

## AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA—BARI—TARANTO TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE – BOLOGNA SAN LAZZARO

### POTENZIAMENTO DEL SISTEMA TANGENZIALE DI BOLOGNA TRA BORGO PANIGALE E SAN LAZZARO



## PROGETTO DEFINITIVO

### DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DI INQUADRAMENTO  
RELAZIONE GEOLOGICA – GEOMORFOLOGICA

<b>IL GEOLOGO</b> Dott. Vittorio Boerio Ord. Geol. Lombardia N.794 <b>RESPONSABILE GEOLOGIA</b>	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 <b>PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI</b>
--	---	--

CODICE IDENTIFICATIVO													Ordinatore:		
RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO			00		
Codice	Commessa	Lotto, Sub- Cod. Prog. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA			Tip.	Disciplina		Progressivo	Rev.
1	1	1442	00001	P	D	000000	000000	000000	000000	000000	0	G	E	00001	—
															SCALA: -

 	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
			Ing. Giulio Ghezzi Ord. Ingg. Pesaro Urbino N. 1768		SoilData Studio Associato		n.	data
							0	NOVEMBRE 2016
							1	—
							2	—
REDATTO:		Dott. Luciano Cagnola		VERIFICATO:		—		
						3	—	
						4	—	

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

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE .....</b>	<b>6</b>
2.1	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI .....	6
2.2	FOTOINTERPRETAZIONE .....	7
2.3	RILEVAMENTO.....	8
2.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	9
2.4.1	<i>Indagini bibliografiche pregresse .....</i>	<i>10</i>
2.4.2	<i>Indagini geognostiche pregresse (dal 1984 al 2015).....</i>	<i>10</i>
2.4.3	<i>Indagini geognostiche progetto definitivo (2016).....</i>	<i>11</i>
2.5	ANALISI DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI.....	12
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>STRATIGRAFIA.....</b>	<b>18</b>
5.1	DEPOSITI ALLUVIONALI IN EVOLUZIONE (B1).....	20
5.2	SINTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) .....	20
5.2.1	<i>SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) .....</i>	<i>20</i>
5.2.2	<i>SUBSINTEMA DI VILLA VERUCCHIO (AES7).....</i>	<i>21</i>
5.2.3	<i>SUBSINTEMA DI BAZZANO (AES6).....</i>	<i>22</i>
<b>6</b>	<b>GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
6.1	INQUADRAMENTO GENERALE.....	23
6.2	IDROGRAFIA.....	24
<b>7</b>	<b>ANALISI DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA DAGLI ENTI .....</b>	<b>28</b>
7.1	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) .....	28

7.2	PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP).....	37
7.3	PIANI STRUTTURALI COMUNALI (PSC) .....	38
7.4	PIANO COORDINAMENTO GESTIONE RISCHI ALLUVIONI (PGRA) .....	38
7.5	SUBSIDENZA .....	40
7.6	LIQUEFAZIONE .....	48
7.7	GAS .....	49
7.8	SINKHOLE .....	50
<b>8</b>	<b>GEOMORFOLOGIA DELL'AREA D'INTERVENTO.....</b>	<b>52</b>
8.1	FOTOINTERPRETAZIONE .....	52
8.2	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO .....	52
8.2.1	<i>Attraversamento fiume Reno.....</i>	<i>52</i>
8.2.2	<i>Attraversamento canale Navile e Savena Abbandonato .....</i>	<i>63</i>
8.2.3	<i>Quartiere San Vitale – torrente Savena Naturale .....</i>	<i>69</i>
<b>9</b>	<b>VINCOLI E PERICOLOSITA' IDRAULICA.....</b>	<b>77</b>
<b>10</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE .....</b>	<b>82</b>
10.1	IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO .....	86
<b>11</b>	<b>CARTOGRAFIA TEMATICA E LEGENDE .....</b>	<b>88</b>
11.1	GEOLOGIA .....	88
11.2	GEOMORFOLOGIA .....	89
11.3	VINCOLI E PERICOLOSITA' IDRAULICA.....	90
<b>12</b>	<b>ELEMENTI DI SISMICA GENERALE .....</b>	<b>91</b>
12.1	SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2005) .....	91
12.2	SISMICITÀ RECENTE (DAL 2005 AL 2016) .....	97
12.3	FAGLIE CAPACI.....	100
12.4	STRUTTURE SISMOGENETICHE .....	102

12.5	CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	106
12.6	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI STUDIO .....	109
<b>13</b>	<b>DESCRIZIONE DEL TRACCIATO SU BASE GEOLOGICA.....</b>	<b>110</b>
13.1	DA INIZIO INTERVENTO FINO ALLA PROGR. KM 11+100 C.A. E SVINCOLO LAZZARETTO .....	110
13.2	DALLA PROGR. KM 11+100 C.A. ALLA PROG. KM 14+000 C.A.....	112
13.3	DALLA PROGR. KM 14+000 C.A. ALLA PROG. KM 16+000 C.A.....	112
13.4	DALLA PROGR. KM 14+000 C.A. ALLA PROG. KM 16+000 C.A.....	112
13.5	DALLA PROGR. KM 16+000 C.A. ALLA PROG. KM 19+000 C.A.....	112
13.6	DALLA PROGR. KM 19+000 C.A. ALLA PROG. KM 20+000 C.A.....	113
13.7	DALLA PROGR. KM 20+000 C.A. A FINE INTERVENTO.....	113
<b>14</b>	<b>PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO.....</b>	<b>114</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda la porzione di territorio che ricade nella piana alluvionale appenninica tra Bologna Borgo Panigale e Bologna San Lazzaro, nell'ambito del progetto definitivo per il potenziamento del sistema tangenziale di Bologna (Passante di mezzo di Bologna).

Lo scopo del lavoro consiste nell'illustrare gli elementi geologici e geomorfologici utili a focalizzare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dal tracciato oggetto di ampliamento.

La morfologia pianeggiante che contraddistingue l'intera area di studio impone l'adozione di una metodologia per la ricostruzione dell'assetto geologico - stratigrafico differente da quella normalmente impiegata per zone collinari o montane. Il rilevamento di superficie, infatti, fornisce elementi significativi solo nei rari punti in cui incisioni fluviali o scarpate antropiche (cave, sbancamenti per opere edili, etc.) mettono a nudo "spaccati stratigrafici", mentre assumono grande rilevanza le verticali di indagine (sondaggi geognostici, pozzi per acqua, ecc.), che consentono di osservare direttamente i depositi presenti nel sottosuolo al di sotto del terreno di coltivo o di riporto.

Gli elementi utilizzati per la redazione della planimetria geologico - geomorfologica in scala 1:5000 e del profilo geologico longitudinale in scala 1:5000/500 sono stati ricavati essenzialmente dall'analisi critica dei dati bibliografici e dall'esame di tutte le stratigrafie disponibili (pozzi, indagini pregresse e sondaggi appositamente realizzati).

La relazione geologica 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.

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 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Di seguito vengono elencate tutte le attività conoscitive svolte per la redazione del presente studio.

### 2.1 RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI

Sono stati acquisiti dati/pubblicazioni dalle seguenti fonti:

- Servizio Geologico della Regione Emilia – Romagna: 1) cartografia geologica (progetto CARG foglio 220 "Casalecchio di Reno" e foglio 221 "Bologna"); 2) Carta Sismotettonica della Regione Emilia - Romagna alla scala 1:250.000; 3) Carta Geologica d'Italia 1:100.000, fogli 87 (Bologna); 4) Carta geomorfologica della pianura - Geologia sismica e suoli (03 /14); 5) carta dei suoli della pianura emiliano-romagnola in scala 1:50.000; 6) stratigrafie sondaggi, pozzi pubblici e privati, prove penetrometriche ad uso privato;
- Società Geologica Italiana;
- ARPA Regione Emilia Romagna: Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola (da portale cartografico ARPAE);
- Piani Stralcio Assetto Idrogeologico (D. n.2/1-2001) Regione E-R Difesa del Suolo servizi tecnici e autorità di bacino, AdB Reno (D.C.R. R.E-R 3108/1990) e (D.C.R. R.T. 183/1990);
- Piani di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni - PGRA (D.L.49/2010) – Distretto Appennino Settentrionale IT021 Reno(06/2106);
- Piano Infraregionale delle Attività Estrattive PIAE (11/ 2013) - Città Metropolitana, Bologna (01/2015).
- SIT – Servizio Informativo Territoriale della Provincia di Bologna;

- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale PTCP (11/2013) - Città Metropolitana, Bologna (01/2015).
- Vincoli e rispetti amministrativi (11/2013), Città Metropolitana Bologna (2016).
- Piano Strutturale Comunale (PSC) del Comune di Bologna:
  - Piano delle Attività Estrattive - PAE 2007 (D.C.C. n. 43 29/01/2010);
  - Tavola Vincoli - Risorse idriche e Assetto idrogeologico (C.C. N.133/2008);
  - Tavola Vincoli - Infrastrutture suolo e servitù idrogeologico (C.C. N.133/2008);
- Piano Strutturale Comunale (PSC) del Comune di San Lazzaro di Savena:
  - Tavola Tutela e Vincoli di natura storico culturale, paesaggistica ambientale relativi alla sicurezza e alla vulnerabilità del territorio
- Archivi SPEA-UTSA-ASPI: dati geognostici pregressi ricadenti nelle adiacenze del tratto di interesse;
- Progetto esecutivo di potenziamento del sistema autostradale e tangenziale (2004);
- Studio per ampliamento alla terza corsia della A13 tra Ferrara e Bologna (progetto definitivo a oggi non ancora pubblicato);
- Progetto esecutivo del prolungamento della Complanare di Bologna tra Borgo S. Lazzaro ed Osteria Grande;
- Progetto definitivo di ampliamento alla quarta corsia tra Bologna San Lazzaro e la diramazione per Ravenna.

## **2.2 FOTINTERPRETAZIONE**

Per ottenere un migliore riconoscimento delle forme del territorio a grande scala (altrimenti non rilevabili date le deboli variazioni altimetriche dell'area e la presenza di



insediamenti antropici) si è fatto ricorso all'interpretazione di foto aeree; l'attività di fotointerpretazione può essere definita come la raccolta sistematica di informazioni georiferite, secondo obiettivi e criteri predeterminati, attraverso l'utilizzo di immagini riprese a distanza remota.

I fotogrammi aerei, grazie alla sovrapposizione (overlap) dei successivi scatti di una ripresa aerea per il 60% della dimensione dell'immagine, sono stati analizzati con lo stereoscopio che permette una visione tridimensionale, ancorché enfatizzata nella percezione dei rilievi, dell'area fotografata.

I fotogrammi digitali utilizzati per la fotointerpretazione, ottenuti dalle riprese aeree effettuate nel 2015, sono i seguenti.

Passante di Mezzo: strisciata N°106; fotogrammi dal N°0149÷0164

strisciata N°107; fotogrammi dal N°0104÷0099

strisciata N°108; fotogrammi dal N°0066÷0075

strisciata N°109; fotogrammi dal N°0025÷0019

I fotogrammi digitali hanno due diversi valori di *pixel*, rispettivamente 14 cm e 38 cm; nel primo caso la stampa ha restituito fotoaeree con il dettaglio topografico in scala 1:8000 circa, compatibile quindi con le finalità del rilevamento geomorfologico e della rappresentazione cartografica finale (scala 1:5000); nel secondo caso invece con un dettaglio in scala 1:25000 circa, comparabile con le carte topografiche storiche (IGM) consultate.

### **2.3 RILEVAMENTO**

Al fine di identificare le caratteristiche dei depositi afferenti la tratta in oggetto, di verificare e contestualizzare le forme individuate per mezzo della fotointerpretazione e di osservare gli elementi geomorfici a media scala non apprezzabili dall'analisi delle foto aeree, è stata svolta una campagna di rilevamento geologico – geomorfologico in sito. La sintesi del lavoro è rappresentata nelle tavole allegate al presente progetto.

L'estrema antropizzazione dell'area indagata ha alterato o addirittura stravolto le morfologie originarie di questo tratto di pianura, rendendo molto difficoltosa l'individuazione delle forme ed in particolar modo delle discontinuità, che rappresentano uno degli elementi chiave del rilevamento geomorfologico in pianura.

Altri elementi che hanno modificato sostanzialmente la morfologia originaria del terreno sono le aree di ex cava che ad oggi sono reinserite nel paesaggio essendo per la maggior parte occupate da colture.

Il rilevamento geomorfologico in sito ha riguardato maggiormente gli ambienti naturali in particolare quelli fluviali che interagiscono con le opere in progetto. La revisione degli ambienti antropizzati ha considerato invece le aree nelle quali sono presenti rilevati artificiali, principalmente quelli relativi alle infrastrutture lineari, le aree depresse in generale o gli scavi, specie quelli realizzati nel corso delle attività estrattive. Per identificare i perimetri originari per stabilirne l'eventuale tipo di riempimento, il lavoro è avvalso soprattutto dei dati presso gli enti pubblici, sovrapponendoli alla geomorfologia rilevata. A questo proposito è risultato utile per le verifiche geomorfologiche in sito la consultazione e il confronto con le due edizioni delle carte topografiche a disposizione:

- la carta IGM (istituto geografico militare) che ha un dettaglio del territorio in scala 1:25000, revisionata nel tempo a partire dagli anni 50;
- la carta CTR (carta tecnica regionale) che ha un dettaglio del territorio in scala 1:5000 che ha avuto l'ultima revisione nel 2013.

## **2.4 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo in una zona pianeggiante e priva di affioramenti come quella del progetto, è risultato indispensabile utilizzare dati provenienti da sondaggi geognostici e da pozzi. In prima fase si è provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti, privati o indagini pregresse realizzate da Autostrade all'interno dell'area in esame) per una fascia molto più ampia di quella riportata nelle planimetrie allegate al presente progetto.

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

#### **2.4.1 Indagini bibliografiche pregresse**

La consultazione delle stratigrafie fornite dal Servizio Geologico Regionale ha riguardato le verticali d'indagine relative al progetto CARG ed alla realizzazione di pozzi per acqua ad uso pubblico / privato: tale documentazione consiste per lo più di stratigrafie di difficile interpretazione, in quanto molto vecchie e talora derivanti da perforazioni realizzate a distruzione di nucleo (ricostruzione granulometrica derivata dall'analisi del cutting e dei fanghi). Le descrizioni sono frequentemente risultate sommarie (soprattutto per quanto attiene agli strati più superficiali e significativi ai fini della progettazione) e povere di quegli elementi indispensabili per una inequivocabile attribuzione alle unità geologiche (fuso granulometrico, colore ed alterazione dei granuli). Inoltre, non sono corredate da prove geotecniche (SPT, prove di permeabilità, etc.). Tali stratigrafie si sono comunque rivelate utili nel momento in cui sono state definite le correlazioni tra le indagini geognostiche appositamente realizzate per il progetto.

Infine, il Servizio geologico regionale ha fornito le risultanze di alcuni sondaggi geognostici e prove penetrometriche di più recente esecuzione e tutelate da vincolo di riservatezza; pertanto, questi dati sono stati consultati ma non rappresentati in chiaro.

#### **2.4.2 Indagini geognostiche pregresse (dal 1984 al 2015)**

La consultazione delle stratigrafie e delle fotografie delle cassette catalogatrici (ove disponibili) ha riguardato numerosi ambiti di indagini geognostiche pregresse:

- Progetto per la Tangenziale di Bologna (1984, 1986, 1999, 2000);
- Progetto per il prolungamento della Complanare di Bologna (1996);

- Progetto per la 3<sup>a</sup> corsia della A14 tra Bologna S. Lazzaro ed Osteria Grande (1984);
- Progetto definitivo per la 4<sup>a</sup> corsia della A14 tra Bologna S. Lazzaro e diramazione per Ravenna (2010);
- Progetto definitivo delle Opere Compensative per la 4<sup>a</sup> corsia della A14 tra Bologna S. Lazzaro e diramazione per Ravenna (2010);
- Progetto preliminare del Passante Nord di Bologna (2014-2015).

#### 2.4.3 Indagini geognostiche progetto definitivo (2016)

Ai fini della di una corretta modellazione è stata realizzata una apposita campagna di indagini geognostiche (indagini in sito e prove di laboratorio) che viene di seguito sintetizzata:

- n. 26 sondaggi geognostici verticali (sigla PBxx) di cui n. 23 eseguiti a carotaggio continuo e n. 3 eseguiti a distruzione di nucleo, spinti a profondità massima di 50m, con esecuzione di prove in foro tipo SPT, prove d'acqua Lefranc e prelievo di campioni indisturbati, rimaneggiati ed ambientali; i sondaggi sono stati completati mediante installazione di tubi piezometrici e/o celle casagrande e di tubi in PVC per Down Hole;
- n. 13 pozzetti esplorativi superficiali (PZ-PBxx) spinti a profondità massima di 4m da p.c., con esecuzione di prove di carico su piastra, prove di densità e prelievo di campioni rimaneggiati ed ambientali;
- n. 8 pozzetti ambientali (PZ-AMB-Mx) realizzati mediante escavatore e spinti a profondità massima di 3m da p.c., con prelievo di campioni ambientali;
- n. 10 pozzetti ambientali (PZ-AMBxx) realizzati mediante trivella elettromeccanica e spinti a profondità massima di 1,5m da p.c., con prelievo di campioni ambientali;
- n. 8 prospezioni sismiche di tipo Down Hole;

- Prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici e dai pozzetti esplorativi; si è trattato di prove di caratterizzazione fisica (granulometrie e limiti), prove meccaniche (triassiali, edometri e tagli) e prove meccaniche dinamiche (colonna risonante, taglio torsionale ciclico e prova triassiale ciclica a sforzo controllato - prova a liquefazione);
- Prove di stabilizzazione a calce eseguite su campioni di grosso volume prelevati in 3 pozzetti superficiali;
- Prove chimiche eseguite su campioni di acqua prelevati dai piezometri per la determinazione del tenore in solfati e cloruri;
- Prove chimiche ambientali (analisi chimiche di laboratorio) eseguite su campioni di terreno prelevati nei sondaggi, nei pozzetti superficiali geotecnici e negli specifici pozzetti ambientali.

Le indagini geognostiche sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalla figure indicate qui di seguito: dal geologo responsabile dell'ufficio geologia (GEO) per quanto riguarda la componente geologica, dall'ingegnere responsabile dell'ufficio opere all'aperto (APE) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre, dall'ingegnere responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea e dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (MAM) per quanto riguarda la caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo.

## **2.5 ANALISI DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI**

Nella fase di interpretazione stratigrafica sono stati attribuiti vari gradi di attendibilità ai dati dei sondaggi geognostici ed in generale delle verticali esaminate; infatti, oltre alle indagini geognostiche appositamente eseguite per il progetto in oggetto, sono stati ritenuti maggiormente attendibili i sondaggi di cui sono disponibili le descrizioni stratigrafiche e la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici, seguiti dai sondaggi di cui sono disponibili le sole descrizioni stratigrafiche, senza l'ausilio della documentazione fotografica; meno attendibili, ma comunque utili per la ricostruzione

stratigrafica d'insieme, le verticali con descrizione stratigrafica sommaria (es. pozzi per acqua).

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di intervento interessa una porzione della pianura bolognese, che borda le propaggini collinari dell'Appennino Settentrionale; essa risulta quindi trasversale alla fasce di pertinenza fluviali, delimitate a ovest dal Fiume Reno e a est dal Torrente Savena che hanno direzione grossomodo nord-nordest. La città di Bologna è ubicata sul raccordo morfologico tra le due unità fisiografiche citate.



Fig.1 – Inquadramento geografico dell'area di intervento (da RER modif.)

Le opere previste dal progetto interferiscono con un territorio già fortemente antropizzato, in particolare sono presenti:

- infrastrutture lineari per il trasporto mezzi (ferrovie, strade provinciali e comunali, di accesso alle proprietà);
- una fitta rete idrografica di origine e ordine gerarchico differente, nonché con grado di attività diverso (fiumi, torrenti, canali artificiali);
- aree antropizzate costituite da insediamenti abitativi (residenziali), ricreativi (parchi), produttivi (cave, discariche, laghi artificiali).

#### **4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE**

La zona oggetto di studio è situata all'interno dell'ampio bacino sedimentario padano, al bordo settentrionale del Sistema Appenninico.

L'area di pianura è costituita da una geosinclinale subsidente (bacino Perisuturale Padano), colmata da materiali alluvionali che hanno ricoperto le argille marine di ambiente costiero che fungono da substrato, fino a raggiungere spessori complessivi anche di 300-400 m. In particolare, i depositi di colmamento più recenti sono stati prodotti principalmente dall'attività deposizionale del sistema fluvio - deltizio padano con alimentazione assiale vergente verso est, e dai sistemi fluviali appenninici ad alimentazione trasversale da sud; difatti questi sedimenti pleistocenico – olocenici presentano caratteristiche deposizionali e geometriche notevolmente complesse, correlabili a deposizione e successiva erosione di depositi fluviali, attualmente terrazzati, la cui formazione è legata alla continua variazione dei livelli fluviali.

Il riempimento del bacino marino ed il passaggio alla sedimentazione continentale non avvengono in maniera continua e progressiva, ma sono il risultato di eventi tettonico - sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive. Questo fatto è testimoniato dalle numerose superfici di discontinuità stratigrafica riconosciute e cartografate sul Margine Appenninico Padano (si veda la Fig. 2 tratta dalle note illustrative alla carta sismotettonica della regione Emilia - Romagna, scala 1.250.000).



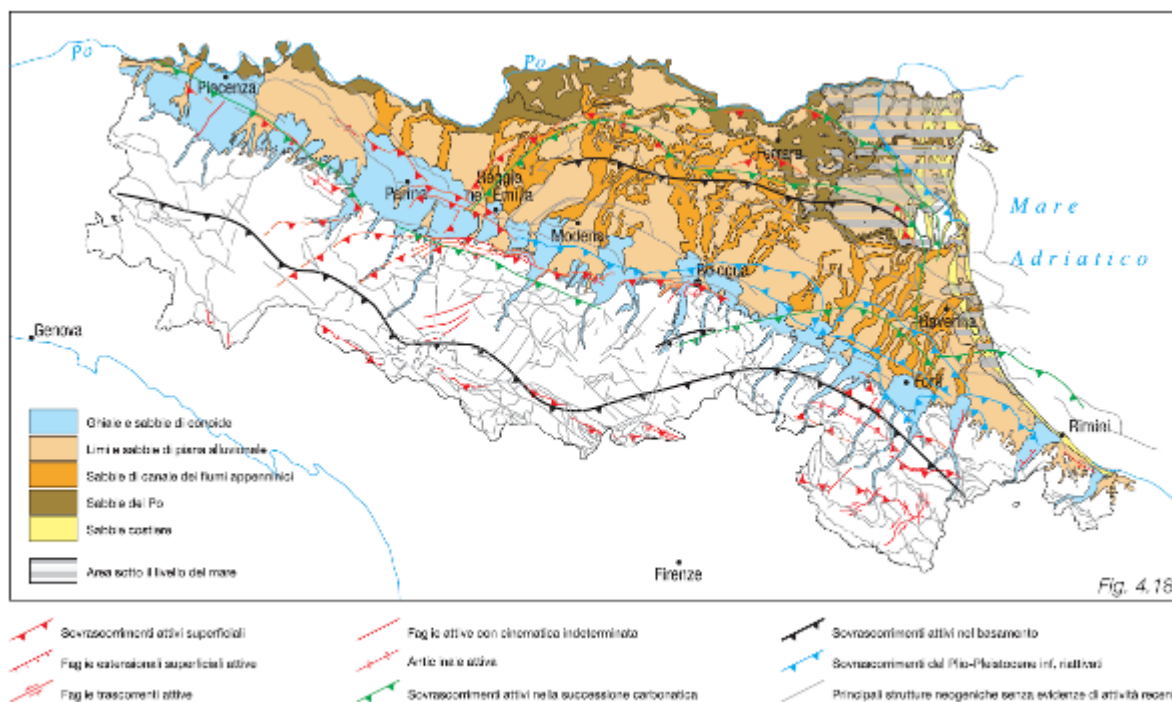


Fig. 2: Schema strutturale della pianura emiliano – romagnola (Note illustrative alla carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna, scala 1.250.000)

Sulla base delle superfici di discontinuità affioranti sul margine appenninico e sulla base dell'estensione di tali discontinuità nel sottosuolo della pianura (dati sismici e di pozzo) è stato possibile definire il quadro stratigrafico riportato in Fig. 3.

Dal punto di vista gerarchico si distinguono 3 Sequenze Principali (Supersintemi) denominate come segue:

1. Supersintema del Pliocene medio - superiore;
2. Supersintema del Quaternario Marino (che in realtà comincia nel Pliocene superiore);
3. Supersintema del Quaternario Continentale (emiliano - romagnolo).

Questa successione coincide con i gruppi Acquiferi denominati A, B e C nell'ambito delle riserve idriche sotterranee della regione Emilia Romagna.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA Cronostratigrafica (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE				
AFFIORANTI			SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO			
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	A	A1		
									A2		
	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI OLMATELLO		UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE			ORIZZONTE DI FOSSOLO	B	B1
											B2
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di INVOLA p.p.	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di INVOLA p.p.	SUPERINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	C	C1				
							C2				
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELLARQUATO p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2		C3				
				SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1		C4				
	P2	FORMAZIONE di CASTELLARQUATO p.p.		SUPERINTEMA DEL PLOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLOCENE MEDIO SUPERIORE		C5				
					-3.3-3.6	3.55	ACQUITARDO BASALE				
					-3.9	PLOCENE INFERIORE MIOCENE					

Fig. 3: Inquadramento geologico - stratigrafico dell'area di studio

## 5 STRATIGRAFIA

Il progetto di cartografia geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Progetto CARG) stabilisce che la classificazione stratigrafica dei depositi quaternari di pianura, a fini cartografici, debba basarsi sulla litologia relativa a ciascun ambiente deposizionale e sulla presenza di discontinuità o interruzioni della sedimentazione (limiti inconformi) che separano i corpi geologici di età diverse. Ciò consente di caratterizzare i sedimenti di pianura sia sulla base della loro composizione granulometrica (ghiaie, sabbie, alternanza di sabbie e limi, ecc.), sia in funzione dell'ambiente in cui si sono deposte (alluvionale di canale, deltizio di area interdistributrice, ecc). Si possono così distinguere fra loro litologie in prima approssimazione simili, ma con geometrie e relazioni laterali e verticali dei corpi geologici molto diverse, in base al contesto sedimentario in cui si sono originate.

I medesimi depositi sono anche oggetto della classificazione fondata sui limiti stratigrafici inconformi (U.B.S.U., Salvador, 1987) che prevede la distinzione di unità stratigrafiche delimitate da superfici di discontinuità definite sistemi e subsistemi. Queste unità sono particolarmente efficaci per descrivere il territorio in base alla sua storia geologica, all'età dei suoi sedimenti e alla peculiare ciclicità degli eventi che l'hanno trasformato, tipici dell'epoca quaternaria. Lo schema più esaustivo per la rappresentazione di queste unità è quello di tipo crono stratigrafico che riporta in ascissa la distribuzione geografica delle unità ed in ordinata il tempo in cui tali unità si sono deposte. Nello schema crono stratigrafico di Fig. 4 si possono osservare le litologie e le età delle principali unità stratigrafiche utilizzate per i depositi quaternari di pianura dell'Emilia-Romagna (settore orientale e costiero).

Il Supersistema Emiliano Romagnolo è l'Unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti al margine appenninico padano e dei sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. All'interno del Supersistema sono stati distinti il Sistema emiliano-romagnolo Superiore (AES) ed il sottostante Sistema emiliano-romagnolo Inferiore (AEI).

Il tratto autostradale oggetto del presente studio ricade nel Sistema emiliano - romagnolo Superiore (AES), che è caratterizzato al suo interno dall'alternanza ciclica, su spessori dell'ordine di 20-40m, di pacchi di materiale fine (limi ed argille, con

subordinate sabbie di piana inondabile) con depositi in cui la componente grossolana (ghiaie e sabbie di canale fluviale) è prevalente o comunque abbondante.

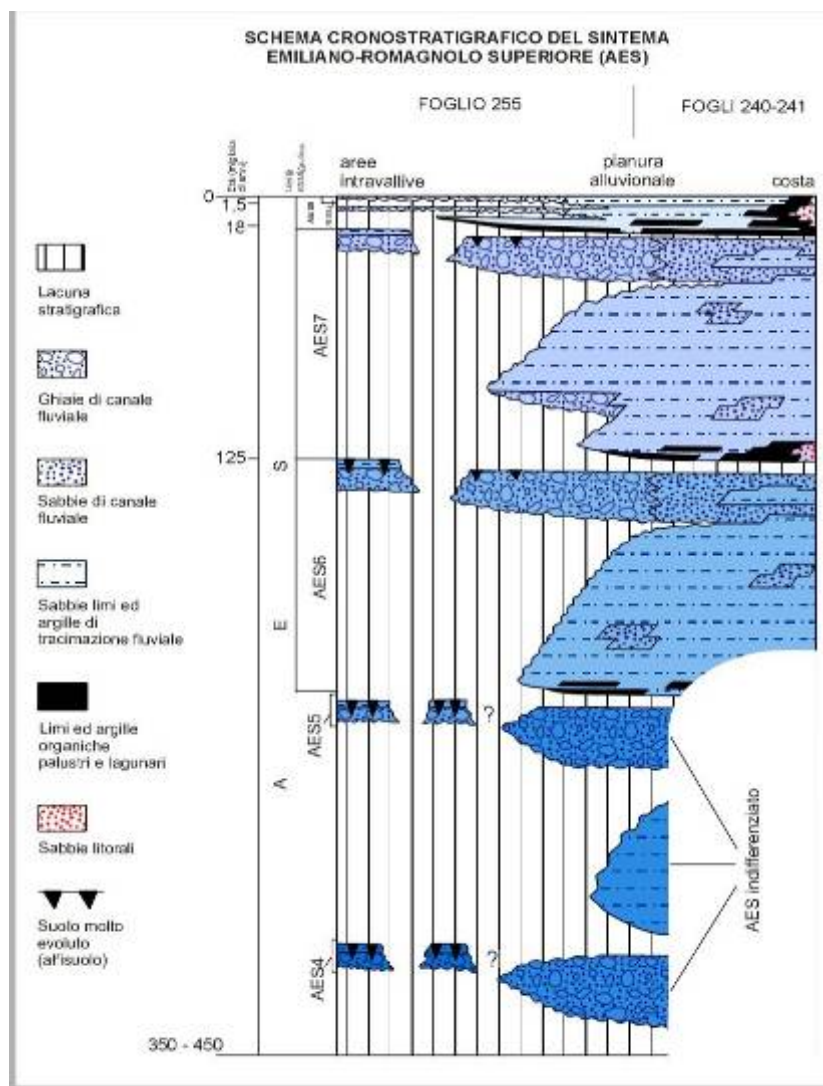


Fig. 4: Schema del modello stratigrafico adottato per il settore orientale e costiero della pianura emiliano – romagnola.

La Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana ha convenuto di suddividere ulteriormente il sistema AES in alcune unità stratigrafiche di rango inferiore (subsistemi), tra i quali si menzionano, dall'alto verso il basso, il Subsistema di Ravenna (AES8), il Subsistema di Villa Verucchio (AES7) ed il Subsistema di Bazzano (AES6).

Per la stesura della planimetria geologica e del profilo geologico longitudinale è stata effettuata una analisi critica dei dati di rilevamento del CARG, comprese le sezioni geologiche-idrogeologiche interpretative, integrandoli e verificandoli con le risultanze delle indagini geognostiche disponibili. In particolare, è stata riportata in cartografia la seguente successione stratigrafica (descritta dall'unità più giovane alla più vecchia):

### **5.1 DEPOSITI ALLUVIONALI IN EVOLUZIONE (B1)**

Questi depositi quaternari sono costituiti da ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; nella frazione grossolana i clasti risultano eterometrici ed eterogenei, da arrotondati a sub-arrotondati.

### **5.2 SINTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)**

Questo sintema è costituito da ghiaie, sabbie, limi ed argille di piana intravalliva, di conoide e di piana alluvionale, inoltre risulta parzialmente suddiviso in subsintemi 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 m e l'età è compresa tra Pleistocene medio ed Olocene.

#### **5.2.1 SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8)**

E' l'elemento sommitale del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore. Nei settori intravallivi è rappresentato da ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale comprende ghiaie, sabbie, limi ed 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 di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Limite inferiore erosivo sui alluvionali sottostanti. I suoli calcarei appartengono all'unità di rango inferiore AES8a

(Unità di Modena) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 20-25 metri circa.

Età: Pleistocene sup. - Olocene (14 ka - attuale; datazione C14).

#### **5.2.1.1 UNITA' DI MODENA (AES8a)**

Nei settori intravallivi comprende ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale è rappresentato da ghiaie, sabbie, limi ed argille (ghiaie subordinate). 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 e dal contatto netto sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Spessore massimo di 7-10 metri.

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

#### **5.2.2 SUBSISTEMA DI VILLA VERUCCHIO (AES7)**

Depositi terrazzati di piana intravalliva affioranti lungo le valli e agli sbocchi vallivi dei Torrenti Savena, Idice e Zena (non affioranti nell'ambito dell'area di studio). Si tratta di prevalenti ghiaie e sabbie di terrazzo alluvionale e conoide alluvionale sormontate da limi ed argille di piana inondabile e/o eluvio-colluviali. 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 prevalenti ghiaie caratterizzate da un suolo non calcareo di colore bruno scuro rossastro spesso sino a 2 m circa. Limite inferiore erosivo. Spessore massimo nel sottosuolo della pianura 100m.

Età: Pleistocene sup.

Nell'ambito del profilo geologico è stato ipotizzato in profondità il limite tra AES7 ed il sovrastante AES8.

### 5.2.3 SUBSINTEMA DI BAZZANO (AES6)

E' costituito da depositi di conoide alluvionale terrazzati che affiorano agli sbocchi vallivi dei Torrenti Savena, Idice e Zena (non affioranti nell'ambito dell'area di studio). Si tratta di prevalenti ghiaie e sabbie di canale fluviale nelle zone prossimali, caratterizzate da un aumento verso l'alto della matrice sabbiosa, e da argille e limi prevalenti alternati a sabbie nelle zone distali. Spessore massimo nel sottosuolo della pianura di c.a. 80m.

Età: Pleistocene medio.

Nell'ambito del profilo geologico è stato ipotizzato in profondità il limite tra AES6 ed il sovrastante AES7.

## 6 GEOMORFOLOGIA

### 6.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il tracciato autostradale in progetto ricade in una fascia di territorio definita “di cerniera” tra il “margine appenninico-padano”, unità morfologica corrispondente alla zona a cavallo tra il limite morfologico Appennino-Pianura Padana e costituita dalle colline del basso Appennino e dalla fascia pedemontana della Pianura Padana, e la Pianura Padana in senso stretto. Questa fascia di territorio, ad assetto subpianeggiante, comprende le conoidi dei principali corsi d’acqua che provengono dall’Appennino (Fig. 5). Si tratta di superfici a pendenza decrescente verso Nord/Nordest, derivate dall’erosione delle litologie competenti (flysch calcareo-marnosi e ofioliti) affioranti nel settore appenninico Emiliano.

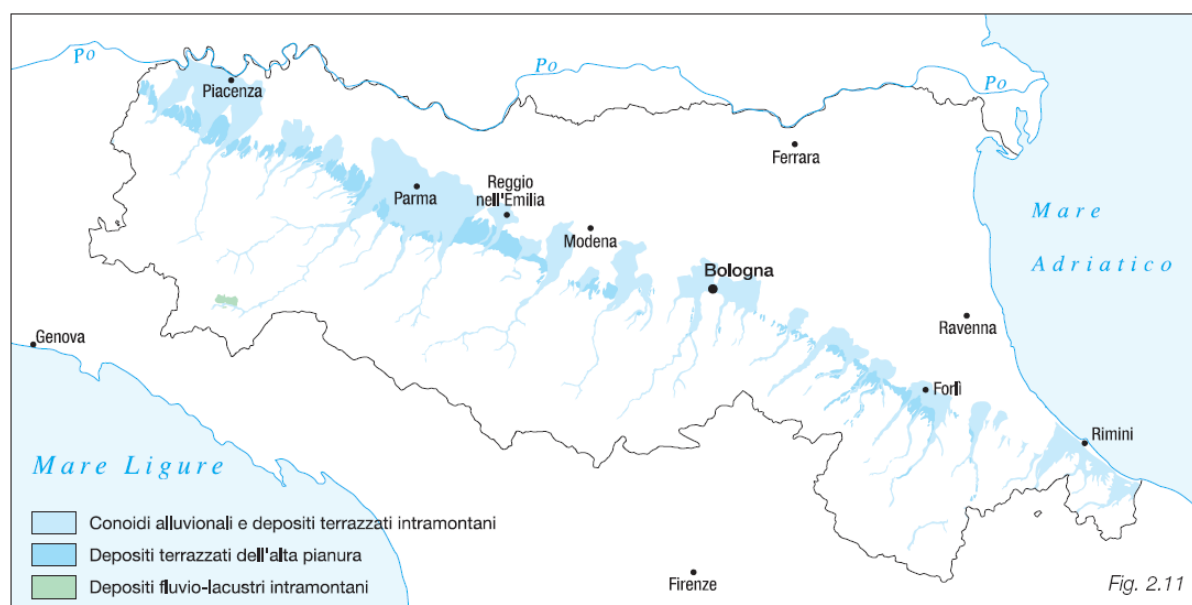


Fig. 5: Inquadramento geomorfologico della pianura emiliano – romagnola.

La pianura alluvionale bolognese si è difatti originata dalla sovrapposizione di eventi alluvionali in direzione prevalente circa nord-sud; il territorio bolognese è caratterizzato da valori di altitudine (quote in m s.l.m.) che tendenzialmente diminuiscono verso nord e aumentano invece da ovest verso est. Più in dettaglio l'area di intervento è caratterizzata da un andamento piano - altimetrico compreso tra i 40 e i 55 m s.l.m.



## 6.2 IDROGRAFIA

In generale l'idrografia dell'area bolognese, sia per cause naturali sia per l'evolversi delle esigenze socio-economiche, ha subito nel tempo profonde modifiche; in particolare per quel che riguarda alcuni percorsi fluviali, la loro portata e l'inserimento nella rete idrografica di numerosi canali artificiali.

La rete idrografica dell'area di progetto è caratterizzata principalmente dal percorso interregionale del Fiume Reno e del Torrente Savena; entrambi nascono in Toscana e hanno un deflusso generale in direzione nord con un cambio repentino in direzione est; inoltre appena fuori dall' area d'intervento è presente l'area di pertinenza del Torrente Idice.

Il Fiume Reno sottostante un bacino idrografico di circa 6000 km<sup>2</sup> di questi poco meno della metà occupano l'area montana; ha una lunghezza complessiva, dalla sorgente più distante alla foce presso Comacchio, di circa 212 km. Il percorso comprende zone ad elevatissima concentrazione industriale, assai sviluppate ed evolute anche dal punto di vista agricolo.

Il Torrente Savena invece sottostante un bacino montano di circa 170 km<sup>2</sup>, ha una lunghezza complessiva fino alla confluenza nel T. Idice, di circa 54 km. In epoca storica, a San Ruffillo, una quota della portata del torrente venne convogliata verso Bologna attraverso la costruzione del Canale di Savena e da questi fino al torrente Aposa, l'unico torrente naturale che attraversa la città, a sua volta immesso nel Canale Navile. In seguito il percorso del T. Savena venne deviato completamente ed immesso alla sinistra idrografica del T. Idice; attualmente il percorso naturale non più interessato dalle dinamiche naturali, fa capo alla rete artificiale del sistema bolognese ed è conosciuto appunto come Savena Abbandonato.

A completamento dell'idrografia superficiale concorrono alcuni canali artificiali realizzati in epoca storica per scopi irrigui e per il trasporto di merci. I più importanti sono il Canale Navile e il Canale Battiferro, che hanno il deflusso in direzione nord; si annovera inoltre la presenza di una fitta rete di canali minori e di fossi di scolo ad esempio Canale Reno '75, Rio Calamosco e il Fosso Riolo (fig. 6a,b,c).

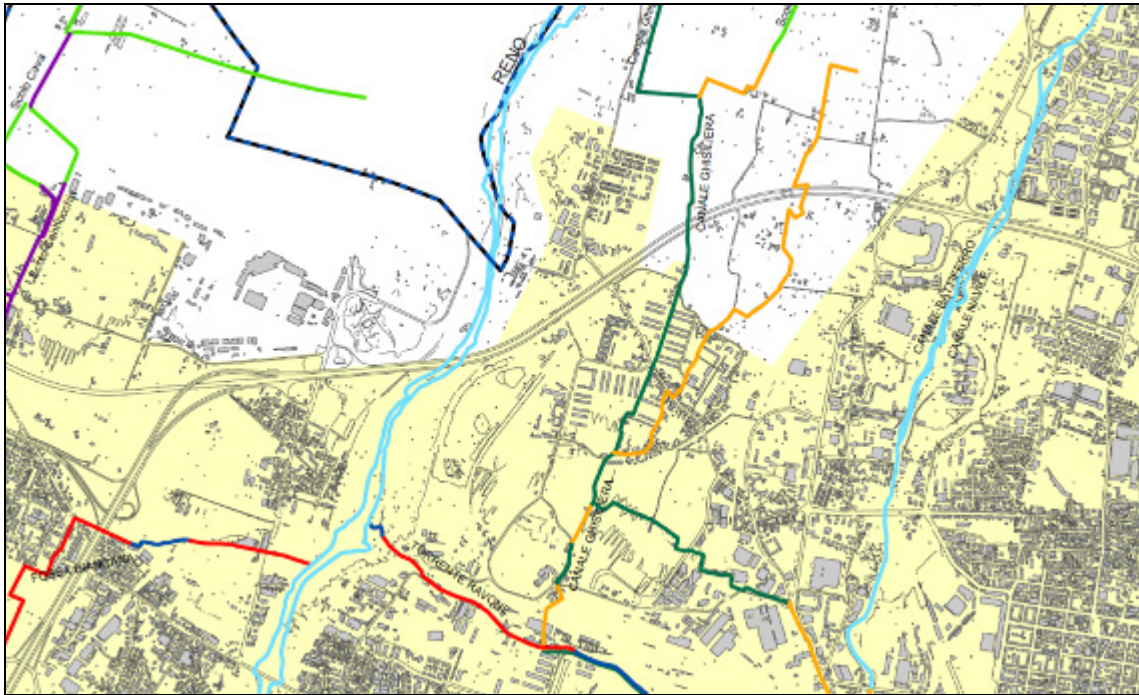


Fig. 6a – Stralcio della Carta del reticolo idrografico a nord di Bologna (da PSC Bologna modif.)

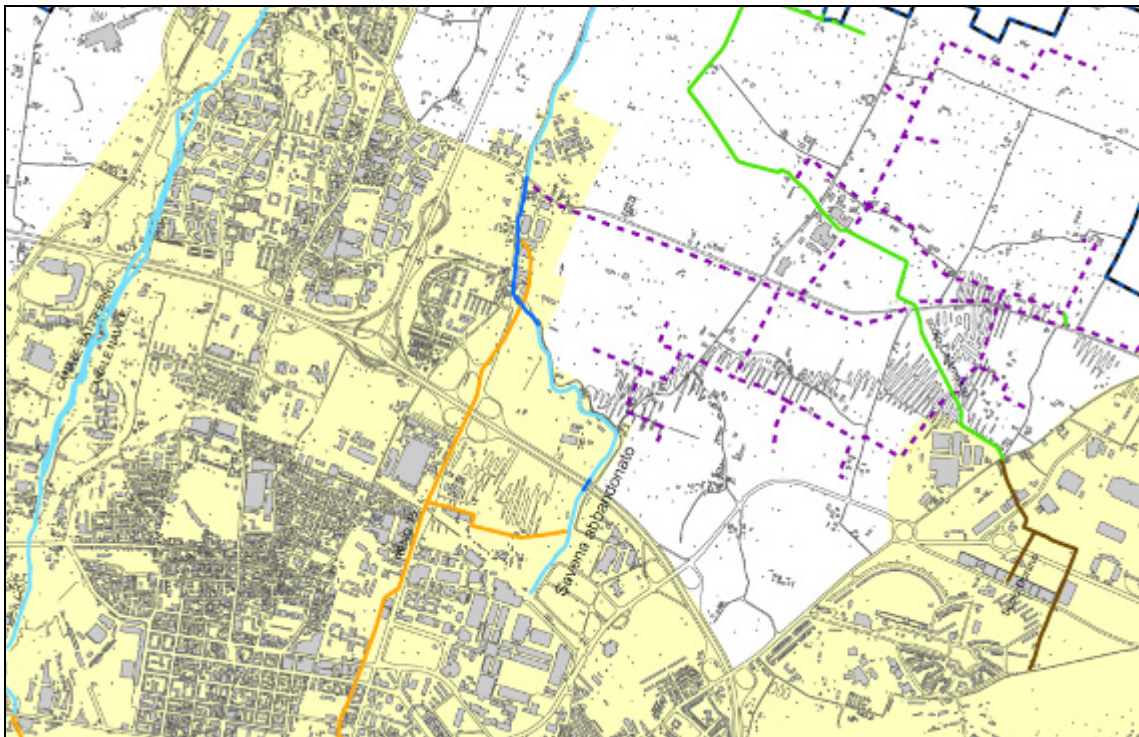


Fig. 6b – Stralcio della Carta del reticolo idrografico a nord-est di Bologna (da PSC, Bologna modif.)

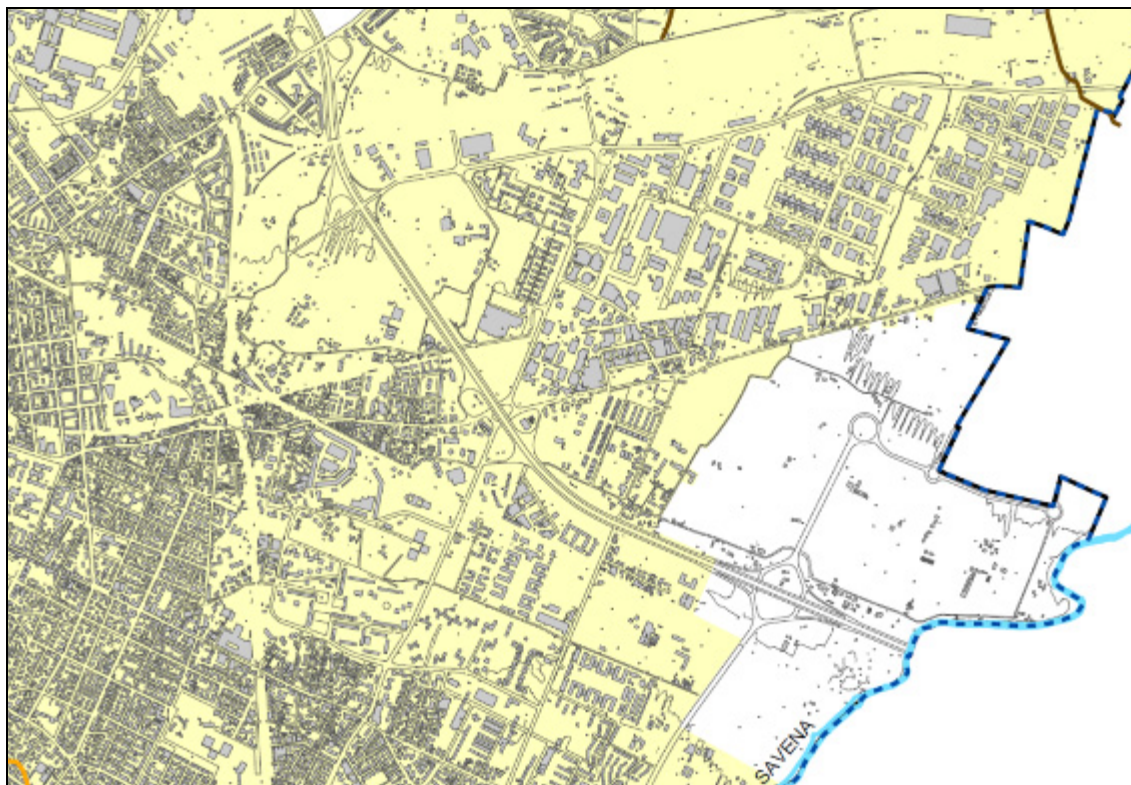


Fig. 6c – Stralcio della Carta del reticolo idrografico a est di Bologna (da PSC, Bologna modif.)

Un'altra azione molto incisiva sul territorio in esame è risultata l'apertura di numerose attività estrattive (fig.7a,b), sia per la qualità dell'inerte (litologia) costituente il sottosuolo bolognese che per la sua vocazione morfologica (area pianeggiante). Allo stesso modo è risultato nel tempo impattante per i fenomeni di subsidenza indotti, lo sfruttamento dei numerosi acquiferi presenti.

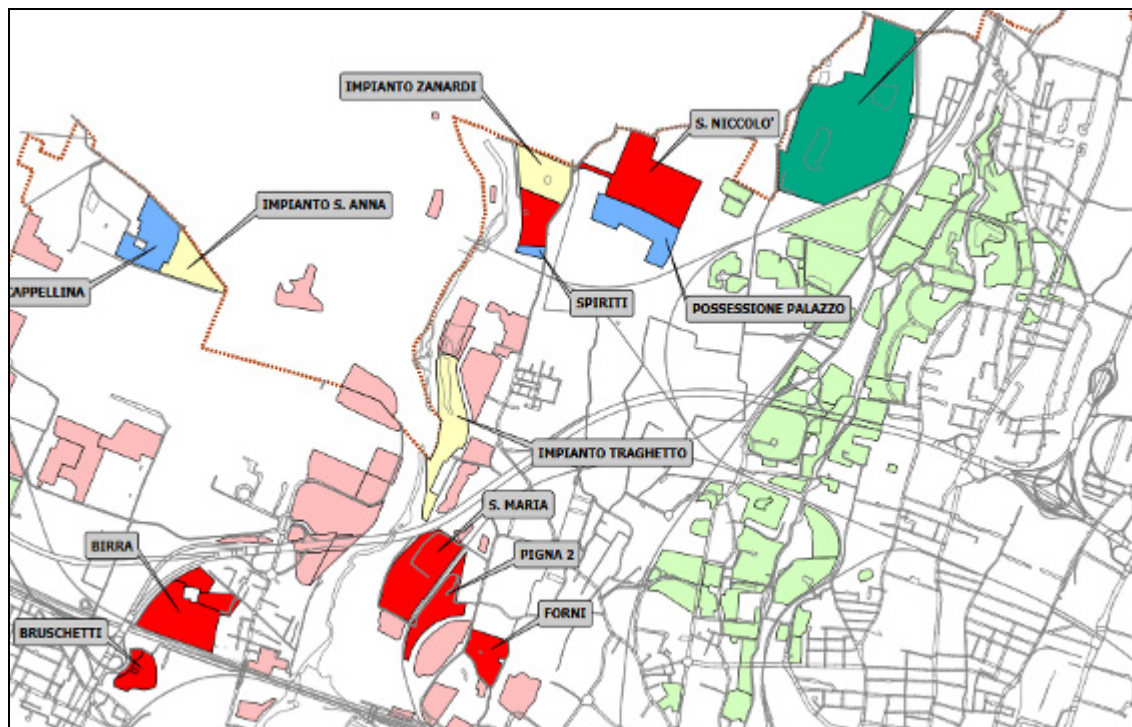


Fig.7a - Carta delle attività estrattive storiche a nord-nord/ovest di Bologna (da PAE 2007 modif.)

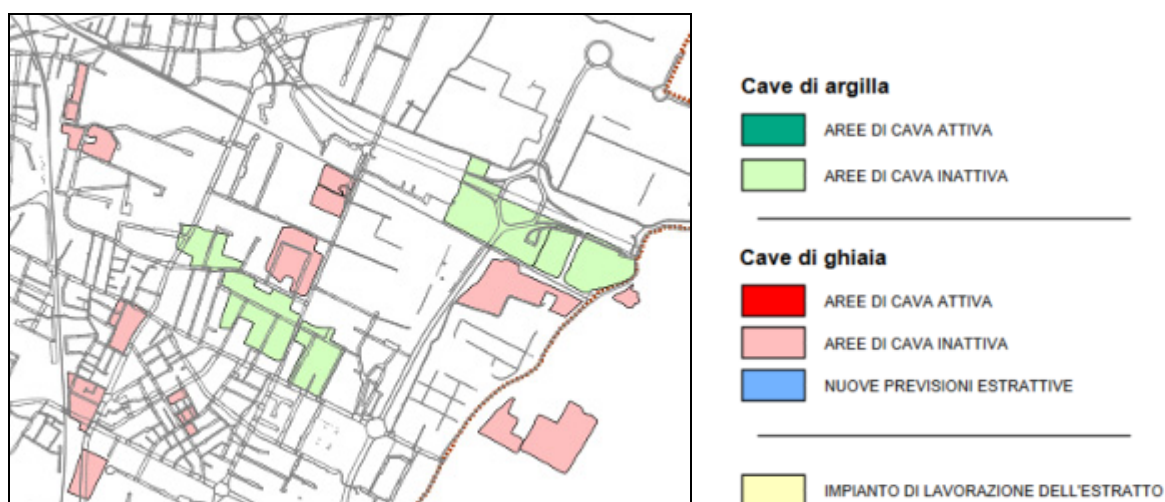


Fig.7b - Carta delle attività estrattive storiche a est-su/est di Bologna (da PAE 2007 modif.)

Una importante considerazione è la seguente: le attività avviate sul territorio fin qui identificato hanno operato una modifica geomorfologica molto pervasiva, dando origine a morfologie depresse, a rinterri di varie dimensioni e soprattutto la riorganizzazione dell'idrografia superficiale.

## 7 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA DAGLI ENTI

La pianificazione territoriale nelle aree degli interventi è guidata dalle norme dei seguenti Piani vigenti: Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) gestito dai Servizi tecnici regionali, Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni (PGRA), Distretto Appennino Settentrionale Bacino Reno (UoM ITI021), Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), attualmente in carico alla Città Metropolitana di Bologna, Piano Strutturale (PSC) dei due comuni attraversati. Nei paragrafi seguenti vengono descritti i dettagli dei piani.

### 7.1 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il referente della pianificazione territoriale nei confronti della pericolosità idraulico-geologica è l'Autorità di Bacino del Reno (L.183/89) che ha stilato attraverso la stesura delle Norme, i cosiddetti Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico relativi al bacino idrografico di riferimento. Essi rappresentano sostanzialmente il risultato della modellazione geologica e idraulica. I Piani Stralcio dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno, sia per l'estensione geografica (Regione Toscana ed Emilia-Romagna) sia per i caratteri geomorfologici intrinseci, si compone di N°4 Piani Stralcio di Sottobacino la cui delimitazione è rappresentata nella figura seguente:

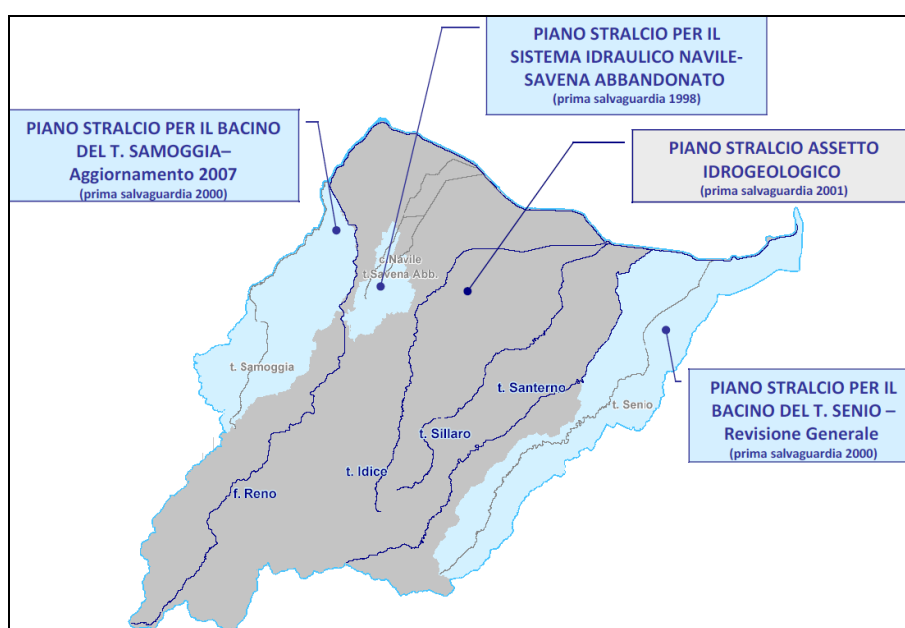


Fig.8- Piani stralci vigenti nel bacino del F. Reno (modif. da Relazione PGRA)

Attualmente i suddetti piani hanno in itinere una variante dovuta al recepimento (01/06/2016) del Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni, derivante dalla norma europea conosciuta come Direttiva Alluvioni ed emanata il 2007/60/CE.

La planimetria dei Vincoli allegata al presente progetto riporta la zonazione del suddetto piano:

**Alvei Attivi**, l'insieme degli spazi normalmente occupati, con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5-10 anni, da masse d'acqua in quiete od in movimento, delle superfici che li delimitano, del volume di terreno che circonda tali spazi e che interagisce meccanicamente od idraulicamente con le masse d'acqua contenute in essi e di ogni elemento che partecipa alla determinazione del regime idraulico delle masse d'acqua medesime. In tali aree viene prescritto:

1. Al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico elevato o molto elevato e per consentire il libero deflusso delle acque, il piano individua il reticolo idrografico, ossia l'insieme degli alvei attivi. Il reticolo idrografico è riportato nelle tavole del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" come indicazione delle aree occupate dall'alveo attivo oppure come asse del corso d'acqua. In questo secondo caso, quando le condizioni morfologiche non ne consentono la delimitazione, vanno considerate le distanze planimetriche sia in destra che in sinistra dall'asse indicate nel successivo comma 9.

2. All'interno delle aree di cui al comma 1 è consentita esclusivamente, fatto salvo quanto previsto dal successivo comma 4, la realizzazione di opere di regimazione idraulica e di attraversamento trasversale. Può essere consentito inoltre lo svolgimento di attività che non comportino alterazioni morfologiche o funzionali, un apprezzabile pericolo di danno per le persone e le cose, di inquinamento delle acque e di fenomeni franosi. All'interno delle aree in oggetto non può comunque essere consentito, l'impianto di nuove colture agricole, ad esclusione del prato permanente, nelle aree non coltivate da almeno due anni al 27 Giugno 2001; il taglio o la piantumazione di alberi o cespugli se non autorizzati dall'autorità idraulica competente; lo svolgimento delle attività di campeggio; il transito e la sosta di veicoli se non per lo svolgimento delle attività di controllo e di manutenzione del reticolo idrografico o se non specificatamente autorizzate dall'autorità idraulica competente;

lo svolgimento di operazioni di smaltimento e recupero di cui agli allegati b) e c) del Dlgs 22/97 nonché il deposito temporaneo di rifiuti di cui all'art.6, comma 1, lett. m) del medesimo Dlgs 22/97.

3. Gli incentivi per i sostegni agro-ambientali finalizzati alla messa a riposo dei terreni in ambito fluviale vanno prioritariamente destinati alle aree di cui al presente articolo. Le concessioni per l'utilizzo agricolo delle aree demaniali di cui alla presente norma, alla loro scadenza, non possono essere rinnovate o prorogate, ad eccezione, previa regolamentazione specifica dell'Autorità idraulica competente, di quelle relative a prato naturale permanente, a medicaio, a prato stabile polifita, con le rotazioni colturali strettamente necessarie.

4. All'interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, possono essere consentiti l'ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente piano e con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino espresso seguendo la procedura di cui al comma 4 dell'art. 24.

5. I manufatti e i fabbricati esistenti all'interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, ad esclusione di quelli connessi alla gestione idraulica del corso d'acqua, sono da considerare in condizioni di pericolosità idraulica molto elevata e pertanto le Regioni e i Comuni promuovono e/o adottano provvedimenti per favorire, anche mediante incentivi, la loro rilocalizzazione.

6. Sui manufatti e fabbricati posti all'interno delle aree di cui al comma 1, che sono comunque da considerare a tutti gli effetti esposti a rischio idraulico, sono consentiti soltanto, opere di manutenzione, opere finalizzate ad una sensibile riduzione della vulnerabilità, opere imposte dalle normative vigenti, opere sui fabbricati tutelati dalle normative vigenti.

7. La realizzazione delle opere di cui al precedente comma 6, escluse le opere di manutenzione, è comunque subordinata al parere favorevole dell'Autorità idraulica competente anche sotto il profilo della congruenza con gli obiettivi e con le norme del presente piano.

8. Le aree comprese tra argini continui su entrambi i lati del corso d'acqua sono comunque soggette alla presente normativa. In tali aree sono comunque consentite, opere previste dall'art.18 comma 2 lettera b) del PTPR della Regione Emilia-Romagna, opere di messa in sicurezza dell'abitato di Malacappa. Allo stesso si applicano le normative vigenti ai sensi dell'art.22 del PTPR della Regione Emilia-Romagna e degli strumenti urbanistici vigenti.

9. Quando l'alveo attivo non è arealmente individuato nelle tavole del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" e le condizioni morfologiche non ne consentono la delimitazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica sia in destra che in sinistra dall'asse del corso d'acqua comunque non inferiore a 20 m per il reticolo idrografico principale, a 15 m per quello secondario, a 10 m per quello minore e a 5 m per quello minuto. Nel caso le linee di demarcazione non siano agevolmente individuabili sul terreno e siano sostanzialmente sovrapposte a curve di livello, si può far riferimento alle corrispondenti quote.

10. Al fine di consentire interventi di manutenzione con mezzi meccanici, lungo le reti di scolo di bonifica va comunque mantenuta libera da ogni elemento che ostacoli il passaggio una zona della larghezza di cinque metri esterna a ogni sponda o dal piede dell'argine.

11. Ogni modificazione morfologica, compresi la copertura di tratti appartenenti al reticolo idrografico principale, secondario, minore, minuto e di bonifica, che non deve comunque alterare il regime idraulico delle acque, è subordinata al parere favorevole dell'Autorità idraulica competente e la relativa documentazione deve essere trasmessa all'Autorità di Bacino per l'adeguamento delle perimetrazioni secondo la procedura prevista dal comma 2 dell'art.24.

**Fasce di Pertinenza Fluviale**, insieme delle aree all'interno delle quali si possono far defluire con sicurezza le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle



relative ad eventi estremi con tempo di ritorno (TR) fino a 200 anni, mediante opere di regimazione a basso impatto ambientale e interventi necessari a ridurre l'artificialità del corso d'acqua e a recuperare la funzione di corridoio ecologico; fanno inoltre parte della fascia di pertinenza fluviale i terrazzi idrologicamente connessi, le aree da salvaguardare e regolamentare per ridurre i rischi di inquinamento dei corsi d'acqua e/o di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti. In tali aree viene prescritto:

2. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" non può essere prevista la realizzazione di nuovi fabbricati né di nuove infrastrutture, ad esclusione di pertinenze funzionali di fabbricati e di attività esistenti alla data di adozione del piano, di interventi connessi alla gestione idraulica del corso d'acqua e di quanto previsto ai successivi commi 3 e 5.

3. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" contraddistinte dalla sigla "PF.V" e "PF.M" sono consentiti: a) la realizzazione di nuove infrastrutture riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente piano e con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile; b) l'attuazione delle previsioni edificatorie contenute negli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del piano; c) la previsione di nuovi fabbricati all'interno del territorio urbanizzato; d) la previsione di nuovi fabbricati strettamente connessi alla conduzione del fondo e alle esigenze abitative di soggetti aventi i requisiti di imprenditori agricoli a titolo principale ai sensi delle vigenti leggi, non diversamente localizzabili.

4. La realizzazione di fabbricati sulle aree di cui alle lettere c) e d) del precedente comma 3 è subordinata, nelle aree contraddistinte dalle sigle "PF.V" e "PF.M", all'adozione di misure di riduzione dell'eventuale rischio idraulico di cui i Comuni competenti per territorio provvedono, nell'ambito del procedimento concessorio, a verificare l'adeguatezza e a prevedere le opportune prescrizioni.

5. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" contraddistinte dalla sigla "PF.M" può essere inoltre prevista la realizzazione di nuovi fabbricati costituenti espansioni contermini al territorio urbanizzato non diversamente localizzabili, a condizione che, le aree interessate dagli interventi non siano passibili di inondazione e/o sottoposte ad azioni erosive dei corsi d'acqua in riferimento ad eventi di pioggia con tempo di ritorno 200 anni; - gli interventi non incrementano il pericolo di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti e che le stesse aree interessate dagli interventi non sono soggette a

fenomeni di instabilità tali da comportare un non irrilevante rischio idrogeologico; gli interventi non comportano un incremento del pericolo di inquinamento delle acque.

6. Sono sottoposti al parere dell'Autorità di Bacino, che si esprime in merito alla compatibilità e coerenza degli interventi con i contenuti del presente articolo e con gli obiettivi del piano, seguendo la procedura di cui al comma 4 dell'art. 24: a) il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali di cui al comma 3 lettera a) ad esclusione di quelli al servizio degli insediamenti esistenti; b) i provvedimenti di attuazione degli strumenti della pianificazione urbanistica comunale di cui al comma 3 lettera b) ad esclusione di quelli riguardanti nuove occupazioni di suolo in aree già interessate da trasformazione edilizia, o aree i cui piani attuativi preventivi sono stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001 o di opere infrastrutturali e fabbricati i cui provvedimenti concessori sono stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001; c) l'adozione di strumenti della pianificazione urbanistica comunale riguardanti le espansioni di territorio urbanizzato di cui al comma 5; d) le opere che alterino la morfologia del terreno suscettibili di determinare modifiche al regime idraulico.

7. All'interno delle fasce di pertinenza fluviale, individuate nella cartografia o da individuare secondo i criteri indicati al successivo comma 11, i Comuni dettano norme o emanano atti che consentano e/o promuovano, anche mediante incentivi, la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità dei fabbricati esistenti in tutti i casi in cui sia dimostrata la presenza di situazioni di rischio idraulico anche non evidenziate negli elaborati di piano.

8. Nelle aree campite come PF.V.RU. sono consentiti solo interventi sui fabbricati esistenti senza aumento di superfici e volumi utili. I Comuni dettano norme o emanano atti che consentono e/o promuovono, anche mediante incentivi, la rilocalizzazione dei fabbricati presenti in tali aree, utilizzando anche le procedure per la realizzazione di opere pubbliche idrauliche, per consentire di realizzare un assetto urbano finalizzato comunque a perseguire gli obiettivi del presente piano ed in riferimento al quale i comuni stessi richiedono, ove necessario, le modifiche delle perimetrazioni.

9. Gli incentivi per le misure agro-ambientali finalizzate alla tutela dell'ambiente vanno prioritariamente destinati alle attività agricole svolte all'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" contraddistinte dalla sigla "PF.M".

10. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale contraddistinte dalle sigle "PF.M" e "PF.V" sono vietate le nuove attività di smaltimento dei rifiuti, nonché l'esercizio di nuove attività finalizzate in via esclusiva al recupero degli stessi, ad eccezione di: 33- stoccaggio di rifiuti urbani e di rifiuti speciali derivanti dalle attività di demolizione e costruzioni; riciclo/recupero della frazione dei rifiuti urbani costituita da sfalci e potature mediante trasformazione biologica; -smaltimento di rifiuti speciali prodotti da terzi mediante trattamento in impianti di depurazione.

11. Dove non individuato nella cartografia di piano, le presenti norme si applicano anche al reticolo principale, secondario minore e minuto nei quali la "fascia di pertinenza fluviale" viene individuata secondo quanto di seguito indicato: -nei corsi d'acqua del "reticolo idrografico principale", elencati negli elaborati di piano del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" in una fascia planimetricamente di 30 metri posta sia a sinistra che a destra del limite del reticolo idrografico; -nei corsi d'acqua del "reticolo idrografico secondario", negli elaborati di piano del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" in una fascia planimetricamente di 20 metri posta sia a sinistra che a destra del limite del reticolo idrografico; -nei corsi d'acqua del "reticolo idrografico minore", indicati negli elaborati di piano del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" in una fascia planimetricamente di 10 metri posta sia a sinistra che a destra del limite del reticolo idrografico; -nella restante parte del reticolo idrografico, le norme valgono per una fascia di 5 metri sia a sinistra che a destra dell'identificazione del corso d'acqua. Nel caso le linee di demarcazione non siano agevolmente individuabili sul terreno e siano sostanzialmente sovrapposte a curve di livello, si può far riferimento alle corrispondenti quote.

12. Dove non individuato nella cartografia di piano, le presenti norme si applicano anche al reticolo minore vallivo e di bonifica nei quali la "fascia di pertinenza fluviale" viene individuata in una fascia laterale di 10 m dal ciglio più elevato della sponda o dal piede arginale esterno. Nei tratti compresi nel territorio urbanizzato e nei tratti coperti la fascia di pertinenza è ridotta a 5 metri rispettivamente dal ciglio di sponda e dal limite a campagna della infrastruttura. Il presente comma non si applica nei centri storici individuati dagli strumenti urbanistici quando non compatibile con il tessuto urbano consolidato degli stessi.

13. Tutte le limitazioni di cui al presente articolo non si applicano a piste e percorsi ciclabili, viabilità di campagna, manufatti e attrezzature funzionali alla fruibilità pubblica degli ambiti fluviali, manufatti tecnici e opere similari la cui realizzazione è subordinata al parere dell'Autorità idraulica competente.

14. La perimetrazione e la classificazione delle fasce di pertinenza fluviale possono essere modificate in limitate e specifiche situazioni, seguendo la procedura indicata al comma 2 dell'art. 24, nei casi in cui ne sia documentalmente dimostrata la necessità al fine di attuare assetti territoriali maggiormente congruenti con gli obiettivi del piano.

**Aree ad alta probabilità di inondazione**, le aree passibili di inondazione e/o esposte alle azioni erosive dei corsi d'acqua per eventi di pioggia con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni. Gli "elementi antropici" presenti in tali aree e, rispetto ai quali il danno atteso è medio o grave, danno luogo a rischio idraulico elevato e molto elevato. In tali aree viene prescritto:

1. Al fine della individuazione e della mitigazione del rischio idraulico elevato e molto elevato, la cui localizzazione è riportata nelle tavole del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica", e della limitazione degli elementi esposti a rischio, il piano individua le "aree ad alta probabilità di inondazione". 2. All'interno delle aree di cui al comma 1, fatto salvo quanto previsto dai successivi commi 6 e 7, può essere consentita la realizzazione di nuovi fabbricati e manufatti solo nei casi in cui essi siano interni al territorio urbanizzato o espansioni contermini dello stesso e la loro realizzazione non incrementi sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente. 3. All'interno delle aree di cui al comma 1, fatto salvo quanto previsto dai successivi commi 6 e 7, può essere consentita la realizzazione di nuove infrastrutture, comprensive dei relativi manufatti di servizio, solo nei casi in cui esse siano riferite a servizi essenziali, la loro realizzazione non incrementi sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente e risultino coerenti con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile.

4. Sui fabbricati esistenti all'interno delle aree di cui al comma 1, fatto salvo quanto previsto dal successivo comma 7, possono essere consentiti solo ampliamenti, opere o variazioni di destinazione d'uso che non incrementino sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente. Possono comunque, previa adozione delle possibili misure

di riduzione del rischio, essere consentite: a) opere imposte dalle normative vigenti; b) opere su fabbricati tutelati dalle normative vigenti; c) trasformazioni di fabbricati definite dalle amministrazioni comunali a “rilevante utilità sociale” espressamente dichiarata; d) opere di manutenzione.

5. Nella valutazione dell'incremento di rischio di cui ai precedenti commi 2, 3, e 4 devono essere prese in considerazione le variazioni dei singoli fattori e delle variabili che concorrono alla determinazione del rischio idraulico come definito nell'art. 4 delle presenti norme. 6. Le amministrazioni comunali possono determinare, prescrivendo comunque le possibili misure di riduzione del rischio, di dare attuazione alle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione urbanistica comunale vigenti alla data del 27 giugno 2001 riguardanti aree che dagli elaborati di piano o da successivi approfondimenti conoscitivi non risultino interessate da eventi di piena con tempi di ritorno inferiori od uguali a 30 anni. 7. Può comunque essere attuato quanto previsto da provvedimenti concessori che siano stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001 e, previa adozione delle possibili misure di riduzione del rischio, gli interventi sulle aree i cui provvedimenti attuativi siano stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001.

8. Sono sottoposti al parere dell'Autorità di Bacino che si esprime in merito alla compatibilità e coerenza degli interventi con i contenuti del presente articolo e con gli obiettivi del piano, seguendo la procedura di cui al comma 4 dell'art. 24: a realizzazione dei nuovi fabbricati di cui al comma 2; 30 la realizzazione delle nuove infrastrutture di cui al comma 3 ad eccezione di quelle al servizio degli insediamenti esistenti; gli ampliamenti, le opere o le variazioni di destinazione d'uso di cui al comma 4 ad esclusione delle opere e trasformazioni di cui ai punti a), b), c), d) del medesimo comma 4.

9. Nel caso le caratteristiche morfologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua e delle aree di cui al presente articolo subiscano modifiche tali da configurare diversamente il rischio idraulico in specifiche e definite zone, l'Autorità di Bacino può conseguentemente adeguare la perimetrazione delle aree di cui al comma 1, secondo la procedura indicata al comma 2 dell'art. 24, sulla base di studi idraulici, eseguiti da enti od anche da privati interessati, secondo i criteri e le metodologie indicate negli elaborati del presente piano, in cui venga dimostrato che le aree in oggetto non sono passibili di inondazione e/o

esposte ad azioni erosive, per eventi di piena con tempi di ritorno di 50 anni, o che il rischio idraulico interessa un'area diversamente configurata.

10. Nelle aree ad alta probabilità di inondazione presenti in tratti non arginati dei corsi d'acqua e dove sono assenti elementi a rischio, la realizzazione di opere di regimazione fluviale è consentita solo nei casi in cui tale fatto non induca un incremento apprezzabile della pericolosità in altre zone.

11. Le porzioni delle aree ad alta probabilità di inondazione comprese nelle fasce di pertinenza fluviale di cui al successivo art.18 fanno comunque parte delle stesse e ad esse si applica anche quanto previsto dal medesimo art. 18. Alle aree ad alta probabilità di inondazione si applica in ogni caso il c. 10 dell'art. 18.

## **7.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP)**

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale è stato approvato con DCP n.19 dell'30/03/04. Il piano è stato modificato a seguito delle seguenti Varianti; sistema della mobilità provinciale (DCP n°29 del 31/03/2009), materia di insediamenti commerciali (POIC) (DCP n°30 del 07/04/2009), recepimento del Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione (DCP n°15 del 04/04/2011), per il recepimento dei Piani Stralcio per i Bacini dei Torrenti Samoggia e Senio e aggiornamenti-rettifiche di errori materiali (DCP n°27 del 25/06/2012), per modifica puntuale della perimetrazione delle zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura (DCP n°36 del 24/06/2013) e in materia di riduzione del rischio sismico (DCP del n°57 del 28/10/2013).

Per quel che riguarda gli emungimenti invece della falda acquifera, la normativa vigente (Art. 5.3. PTCP del D.C.P. n.19/2004) identifica una zona di tutela assoluta ricadente in un'area circolare con raggio di 10 m da ogni singolo pozzo; e una zona di rispetto ricadente invece in un'area circolare con raggio di 200 m individuata geometricamente. Tali zone di tutela sono riportate nella planimetria dei Vincoli. Infatti nelle aree di progetto ricadono N°3 campi pozzo ubicati nei territori comunali di Bologna e Castelmaggiore. Queste informazioni sono state anche confrontate con quelle presenti nei Piani Strutturali Comunali attualmente vigenti.

### 7.3 PIANI STRUTTURALI COMUNALI (PSC)

La rete idrografica minore “Valliva” e di Bonifica (es. Consorzio di Bonifica Renana) è rappresentata dalla rete scolante minore e dalla rete di bonifica in pianura. Essa non è normata né dal piano di coordinamento provinciale (PTCP) né dal piano stralcio di assetto idrogeologico (PSAI) ma fa riferimento alle norme contenute nei piani strutturali comunali (PSC) dei comuni interessati dalle opere.

Le fasce di **Tutela Fluviale** sono definite in relazione a connotati paesaggistici, ecologici e idrogeologici; comprendono le aree significative ai fini della tutela e valorizzazione dell’ambiente fluviale (Art.4.3 del PTCP). In riferimento alla Tavola 2 carta unica del territorio PSC Reno-Galliera (scala 1:10000) e alla Tavola delle risorse idriche e assetto idrogeologico PSC Bologna, le fasce di Tutela Fluviale rappresentate fanno riferimento al RD 523/1904 (testo unico opere idrauliche).

Ad esempio per il canale storico Rio Scolo Riolo (PSC Consorzio comunale Reno-Galliera) sono di 50 m, sia in destra che in sinistra dal limite dell’alveo attivo mentre per Rio Bondanello (PSC Reno-Galliera) appartenente al reticolo Idrografico minore sono invece di 10 m.

### 7.4 PIANO COORDINAMENTO GESTIONE RISCHI ALLUVIONI (PGRA)

La Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni, recepita nell’ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispone la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l’obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l’ambiente, il patrimonio culturale, l’attività economica e le infrastrutture. La Direttiva e il D.lgs. 49/2010 privilegiano un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate. Nella prima fase è prevista la valutazione preliminare del rischio di alluvioni, nella seconda fase vengono elaborate mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, infine viene data la predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

Attualmente I Piani di gestione del rischio di alluvioni (art. 7 Direttiva 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010) adottati a partire dal 17 dicembre 2015, sono stati approvati il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali. Il territorio della Regione Emilia-Romagna è interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, del distretto dell'Appennino Settentrionale e del distretto dell'Appennino Centrale (fig.9).

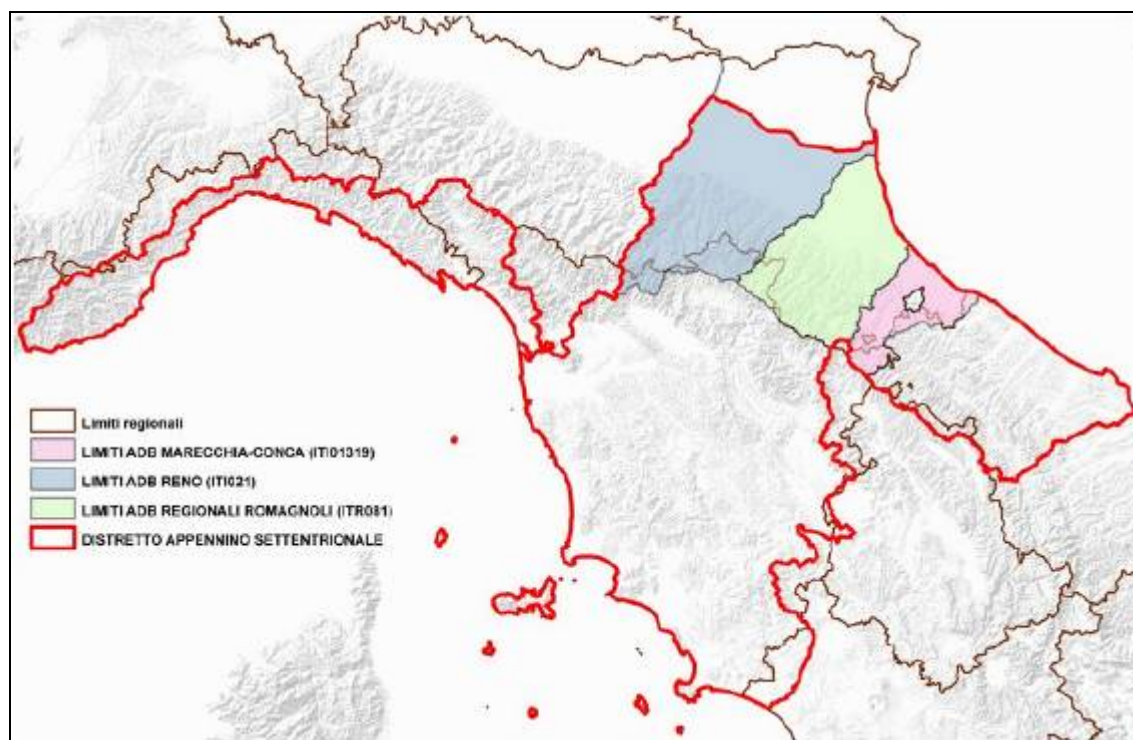


Fig.9 - Distretto Appennino Settentrionale e la suddivisione dei bacini di riferimento

Le mappe della pericolosità hanno individuato N°3 *scenari di pericolosità*; si tratta di aree geografiche distinte sulla frequenza delle alluvioni:

- Alluvioni frequenti (P3) con tempo di ritorno compreso tra 20÷50 anni.
- Alluvioni poco frequenti (P2) con tempo di ritorno compreso tra 100÷200 anni;
- Alluvioni rare (P1) con scarsa probabilità di accadimento (fino a 500 anni dall'evento).

Questi scenari derivano dai modelli prodotti per la pericolosità dei singoli PAI di riferimento.



Si sottolinea che il P.G.R.A., nell'ambito dell'area di studio, prevede elaborati cartografici inerenti il "Reticolo naturale principale e secondario" ed il "Reticolo artificiale secondario di pianura".

Nella planimetria dei Vincoli è stata quindi sovrapposta alla zonizzazione del PAI quella delle Mappe di Pericolosità derivanti dal Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni (PGRA) relativa al Distretto Appennino Settentrionale (Unit of Management Reno ITI021).

## **7.5 SUBSIDENZA**

L'ARPA, in collaborazione con l'Università di Bologna, ha centralizzato dal 1997 le informazioni riguardanti la subsidenza. Il monitoraggio della subsidenza fino ad allora era avvenuto, a partire dagli anni '60, ad opera di vari Enti che hanno istituito e misurato, in epoche diverse, reti di livellazione in ambiti locali più o meno limitati. Tali iniziative, se efficaci a livello locale, mostravano i loro limiti se osservate in un contesto regionale evidenziando lacune e disomogeneità tali da rendere, in gran parte dei casi, difficoltosa la definizione organica e univoca del fenomeno.

Nel 1997-1998, a partire dal vasto patrimonio di capisaldi esistenti e sulla scorta delle esperienze precedenti è stata progettata e realizzata una rete regionale di monitoraggio della subsidenza costituita, in particolare, da una rete di livellazione geometrica di alta precisione con oltre 2300 capisaldi e una rete di circa 60 punti GPS (Fig. 10).

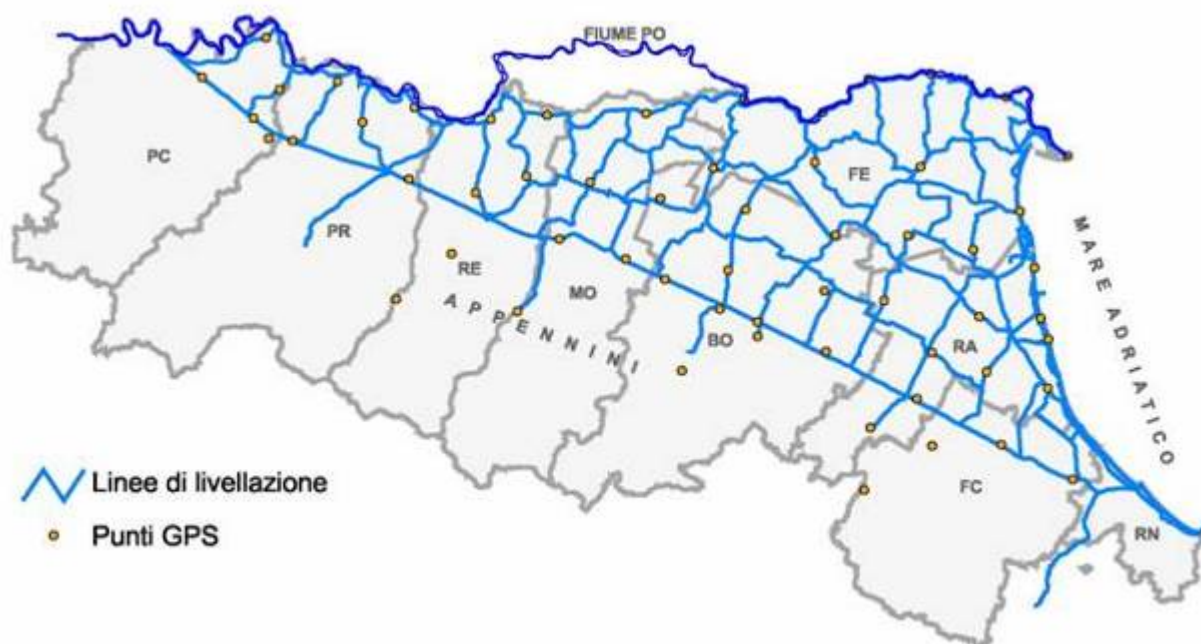


Fig. 10: Rete di monitoraggio ARPA per la subsidenza della pianura emiliano-romagnola.

La rete, nel suo complesso, è stata misurata per la prima volta nel 1999. Il rilievo della rete di livellazione ha permesso di attribuire ad ogni caposaldo, compresi quelli storici, una quota assoluta sul livello medio del mare riferita, in particolare, al caposaldo 5/162" sito nei pressi di Sasso Marconi (Appennino bolognese) e appartenente alla rete di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.). Per tale caposaldo è stata adottata la quota determinata nel 1949 dall'Istituto stesso pari a 225.9222 m s.l.m.

E' stato così possibile realizzare la prima carta a isolinee di velocità di abbassamento del suolo relativa al periodo 1970/93-1999, che costituisce il primo tentativo di restituire un quadro complessivo dei movimenti verticali del suolo sull'intera area di pianura della regione, già nella fase di rilievo "zero" della Rete. Tale rappresentazione, tuttavia, risulta inevitabilmente lacunosa, relativamente o parzialmente aggiornata e, comunque, fortemente disomogenea data la diversa copertura spaziale e temporale dei dati storici. In virtù di questa disomogeneità, le velocità di movimento indicate sulla carta sono riferite a periodi diversi, a seconda delle linee di livellazione, compresi tra il periodo più lungo 1970-1999 e il periodo più breve 1993-1999.

Le misure sono state ripetute nel 2002 ma solo sulla rete GPS aggiornando così le conoscenze sui movimenti del suolo nel periodo 1999-2002 relativamente ai punti della rete stessa.

Nel 2005-07 ARPA ha realizzato l'aggiornamento delle conoscenze geometriche relative al fenomeno della subsidenza, tramite l'interazione di due tecniche:

- la livellazione geometrica di alta precisione di un sottoinsieme della rete regionale (circa il 50% delle linee di livellazione);
- l'analisi interferometrica di dati radar satellitari con tecnica PSInSARTM estesa all'intero territorio di pianura della regione, circa 11.000 km<sup>2</sup>.

I risultati ottenuti, per la prima volta, forniscono un quadro sinottico di dettaglio del fenomeno della subsidenza a scala regionale. In particolare, sulla base della disponibilità dei dati satellitari, sono state realizzate tre diverse cartografie a curve isocinetiche: la prima, relativa al periodo 1992-2000, fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti da due satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ERS1 e ERS2 e si basa sulle velocità di movimento relative a circa 160.000 punti (fig. 11). La seconda riguarda il periodo 2002-2006 e fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti dal satellite ENVISAT (ESA) e RADARSAT (Agenzia Spaziale Canadese) basandosi sulle velocità di movimento relative a circa 140.000 punti (fig. 12).

La terza fa riferimento alla più recente cartografia delle isocinetiche relative al periodo 2006-2011 secondo le classi indicate in legenda (fig. 13).

L'utilizzo del metodo satellitare ha permesso di acquisire un'informazione molto più diffusa e capillare rispetto al rilievo terrestre: un numero di punti di ben due ordini di grandezza superiore al numero dei capisaldi di livellazione sui quali poteva contare la precedente cartografia.

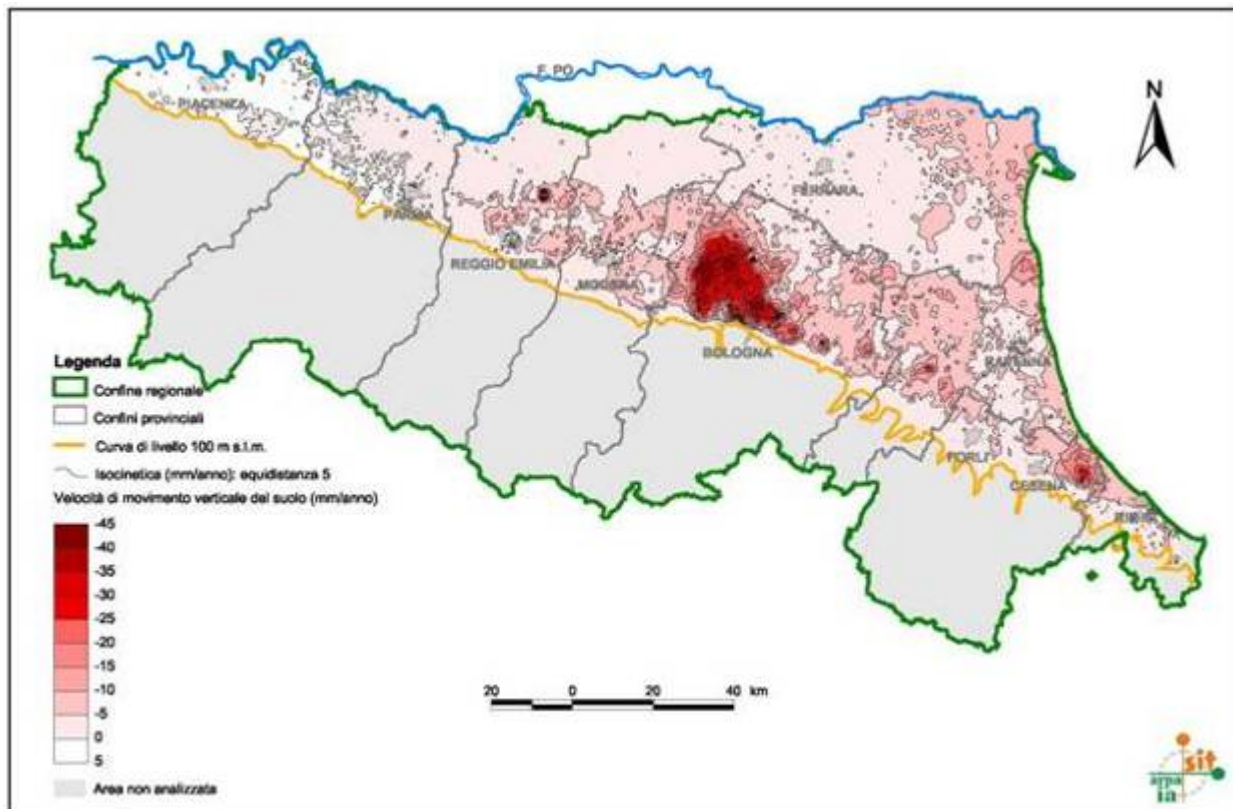


Fig. 11: Isocinetiche relative al periodo 1992-2000.

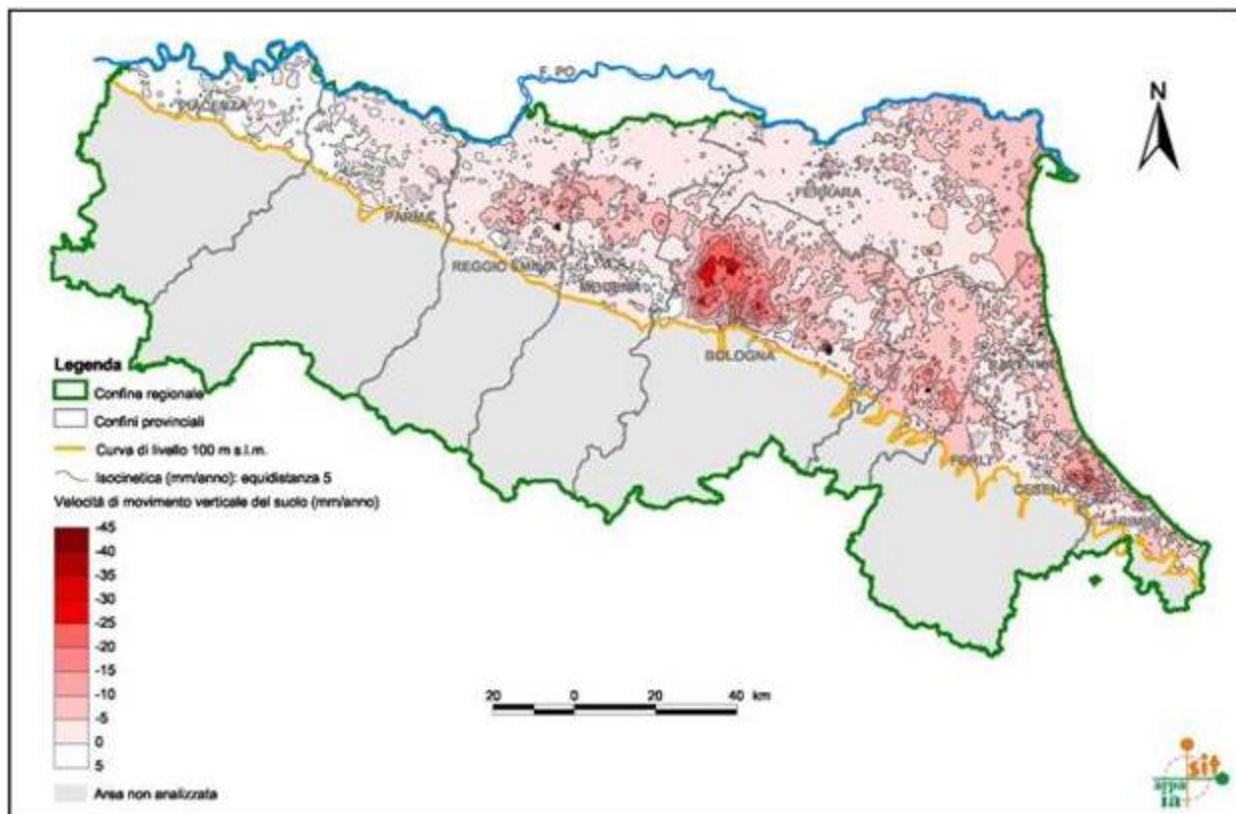


Fig. 12: Isocinetiche relative al periodo 2002-2006.

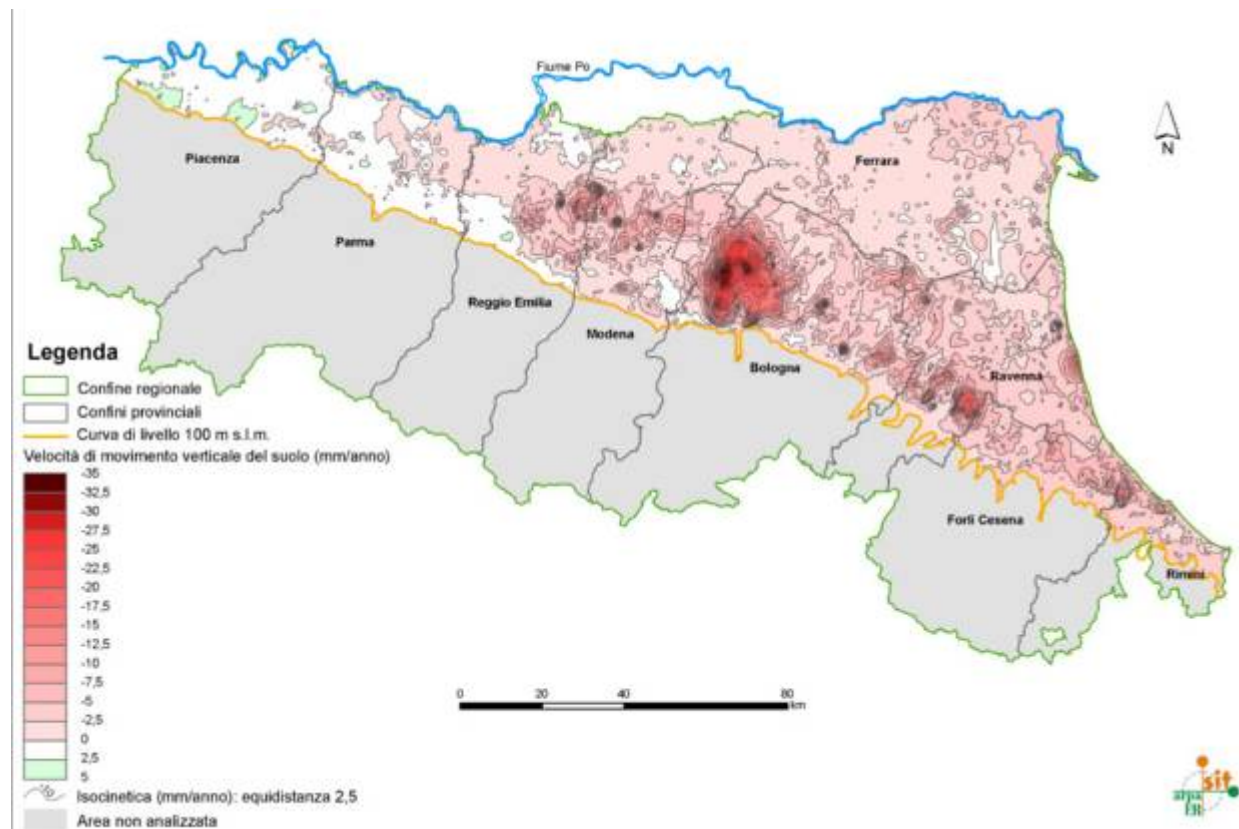


Fig. 13 - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

Accedendo al sito online dell'ARPA è possibile visionare ad una scala di maggior dettaglio alcuni stralci (con relativa legenda) della cartografia più recente, con particolare riferimento all'areale del tracciato in esame (fig. 14a,b,c,d,e):

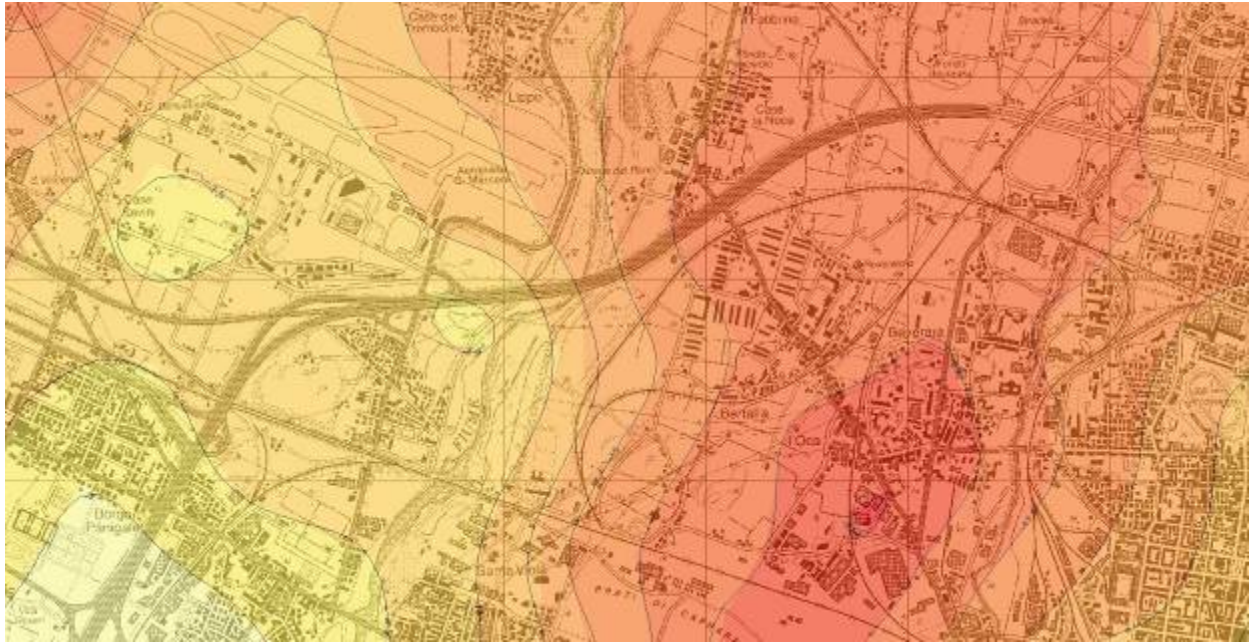


Fig. 14a - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

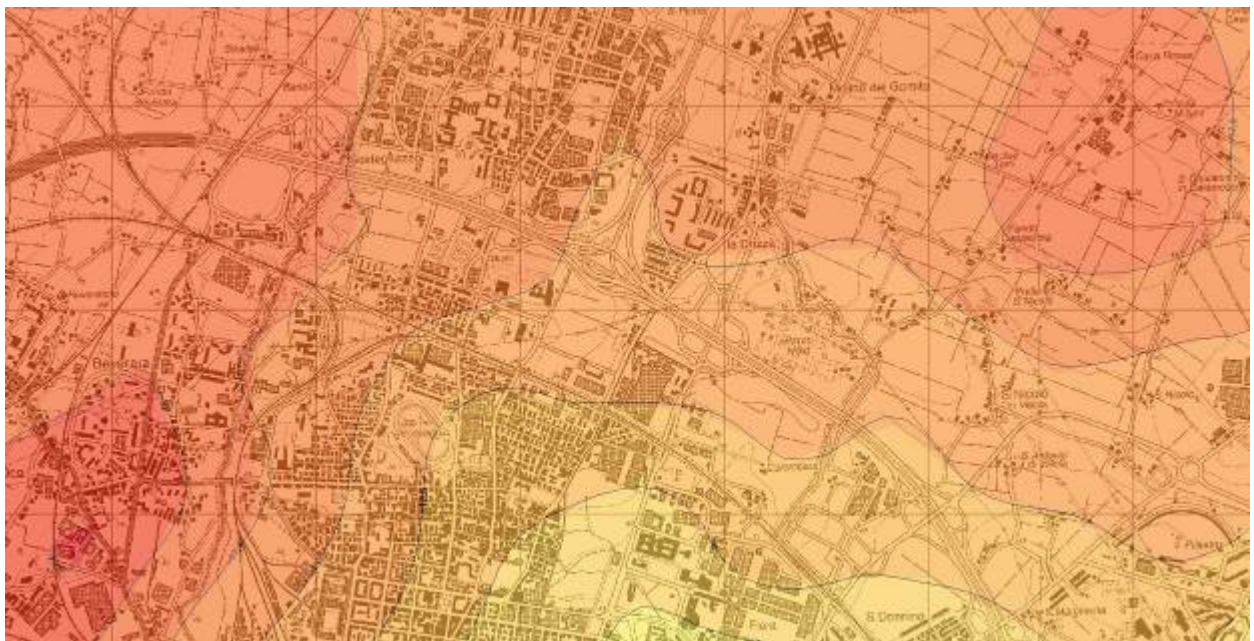


Fig. 14b - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

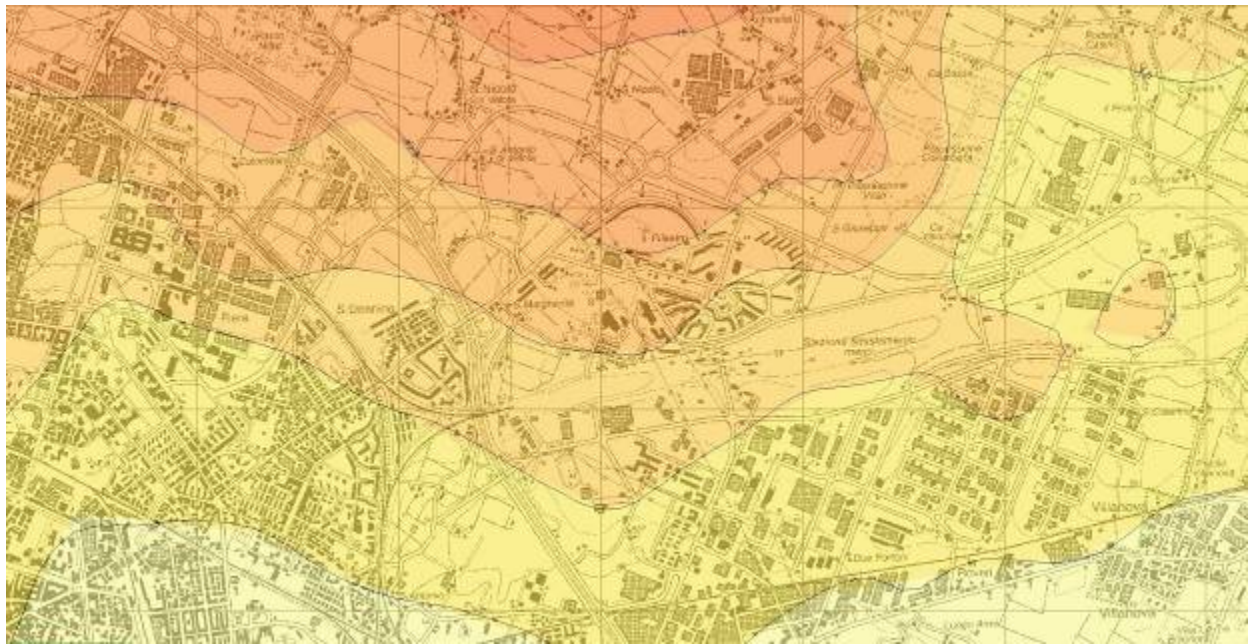


Fig. 14c - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

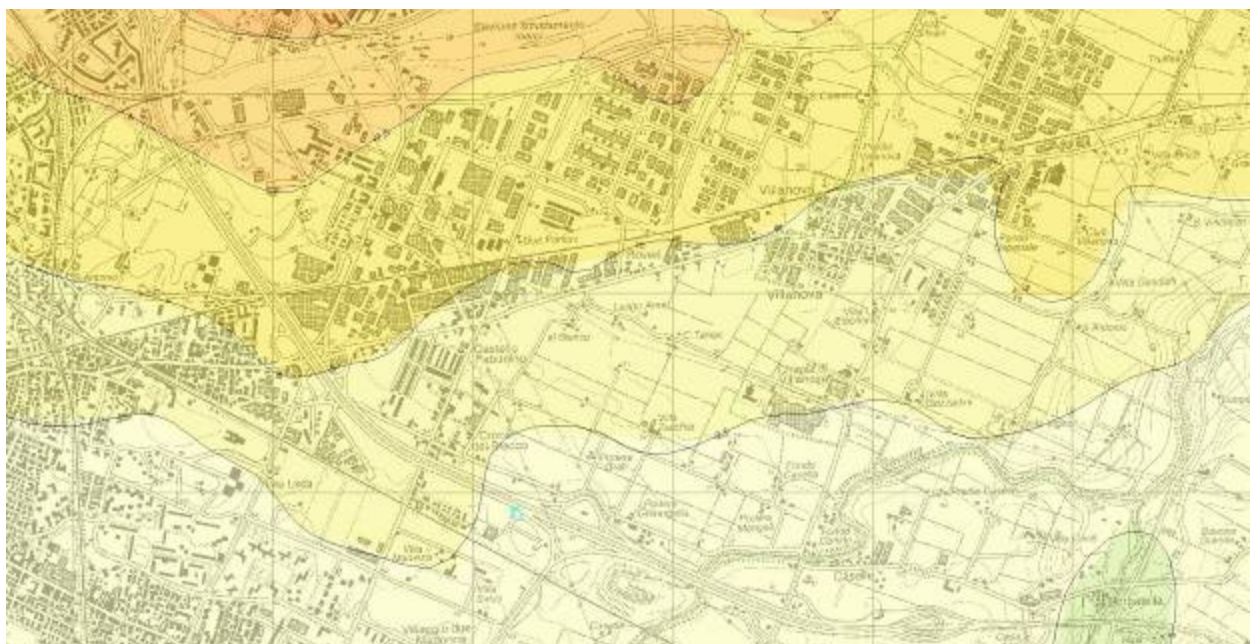


Fig. 14d - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.



Fig. 14e - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

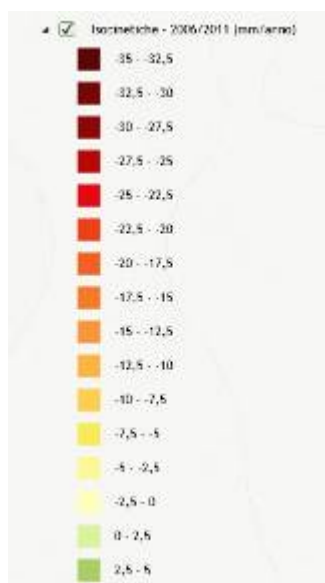


Fig. 15 - Legenda delle Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

In sintesi si può osservare che la subsidenza presenta una maggiore criticità nel tratto successivo all'attraversamento sul Reno fino a c.a. l'interconnessione con l'Autostrada A13 (subsidenza compresa tra -17,5 e -22,5mm/anno), tendendo progressivamente verso fine intervento ad annullarsi.



## 7.6 LIQUEFAZIONE

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

Gli eventi sismici di maggio 2012 (magnitudo 5.9) hanno causato vistosi effetti di liquefazione in alcune località del settore occidentale della provincia di Ferrara, localizzate in corrispondenza del paleo-alveo del Reno, e, in minor misura, in alcune aree della provincia di Modena, localizzate lungo rami abbandonati del Panaro; la Regione Emilia Romagna ha introdotto aggiornamenti normativi e tecnici ed istituito, insieme al Dipartimento della Protezione Civile, un gruppo di lavoro interdisciplinare ("Gruppo di lavoro Liquefazione") per programmare ed avviare indagini geotecniche e geofisiche di approfondimento, al fine di individuare le aree suscettibili di amplificazione e quelle in cui si ritiene necessario verificare la presenza di condizioni predisponenti alla liquefazione.

Le condizioni predisponenti del terreno sono:

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

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

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

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

natura geologica dei siti le zone a più alto rischio sono: letti di fiume antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, argini, pianure di esondazione, spiagge, zone dunari e interdunari.

## 7.7 GAS

In Emilia Romagna da decenni si estraggono gas naturale e petrolio in profondità (fig.16 e 17).



Fig. 16 - Carta impianti olio gas (<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/dgrme/dgrme.asp>)

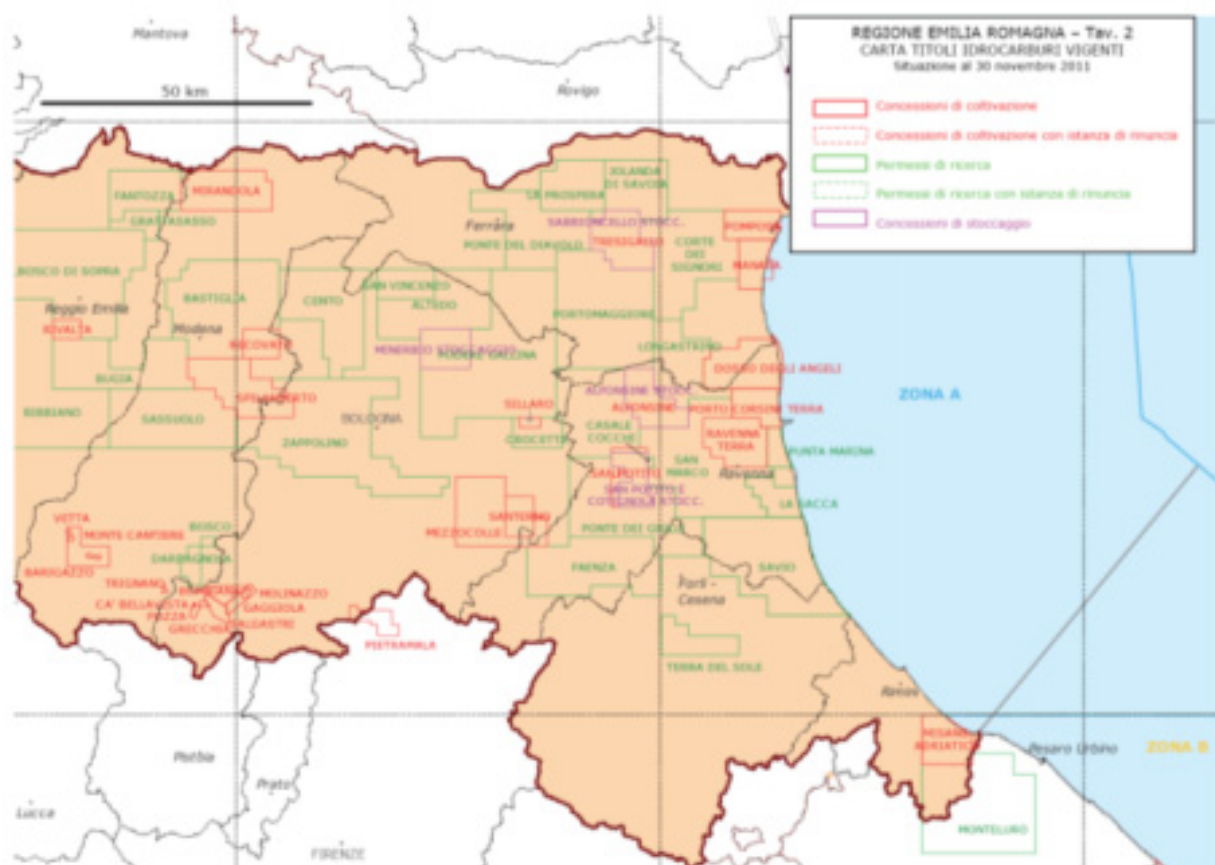


Fig. 17 - Carta titoli idrocarburi vigenti (<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/dgrme/dgrme.asp>)

Considerato che da letteratura sono stati registrati casi di rinvenimento di gas nelle sabbie a poca profondità, non si può pertanto escludere che vi siano accumuli di gas in livelli localizzati del sottosuolo, ciò probabilmente legato alla presenza di considerevole materiale organico accumulatosi.

## 7.8 SINKHOLE

Nella pianura emiliana, dal 1990 si è accentuata la comparsa di fenomeni localizzati di collasso del piano di campagna. Si tratta di cavità di dimensioni da decimetriche a metriche che si manifestano repentinamente a seguito del crollo di piccole cavità ipogee di dimensioni e geometrie varie, talora ubicate entro i primi 100-150 cm di profondità, altre volte comprese tra i 2 e i 3 m (Vettore et al., 2004). In letteratura, le cause circa la genesi di questi fenomeni vengono associate a:

- neotettonica (Pellegrini & Vezzani, 1978);
- degassamento naturale (Bonori et al., 2000);

- suffosione verticale in relazione all'emungimento idropotabile (Lugo Hubp et al., 1999);
- suffosione (piping) laterale legata alla incisione delle aste fluviali (Berry, 1970).

Nell'area di interesse una recente pubblicazione ("I sinkhole in pianura padana", 2008) evidenzia fenomeni di questa natura più a nord dell'area di intervento, nel comune di Sala Bolognese (fig. 18).



Fig. 18 - Ubicazione Sinkhole area nord di Bologna; in verde i punti in cui si sono registrati fenomeni di sprofondamento ed in blu l'area di intervento.

## 8 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA D'INTERVENTO

### 8.1 FOTOINTERPRETAZIONE

I principali macroelementi naturali individuati mediante l'analisi delle foto aeree sono:

- Terrazzi alluvionali;
- Depositi detritici in alveo.

Entrambi questi elementi sono legati a dinamiche geomorfologiche riguardanti punti sottoposti a maggiore erosione spondale e alla successiva deposizione detritica.

I principali macroelementi antropici individuati mediante l'analisi delle foto aeree sono:

- Arginature con finalità idrauliche specie lungo il tragitto del Fiume Reno;
- Depressioni antropiche (residui di scavi, residui delle lavorazioni degli inerti);
- Aree di Cava (terrazzi morfologici residuali di origine antropiche, scarpate morfologiche);
- Impianti di lavorazione degli inerti, rilevati temporanei;
- Rilevati antropici (stradali, ferroviari e per la riduzione dell'impatto acustico);
- Aree urbanizzate.

### 8.2 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Questo capitolo tratta la descrizione geomorfologica dei macroelementi individuati lungo il tracciato oggetto di potenziamento, nonché la loro mutua interazione con l'opera in progetto.

#### 8.2.1 Attraversamento fiume Reno

Il principale macroelemento naturale presente è il Fiume Reno. Il tracciato dell'alveo nel tratto considerato ai fini progettuali è di tipo non confinato, con una sinuosità di basso grado; per contro il grado di sinuosità aumenta se riferito all'alveo di magra e con esso la capacità erosiva della corrente specie sulle scarpate fluviali. Come già accennato in precedenza, in epoca storica le dinamiche geomorfologiche del F. Reno hanno dato origine a numerosi eventi alluvionali e a impaludamenti significativi, per contenere la

portata di tali fenomeni sono stati costruiti quindi con finalità idrauliche gli Argini artificiali (fig.19). Essi sono attualmente ancora ben individuabili, in generale sono oggetto di buona manutenzione, anche se in alcuni tratti l'urbanizzazione incipiente li ha quasi obliterati.

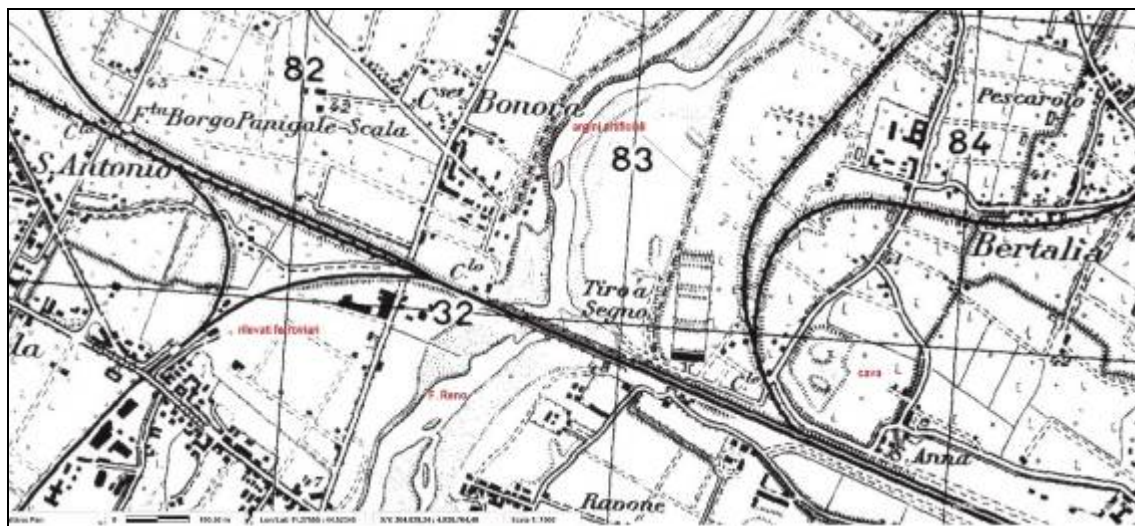


Fig.19 - Carta topografica nella zona di Borgo Panigale (da base topografica IGM modif.)

L'analisi della morfologia condotta attraverso la lettura della Carta IGM (fig. 19) indica quindi che i principali elementi, sia naturali e sia antropici, caratterizzanti il tratto in esame sono i seguenti: l'alveo di magra del fiume Reno, n°2 ordini di terrazzi fluviali, n°2 rilevati che costituiscono gli argini artificiali, alcuni rilevati ferroviari, i fronti di coltivazione (scarpate) di una cava attiva, la pianura bolognese circostante poco urbanizzata all'epoca dell'edizione della carta.



Fig.20 - Stralcio Tavola 1/1 Passante di Mezzo della Planimetria geomorfologica, al centro della foto il tracciato del passante di mezzo (da base topografica CTR modif.).

La cartografia CTR 1:5000, base della Planimetria geomorfologica, mostra che l'area è stata molto trasformata a cominciare dall'apertura di nuove cave di inerti, dagli impianti di trasformazione e dalle aree per lo stoccaggio di materiale lavorato (fig. 7a); nuovi rilevati ferroviari (treni alta velocità); e del sistema tangenziale in esercizio e nuovi rinterri dell'aeroporto di Bologna.

Nel corso del rilevamento geomorfologico sono state rinvenute morfologie residuali di tali attività antropiche; in particolari, scavi (morfologie depresse) in parte ripristinati e reintegrati nel tessuto urbano e infrastrutturale (ad esempio nei parchi urbani oppure inglobati nei rinterri delle nuove infrastrutture).



Fig.21 - Argine artificiale del F. Reno in loc. Bonora; in secondo piano l'impalcato della Tangenziale.



Fig. 22 - Morfologia depressa di origine antropica derivante dalle attività estrattive, in loc. Lippo a nord-est dell'aeroporto di Bologna.





Fig. 23 - Morfologia depressa di origine antropica derivante dalle attività estrattive, attualmente occupata da ristagni d'acqua e da un viadotto ferroviario in costruzione (in foto pali verticali), a sud-ovest dell'aeroporto di Bologna.



Fig. 24 - Morfologia depressa (scavo antropico residuale) derivante dalle attività estrattive (cave nord s.p.a.) attualmente ripristinata ambientalmente e occupata da un lago artificiale (loc. Birra).

Lungo l'alveo del fiume Reno sono state individuate scarpate fluviali ben riconoscibili, esse hanno un'altezza variabile da 1÷ 3,5 m e sono relative a due ordini di terrazzi fluviali (figg. 26-27-28). Le dinamiche geomorfologiche a cui sono soggette sono attive ed incipienti, specie nei pressi degli attraversamenti autostradali e ferroviari, si tratta di:

- fenomeni erosionali con scalzamento al piede delle scarpate fluviali (fig.33);

- approfondimento dell'alveo (fig. 34);
- fenomeni deposizionali di detriti alluvionali con uno spessore variabile da 0.8÷1.5 m (figg. 30-31-32).

Inoltre sui terrazzi fluviali in corrispondenza dell'impalcato della tangenziale si sono rinvenuti fenomeni di ruscellamento concentrato che danno origine ad erosioni superficiali attive profonde fino a qualche decimetro (figg. 35-36).



Fig. 25 – Alveo del F. Reno, a sinistra la parete interna dell'argine artificiale sinistro, seguita dalla superficie pianeggiante del terrazzo fluviale; in secondo piano nella foto si vede l'impalcato del sistema tangenziale in esercizio.



Fig.26 – Alveo attuale del F. Reno (panoramica verso valle): a sinistra scarpate fluviali di altezza variabile da 3÷5 m; in secondo piano l'impalcato del sistema tangenziale in esercizio.



Fig.27 – Alveo attuale del F. Reno (panoramica verso monte): a destra le scarpate fluviali di altezza variabile da 3÷4 m; in secondo piano attività di movimento terra inerente alla costruzione del nuovo viadotto ferroviario.



Fig.28 – Alveo attuale del F. Reno (panoramica verso valle): a sinistra in secondo piano le scarpate fluviali di altezza variabile da 1÷2 m; in primo piano la superficie pianeggiante del terrazzo fluviale privo di dinamiche geomorfologiche recenti.



Fig.29- Alveo attuale del F. Reno: depositi alluvionali recenti con uno spessore 1 m; sulla destra soglie idrauliche a protezione dell'impalcato del viadotto ferroviario.



Fig.30- Alveo del F. Reno: depositi alluvionali recenti con uno spessore 1 m; sono presenti scogliere artificiali di 1.5 m di altezza a protezione dei plinti dell'impalcato del sistema tangenziale in esercizio.



Fig.31 - Alveo attuale del F. Reno: a sinistra della foto si individuano depositi alluvionali recenti con uno spessore variabile da 1÷1.5 m.



Fig.32 - Alveo attuale del F. Reno: sono presenti depositi alluvionali recenti con spessore variabile da 1÷1.5 m.



Fig.33- Alveo attuale del F. Reno: particolare dei fenomeni erosivi molto attivi sulle scarpate e prossimi alle fondazioni dell'impalcato della tangenziale.



Fig.34 - Alveo del F. Reno panoramica verso monte: depositi alluvionali recenti con uno spessore 1,5 m; si notano porzioni residuali relative alle opere di protezione sui plinti del sistema tangenziale in esercizio.



Fig.35 - Alveo attuale del F. Reno: erosioni superficiali attive legate al ruscellamento concentrato; l'acqua proviene dalle banchine del sistema tangenziale in esercizio; a destra della foto si vede il profilo dell'argine idraulico sinistro.



Fig.36 - Alveo attuale del F. Reno: erosioni superficiali attive legate al ruscellamento concentrato; l'acqua proviene dal sistema tangenziale in esercizio; in secondo piano s'intravede il profilo dell'argine idraulico destro.

### 8.2.2 Attraversamento canale Navile e Savena Abbandonato

Il principale macroelemento naturale è il Torrente Savena, che in epoca storica ha subito modifiche antropiche sostanziali. Infatti, alla fine del percorso montano, l'alveo naturale era ubicato a est di Bologna e si immetteva nel fiume Reno più a nord della località Baricella. Tale tragitto è ancora parzialmente individuabile ed è denominato Savena Abbandonato; essendo stato privato della sua portata originaria attualmente fa parte della rete di canali artificiali che hanno finalità di drenaggio per ciò non risente delle dinamiche naturali del bacino idrografico.

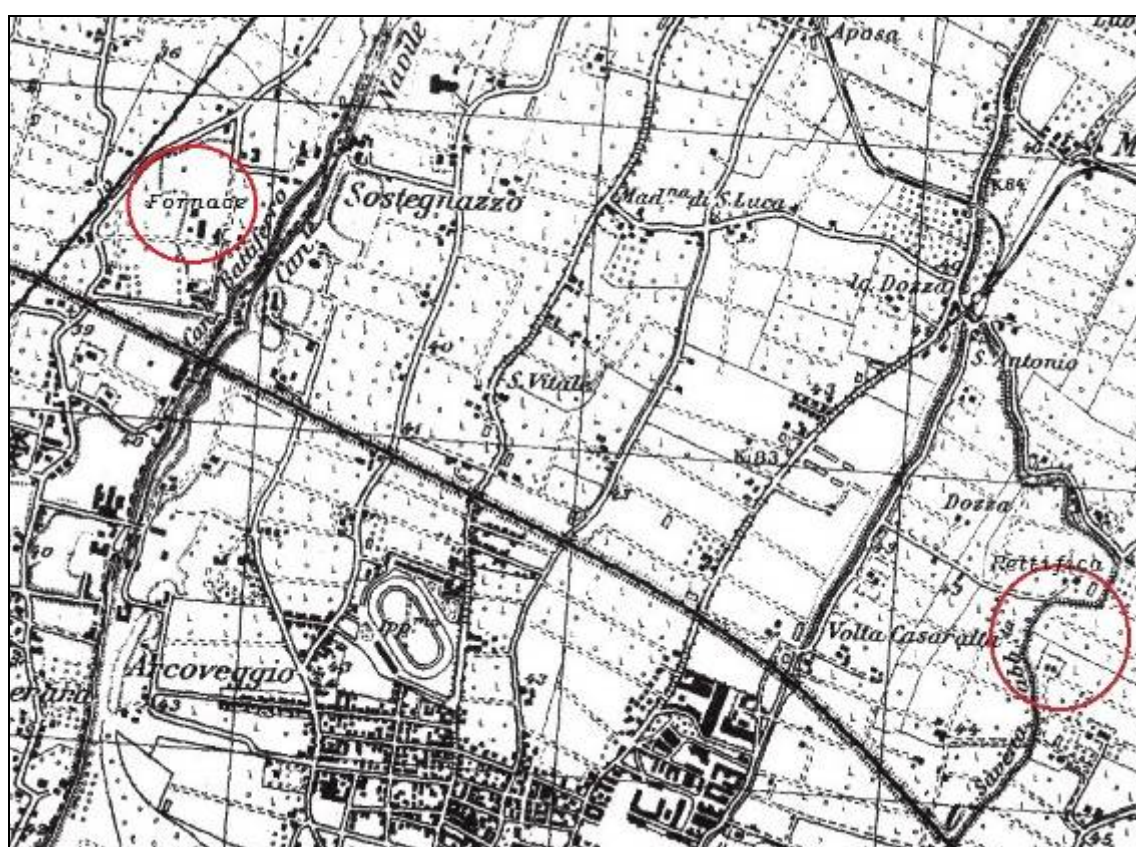


Fig.37 - Carta topografica nella zona di Arcoveggio i cerchi rossi indicano le aree che hanno subito modifiche antropiche (da base topografica IGM modif.)

L'analisi della morfologia ottenuta attraverso la lettura della Carta IGM (fig. 37) indica che i principali elementi morfologici sia naturali e sia antropici, caratterizzanti il tratto in esame sono: l'alveo del T. Savena Abbandonato del quale si riconosce n°1 ordine di terrazzo fluviale, gli alvei artificiali dei Canali Navile e Battiferro, alcuni rilevati ferroviari.



La pianura bolognese circostante, all'epoca dell'edizione della carta mostra un'urbanizzazione ancora poco pervasiva.



Fig.38 - Stralcio Tavola 1/2 Carta geomorfologica del Passante di Mezzo, al centro della foto il tracciato del passante di mezzo (da base topografica CTR modif.).

La cartografia CTR 1:5000, base della Carta geomorfologica prodotta, mostra che l'area è stata molto trasformata a cominciare dalla presenza di nuovi rilevati ferroviari (treni alta velocità), nuovi rilevati del sistema tangenziale in esercizio, nuovi rilevati autostradali (A13), e in subordine l'apertura di nuove cave di inerti.

Nel corso del rilevamento geomorfologico è stato ancora possibile individuare una parte dei caratteri morfologici naturali del Savena Abbandonato: nel tratto considerato il tracciato dell'alveo ha un confinamento laterale di tipo *non confinato* e data la presenza di tratti meandrici ha una sinuosità *di alto grado*. Esso conserva ancora le sponde naturali di altezza variabile da 2÷4 metri, in parte modificate e sostituite con pareti in cemento e muratura (figg. 39-40). In quest'area non sono presenti veri e propri argini artificiali con finalità idrauliche, viceversa sono stati realizzati alcuni rilevati per finalità diverse (ad esempio per ridurre l'inquinamento acustico o per essere sede di cavidotti industriali fig. 42).



Fig. 39 - Alveo attuale del Savena Abbandonato, si noti la risagomatura artificiale delle sponde.



Fig.40 - Alveo Savena Abbandonato, si noti lo scatolare in muratura per l'attraversamento.



Fig. 41 - Alveo Savena Abbandonato, si noti il tubo corrugato con un diametro di 1.5m per l'attraversamento.



Fig.42 – Rilevato artificiale nei pressi dello svincolo di immissione su A13, altezza media da 2÷4 m circa con probabile funzione di mitigazione acustica e sede di cavidotto industriale.

I Canali Navile e Battiferro completano la rete idrografica superficiale: si tratta di canali artificiali costruiti in epoca storica per scopi idraulici e per servire i primi opifici industriali (fig.43), negli alvei artificiali attualmente si ritrovano depositi alluvionali recenti caratterizzati da uno spessore di pochi decimetri (fig.44). Nel tratto in esame è altresì presente una fitta rete di canali minori, fossi di scolo costruiti a scopo irriguo e per l'allontanamento delle acque meteoriche. A questo proposito è da annoverare la presenza di numerosi laghi artificiali:

- ubicati presso le aziende agricole con funzione di stoccaggio della risorsa idrica; queste riserve idriche di solito hanno forma allungata e dimensioni fino a qualche decina di metri quadri;
- ubicati presso le aree di cava sia attive sia dismesse, nonché quelle ripristinate la cui fruizione è spesso ricreativa.



Fig. 43 – Alveo artificiale Canale Navile, particolare delle opere idrauliche e dei rivestimenti delle sponde.



Fig. 44 – Alveo artificiale Canale Navile, depositi alluvionali recenti con uno spessore di 0.30÷0.50m.

In quest'area le opere hanno inciso diffusamente sulla geomorfologia e in particolare sull'idrografia naturale della pianura bolognese, specie nel caso in cui si sia assistito all'ampliamento di quartieri residenziali (la Dozza, S.Vitale, etc.). A questo proposito dal confronto delle figure 37 e 38 si individuano due esempi:

- modifica dell'alveo del Savena Abbandonato, ovvero la rettifica del meandro compreso tra le località La Dozza e Volta Casaralta;
- morfologie terrazzate residuali (32 m s.l.m.) che si alternano a morfologie depresse (circa 28 m s.l.m.); ovvero la testimonianza di numerose cave (fig. 7a Carta delle attività estrattive storiche) utilizzate per l'estrazione di terreni argillosi e la produzione di laterizi (toponimo *fornace*) commercializzati utilizzando le vie d'acqua citate.

L'area terrazzata residuale occupata in precedenza dalla fornace è attualmente utilizzata da un centro commerciale mentre l'area estrattiva è stata ripristinata attraverso la costruzione di un parco pubblico.



Fig.45 – Rilevato artificiale, in via del Saliceto con altezza media da 2+3 m circa con funzione portante del muro di contenimento del sistema tangenziale in esercizio.

### 8.2.3 Quartiere San Vitale – torrente Savena Naturale

I principali macroelementi naturali sono la Pianura Bolognese e il Torrente Savena, che in questa zona risente delle dinamiche geomorfologiche naturali legate al suo bacino idrografico, infatti il torrente Savena è stato deviato ed immesso in sinistra idrografica del T.Idice (figg. 46-47).



Fig.46 - Carta topografica della Pianura Bolognese compresa tra il Savena Abbandonato con percorso a meandri (in alto a sinistra) e la località San Vitale (da base topografica IGM modif.).



Fig. 47- Carta topografica nell'intorno della confluenza tra il T. Savena naturale e il T. Idice (da base topografica IGM modif.).

L'analisi dell'area realizzata attraverso la Carta IGM (figg. 46-47) indica che i principali elementi morfologici, sia naturali e sia antropici, caratterizzanti il tratto in esame sono: la pianura bolognese, compresa tra il Savena Abbandonato e la nuova confluenza nel T. Idice, nella quale l'urbanizzazione risulta ancora poco sviluppata o addirittura inesistente, l'alveo del T. Savena, n°1 ordine di terrazzo fluviale e alcuni rilevati ferroviari.

Tutte le opere, specie la costruzione di nuovi quartieri residenziali hanno inciso in modo pervasivo sulla geomorfologia ed in particolare sull'idrografia naturale.

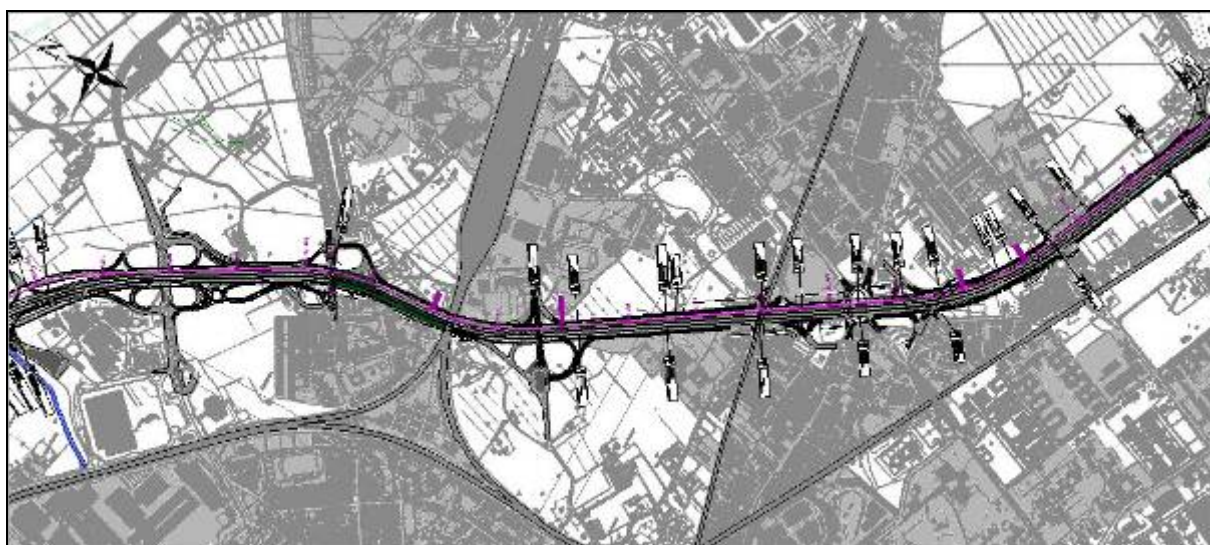


Fig. 48 - Stralcio Tavola 2/2 della Carta geomorfologica Passante di Mezzo - zona quartiere San Vitale, a sinistra (colore blu) il Savena Abbandonato (da base topografica CTR 2013 modif.).

Il confronto con la cartografia prodotta (figg.48-49), avente una base topografica molto più recente, che sintetizza il rilevamento geomorfologico eseguito indica che l'area è stata molto trasformata a cominciare dalla costruzione di nuovi rilevati ferroviari, di nuovi rilevati del sistema tangenziale in esercizio (figg.53-55), di nuovi rilevati autostradali (A13), la costruzione di nuovi quartieri residenziali e l'ampliamento dei centri abitati esistenti (S. Vitale); in subordine l'apertura di nuove cave di inerti.



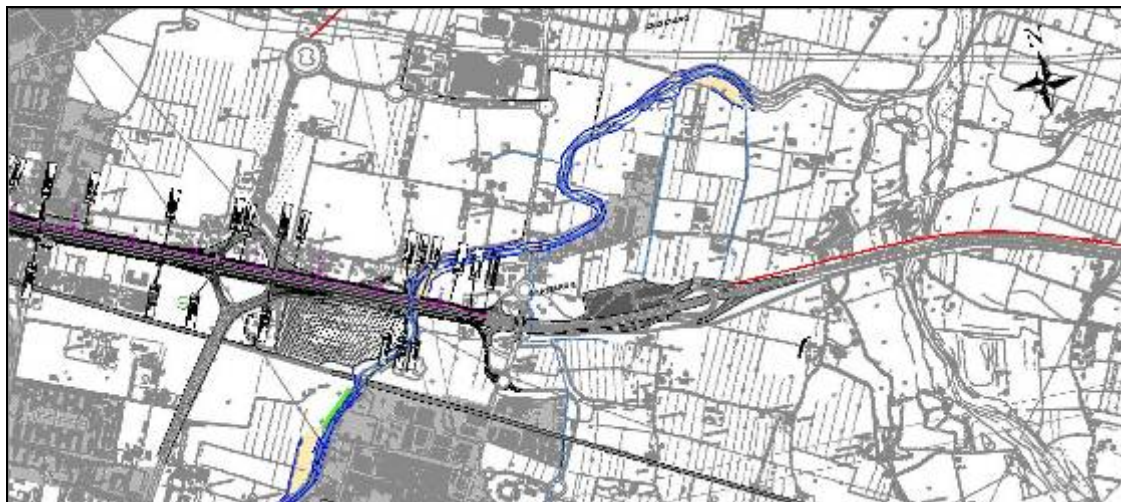


Fig. 49 - Stralcio della Tavola 2/2 della Carta geomorfologica Passante di Mezzo – a sinistra il T. Savena borda la morfologia collinare artificiale (barrato nero) (da base topografica CTR 2013 modif.).

Nel corso del rilevamento geomorfologico sono stati identificati i seguenti caratteri morfologici del Torrente Savena: l'alveo è caratterizzato da un percorso a meandri con il confinamento laterale del tipo *non confinato*, con tratti hanno scarpate fluviali naturali di altezza da 2÷4 metri relative a un solo ordine di terrazzi fluviali. Le dinamiche geomorfologiche presenti nel tratto studiato sono attive e sono costituite da:

- fenomeni erosionali con scalzamento al piede delle scarpate fluviali (fig.50);
- approfondimento dell'alveo (fig.51);
- fenomeni deposizionali di detriti alluvionali con spessori variabili da 1÷1.5 m (fig. 51).



Fig.50 - Alveo del T. Savena: scarpata fluviale a geometria subverticale di altezza 3 m circa. Si noti il contatto stratigrafico tra depositi grossolani e terreni fini grigio scuro (località Fondo Mori).

Anche qui in corrispondenza dell'impalcato della tangenziale attualmente in esercizio, sui terrazzi fluviali residuali si sono rinvenuti fenomeni di ruscellamento concentrato, che danno origine ad erosioni superficiali profonde fino a qualche decimetro (fig.52). Non sono presenti invece argini con finalità idrauliche ma solo tratti di rilevato artificiale, realizzati di recente, per contrastare l'inquinamento acustico o essere sede di cavidotti industriali (fig.53).

Inoltre in sinistra idrografica è presente il rilievo collinare artificiale relativo ad una discarica a oggi ripristinata ambientalmente (fig. 49 e fig.54).



Fig.51 - Alveo del T. Savena: depositi alluvionali recenti, spessore medio di 1 m; si individua il profilo di due briglie fluviali dotate di scarsa manutenzione (località Caselle).



Fig.52 - Alveo del T. Savena: fenomeni di ruscellamento concentrato che si originano sulle superfici residuali dei terrazzi fluviali; nell'alveo attivo i depositi alluvionali recenti hanno uno spessore di circa 1 m (località Fondo Mori).



Fig.53 – Rilevato artificiale in località Case Alte, con altezza variabile da 3÷5 m con funzione di mitigazione acustica.



Fig.54 – Morfologia collinare artificiale relativa ad una discarica ripristinata ambientalmente, ubicata nei pressi del sistema tangenziale in esercizio (località Fondo Moro).



Fig.55 – Rilevato artificiale con altezza media di 3÷4 m circa relativo al muro di contenimento con funzione portante del sistema tangenziale in esercizio (località Croce del Biacco).

## 9 VINCOLI E PERICOLOSITA' IDRAULICA

Le Planimetrie dei Vincoli e della pericolosità idraulica sono state redatte utilizzando dati cartografici disponibili *on-line* ed elaborati dagli Enti Pubblici competenti; nella fattispecie si tratta dell'Autorità di Bacino Reno, del Servizio Geologico Regione Emilia Romagna, della Città Metropolitana di Bologna (ex Provincia di Bologna); dei Comuni di Bologna e San Lazzaro di Savena. I dati consultati sono rispettivamente il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (scala 1:5000) in variante attraverso il Piano Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni (scala 1:25000), le cartografie geomorfologiche regionali (scala 1:250.000); le cartografie del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) (scala 1:5000); i Piani Strutturali Comunali (PSC) (scala 1:5000).

In sintesi, sono stati riportati i risultati ottenuti dalla modellazione idraulica (Rischio Idraulico e Assetto Rete Idrografica) che ha discriminato i seguenti ambiti:

- alveo attivo (Art.15 del PAI);
- fasce di pertinenza fluviale (Art.18 del PAI);
- aree ad alta probabilità di inondazione (Art.16 del PAI);
- aree di potenziale localizzazione degli interventi idraulici (Art.17 del PAI);
- fasce di tutela fluviale (Art.4.3 del PTCP).

Questi risultati sono stati integrati con quelli del Piano di Coordinamento Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) il quale identifica n°3 scenari crescenti di Pericolosità idraulica del reticolo principale:

- Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità) => pericolosità idraulica bassa (P1)
- Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità)  
=> pericolosità idraulica media (P2)
- Alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità)

=> pericolosità idraulica elevata (P3)

Infine, sono state inserite le delimitazioni di concessione riferite alle attività estrattive di sottosuolo (ambito di cava attiva e relativi impianti di lavorazione dell' inerte) e le zone di rispetto dei pozzi di emungimento acquedottistico.

La zonizzazione relativa alla pericolosità idraulica delimita aree così definite:

- *Alvei Attivi*, l'insieme degli spazi normalmente occupate da masse d'acqua in quiete o in movimento con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 10-15 anni.
- *Fasce di Pertinenza Fluviale*, l'insieme di aree all'interno delle quali si possono far defluire con sicurezza le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle relative ad eventi estremi con tempo di ritorno fino a 200 anni.
- *Aree di Probabile Inondazione*, aree passibili di inondazioni e/o esposte alle azioni erosive dei corsi d'acqua con tempi di ritorno inferiori o uguali a 50 anni.
- *Aree per la realizzazione di Interventi Idraulici*, aree individuate sulla base di un'attività di verifica preliminare di fattibilità dell'intervento.

Tutte queste definizioni derivano dai singoli Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) attualmente vigenti. Inoltre, sono state riportate le aree di *Tutela Fluviale* (PTCP). A tale zonizzazione è stata sovrapposta quella derivante dal Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni (PGRA) nella quale sono previsti n°3 Scenari di Pericolosità di grado crescente relativamente al reticolo principale: Alluvioni rare (P1), Alluvioni poco frequenti (P2), Alluvioni frequenti (P3).

Nella specifica planimetria quindi, gli Alvei Attivi e le Aree ad Alta Probabilità di Inondazione sono aree nelle quali i fenomeni alluvionali sono frequenti (scenario di pericolosità P3), mentre nelle Fasce di Pertinenza Fluviale sono aree nelle quali i fenomeni alluvionali sono poco frequenti (scenario di pericolosità P2).

L'intervento progettuale, come accennato nell'inquadrimento geomorfologico, attraversa trasversalmente le morfologie fluviali presenti nella pianura bolognese. A partire da ovest il Passante di Mezzo interseca il Fiume Reno; nell'intorno di questa intersezione il piano stralcio vigente definisce Alveo Attivo l'area contenuta tra gli argini artificiali, per la zona di pianura seguono aree allungate, grossomodo simmetriche rispetto all'asse del fiume definite di Pertinenza Fluviale (fig.56). In aggiunta sono state cartografati anche gli scenari di pericolosità alluvionale; nell'alveo le alluvioni frequenti (P3) mentre nelle aree di pianura circostante quelle poco frequenti (P2) e, in subordine, quelle rare (P1), diversificate rispettivamente in sinistra ed in destra idrografica.

Il nuovo svincolo Lazzaretto ed il relativo collegamento all'asse attrezzato ricadono nell'ambito della pericolosità idraulica bassa, tranne una limitatissima tratta posta appena a sud della tangenziale (fig. 56).

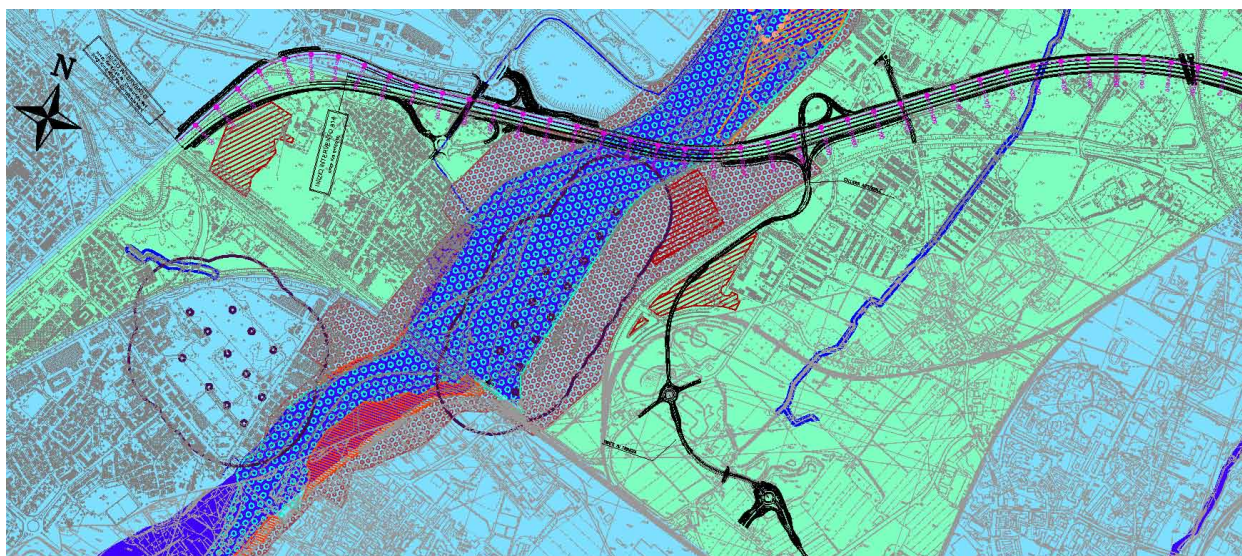


Fig. 56 – Passante di Mezzo attraversamento del F. Reno e collegamento asse attrezzato (modif. Planimetria dei Vincoli)

Proseguendo verso est, viene intersecato il cosiddetto Sistema Idraulico Navile-Savona Abbandonato (fig.57); in questo caso l'Alveo Attivo coincide rispettivamente con la larghezza dei canali artificiali (Navile e Battiferro); mentre le fasce di Pertinenza Fluviale sono più sviluppate in sinistra idrografica probabilmente per il vincolo dato dai rilevati del sistema tangenziale in esercizio.



Il modello idraulico individua poi una fascia allungata ubicata principalmente alla sinistra idrografica del Sistema Idraulico stesso, definita ad Alta Probabilità di Inondazione. In aggiunta sono state cartografate anche gli scenari di pericolosità alluvionale; nell'alveo le alluvioni frequenti (P3) mentre nelle aree di pianura circostante quelle rare (P1) e poco frequenti (P2), diversificati rispettivamente sia in sinistra che in destra idrografica.

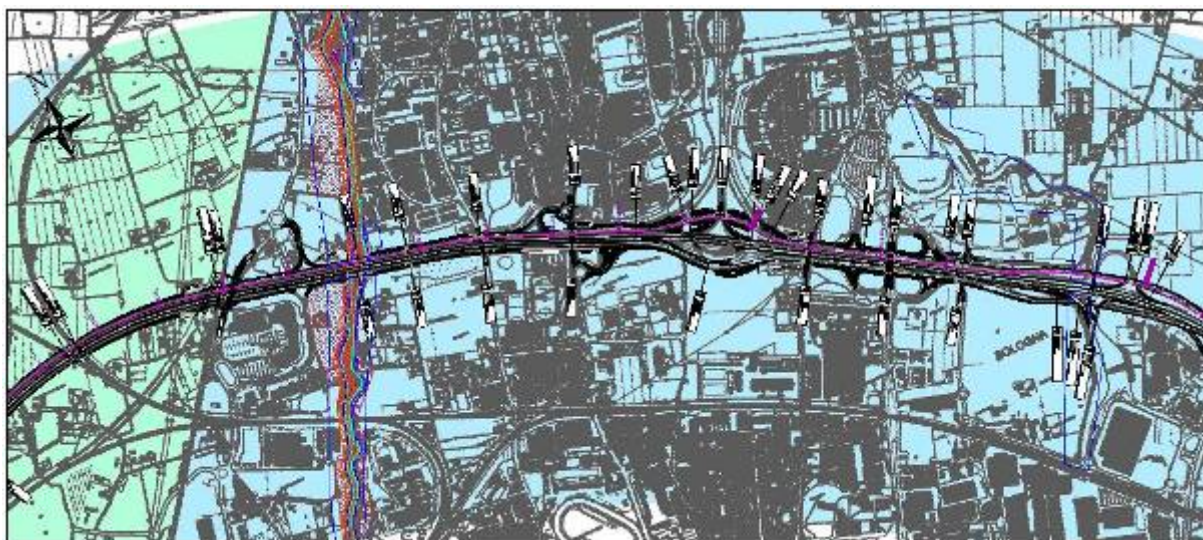


Fig. 57 – Passante di Mezzo attraversamento Sistema idraulico Navile-Savona Abbandonato (modif. Planimetria dei Vincoli)

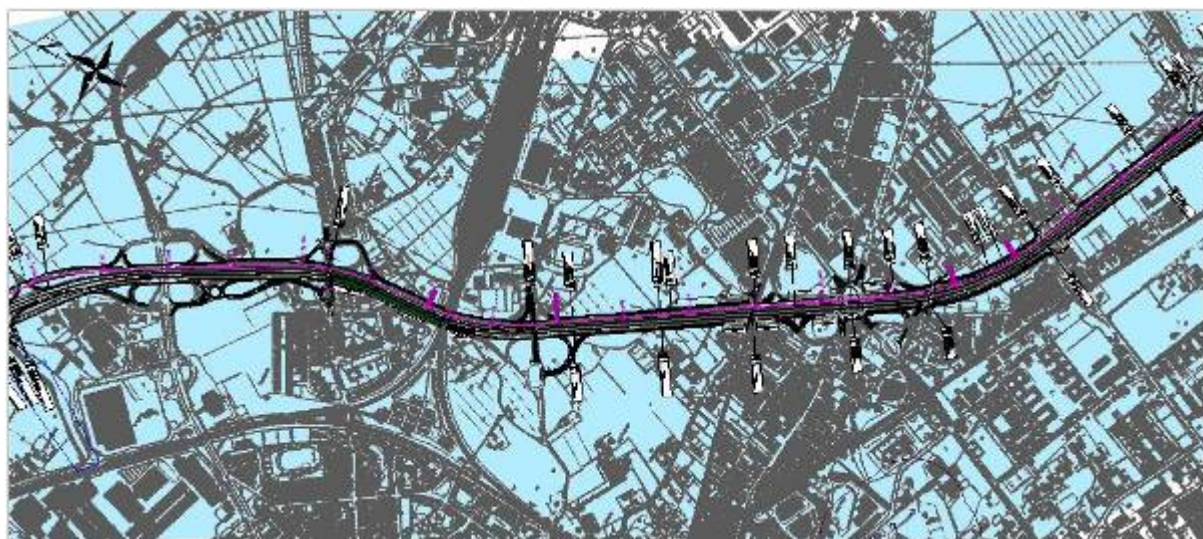


Fig. 58 – Passante di Mezzo più a est dell' attraversamento Sistema idraulico Navile-Savona Abbandonato (modif. Planimetria dei Vincoli)

Infine al termine dell'intervento, vengono intersecate poco prima della confluenza del T. Idice, le morfologie fluviali del T. Savena (detto Savena Vivo); nell'intorno di questa intersezione il piano stralcio di riferimento è quello del T. Idice (fig. 59) dove l'Alveo Attivo è coincidente con la larghezza dell'alveo naturale mentre la fascia di Pertinenza Fluviale individuata interessa una parte della morfologia pianeggiante limitrofa specie in destra idrografica; infatti in sinistra idrografica è presente la morfologia collinare (discarica inattiva) compresa tra i rilevati della ferrovia e del sistema tangenziale attualmente in esercizio. Anche in questo caso l'asimmetria del modello dipende dalla presenza dei rilevati infatti l'area ad Alta Probabilità di Inondazione è molto più ampia specie a valle del rilevato ferroviario. (fig. 59).

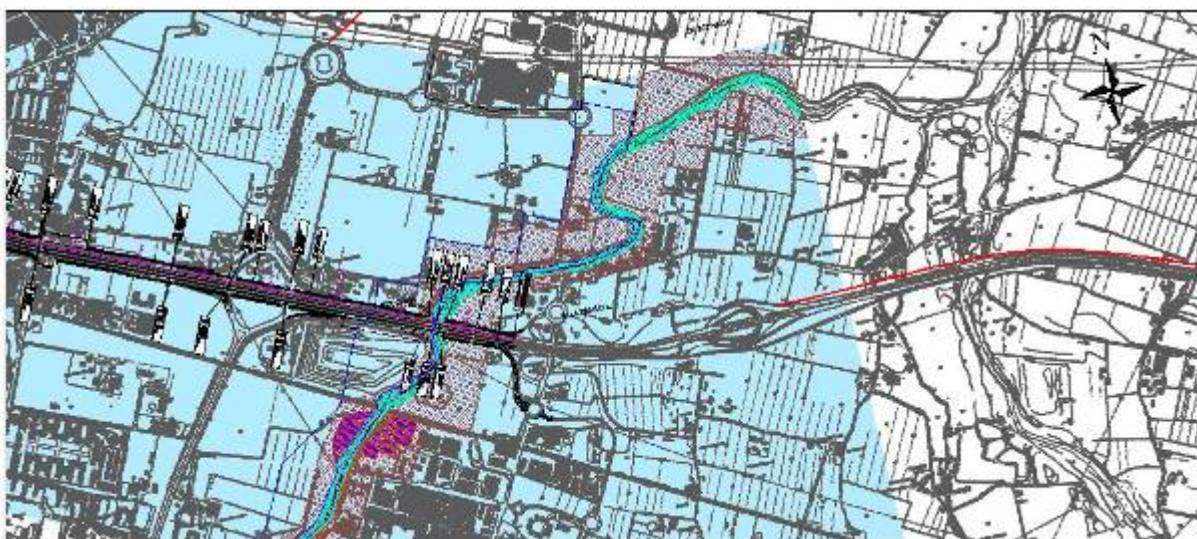


Fig. 59 – Passante di Mezzo attraversamento Sistema idraulico Navile-Savena Abbandonato (modif. Planimetria dei Vincoli)

In aggiunta, in alcune zone, sono state cartografate le fasce di Tutela Fluviale lungo i canali artificiali e lungo il reticolo minore.

In planimetria sono stati infine riportati anche gli scenari di pericolosità alluvionale; nell'alveo le alluvioni frequenti (P3), mentre nelle restanti aree quelle poco frequenti (P2) e, in subordine, quelle rare (P1).

### 10 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Nel sottosuolo della pianura e sul margine appenninico padano sono stati riconosciuti tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati A, B, C che costituiscono le Unità Idrostratigrafiche fondamentali; all'interno di ogni Gruppo Acquifero sono riconoscibili diverse unità idrostratigrafiche secondarie denominate Complessi acquiferi.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LAGUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	~0.12	0.125	A	A0
								A1
	A2							
	A3							
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	A4
								B1
	B2							
	B3							
P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERINTESMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTESMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGOPANIGALE	~0.65	0.89	C	B4
								C1
								C2
								C3
								C4
P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERINTESMA DEL PLOCIENE MEDIO-SUPERIORE	SINTESMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	~1.0	1.72	C	C5
								C5
								C5
				~2.2	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C5	
				~3.3-3.6	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE		C5	
				~3.9	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE		ACQUITARDO BASALE	

Fig. 60 - Inquadramento geologico - stratigrafico ed idrostratigrafico della pianura Emiliano - Romagnola e del Margine Appenninico Padano (da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna)

La principale partizione verticale delle unità sepolte ha portato all'identificazione di tre gruppi acquiferi (A,B,C); in particolare il gruppo acquifero A è rappresentato dal Sintema emiliano - romagnolo Superiore (AES), costituito da complessi idrogeologici in cui si concentrano i prelievi idrici nella pianura emiliano - romagnola e riconducibili a:

- conoidi alluvionali appenniniche;
- pianura alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale padana.

Nella seguente figura viene riportata la distribuzione areale dei complessi idrogeologici e vengono rappresentate anche alcune suddivisioni interne delle conoidi alluvionali appenniniche, definite come zone in cui i depositi grossolani (ghiaie e sabbie) di canale fluviale sono amalgamati tra loro a formare dei corpi tabulari coalescenti:

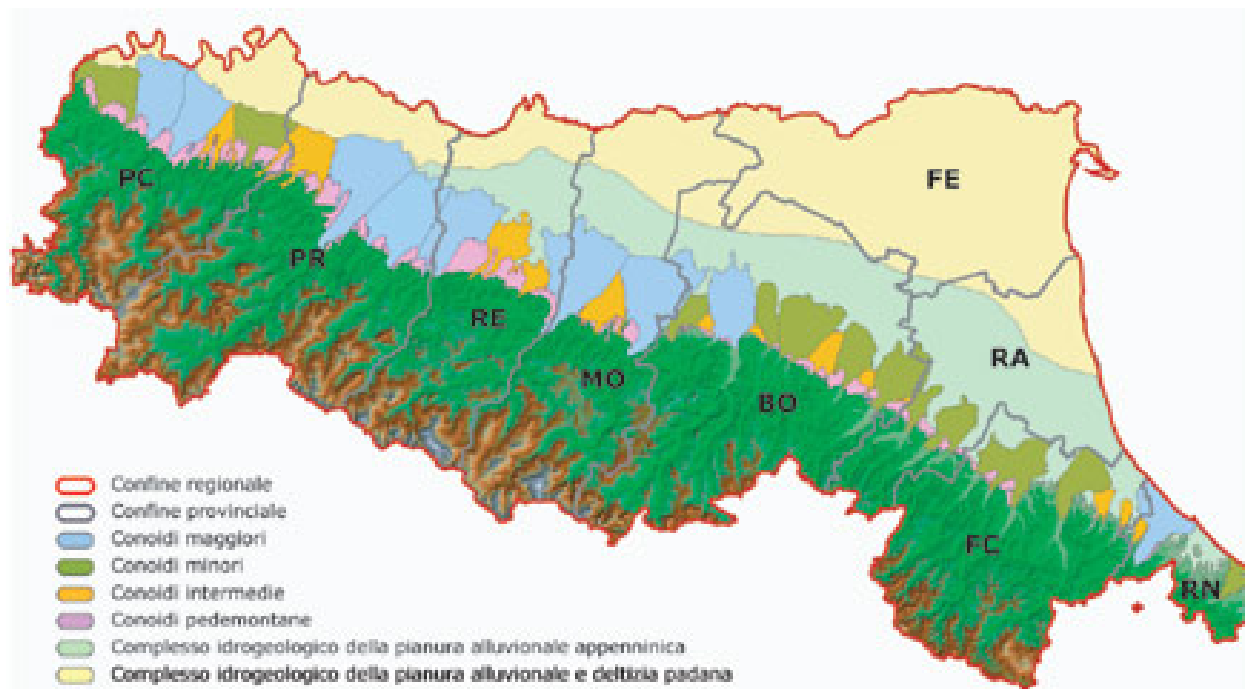


Fig. 61- Distribuzione delle conoidi e dei complessi idrogeologici all'interno del gruppo acquifero A

Le conoidi si possono differenziare sulla base del volume dei depositi grossolani presenti, suddividendole in: conoidi maggiori, conoidi intermedie e conoidi minori.

La distribuzione di questi corpi sedimentari nel sottosuolo è schematicamente rappresentata nella sezione di fig. 62 che attraversa tutta la pianura da Sud a Nord, ovvero dal margine appenninico, che separa gli acquiferi montani da quelli di pianura, al Fiume Po.

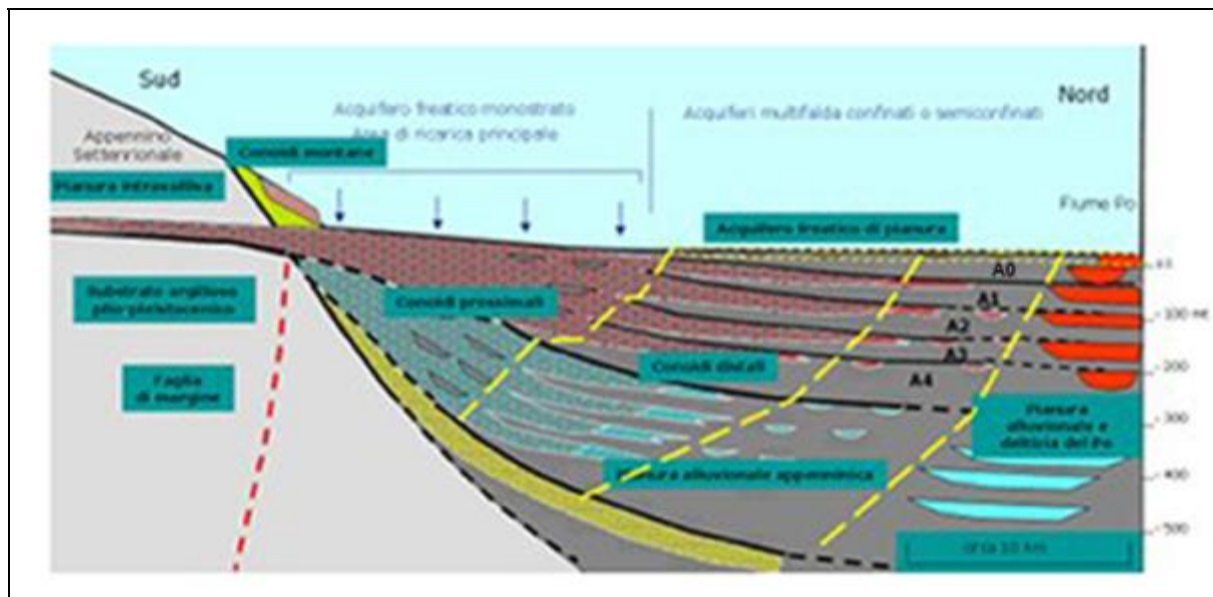


Fig. 62 – Schema della struttura dei Complessi Acquiferi della Pianura Emiliano-Romagnola.

In riferimento alle unità Idrostratigrafiche dell'Emilia–Romagna, di cui al modello concettuale adottato a scala regionale (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998), il Gruppo Acquifero A, nel quale la circolazione idrica è legata alla disposizione dei corpi permeabili ghiaioso–sabbiosi, è ulteriormente suddivisibile in cinque Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettante sequenze deposizionali elementari, identificati dall'alto con le sigle da A0 ad A4 e corrispondenti ai subsistemi della stratigrafia delle unità quaternarie rispettivamente da AES8 ad AES4 (fig. 63-64).

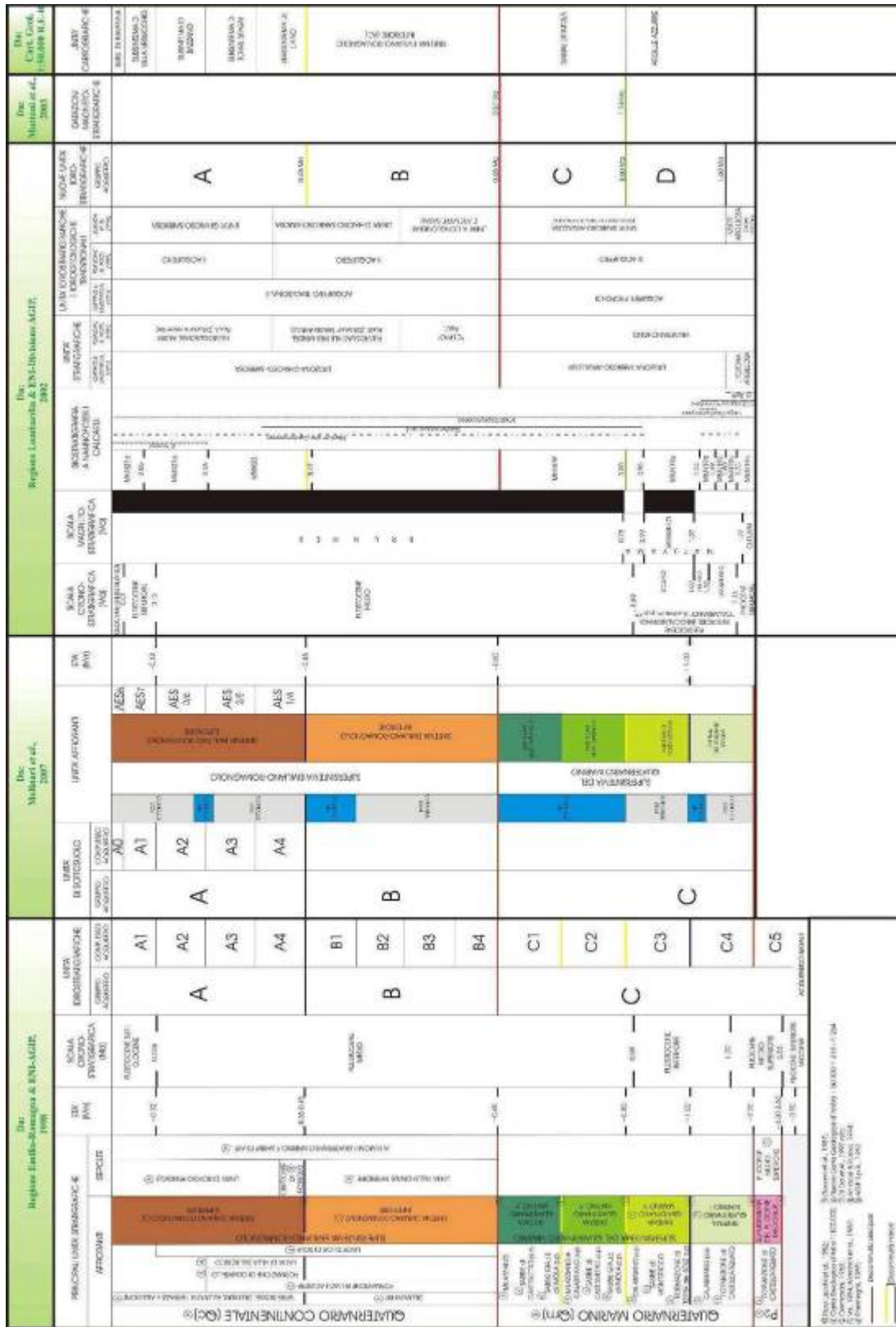


Fig. 63 - Quadro sinottico delle unità stratigrafiche del sottosuolo padano.

Ricci Lucchi <i>et al.</i> (1982)	Di Dio <i>et al.</i> (1997)	RER & ENI-AGIP (1998) RL & ENI-Div. AGIP (2002) Molinari <i>et al.</i> (2007)	Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000		
				COMPLESSI ACQUIFERI	
QUATERNARIO CONTINENTALE (Qc)	SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA E-R SUPERIORE	GRUPPO ACQUIFERO A	A0	UNITA' STRATIGRAFICHE Subsintema di Ravenna
				A1	Subsintema di Villa Verucchio
				A2	Subsintema di Bazzano
				A3	Subsintema di Torre Stagni
		A4	Subsintema di Liano		
		SINTEMA E-R INFERIORE	GRUPPO ACQUIFERO B	B1	Sintema E-R Inferiore
				B2	
				B3	
B4					
QUATERNARIO MARINO (Qm)	SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SQM 3"	GRUPPO ACQUIFERO C	C1	Sabbie di Imola
		SQM 3'		C2	
		SQM 2		C3	Argille Azzurre
		SQM 1		C4	
					SINTEMA PADANO

Fig. 64 - Corrispondenza tra Gruppo Acquifero e unita stratigrafiche.

Il gruppo acquifero A è il più superficiale ed è anche quello più esteso (sia in affioramento che nel sottosuolo) e più sfruttato, nonché quello interessato dallo studio oggetto della presente relazione. Il Subsintema di Ravenna (AES8) corrisponde al complesso acquifero più superficiale A0, interferente con l'opera in oggetto.

### 10.1 IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO

Il modello idrogeologico dell'area in studio è rappresentato da una serie di acquiferi sovrapposti e più o meno separati da setti impermeabili o poco permeabili.

Gli acquiferi delle due conoidi Reno e Savena appartengono alla falda superficiale di Bologna che assieme a quella profonda costituisce il sistema idrogeologico dell'area di margine appenninico.

Tali conoidi sono costituiti da depositi ghiaiosi e suoli mediamente permeabili a seconda della granulometria. Le suddette zone di conoide costituiscono dunque aree di ricarica temporanea o stagionale, per infiltrazione di acque superficiali nei depositi profondi.

Le falde sono captate tramite i pozzi delle principali centrali acquedottistiche (Fossolo per il Savena, Borgo Panigale e Tiro a Segno per il Reno), per cui risentono notevolmente degli emungimenti come, del resto, in tutto il territorio a causa della presenza di numerosi pozzi idrici di diverso utilizzo (potabile, agricolo ed industriale).

Le aree a maggior depressione piezometrica risultano essere comunque in corrispondenza delle citate centrali di pompaggio; le zone di ricarica degli acquiferi coincidono con i settori di apice delle conoidi e con le dispersioni in alveo da parte dei corsi d'acqua

Per i dettagli relativi ai tematismi idrogeologici si rimanda agli specifici elaborati allegati al presente progetto.



## **11 CARTOGRAFIA TEMATICA E LEGENDE**

La collocazione di tutti gli elementi bibliografici acquisiti e quelli rilevati, nonché l'analisi delle stratigrafie disponibili ha portato alla compilazione di documenti di sintesi, in particolare è stata redatta una "planimetria geologica" in scala 1:5.000 "con profilo geologico longitudinale" in scala 1:5000/500 (eseguito 35m a sx dell'asse di tracciamento della Tangenziale Nord), una "planimetria geomorfologica" in scala 1:5.000 ed una "planimetria dei Vincoli e della Pericolosità idraulica" in scala 1:5.000.

### **11.1 GEOLOGIA**

Per quanto concerne gli elementi geologici, sono state riportate in planimetria le successioni stratigrafiche e le distinzioni granulometriche dei terreni superficiali (mediante appositi soprassegni) proposte dalla Regione Emilia-Romagna (cartografia regionale progetto CARG). Inoltre è stato riportato il reticolo idrografico, gli ambiti e le aree di cava, i laghi e specchi d'acqua artificiali, la perimetrazione di una discarica di R.S.U. e l'ubicazione delle indagini geognostiche.

Da ultimo, è stata riportata in planimetria geologica la granulometria dei terreni superficiali indicata nella cartografia CARG: si segnalano molto spesso discrepanze tra le risultanze dei primissimi metri delle stratigrafie di indagine e quanto segnalato superficialmente dal CARG; per questo motivo è sempre opportuno fare riferimento al profilo geologico longitudinale, che è stato redatto ex-novo sulla base di tutti i dati acquisiti.

#### **PROFILO GEOLOGICO LONGITUDINALE:**

Al fine di evidenziare le caratteristiche litologiche dei terreni afferenti all'area oggetto di studio, è stato redatto un profilo geologico longitudinale in scala 1:5000/500, derivato dall'interpretazione delle carte e delle sezioni tematiche CARG nonché e soprattutto delle risultanze della geognostica. Ciò ha consentito l'individuazione di tre classi principali di terreni, suddivise in funzione della composizione granulometrica prevalente:

- argille e/o limi prevalenti (terreni prettamente coesivi)

- sabbie, sabbie limose, sabbie limoso-argillose (terreni sabbiosi con contenuto di matrice fine variabile)
  
- ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose (terreni prettamente granulari)

Un elemento tipico di questo ambiente di sedimentazione alluvionale è rappresentato dalla diffusa variabilità sia in senso verticale, dovuto al continuo succedersi degli eventi alluvionali. Pertanto, a causa della natura fortemente eteropica dei contatti, la forma e l'estensione di corpi/lenti riportate in profilo longitudinale deve essere assunta come verisimile ma indicativa.

Dal punto di vista progettuale è importante sottolineare la presenza di livelli e/o concrezioni torbose: per ottenere informazioni dettagliate circa i livelli ad alto contenuto di materiale organico è possibile fare riferimento a quanto riportato nelle singole stratigrafie.

Nel profilo geologico è contenuta interpretazione dei limiti tra i subsintemi AES8, AES7 ed AES6 (si rammenta che i subsintemi sono unità stratigrafiche delimitate da superfici di discontinuità - U.B.S.U.); il limite tra subsintemi è presunto ed è stato costruito tenendo in considerazione anche le sezioni CARG, oltre che le risultanze dei carotaggi di progetto, con particolare riferimento ai livelli torbosi/carboniosi che la letteratura considera un buon marker basale per queste unità.

Le assunzioni CARG si sono basate a loro volta sull'analisi di carotaggi profondi specificatamente concepiti, su datazioni al carbonio 14 e sul contenuto/tipo di pollini imprigionati nel sedimento. Tutto ciò si è reso necessario, perché esistono orizzonti simili al marker disposti anche a livelli stratigrafici differenti.

## **11.2 GEOMORFOLOGIA**

Per quanto attiene agli elementi geomorfologici, in legenda sono stati riportati:

- principali macroelementi naturali quali i terrazzi alluvionali ed i depositi detritici in alveo (entrambi legati a dinamiche geomorfologiche riguardanti punti sottoposti a

maggiore erosione spondale e alla successiva deposizione detritica), l'idrografia, gli antichi ventagli di esondazione o di rotta, i paleoalvei e i dossi fluviali.

- principali macroelementi antropici quali le arginature con finalità idrauliche (specie lungo il tragitto del Fiume Reno), depressioni antropiche (residui di scavi, residui delle lavorazioni degli inerti), aree di cava (terrazzi morfologici residuali di origine antropiche, scarpate morfologiche), impianti di lavorazione degli inerti, rilevati temporanei, rilevati antropici principali (stradali, ferroviari e per la riduzione dell'impatto acustico), aree urbanizzate, discariche di rifiuti solidi urbani, laghi e specchi d'acqua artificiali.

### **11.3 VINCOLI E PERICOLOSITA' IDRAULICA**

Nella planimetria dei Vincoli e della pericolosità idraulica sono stati riportati i vincoli di natura idraulica indicati nel PAI dell'Autorità di Bacino del Reno, Stralcio Assetto Idrogeologico, recepiti dai PTCP di Bologna ed indicati negli SU dei comuni attraversati, con particolare riferimento all'alveo attivo, alle fasce di pertinenza fluviale, alle aree ad alta probabilità di inondazione, alle aree di potenziale localizzazione degli interventi idraulici, alle fasce di tutela fluviale ed alle zone di rispetto dei pozzi di emungimento acquedottistico.

Inoltre, sono state inserite le delimitazioni di concessione relativamente alle attività estrattive di sottosuolo (ambito di cava attiva e relativi impianti di lavorazione dell'inerte) ed il vincolo di beni architettonici. Questi elementi sono stati integrati con quelli del Piano di Coordinamento Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), riportando n°3 scenari crescenti di Pericolosità idraulica del reticolo principale (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti).

## 12 ELEMENTI DI SISMICA GENERALE

Il presente paragrafo descrive la sismicità storica del territorio esaminato e presenta un inquadramento sismico riferito agli assetti normativi in vigore. I dati di base utili per la definizione degli elementi di sismica generale sono stati ricavati dai seguenti documenti e/o siti internet:

- Sismicità storica dal 1000 al 2005: Database DMI 2015 (*Database Macrosismico Italiano*) dell' Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2015. *DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna*) disponibile on-line all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>
- Sismicità recente (dal 2005 al 2016): Database ISIDE (*Italian Seismic Instrumental and parametric Data-base*) dell'I.N.G.V. disponibile on-line all'indirizzo <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>
- 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/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 dei Comuni dell'Emilia Romagna (dal sito della Regione Emilia Romagna, ultima modifica 08/05/2013)

### 12.1 SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2005)

Con riferimento all'analisi della sismica storica sono stati esaminati i dati riportati nel database DMI 2011, che contiene 86.071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1.684 terremoti il cui epicentro ricade all'interno dell'area CPTI11 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011); i dati sono riferiti a 15.416 località di cui 14.150 in territorio italiano. In particolare si riportano di seguito alcune tabelle inerenti le intensità macrosismiche registrate dal 1000 al 2005 relativamente al Comune di Bologna ed al Comune di San Lazzaro sul Savena.

Nelle tabelle viene riportato, per ciascuno dei Comuni analizzati, l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5, i valori relativi alla intensità al sito ( $I_s$ ), il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo (nP), l'intensità epicentrale ( $I_o$ ) e la magnitudo momento ( $M_w$ ); si specifica che l'Intensità macrosismica ( $I_S$ ) misura gli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente, classificandoli in dodici gradi attraverso la scala Mercalli; l'intensità non è quindi una misura dell'energia di un terremoto, ma del grado di danneggiamento, perché le conseguenze dipendono dalla violenza dello scuotimento ma anche da come sono state costruite le case e da quante persone vivono nell'area colpita.

<b>Seismic history of Bologna</b> <b>[44.494, 11.343]</b> Total number of earthquakes: 204
--

<b><math>I_s</math></b>	<b>Anno Me Gi Or</b>	<b>Area epicentrale</b>	<b>nP</b>	<b><math>I_o</math></b>	<b><math>M_w</math></b>
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
<b>8</b>	<b>1505 01 03 02</b>	<b>Bolognese</b>	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>5.62</b>
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	Riminense	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	Riminense	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'Illasi	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'Illasi	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 tosco-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



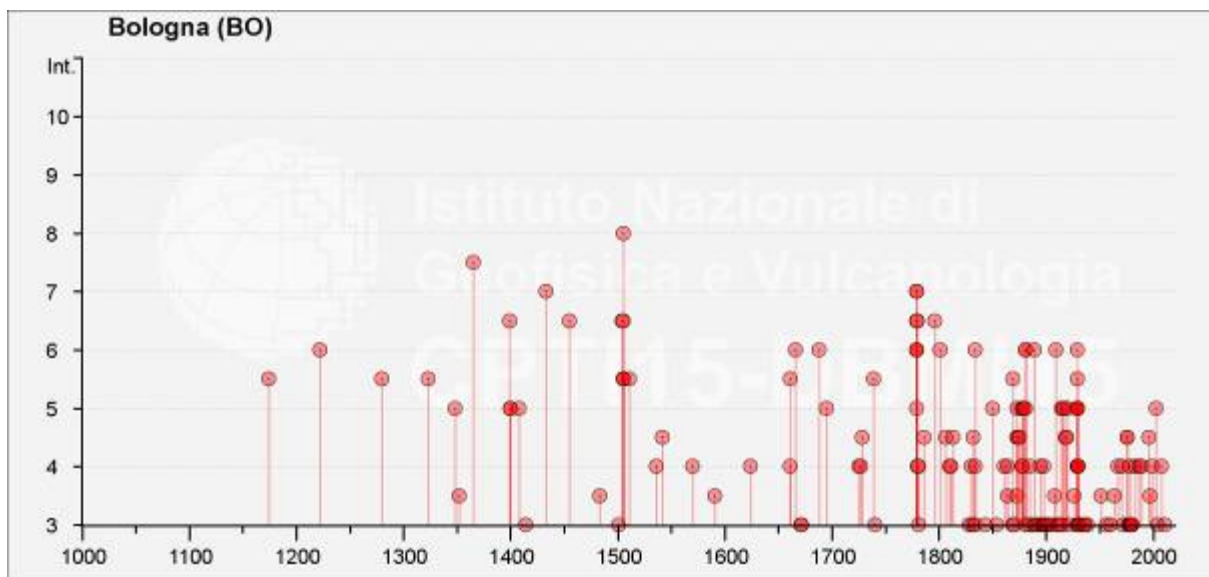


Fig. 65 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di Bologna

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di 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

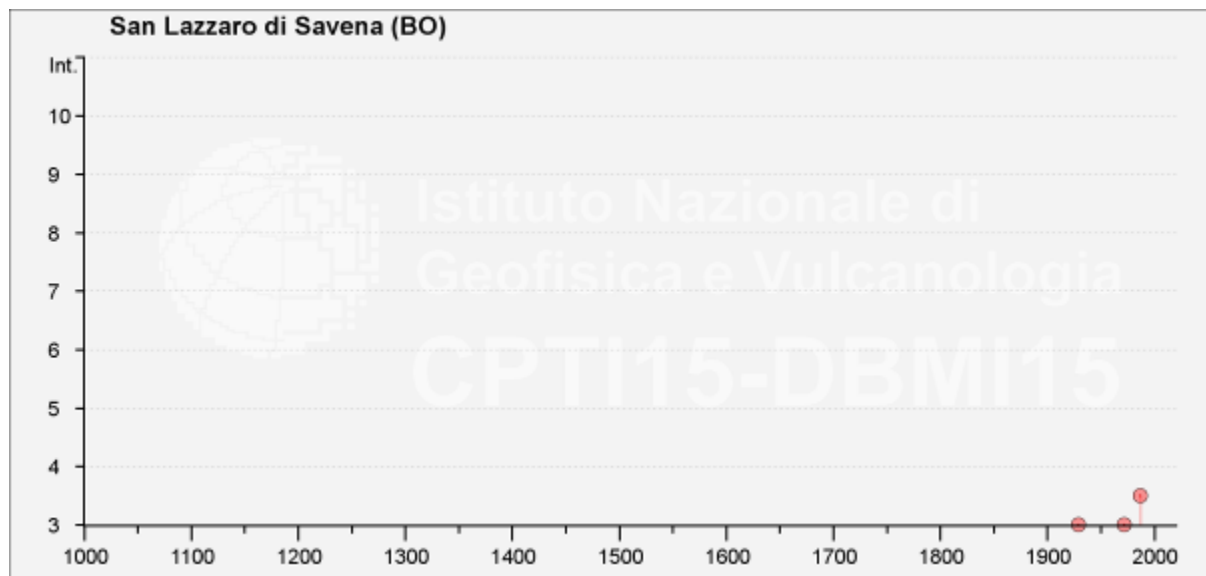
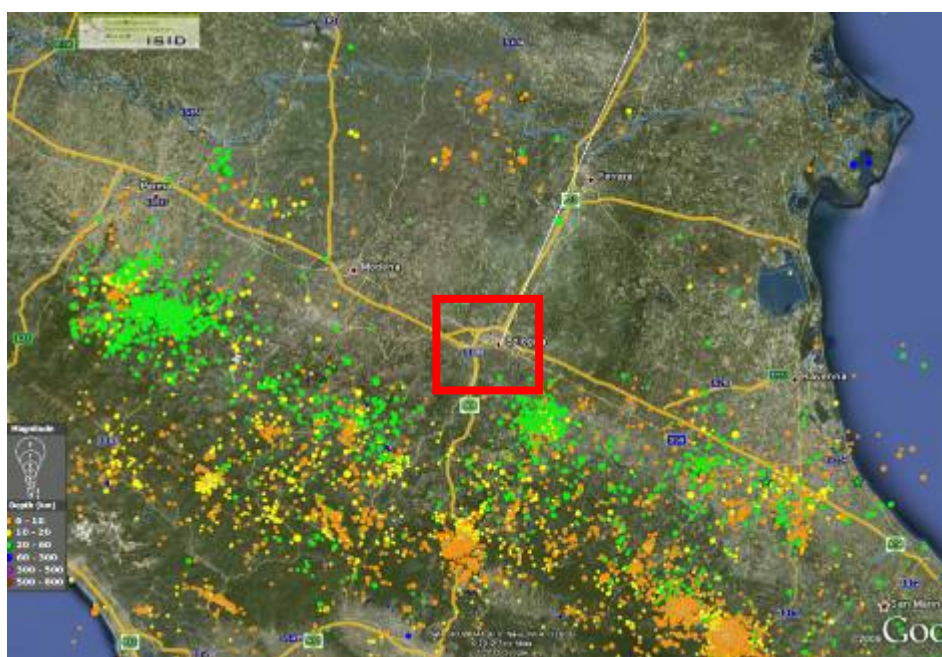


Fig. 66- Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di San Lazzaro di Savena

## 12.2 SISMICITÀ RECENTE (DAL 2005 AL 2016)

Per quanto concerne i sismi che hanno interessato l'area di Bologna dal 17 aprile 2005 al 28 novembre 2016, i dati sono stati recuperati dal database ISIDE dell'INGV considerando un'area di raggio 100 km (che include le aree epicentrali dei terremoti più intensi di cui al paragrafo precedente) dal Comune di Bologna.



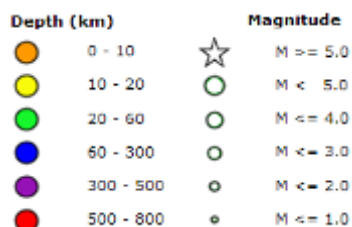
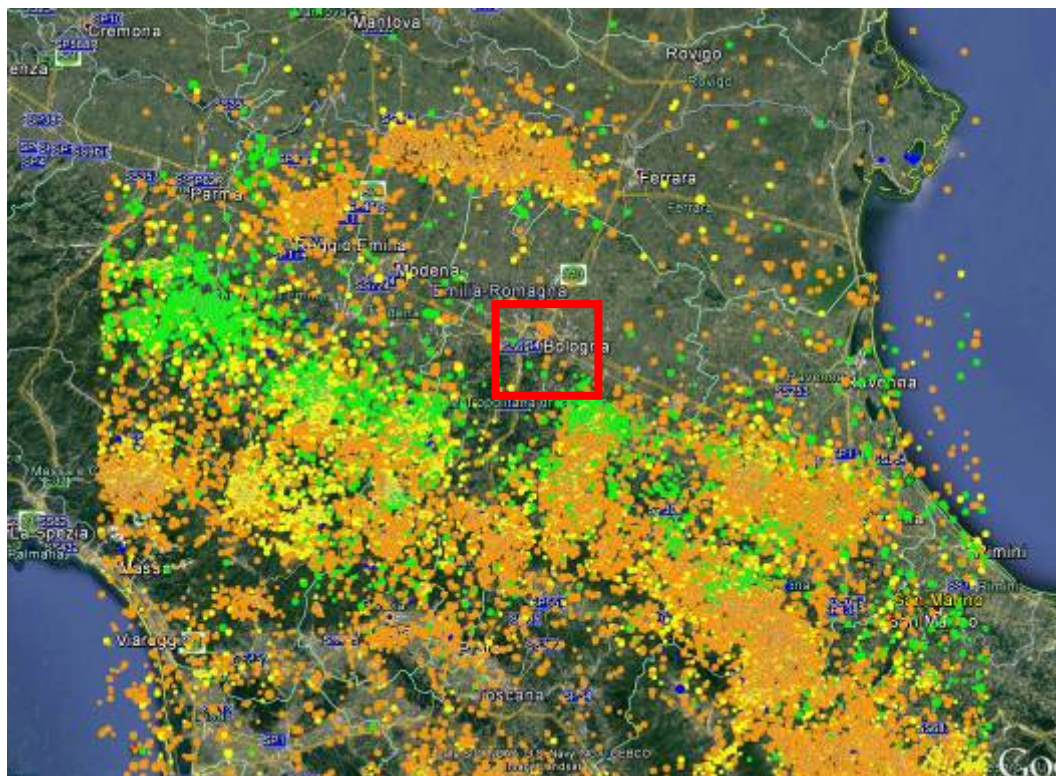


Fig. 67 – Database ISIDE - periodo 2005-2016: raffronto tra la situazione antecedente (sopra) e successiva la sequenza sismica iniziata il 20 maggio 2012

Dallo stralcio di figura 67 si distinguono le seguenti aree sorgenti:

- lungo l'arco appenninico, dalla Lunigiana-Garfagnana al Mugello all'Alta Val Tiberina;
- lungo la fascia trasversale che va dall'Appennino bolognese alla costa adriatica;

è inoltre evidente come, con l'inizio della sequenza sismica iniziata il 20 maggio 2012, si sia creata una nuova area sorgente in corrispondenza dell'arco ferrarese romagnolo.

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.

Nella seguente immagine sono evidenziati i terremoti avvenuti dal 2005 ad oggi nelle aree più prossime al tracciato di progetto.

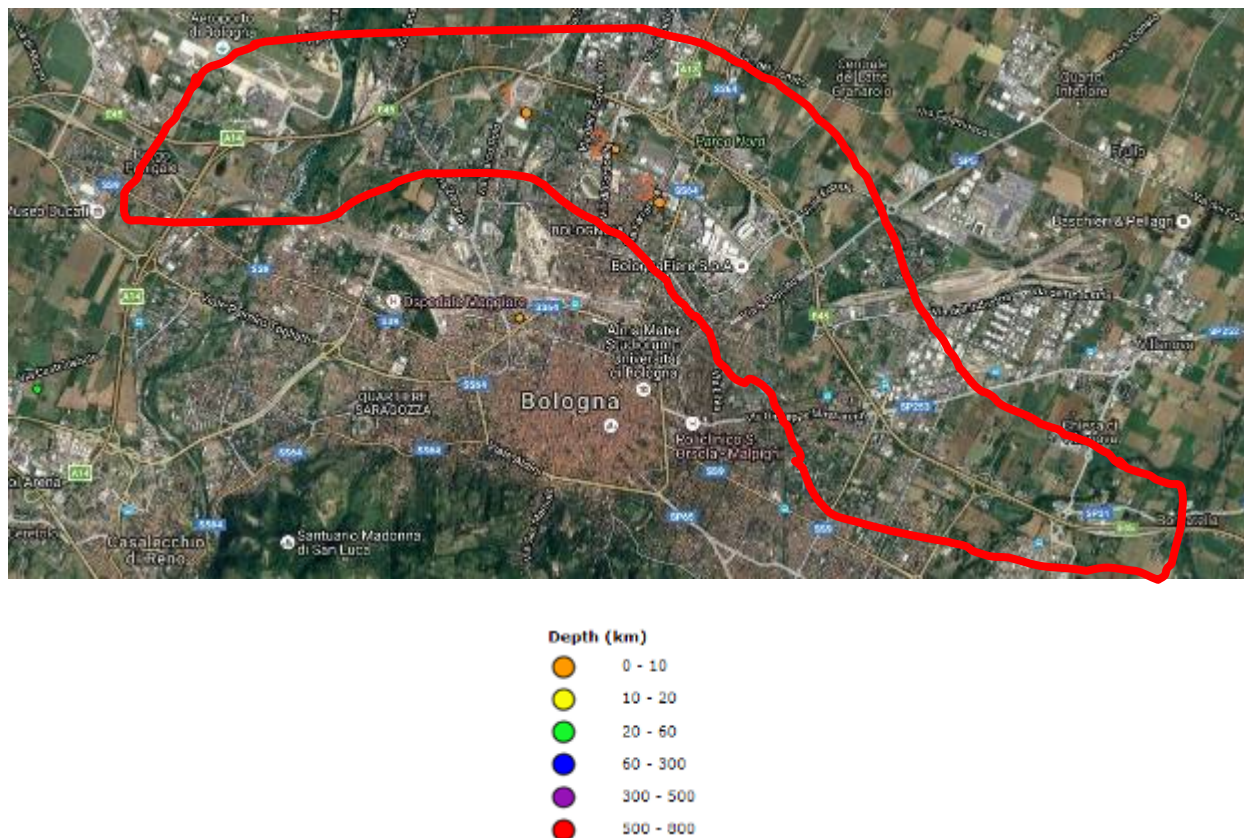


Fig. 68 - Database ISIDE: dettaglio distribuzione terremoti periodo 2005-2016 (in rosso l'area di intervento).

I tre eventi segnalati più prossimi all'area di intervento hanno le seguenti caratteristiche:

ID	Magnitudo	Profondità (km)	Data (UTC)
1	3.1	5	10/09/1986
2	2.9	5	15/09/1986
3	3	5	15/09/1986

### 12.3 FAGLIE CAPACI

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

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.isprambiente.gov.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; la fonte del dato del Progetto ITHACA è la “Neotectonic Map of Italy a scala 1:500.000.

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

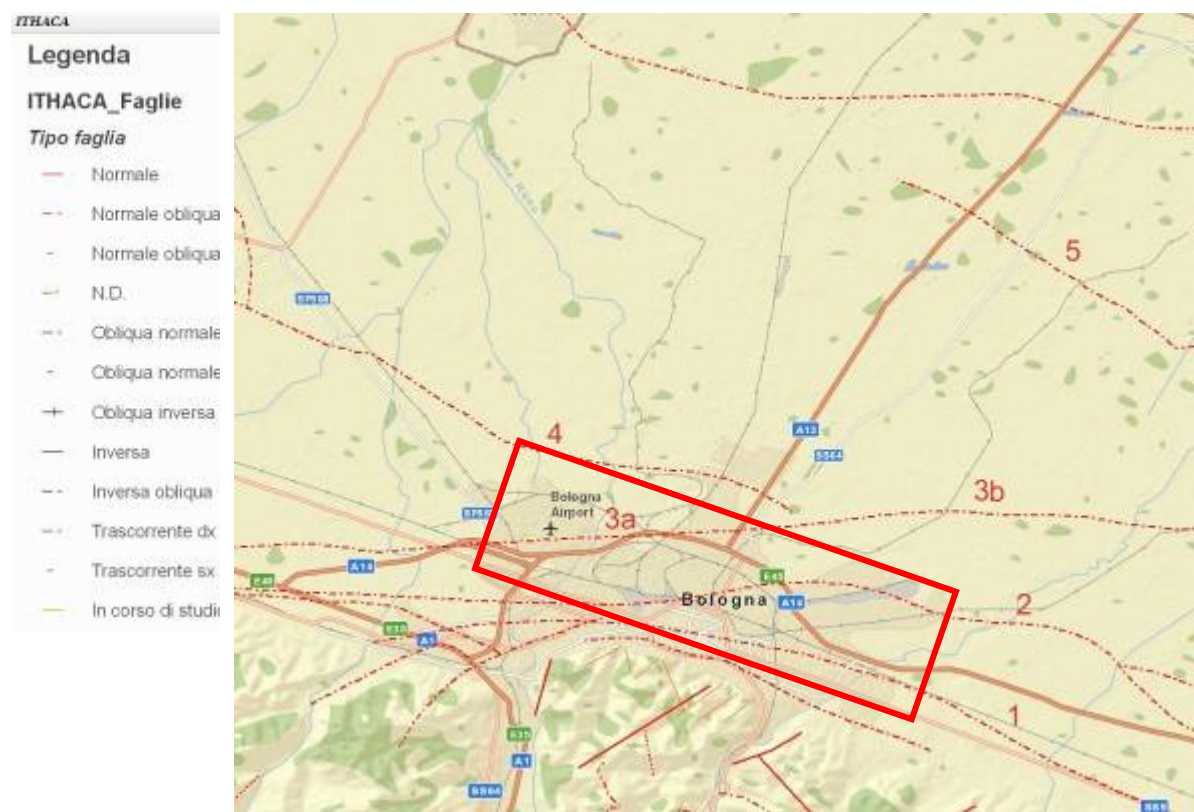


Fig. 69 - Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA" (in rosso l'area di intervento)

Dalla figura 69 si evince la presenza, nei pressi del tracciato oggetto di intervento, di quattro faglie capaci (di cui due interferenti), le cui principali caratteristiche vengono di seguito riassunte:

	1	2	3a	3b	4
<b>FAULT NAME</b>	S. Lazzaro di Savena - Bologna	S. Lazzaro - Bologna	Borgo Panigale - Bologna	Castenaso - Bologna	Corticella - Modena
<b>FAULT CODE</b>	90589	90588	90521	90608	90512
<b>MACROZONE</b>	3	3	3	3	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna	Emilia Romagna	Emilia Romagna	Emilia Romagna	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Bologna	Bologna arc	Bologna	Bologna - Ravenna thrust system	Modena arc
<b>KINEMATICS</b>	Reverse	Reverse	Reverse	Reverse	Reverse
<b>RANK</b>	Primary	Primary	Primary	Primary	Primary
<b>AVERAGE STRIKE</b>	100	150	90	85	115
<b>DIP</b>	45	-	0	0	0

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3a</b>	<b>3b</b>	<b>4</b>
<b>LENGTH (Km)</b>	25	19	23	8	15
<b>DEPTH (Km)</b>	0	0	0	0	0
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability	Low reliability	Low reliability	Low reliability	Low reliability
<b>STUDY QUALITY</b>	FAIR	LOW	LOW	LOW	LOW

#### **12.4 STRUTTURE SISMOGENETICHE**

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta; ciò 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 dello 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 delle sorgenti che sono state definite silenti permette di riconoscere le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

La seguente figura evidenzia le aree sismogenetiche (poligoni color marrone), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenute attive, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni):

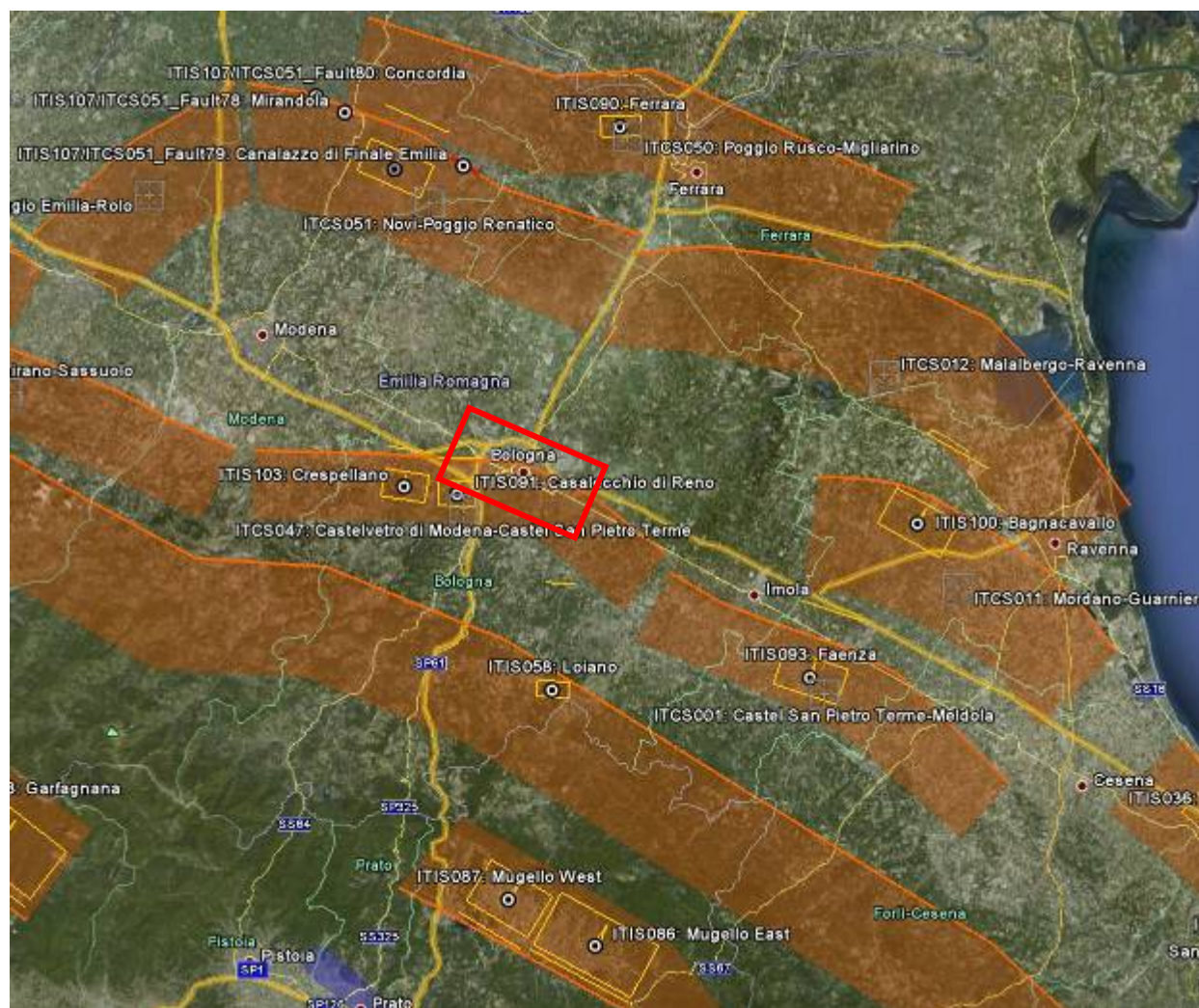


Fig. 70 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse - Database DISS3.

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 parzialmente all'interno di un'area sismogenetica composta denominata ITCS047 Castelvetto di Modena-Castel San Pietro Terme ed appena a Nord-Est delle sorgenti individuali ITIS103 "Crespellano" e ITIS091 "Casalecchio di Reno".



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, Panaro e Reno. La deformazione cosismica del suolo, sollevamento e subsidenza, generata dai due terremoti è congruente con le anomalie del drenaggio descritte.

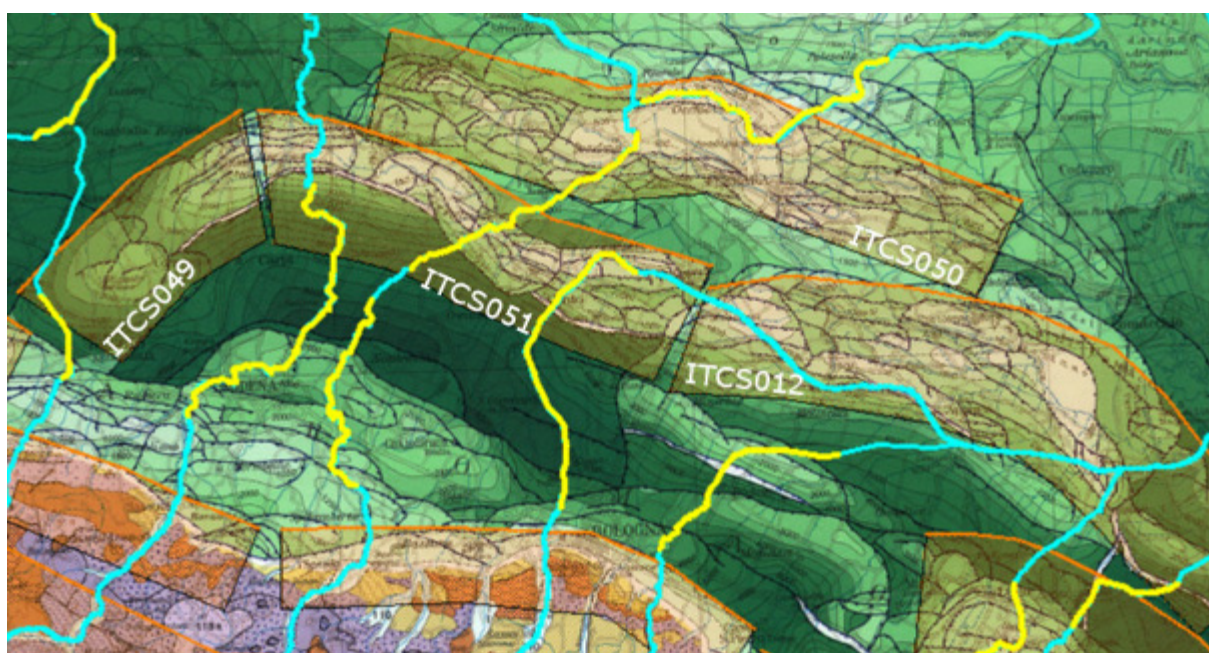


Fig. 71 - Modello strutturale con evidenziati in giallo i tratti che evidenziano le anomalie del drenaggio ed in azzurro i corsi d'acqua regolari, in arancione le aree sismogenetiche

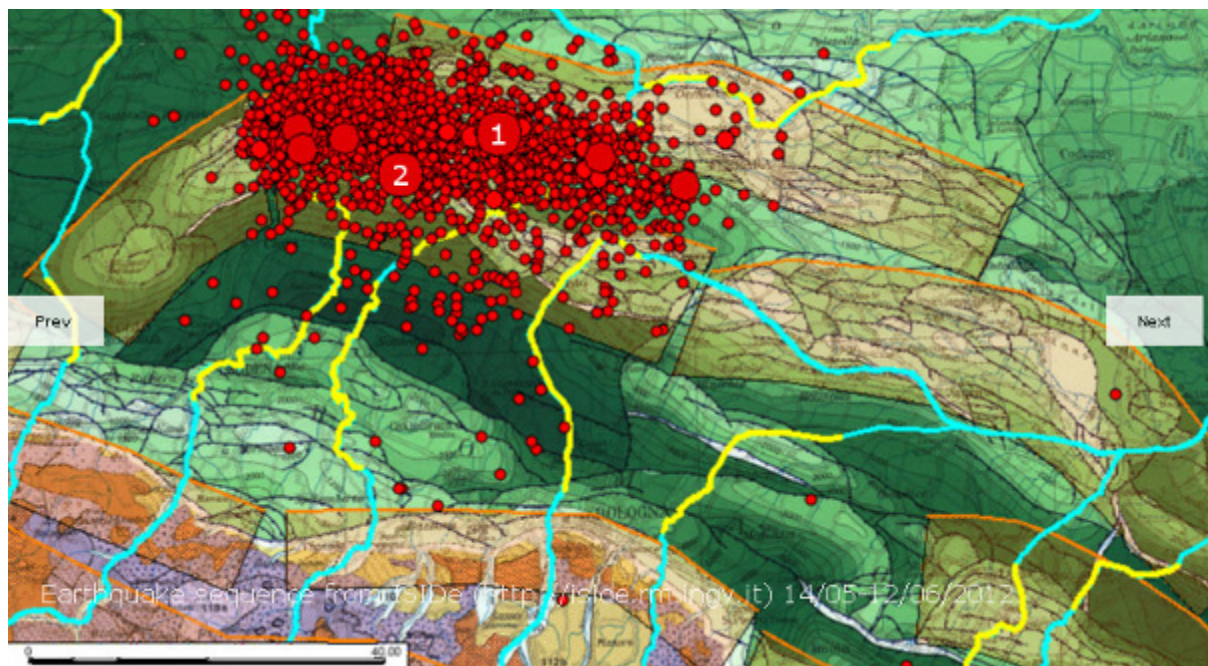


Fig. 72 - Sequenza sismica 14 maggio - 12 giugno 2012



Fig. 73 - Spostamento della superficie causato dalle due faglie (riquadri neri) che generano le scosse di magnitudo 5.9 e 5.8

## 12.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

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

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

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

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

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

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

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

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

Allo stato attuale, tale valore di pericolosità di base non ha diretta influenza sulla progettazione. Infatti, con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le

Costruzioni (D.M. 14/01/2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) avviene direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B delle stesse NTC), indipendentemente dai limiti amministrativi comunali.

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

In quest’ottica la precedente zonazione dei territori comunali mantiene la propria utilità, dal punto amministrativo, per la gestione delle attività di pianificazione e controllo.

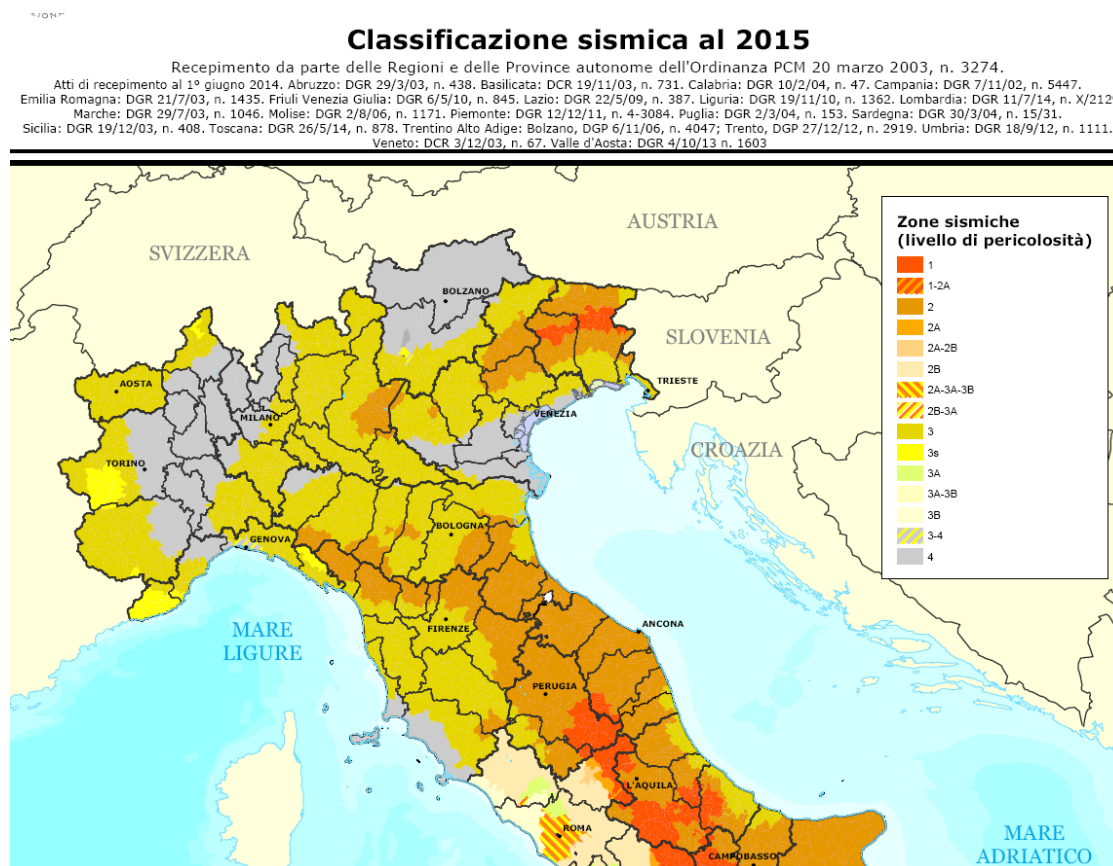


Fig. 74 - Classificazione Sismica al 2015 (Dipartimento di Protezione Civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico - Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell’Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274).

## 12.6 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI STUDIO

La normativa nazionale è stata recepita dalla Regione Emilia con Delibera della Giunta Regionale n. 1677/2005.

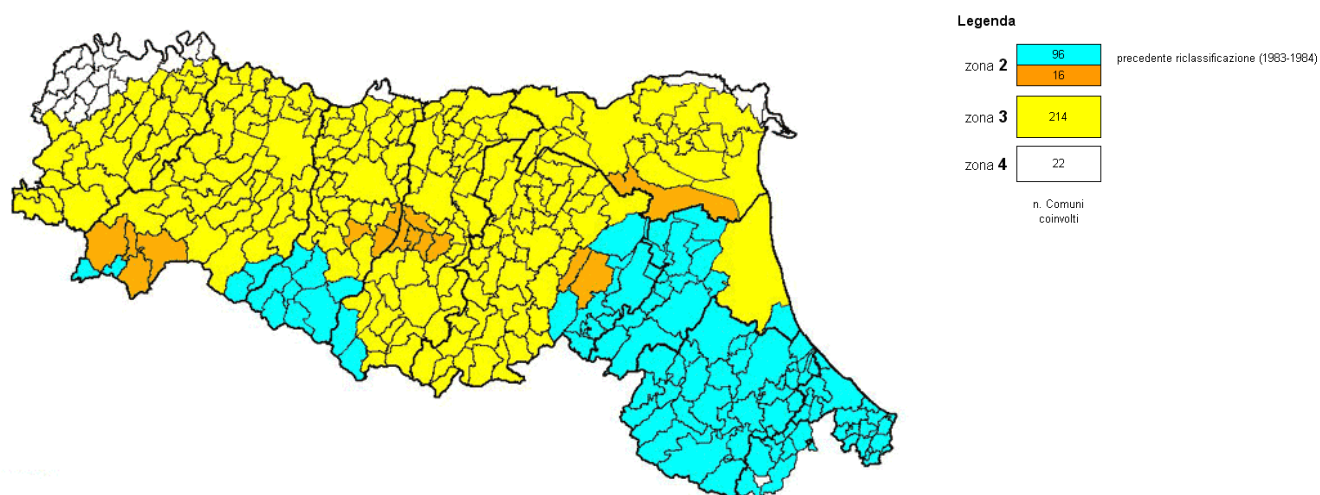


Fig. 75 - Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna – Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 “prima applicazione”)

In conformità alle normative, i comuni interessati dal progetto ricadono nella seguente zona sismica:

Regione	Provincia	Codice Istat	Comune	Classificazione_2015
Emilia Romagna	Bologna	8037006	Bologna	3
Emilia Romagna	Bologna	8037054	San Lazzaro di Savena	3

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

### **13 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO SU BASE GEOLOGICA**

Nell'ambito del presente capitolo si descrivono, procedendo dall'inizio alla fine dell'intervento, gli elementi geologici riferiti alle diverse sezioni di tracciato.

I litotipi distinti nell'ambito del profilo geologico sono tre (suddivisi in funzione della composizione granulometrica prevalente):

- argille e/o limi prevalenti (terreni prettamente coesivi)
- sabbie, sabbie limose, sabbie limoso-argillose (terreni sabbiosi con contenuto di matrice fine variabile)
- ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose (terreni prettamente granulari)

Queste “macrocategorie” sono rappresentative dal punto di vista del modello del sottosuolo della pianura bolognese, poiché la composizione granulometrica dei terreni varia notevolmente anche per piccoli intervalli e non consente la definizione di categorie più specifiche che genererebbero una moltitudine di partizioni non significative. Nonostante queste semplificazioni, a causa della natura fortemente eteropica dei depositi cartografati, la forma e l'estensione delle lenti di materiale riportate in profilo longitudinale deve essere assunta come verosimile ma non come l'unica possibile. L'intero tracciato si sviluppa sui terreni afferenti al subsistema di Ravenna (AES8) ed all'Unità di Modena (AES8a), che è contenuta in AES8 con limiti non conformi e che ne costituisce il tetto stratigrafico. Ad una profondità nell'ordine dei 10-15m dal piano campagna si ipotizza il passaggio a depositi riconducibili al Subsistema di Villa Verucchio (AES7), che a sua volta risultano sovrapposti al Subsistema di Bazzano (AES6). Per la descrizione litostratigrafica dei terreni attraversati si rimanda alle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti.

#### **13.1 DA INIZIO INTERVENTO FINO ALLA PROGR. KM 11+100 C.A. E SVINCOLO LAZZARETTO**

I terreni attraversati nel primo sottosuolo risultano appartenenti alla classe granulometrica prevalentemente coesiva, cioè a depositi costituiti principalmente da

argille e limi; si tratta perciò di terreni compressibili all'interno dei quali è frequente il ritrovamento di materiale organico e di residui carboniosi.

A profondità maggiori i sondaggi geognostici ed i pozzi RER evidenziano la presenza di un orizzonte più grossolano (sabbie con ghiaia/ghiaiose e ghiaie prevalenti) dello spessore anche superiore ai 50m. Si tratta di depositi correlabili all'attività deposizionale del Fiume Reno.

In corrispondenza del Viadotto Autostradale esistente sono presenti estese aree soggette a continua rimodellazione per via di scavi e riporti (cave di inerte), con cospicui accumuli di materiale antropico.

Alla progr. Km 10+440 c.a. il progetto prevede la realizzazione del nuovo svincolo "Lazzaretto", dal quale si svilupperà una nuova viabilità di collegamento all'Asse attrezzato, nei pressi del sottopasso della Ferrovia di viale Vittorio Sabena.

Lo svincolo insisterà (si veda il profilo geologico longitudinale in corrispondenza del sondaggio pregresso S101pz) nei primi 4,5m su alcuni metri di argille limose passanti a sabbie limose, seguite più in profondità da ghiaia sabbiosa debolmente limosa contenente una lente di spessore c.a. 3m di argilla limosa.

La viabilità di collegamento all'asse attrezzato si svilupperà sottopassando una ferrovia, proseguendo per buona parte della lunghezza in ambito di cave da inerte attive/non attive (caratterizzate da scavi / riporti / ritombamenti antropici) e per l'ultimo tratto in trincea fino a connettersi con la viabilità esistente. Dal punto di vista della granulometria dei terreni attraversati, sulla base delle stratigrafie delle indagini presenti nel database RER e ricadenti nelle vicinanze dell'opera (si rimanda alle ubicazioni riportate nelle planimetrie allegate al progetto), è possibile evidenziare la presenza di depositi superficiali di limo sabbioso-argilloso (spessore variabile da nord verso sud del collegamento, da alcuni metri fino a 15m c.a. nel sondaggio 220080P438) seguiti da terreni prevalentemente granulari (ghiaia con contenuto variabile della matrice) con locali interlivelli decimetrici coesivi.

Il nuovo svincolo con relativo collegamento all'asse attrezzato sono state inserite appena prima della consegna del presente progetto, pertanto per una corretta



caratterizzazione geologica-geotecnica dei terreni afferenti il tracciato risulta imprescindibile la realizzazione, nell'ambito del progetto esecutivo, di una specifica campagna di indagini geognostiche.

### **13.2 DALLA PROGR. KM 11+100 C.A. ALLA PROG. KM 14+000 C.A.**

Dal punto di vista granulometrico il tratto in oggetto registra un aumento dei livelli fini e compressibili di spessore variabile (granulometria limoso - argillosa prevalentemente), rinvenuti anche in profondità all'interno degli estesi corpi granulari. Dal km 13+200 c.a. alla fine del tratto risulta presente, superficialmente, un livello di sabbia limoso-argillosa dello spessore di 5-10m.

### **13.3 DALLA PROGR. KM 14+000 C.A. ALLA PROG. KM 16+000 C.A.**

Dal punto di vista granulometrico il tratto in oggetto risulta prevalentemente caratterizzato, sia superficialmente che in profondità, da depositi compressibili (granulometria prevalentemente di natura limoso - argillosa), ai quali si interpongono lenti di sabbie/sabbie limose e di ghiaie.

### **13.4 DALLA PROGR. KM 14+000 C.A. ALLA PROG. KM 16+000 C.A.**

In questa tratta non sono presenti sondaggi geotecnici specifici in ragione dell'assenza di opere d'arte significative, pertanto si è formulata un'ipotesi cautelativa basata sulla stratigrafia di un pozzo RER (proiettato); quest'ultimo ha attraversato fino a 65m di terreni coesivi (registrata una sporadica lente di ghiaia e sabbia a c.a. 25m di profondità).

### **13.5 DALLA PROGR. KM 16+000 C.A. ALLA PROG. KM 19+000 C.A.**

Dal punto di vista granulometrico il tratto in oggetto risulta caratterizzato, sia superficialmente che in profondità, da prevalenti depositi compressibili (granulometria prevalentemente di natura limoso - argillosa), ai quali si interpongono lenti di sabbie/sabbie limoso - argillose e lenti prevalentemente ghiaiose. Si osserva in

profondità un aumento della componente granulare mano a mano che si procede verso la fine del tratto in oggetto.

### **13.6 DALLA PROGR. KM 19+000 C.A. ALLA PROGR. KM 20+000 C.A.**

In questa tratta il terreno attraversato è caratterizzato, al di sotto di 5-6m di terreno compressibile, da un cospicuo e continuo corpo di materiale granulare (spessore anche di 20m) costituito da prevalenti ghiaie sabbiose con ciottoli. Al di sotto di questo corpo granulare si rinvengono altri depositi prevalentemente argilloso-limosi.

### **13.7 DALLA PROGR. KM 20+000 C.A. A FINE INTERVENTO**

Nell'ambito di quest'ultima porzione di tracciato il corpo granulare descritto nel precedente settore si assottiglia di spessore (6-10m c.a.), risultando comunque confinato da terreni in cui le argille sono prevalenti. Inoltre, sono state rinvenute alcune lenti di sabbia/sabbia limosa e sabbia argillosa a varie profondità.

A tergo della Tangenziale Sud, tra la progr. Km 20+900 e la prog. km 21+350 c.a. (fin quasi a ridosso del Torrente Savena), si rileva la presenza di una discarica di rifiuti solidi urbani a oggi ripristinata dal punto di vista paesaggistico. L'accumulo del materiale antropico di rifiuto (attraversato dal sondaggio PB28 per c.a. 7m) si appoggia sopra c.a. 3m di argilla limosa.

Pertanto, dai dati a disposizione, lungo il profilo (realizzato 35m a sinistra dell'asse di tracciamento della Tangenziale Nord, quindi in carreggiata opposta rispetto alla discarica) si ipotizza la presenza di terreni prevalentemente coesivi passanti intorno i 10m a ghiaie in matrice sabbiosa e, dai 15m c.a., ad argille.

## 14 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

Di seguito si ribadiscono alcuni aspetti che, a giudizio del geologo, possono essere rilevanti nella progettazione delle opere, ed in particolare:

- diffusa variabilità granulometrica sia in senso verticale sia in senso orizzontale; pertanto, la caratteristica peculiare dei terreni interessati dal nuovo progetto è rappresentata dalla diffusa eteropia tra granulometrie fini e grossolane;
- presenza lungo tutto il tracciato di depositi/livelli compressibili, il che rende necessaria un'attenta verifica dei cedimenti delle nuove opere e delle preesistenze, perché una variazione inopportuna dello stato tensionale dei terreni dovuta alla realizzazione di scavi, emungimenti, riporti, ecc. può generare lesioni alle strutture;
- presenza di livelli torbosi;
- fenomeno di subsidenza naturale a cui è soggetta la pianura emiliano – romagnola ed alla quale si sovrappone la subsidenza di origine antropica determinata dai prelievi di fluidi dal sottosuolo;
- possibile presenza di sacche di gas in livelli localizzati;
- le litologie a prevalente componente sabbiosa sono compatibili con fenomeni di liquefazione che potrebbero verificarsi in occasione di eventi sismici di particolare intensità, pertanto si raccomanda l'esecuzione delle opportune verifiche ingegneristiche;
- presenza di una falda freatica contraddistinta da oscillazioni stagionali sufficienti a farla interferire con le opere. Si segnala che un'eventuale variazione del regime di sfruttamento degli acquiferi (diminuzione dei pompaggi) potrebbe ridurre ulteriormente le soggiacenze;
- secondo gli elementi riportati nel P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Reno si sottolinea che il tracciato in progetto:

- in corrispondenza del Canale Battiferro/Navile interferisce con un'area ad elevata probabilità di inondazione;
  - in corrispondenza del Torrente Savena interferisce con un'area ad alta probabilità di inondazione correlabile a piene con tempo di ritorno 50 anni e con i limiti di esondazione per piene con tempo di ritorno 200 anni.
- relativamente alla pericolosità idraulica, con particolare riferimento alla cartografia redatta nell'ambito del P.G.R.A "Reticolo naturale principale" dall'Autorità di Bacino del Reno, si segnalano interferenze tra il tracciato oggetto di potenziamento e limitate aree soggette a pericolosità elevata (P3), mentre la maggior parte del territorio ricade nell'ambito della pericolosità idraulica media (P2).
- secondo l'INGV sono presenti due strutture tettoniche interferenti con il tracciato di progetto identificate come "faglie capaci", ossia faglie "sismiche" con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni, potenzialmente in grado di produrre deformazioni in superficie.
- presenza, a fine intervento e a tergo dell'odierna tangenziale sud, di una discarica di rifiuti solidi urbani a oggi ripristinata dal punto di vista paesaggistico: le lavorazioni/opere connesse all'allargamento della sede viaria potrebbero interferire con il deposito antropico di rifiuti.