DIP	-	-	-
LENGTH (Km)	-	-	6
GEOMETRY	-	-	-
SEGMENTATION	-	-	No
DEPTH (Km)	-	-	-
LOCATION RELIABILITY	-	-	-

	1	2	3
LAST ACTIVITY	Early Pleistocene	Early Pleistocene	Early Pleistocene
ACTIVITY RELIABILITY	-	-	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	-	-	-
SLIP-RATE (mm/yr)	-	-	-
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	-	-	6
MAX CREDIBLE SLIP (m)	-	-	-
KNOWN SEISMIC EVENTS	-	-	-
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	-	-	6
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	-	-	-
STUDY QUALITY	-	-	LOW
NOTES	-	-	NOTES la faglia taglia le unita' Liguri costituite da varie litologie non facilmente distinguibili. Per questo nella casella LITHO CUT non sono state segnate.

9.4 Strutture sismogenetiche

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

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

La figura seguente evidenzia le aree sismogenetiche prossime al tracciato di progetto (poligoni color marrone), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenuti attivi, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni); le campiture in rosso indicano i sistemi di faglia.

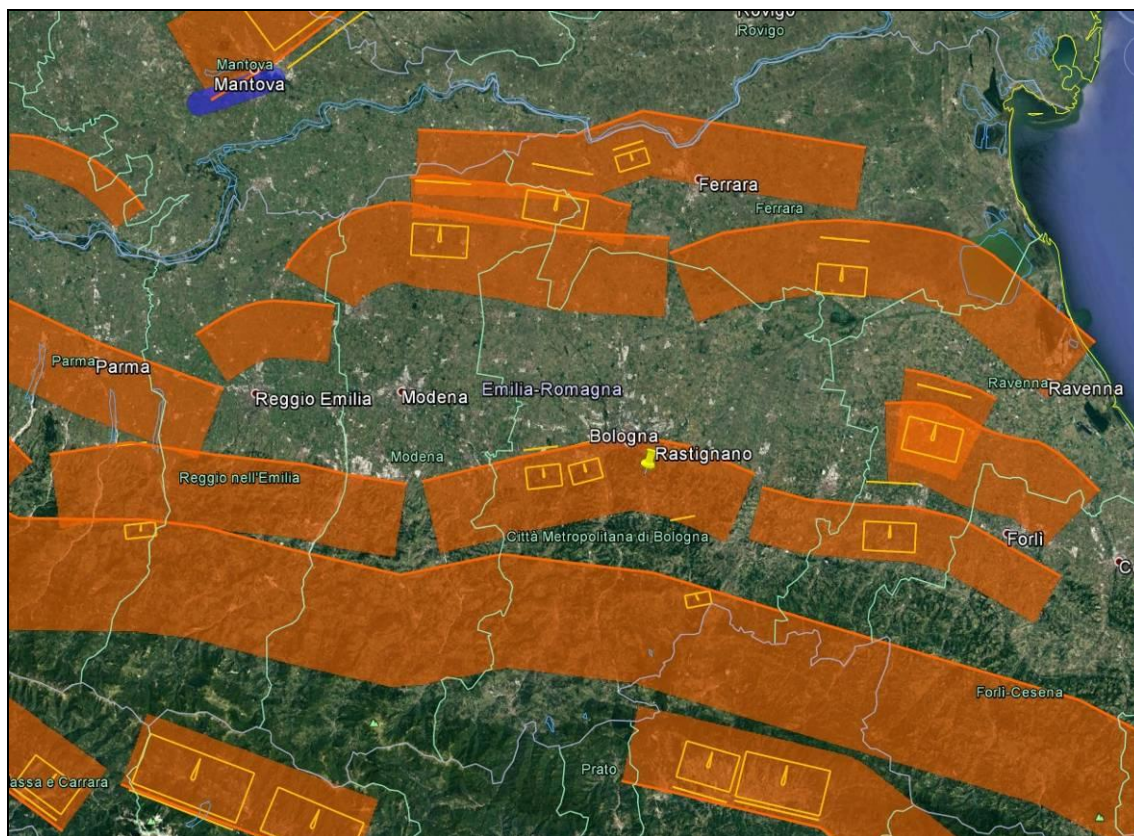


Fig. 23 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse - Database DISS3.

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

1. i primi due caratteri si riferiscono al Paese considerato (IT per Italia):
2. gli altri due caratteri identificano il tipo di dati:
 - IS per Individual Seismogenic Source
 - CS per Composite Seismogenic Source
 - DS per Debated Seismogenic Source

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3" si osserva che il tracciato in progetto ricade al bordo delle aree sismogenetiche: Castelvetro di Modena-Castel San Pietro (ITCS047), Castel San Pietro Terme-Meldola (ITCS001) e Mordano-Guarniera (ITCS011).

Il 20 e 29 Maggio 2012 due terremoti di magnitudo 5.9 e 5.8 seguiti da molte repliche hanno colpito la Pianura Padana a circa 40 km a nord di Bologna. I due terremoti principali sono stati generati dalle faglie sepolte dell'Arco Ferrarese-Romagnolo appartenenti al fronte più esterno dell'appennino settentrionale, attivandolo per una lunghezza di circa 50 km. L'attività geologica recente di queste strutture è testimoniata dal controllo sull'andamento del drenaggio, ed è stata quantificata utilizzando dati geologici e geofisici di sottosuolo: le dorsali di Ferrara (ITCS050) e Mirandola (ITCS051), associate hanno causato la diversione del corso dei fiumi Po, Secchia, Panáro e Reno. La deformazione cosismica del suolo,

sollevamento e subsidenza, generata dai due terremoti è congruente con le anomalie del drenaggio descritte.

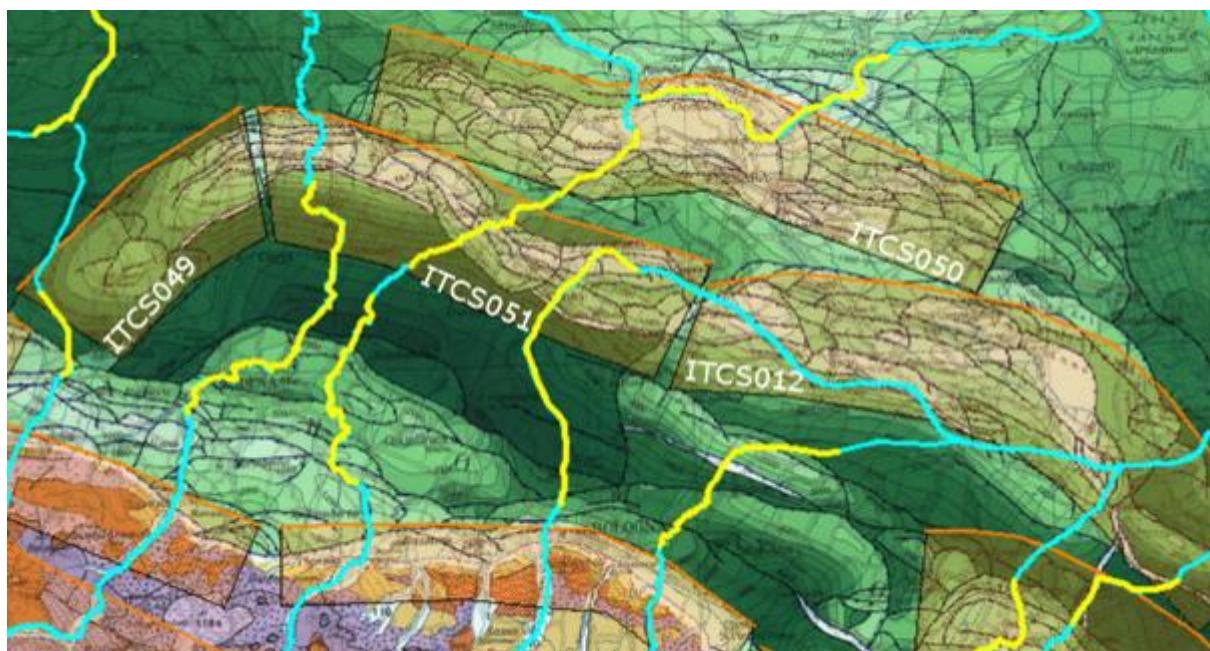


Fig. 24 - Modello strutturale con evidenziate in giallo i tratti che evidenziano le anomalie del drenaggio ed in azzurro i corsi d'acqua regolari, in arancione le aree sismogenetiche

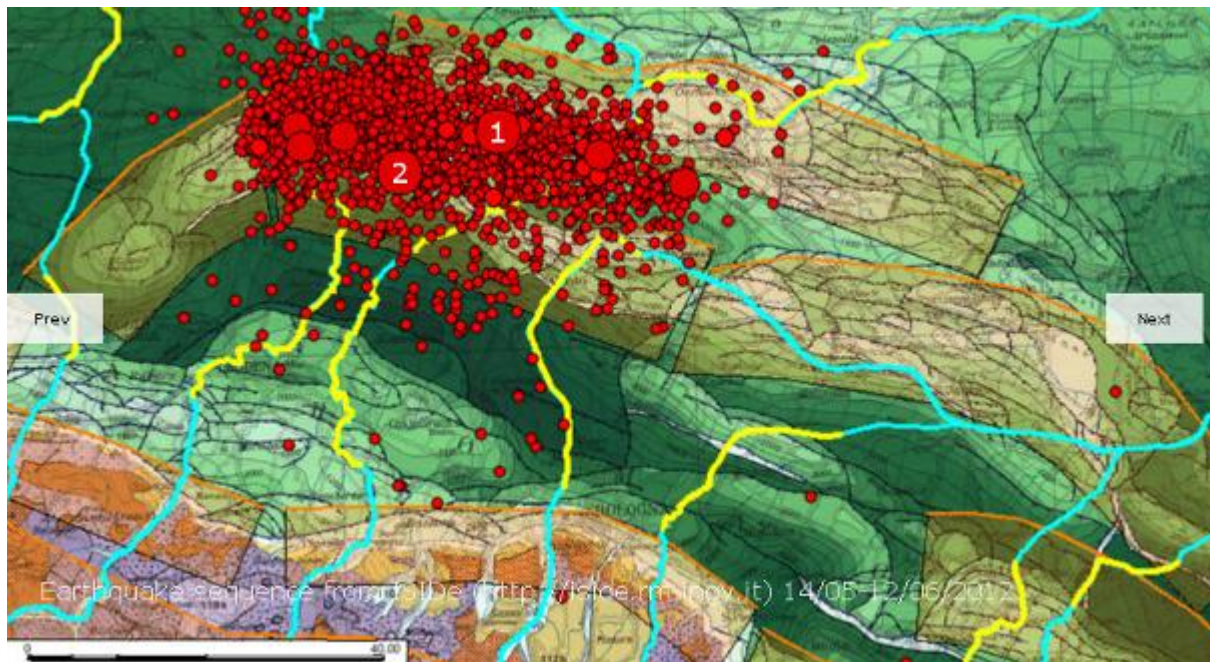


Fig. 25 - Sequenza sismica 14 maggio - 12 giugno 2012



Fig. 26 - Spostamento della superficie causato dalle due faglie (riquadri neri) che generano le scosse di magnitudo 5.9 e 5.8

9.5 Classificazione Sismica

La normativa sismica italiana, entrata in vigore l'8 maggio del 2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 e in seguito aggiornati con l'O.P.C.M. 3519/06, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

I criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale, emanati con l'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 2003 si basano sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

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

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

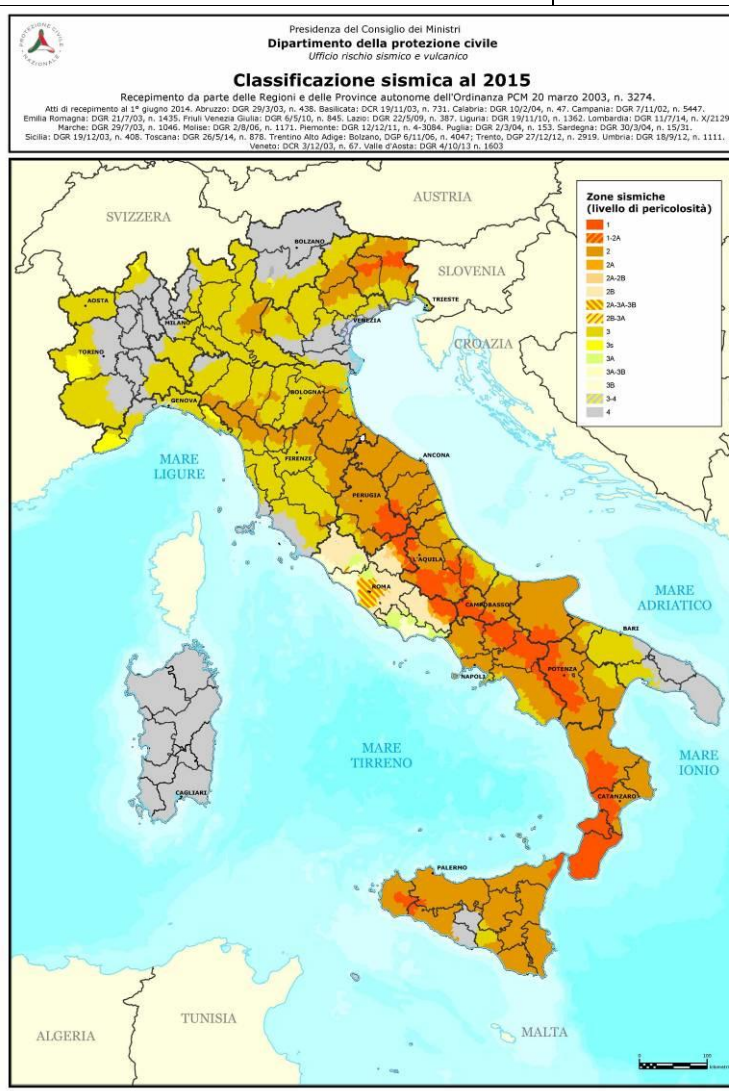


Fig. 27 - Classificazione Sismica al 2015 (Dipartimento di Protezione Civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico)

La normativa nazionale è stata recepita dalla Regione Emilia con Delibere della Giunta Regionale n. 1435/2003 e n. 1677/2005. In conformità a tali normative, i comuni interessati dal progetto ricadono nelle seguenti zone sismiche:

Regione	Province	Comune	Classificazione_2015
Emilia Romagna	Bologna	Bologna	3
Emilia Romagna	Bologna	S. Lazzaro di Savena	3
Emilia Romagna	Bologna	Pianoro	3

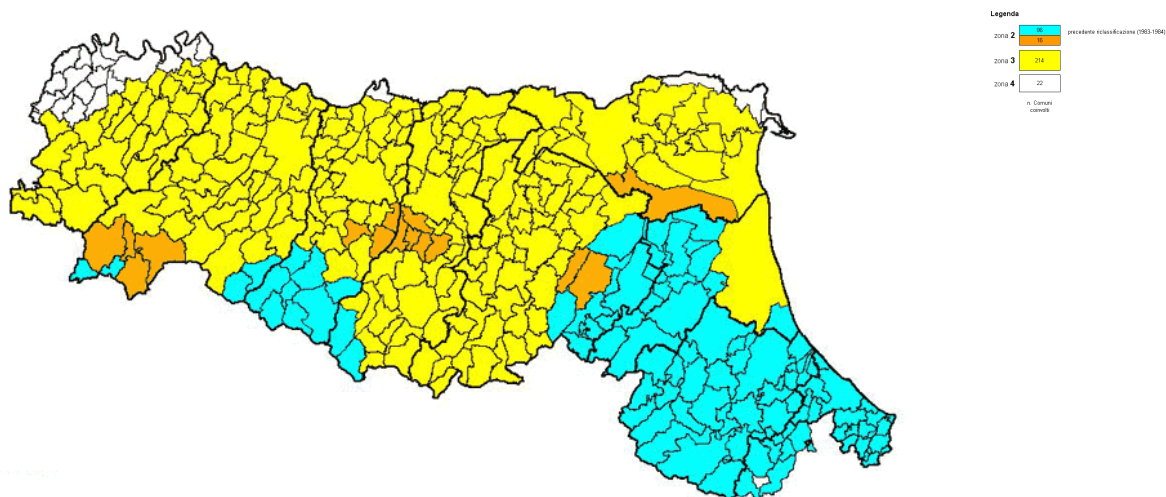


Fig. 28 - Classificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione")

10 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Nell'ambito del presente capitolo sono descritti - procedendo dall'avvio del tracciato (rotatoria presso il Ponte delle Oche) verso il collegamento con il I lotto della Variante di Rastignano - gli elementi geologico-geomorfologici che possono avere maggiore influenza per la progettazione delle opere sotto il profilo geologico.

Progr. 0+000 – 0+220 circa: il tratto di innesto della Variante di Rastignano col la Fondovalle Savena avviene nei pressi del ponte delle Oche e si sviluppa verso nord in leggero rilevato su uno strato di terreni di riporto disposti al di sopra di uno strato di alluvioni incoerenti (spessore 5÷7m); ciò fino all'intersezione con il Rio Torriane. In particolare, nella porzione più superficiale, ma comunque al di sotto del riporto connesso con la viabilità esistente, sono presenti materiali prevalentemente sabbioso-limosi (attribuiti da CARG ad AES8a) che in profondità lasciano posto a granulometrie più grossolane (ghiaie e ciottoli). Tali livelli grossolani sono stati attribuiti, per analogia con quanto osservabile in zone limitrofe, ad AES8 sebbene tra i due sistemi esista una convergenza litologica e granulometrica che li rende difficilmente distinguibili nei carotaggi.

Progr. 0+220 – 0+800 circa: proseguendo oltre il rio Torriane, l'altezza del rilevato aumenta fino all'innesto con la Rotatoria del Paleotto, dove raggiunge i 6.5 m circa. In questo tratto gli spessori di alluvioni si riducono ed il substrato diviene progressivamente più superficiale (sondaggio S1-RCT 2004). Questo tratto stradale, fra il rio Torriane e la pila del viadotto Rastignano, rappresenta il tratto che richiede un'analisi più accurata sotto il profilo del rischio, poiché è un'area vincolata.

Progr. 0+800 – 0+920 circa: il tratto di rilevato compreso fra le progr 0+800 e 0+920 corre a mezza costa in corrispondenza di un tratto di pendio ricoperto da terreni modellati dall'azione fluviale del t. Savena; il versante è orientato in direzione SW-NE, di altezza pari a circa 8-9m ed inclinato 20°÷25°. Il pendio raccorda l'area pianeggiante a quota 100 m s.l.m. con un'area terrazzata ad andamento sub-pianeggiante ed è ricoperto da vegetazione arborea e arbustiva. La prova penetrometrica CPTU 3 (SGT 2009) evidenzia che il sottosuolo è costituito da percentuali variabili di limi, sabbie e ghiaia; il che lo rende compatibile con la sua genesi alluvionale. In particolare, la scarpata rappresenta il raccordo fra due aree terrazzate di diverso ordine, modellate dal t. Savena.



Foto 5: Ripresa panoramica del pendio compreso fra le progr 0+815 e 0+830 dalla parte bassa.



Foto 6 - Ripresa del pendio compreso fra le progr. 0+870 e 0+920 dalla parte bassa. Si osserva la fitta vegetazione arborea e arbustiva che lo interessa.



Foto 7 - Aspetto della parte sub-pianeggiante che termina con il pendio fra progr. 0+870 e 0+920



Foto 8 - Aspetto della vegetazione di alto fusto presente sul pendio fra progr. 0+870 e 0+920

Progr. 0+920 – 1+185 circa: il tratto comprende il viadotto Rastignano. In corrispondenza dell'area pianeggiante ove sarà costruita la Spalla A, le indagini geognostiche (sondaggio BH2-2009 e CPTU01-2009) hanno individuato la presenza di un primo deposito superficiale di limi sabbiosi dello spessore di circa 3.5, seguito da uno spessore più esiguo di limi argillosi della potenza di 1.5 m circa. I depositi individuati dalla CPTU01 -2009 possono essere ricondotti ad una facies tipicamente alluvionale.

Il rinvenimento di tali materiali costituisce una singolarità sedimentologica; poiché materiali a tessitura fine generalmente non sono presenti in questi contesti in ragione delle forti energie idrauliche dei corsi d'acqua che non ne consentono la deposizione. Una possibile spiegazione risiede nella presenza della briglia del Paleotto, posta poco più a valle. Una testimonianza storica che indica il funzionamento della briglia è riportata nella figura seguente.

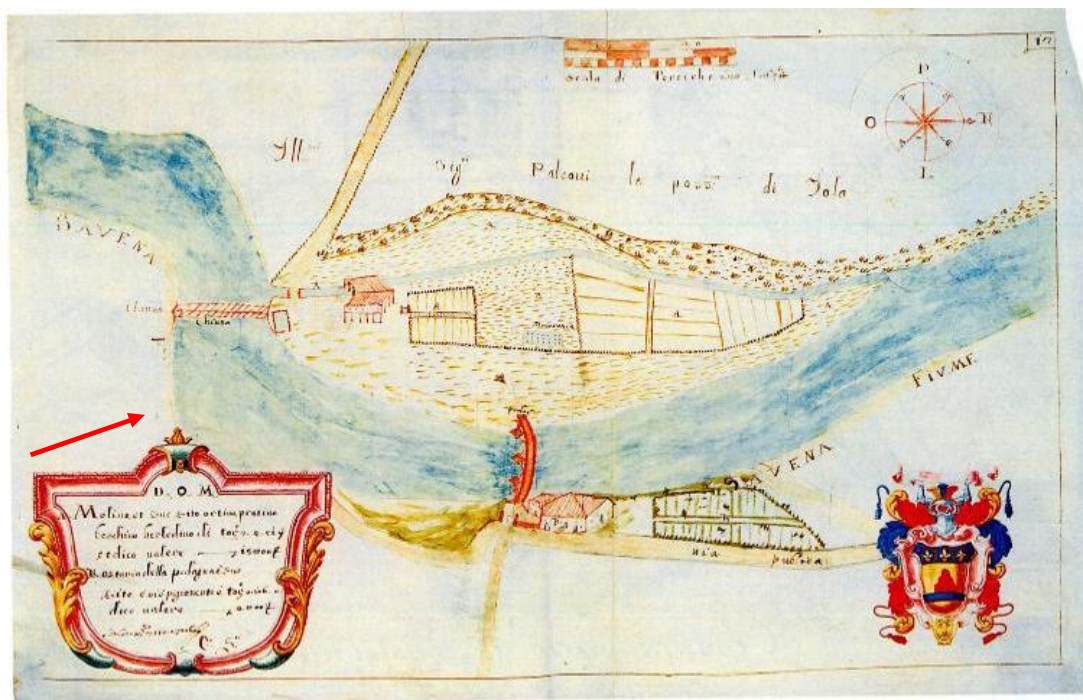


Fig. 29 –Ubicazione della briglia del Paleotto (mappa del 1600, campione dei Beni della Famiglia Paloetti)

La costruzione della briglia avrebbe quindi rappresentato un nuovo livello di base a livello locale per il torrente Savena, creando parallelamente un piccolo bacino in corrispondenza del quale poteva avere luogo una sedimentazione di granulometrie più fini. Tali depositi, quantunque limitati in spessore ed estensione, dovranno essere adeguatamente caratterizzati, alla luce del contributo al cedimento che possono apportare e di una potenziale propensione alla liquefazione.

Il viadotto Rastignano si colloca nell'area golenale del torrente Savena; la successione stratigrafica è tipicamente composta da un materasso alluvionale di spessore variabile che giace in discordanza stratigrafica sul sottostante substrato, che in questo settore è costituito dalla Formazione del Pantano. Il materasso alluvionale è suddivisibile in alluvioni relativamente più antiche ed appartenenti all'Unità di Modena (AES8a) ed in coperture alluvionali più recenti ancora in evoluzione (depositi quaternari continentali b1); queste ultime assumono spessori significativi nelle aree di fondazione delle pile 3 e 4.

Il torrente Savena scorre ribassato rispetto alle aree urbanizzate e terrazzate circostanti ed ha un regime idraulico che gli consente di incidere il materiale alluvionale fino al substrato alterato, che localmente affiora in corrispondenza dell'alveo.

Nel tratto compreso fra la Pila 4 e la Spalla B, ove il tracciato sovrappassa via Toscana e via Buozzi, si rinviene un consistente deposito di natura antropica, messo in posto verosimilmente per creare superfici sub-pianeggianti destinate all'urbanizzazione dell'area.

Si segnala la possibile interferenza tra le acque del torrente Savena e la falda freatica presente nel materasso alluvionale circostante. La permeabilità dei terreni ed i gradienti idraulici possono infatti comportare afflussi idrici che dovranno essere tenuti in debito conto per la progettazione degli scavi.

Progr. 1+185 – 1+360 circa: In questo tratto la strada si sviluppa in rilevato fra la Spalla B e la galleria; in particolare, si eleva progressivamente dai circa 3m (presso la spalla B del viadotto Rastignano) fino ai circa 8.0m (presso la galleria artificiale della linea RFI) in corrispondenza di un terrazzo alluvionale di secondo ordine costituito da miscele di sabbie e ghiaie. Lo spessore del terrazzo è pari a circa 3m e giace in discordanza stratigrafica sul substrato della Formazione di Pantano.

Progr. 1+360 – 1+563 circa: L'ultimo tratto dell'asse stradale è compreso fra il lato di monte della galleria artificiale della linea RFI e la Rotatoria Rastignano. Il rilevato di uscita dalla galleria ha un'altezza massima pari a circa 7.5m, ma si riduce verso la Rotatoria Rastignano; inoltre, si segnala che appoggia parzialmente su un terreno di riporto di spessore variabile (da 1m a 5.5 m circa), sovrastante le alluvioni AES8 ed il substrato (Fm. Di Pantano).

La definizione delle caratteristiche delle terre provenienti dagli scavi in ordine alla loro possibile riutilizzabilità, la definizione del modello geotecnico finalizzato alla progettazione degli interventi di stabilizzazione, di ripristino di opere d'arte e di sostegno, i criteri per la scelta delle fondazioni delle opere, delle sezioni di scavo e delle tipologie d'avanzamento in galleria non è oggetto della presente relazione.

11 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

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

- La stratigrafia generale dell'area è costituita da materiale alluvionale quaternario di spessore variabile (da qualche metro fino a 8÷9 m) poggianti in discordanza stratigrafica sul substrato che nell'area di progetto è costituito in prevalenza da marne e occasionalmente da siltiti/argenti fini;
- la presenza del substrato al di sotto dei depositi è regolata da un contatto di tipo erosionale che, per sua natura, è caratterizzato da geometrie variabili in maniera scarsamente prevedibile. Pertanto, tra una verticale d'indagine e l'altra, la profondità in corrispondenza della quale è stato disegnato il substrato assume il significato di ragionevole ipotesi;
- presenza di materiali con scadenti caratteristiche meccaniche (depositi alluvionali fini, materiali di riporto, coltri di alterazione del substrato, Formazioni a composizione argillitica e aree ad intensa tettonizzazione);
- variabilità delle caratteristiche e dello spessore del riporto antropico;
- l'ubicazione degli elementi strutturali è soggetta ad un certo grado di indeterminatezza in ragione della frammentaria esposizione rocciosa e della presenza di coperture di vario tipo. Attorno alle zone di faglia ed alle strutture tettoniche principali è probabile la presenza di una zona cataclastica associata a fratture più o meno cementate. Tali rocce cataclasate sono identificate in profilo solo dove riscontrate nei sondaggi ma potrebbero interessare anche altri settori lungo il tracciato;
- la presenza di edifici e di infrastrutture (es. abitato di Rastignano e ferrovia) in prossimità delle nuove opere rappresenta un elemento da considerare con la massima attenzione, in quanto una variazione inopportuna dello stato tensionale dei terreni/rocce dovuta alla realizzazione di scavi, emungimenti, riporti, ecc. può generare lesioni.
- il substrato possiede una permeabilità molto ridotta (acquiclude), mentre le alluvioni possono avere una permeabilità decisamente più elevata, soprattutto in corrispondenza dei depositi più grossolani e sono sede di una falda freatica libera.