

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n.6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO

approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009

Inquadramento:

RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA, ANALISI PRELIMINARE

REL.G

GIUGNO 2025

SCALA: _:_



ABA - ALESSANDRO BUCCI ARCHITETTI
via Severoli, 18 - 48018 Faenza (RA)
tel. 0546-29237
segreteria@alessandrobucciarchitetti.it
www.alessandrobucciarchitetti.it



PROGETTAZIONE RETI SOTTOSERVIZI

SIE engineering
Per. Ind. Secondo Ambrosani
via Covignano n.215 - 47923 Rimini (RN)
tel. 0541 778457
info@sierimini.it



Via Ravennana 254/B - 47122 Forlì (FC)
cell. 338 1544058 - email: danteneri70@gmail.com
Albo Ing. Forlì-Cesena n° 1766
P.IVA 03113180404
C.F. NREDNT70C15D704X



STUDIO ASSOCIATO ENERGIA
Ing. Daniele Tassinari
Viale Marconi, 30/3 - 48018 Faenza (RA)
Tel. +39 0546 668163 Fax +39 0546 686301

Pratiche precedenti

Delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009

Convenzione Urbanistica in data 01.03.2010, registrata a Lugo il 18.03.2010 n. 430 Serie 1T e trascritta Ravenna il 19.03.2010 N. Reg. Gen. 5025 e N. Reg. Part 2993

Oggetto:

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA)

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare

Committente:

Commercianti Indipendenti Associati Soc. Coop.

Sede Legale e Amministrativa

Via Navicella n. 22

47122 Forlì (FC), Italia

Realizzazione:

Geologo Dott. Aldo Antoniazzi

Studio di Geologia Tecnica e Ambientale

Via Pompeo Tumedei n. 90

47121 Forlì (FC), Italia

Collaboratori:

Dott. Geol. Luca Castellucci

Consulenti:

Specialisti:

Dott. Geol. Maurizio Moroni

Coordinamento:

Dott. Geol. Aldo Antoniazzi

INDICE

| | |
|---|-----------|
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 1. PREMESSA | 4 |
| 1.1. Opere in progetto | 4 |
| 1.2. Scopi dell'indagine..... | 4 |
| 1.3. Definizione del modello geologico | 4 |
| 2. INQUADRAMENTO DEL SITO | 5 |
| 2.1. Ubicazione..... | 5 |
| 2.2. Lineamenti morfologici | 7 |
| 2.3. Rischio idrogeologico | 7 |
| 2.4. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni | 8 |
| 2.5. Perimetrazione aree allagate eventi 2023 e 2024 | 10 |
| 2.6. Dissesto e vulnerabilità territoriale..... | 12 |
| 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... | 14 |
| 3.1. Cartografia geologica | 14 |
| 3.2. Lineamenti geologici della zona in esame | 14 |
| 3.3. Inquadramento tettonico..... | 18 |
| 4. LITOLOGIA DELLA ZONA IN ESAME | 20 |
| 4.1. Prove geognostiche disponibili..... | 20 |
| 4.2. Stratigrafia del sottosuolo in esame | 20 |
| 4.3. Sezioni geologiche di riferimento..... | 22 |
| 5. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI | 25 |
| 5.1. Determinazione dei parametri geotecnici | 25 |
| 5.2. Parametri geotecnici del terreno in esame | 25 |
| 6. ACQUE SUPERFICIALI - PRINCIPALI CORSI D'ACQUA | 26 |
| 7. ACQUE SOTTERRANEE | 28 |
| 7.1. L'acquifero sotterraneo della pianura regionale..... | 28 |
| 7.2. Corpi idrici sotterranei della pianura regionale | 29 |
| 7.3. Situazione locale – Falda freatica superficiale..... | 31 |
| 7.3.1. Falde artesiane | 31 |
| 7.3.2. Falda freatica superficiale | 31 |
| 8. SISMICITÀ | 33 |
| 8.1. Classificazione sismica del Comune di Lugo..... | 33 |
| 8.2. Zonizzazione sismica | 34 |
| 8.3. Terremoto di riferimento | 34 |
| 8.4. Magnitudine di progetto | 37 |
| 9. CARATTERI GEOFISICI..... | 40 |
| 9.1. Microzonazione Sismica di livello III del Comune di Lugo | 40 |
| 9.2. Risposta sismica del terreno. Approccio semplificato, Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 | 44 |
| 9.2.1. Impostazione concettuale | 44 |
| 9.2.2. Categoria di sottosuolo | 45 |
| 9.2.3. Categoria Topografica | 45 |
| 9.2.4. Parametrizzazione sismica - Classe edificio III, Vita nominale 50 anni..... | 45 |
| 9.3. Risposta Sismica Locale, Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 | 47 |
| 10. VERIFICA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI LIQUEFAZIONE | 48 |
| 11. ORIENTAMENTI TECNICI | 49 |
| 11.1. Modello geologico e idoneità del terreno | 49 |
| 11.2. Portanza del terreno (fondazioni superficiali) | 49 |
| 11.3. Cedimenti del terreno (fondazioni superficiali)..... | 49 |
| 11.4. Portanza del terreno (fondazioni profonde) | 49 |
| 11.5. Cedimenti del terreno (fondazioni profonde) | 50 |
| 11.6. Coefficiente di sottofondo | 50 |
| 11.7. Indicazioni progettuali..... | 52 |
| 12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE..... | 53 |

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019 n. 7

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

Leggi Regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Variante di coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino redatta dall'Autorità di Bacino del Reno

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna

Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) del Comune di Lugo

Regolamento Urbanistico Edilizio (R.U.E.) del Comune di Lugo

D.M. 11.03.1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

1. PREMESSA

1.1. OPERE IN PROGETTO

La presente analisi geologica e sismica preliminare concerne il terreno interessato dall'**INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA, RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO**, approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA).

1.2. SCOPI DELL'INDAGINE

Il presente studio preliminare è stato realizzato al fine di definire la situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area in esame, di ricostruire il modello geologico e i lineamenti geotecnici dei terreni interessati, di riconoscere la presenza di acque sotterranee, di caratterizzare la situazione sismica locale, di definire il potenziale di liquefazione del terreno, di fornire indicazioni e prescrizioni in merito all'utilizzabilità geologica dell'area.

1.3. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico locale è stato definito con riferimento:

- all'insieme degli elementi cartografici, stratigrafici e normativi disponibili in merito al suolo e sottosuolo considerato;
- ad un attento rilevamento di superficie;
- alla disponibilità di numerose prove d'archivio conservate presso la banca dati delle prove geognostiche della regione Emilia-Romagna.

2. INQUADRAMENTO DEL SITO

2.1. UBICAZIONE

L'area in esame, come si può osservare nell'estratto cartografico riportato nella figura n. 2.1, è situata nel centro storico di Lugo, lungo la via Macello Vecchio.

L'inquadramento topografico dell'area in oggetto, su base C.T.R. in scala 1:5.000 (Sezione 222152 Lugo Ovest), è riportato nella figura n. 2.2.

Il sito in esame, com'è evidente nella figura n. 2.3, riguarda le particelle n. 1658 e 1689, del foglio catastale n. 103C.

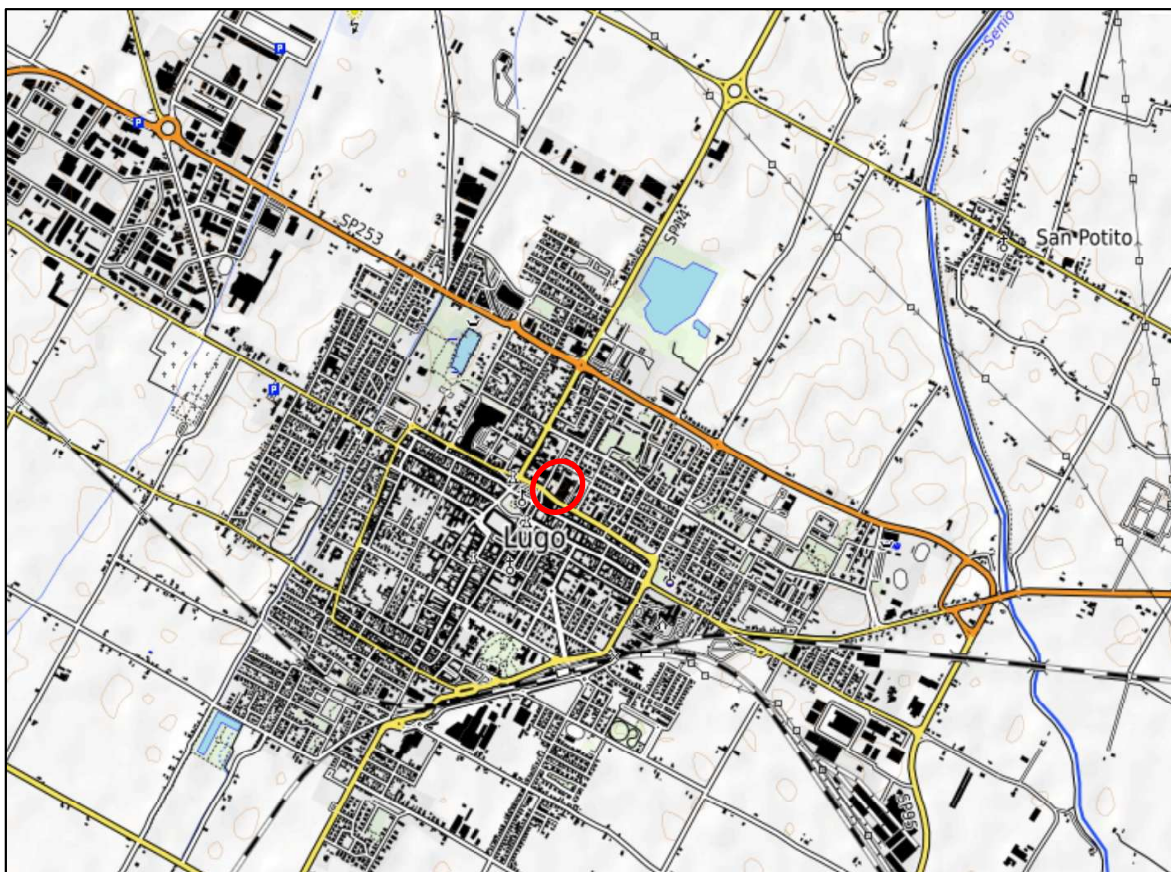


Figura n. 2.1 - Ubicazione del sito in esame (Mappe Open Street Map).

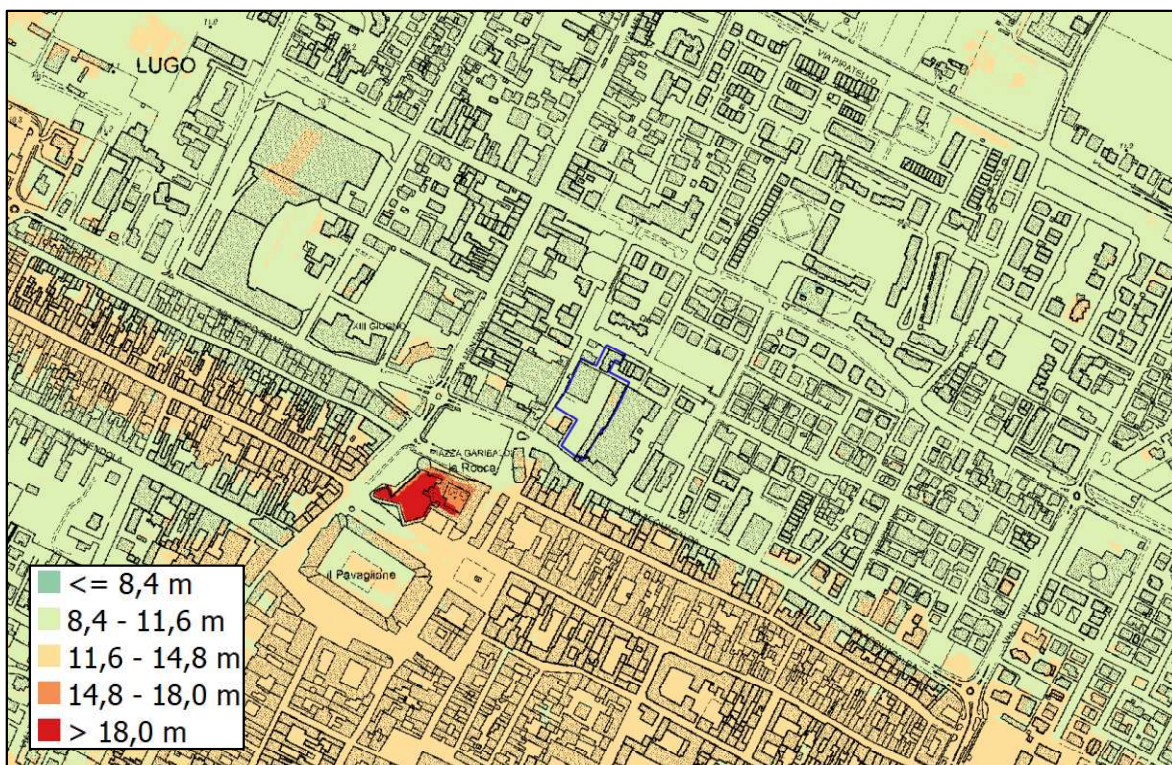


Figura n. 2.2 - Inquadramento topografico dell'area in esame (carta altimetrica basata sulla CTR in scala 1:5.000). L'area in esame è indicata dal poligono di colore blu.

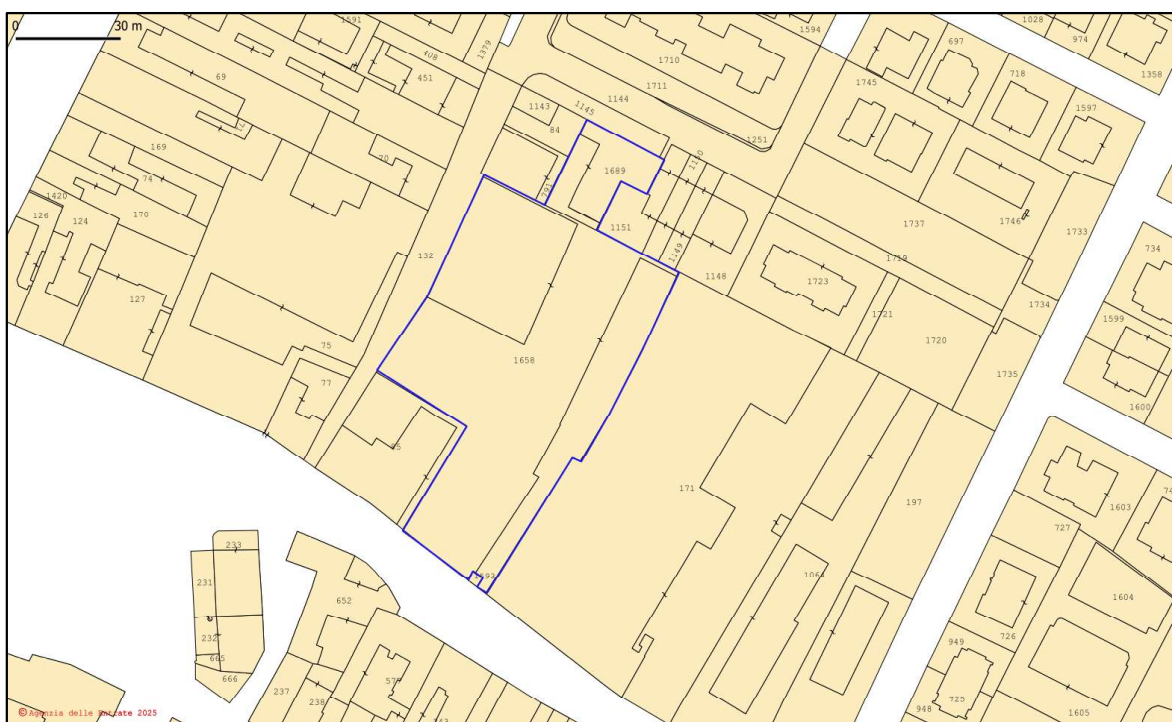


Figura n. 2.3 - Inquadramento catastale dell'area in esame. Le particelle oggetto di intervento sono indicate dal poligono di colore blu.

2.2. LINEAMENTI MORFOLOGICI

L'area in esame si trova su una superficie pianeggiante posta tra 8,4 e 11,6 metri sul livello marino. Si veda in proposito la carta altimetrica inserita nella figura n. 2.2.

Un quadro dell'attuale situazione ambientale del sito in oggetto è fornito dall'immagine aerea presente nella figura n. 2.4, dalla quale si può evincere chiaramente come questa sia densamente urbanizzata.

Nell'area in oggetto non sono evidenti particolari processi morfogenetici, tali da poter arrecare danno a quanto previsto dal progetto. In particolare, dato l'andamento pianeggiante della superficie, non sussistono problemi di stabilità.



Figura n. 2.4 - Visione aerea dell'area in esame (Ortofoto RER 2023-2024). La linea di colore blu delimita la zona dell'intervento in oggetto.

2.3. RISCHIO IDROGEOLOGICO

Nella Mappa di Pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni in scala 1:25.000 (Tavola MP 12) della Variante di coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di bacino, redatto dall'Autorità di Bacino del Reno, l'area in esame ricade in un'area con uno scenario di pericolosità P2- Alluvioni poco frequenti. Si veda in proposito l'estratto cartografico riportato nella figura n. 2.5.

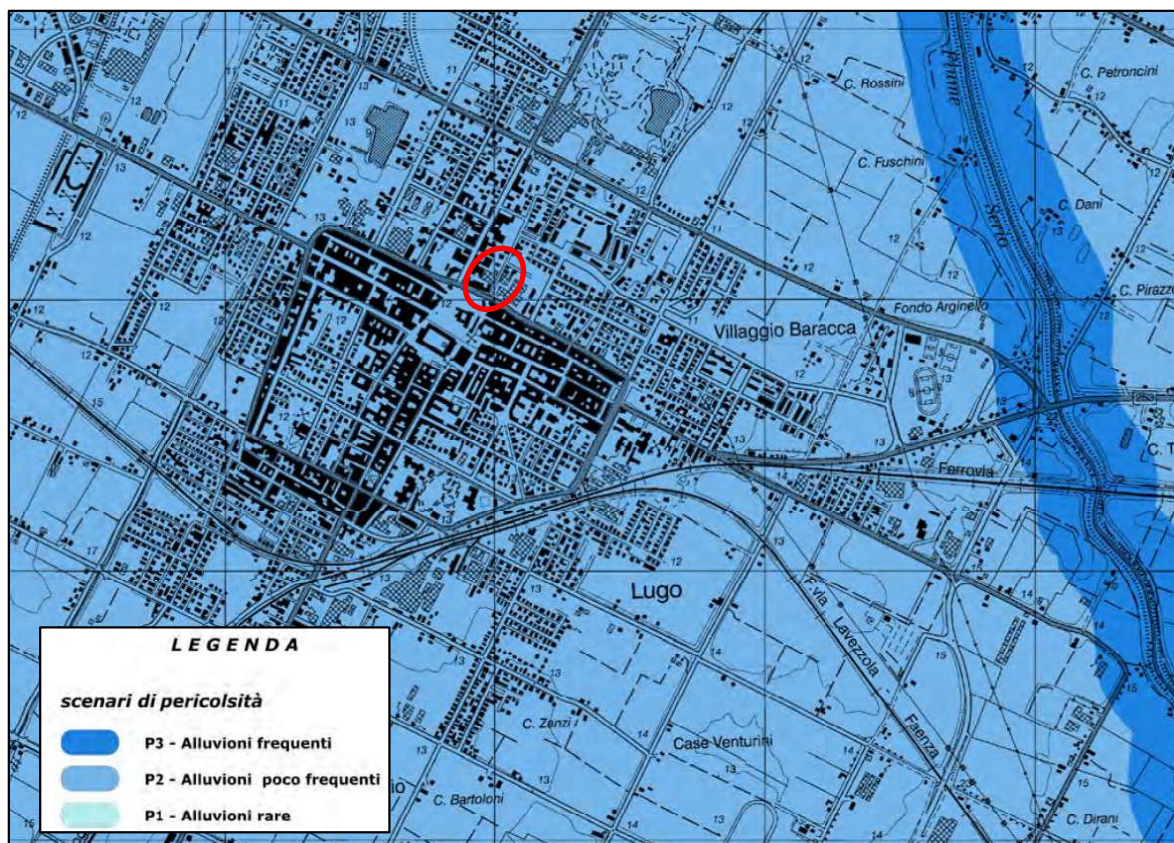


Figura n. 2.5 - Estratto della Mappa di Pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, originale in scala 1:25.000 (Tavola MP 12).

2.4. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI

Il Piano di gestione del rischio alluvioni (aggiornamento aprile 2022), Il ciclo di attuazione, Scenari di pericolosità nelle aree allagabili, Reticolo Principale (RP), mostra che l'area in esame ricade in aree soggette ad alluvioni poco frequenti con scenario M-P2. Si veda in proposito la figura n. 2.6.

Il Piano di gestione del rischio alluvioni (aggiornamento aprile 2022), Il ciclo di attuazione, Scenari di pericolosità nelle aree allagabili, Reticolo Secondario di Pianura (RSP), mostra che l'area in esame ricade in aree soggette ad alluvioni poco frequenti con scenario M-P2. Si veda in proposito la figura n. 2.7.

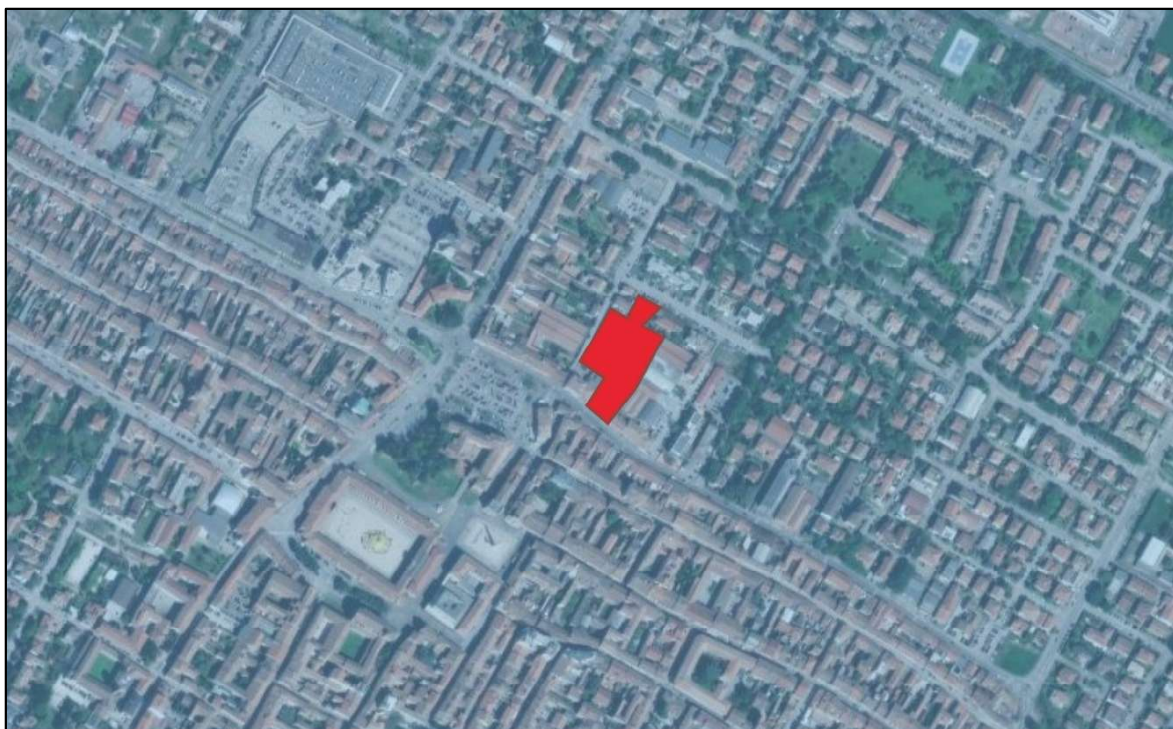


Figura n. 2.6 - Piano di gestione del rischio alluvioni (aggiornamento aprile 2022), Il ciclo di attuazione, Scenari di pericolosità nelle aree allagabili, Reticolo Principale (RP). L'area in esame ricade in aree soggette ad alluvioni con scenario M-P2.

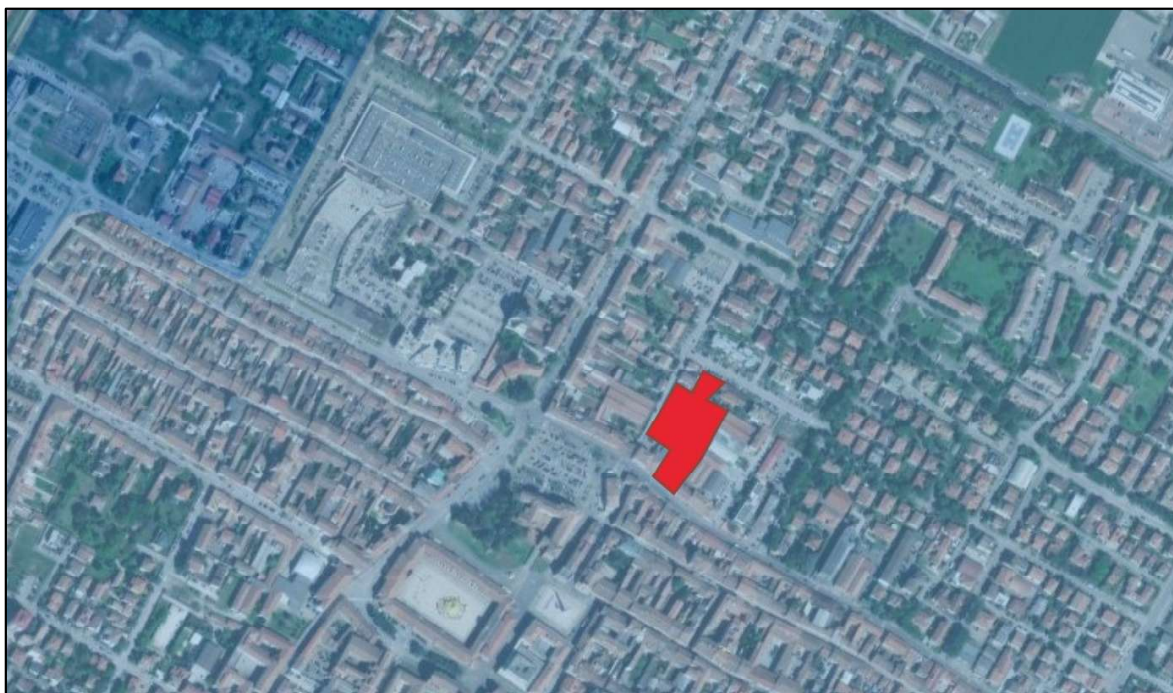


Figura n. 2.7 - Piano di gestione del rischio alluvioni (aggiornamento aprile 2022), Il ciclo di attuazione, Scenari di pericolosità nelle aree allagabili, Reticolo Secondario di Pianura (RSP). L'area in esame ricade in aree soggette ad alluvioni poco frequenti (azzurro tenue) con scenario M-P2.

Il Piano di gestione del rischio alluvioni (aggiornamento aprile 2022), Il ciclo di

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA
RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO
MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di
Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica,*
analisi preliminare

attuazione, Scenari di pericolosità nelle aree allagabili, Aree Costiere Marine (ACM), mostra che l'area in esame non ricade in aree soggette ad alluvioni. Si veda in proposito la figura n. 2.8.



Figura n. 2.8 - Piano di gestione del rischio alluvioni (aggiornamento aprile 2022), Il ciclo di attuazione, Scenari di pericolosità nelle aree allagabili, Aree Costiere Marine (ACM). L'area in esame non ricade in aree soggette ad alluvioni.

2.5. PERIMETRAZIONE AREE ALLAGATE EVENTI 2023 E 2024

La perimetrazione dei territori allagati durante gli eventi alluvionali avvenuti tra il 2 e il 4 maggio 2023 e tra il 16 e il 17 maggio 2023, nel settembre 2024 e nell'ottobre 2024 in Regione Emilia-Romagna [Versione 06 (VIGENTE) - Adottata con DSG 45/2025 del 28/05/2025; dati aggiornati al 29/04/2025] mostra che l'area in esame è stata interessata dagli eventi di rotta di maggio 2023 mentre nel settembre 2024 le aree colpite dal fenomeno alluvionale hanno lambito la zona posta a nord dell'area in esame. Si vedano in proposto le figure n. 2.9 e n. 2.10.

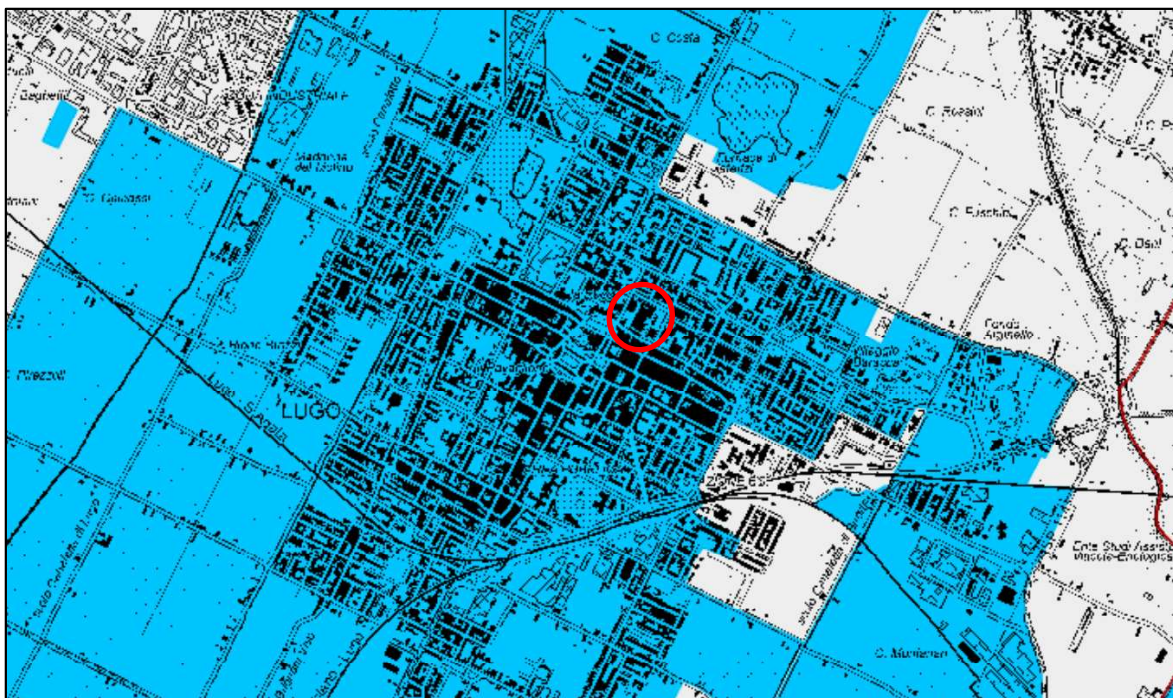


Figura n. 2.9 - Perimetrazione dei territori allagati durante gli eventi alluvionali avvenuti tra il 2 e il 4 maggio 2023 e tra il 16 e il 17 maggio 2023 in Emilia-Romagna [Versione 06 (VIGENTE)].

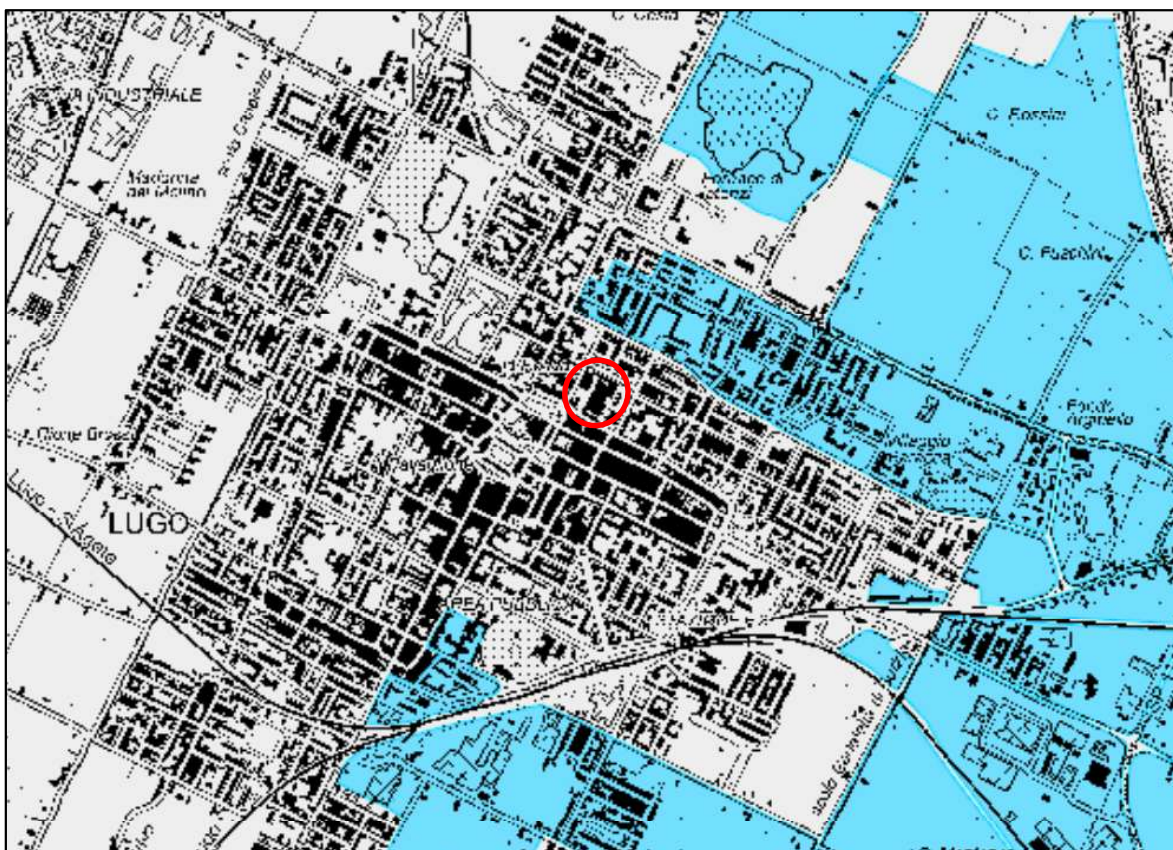


Figura n. 2.10 - Perimetrazione dei territori allagati durante gli eventi alluvionali avvenuti nel settembre 2024 in Emilia-Romagna [Versione 06 (VIGENTE)].

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA
RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO
MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare

2.6. DISSESTO E VULNERABILITÀ TERRITORIALE

I rischi geologici, idrogeologici e geomorfologici del territorio in esame sono inquadrati nella Carta della tutela delle risorse idriche superficiali e sotterranee in scala 1: 25.000 del P.T.C.P. della Provincia di Ravenna. Nel suo estratto, evidente nella figura n. 2.11, il sito considerato è privo di zone vulnerabili o zone di protezione delle acque sotterranee. Nei pressi all'area in esame non sono segnalate tipologie di dissesto idrogeologico.



Figura n. 2.11 - Carta della tutela delle risorse idriche superficiali e sotterranee del P.T.C.P. della Provincia di Ravenna.

In merito alla subsidenza, un fenomeno assai diffuso nella pianura romagnola¹, conseguente ad eccessive estrazioni di fluidi dal sottosuolo (acqua, idrocarburi), l'area considerata ricade in una zona ove l'abbassamento del suolo è ben documentato dai dati bibliografici disponibili in merito al suolo e sottosuolo considerato.

Questo fenomeno, caratterizzato da abbassamenti orizzontali generalizzati del suolo, è da ritenere non crei problemi alle opere in oggetto, perché le sue conseguenze «sono sensibili solo nell'intorno dei grandi agglomerati urbani ed

¹ Regione Emilia-Romagna, *Sistematizzazione dei dati ambientali del territorio regionale soggetto a subsidenza* (legge 845/80), 1994, inedito.

industriali ed in aree densamente popolate. Raramente vengono riportati casi di dissesti alle costruzioni, e solo in casi eccezionali o per l'entità della subsidenza (come a Città del Messico) o per il tipo di costruzione (come per la Torre di Pisa). Più frequenti sono i problemi connessi con le infrastrutture idrauliche e con l'evoluzione e la difesa della costa»².

La carta della subsidenza (figura n. 2.12), misurata nel periodo compreso tra il 2011 e il 2016, mostra che i valori di subsidenza del sito in esame sono compresi tra 0 e -2,5 mm.

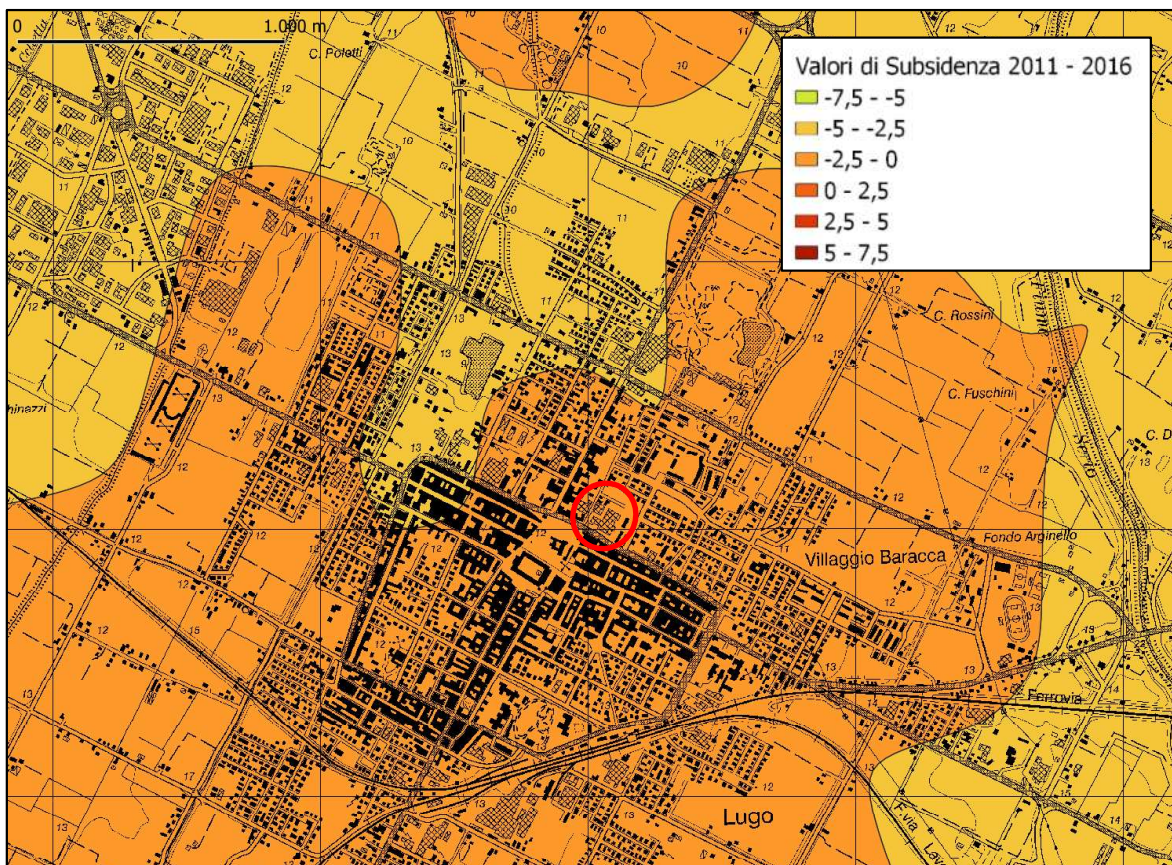


Figura n. 2.12 - Carta della subsidenza misurata nel periodo 2011 - 2016; l'area in esame è caratterizzata da valori compresi tra 0 e 5 mm. Dati desunti dal sito della Regione Emilia-Romagna.

² C. Viggiani, *Fattori determinanti e controllo della subsidenza*, in "Atti del convegno «I problemi della subsidenza nella politica del territorio e della difesa del suolo» tenutosi a Pisa il 9-10 dicembre 1978", Pisa, 1978, p. 66.

Il Subsintema di Ravenna (AES8) del Pleistocene medio-Olocene è, in generale, costituito da ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, da sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi e rappresentano rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. Vi sono presenti anche argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale riferibili ad ambienti deposizionali di piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A suo tetto sono presenti suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm; orizzonti superficiali di colore giallobruno. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 28 metri.

Il Subsintema di Ravenna rappresenta la parte terminale del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) del Pleistocene medio-Olocene, il cui insieme è suddiviso in Subsintemi, individuati in affioramento da deboli discordanze angolari o da più o meno ampie scarpate erosive, nel sottosuolo della pianura da bruschi contatti fra depositi di diversa natura e tipologia deposizionale.

Nella zona in esame l'Unità di Modena (AES8a) è caratterizzato dalla presenza di terreni con prevalente tessitura argilloso-limosa ascrivibili ad un ambiente di piana inondabile (figura n. 3.2).

Nella figura n. 3.3 è riportato lo schema cronostratigrafico del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), tratto dal Foglio Lugo della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000.

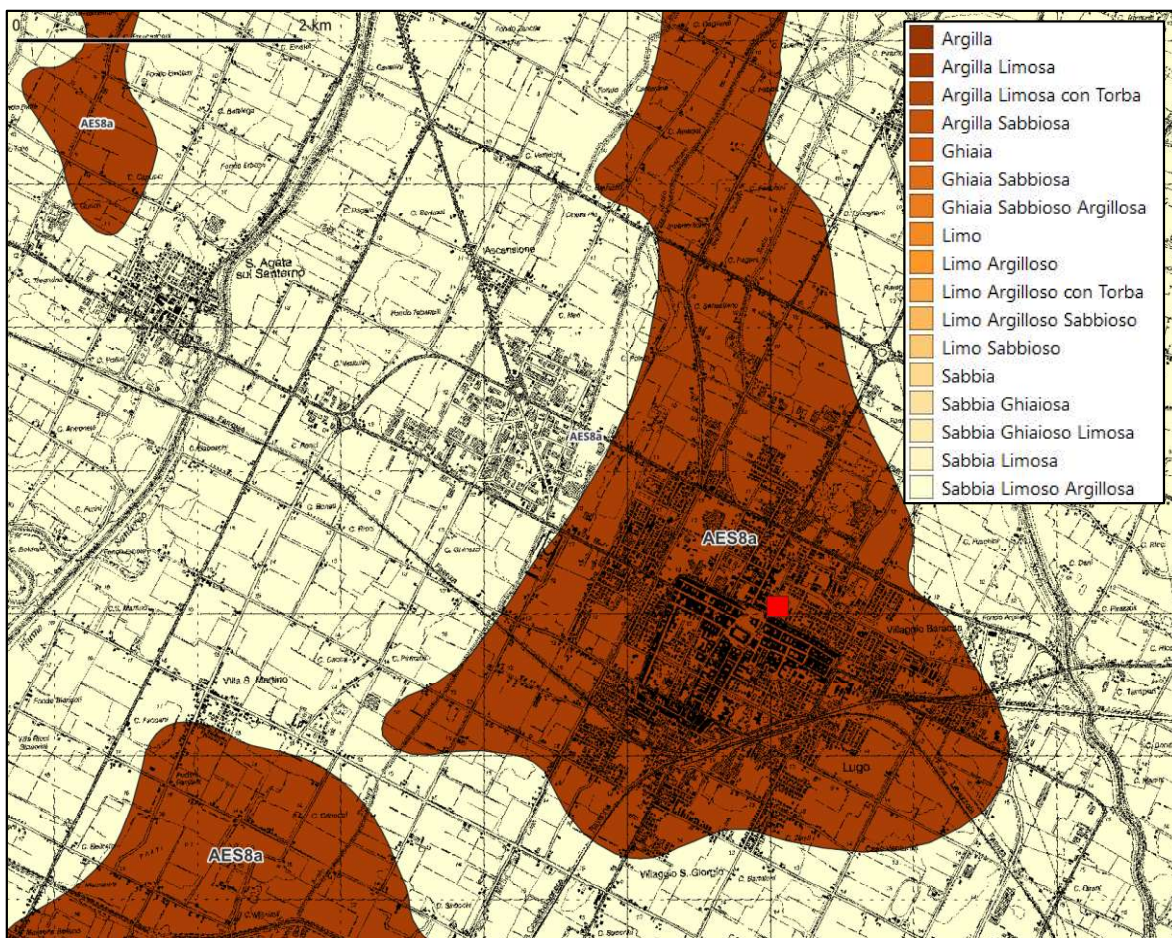


Figura n. 3.2 - Carta delle tessiture sedimentologiche superficiali. Il quadrato di colore rosso indica l'area in oggetto.

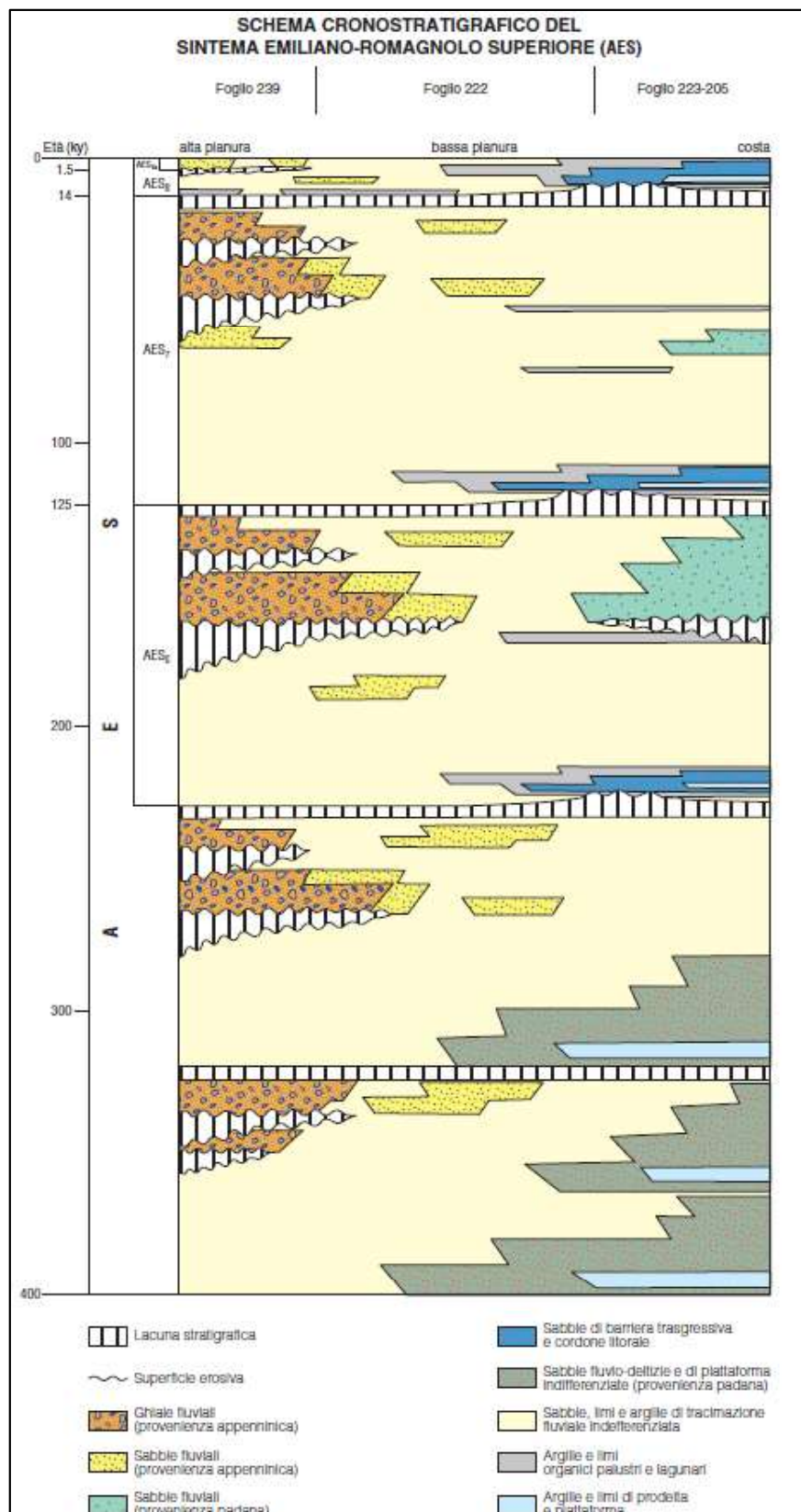


Figura n. 3.3 - Schema cronostratigrafico del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), tratto dal Foglio 222 Lugo della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA
RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO
MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

3.3. INQUADRAMENTO TETTONICO

Il territorio ove ricade l'area in esame appartiene strutturalmente all'Appennino Settentrionale³, la cui tettonica è contraddistinta da ampi fronti di scorrimento, che individuano alcune unità tettoniche fondamentali, e da importanti accavallamenti. Si veda in proposito lo schema tettonico, redatto del Servizio Geologico dell'Emilia-Romagna (figura n. 3.4).

I lineamenti tettonici della zona di pertinenza dell'area in esame sono evidenti nella figura n. 3.5. Dal punto di vista strutturale la zona in esame è situata in un settore contraddistinto da un complesso sistema di fronti di accavallamento, sepolti sotto le alluvioni della pianura.

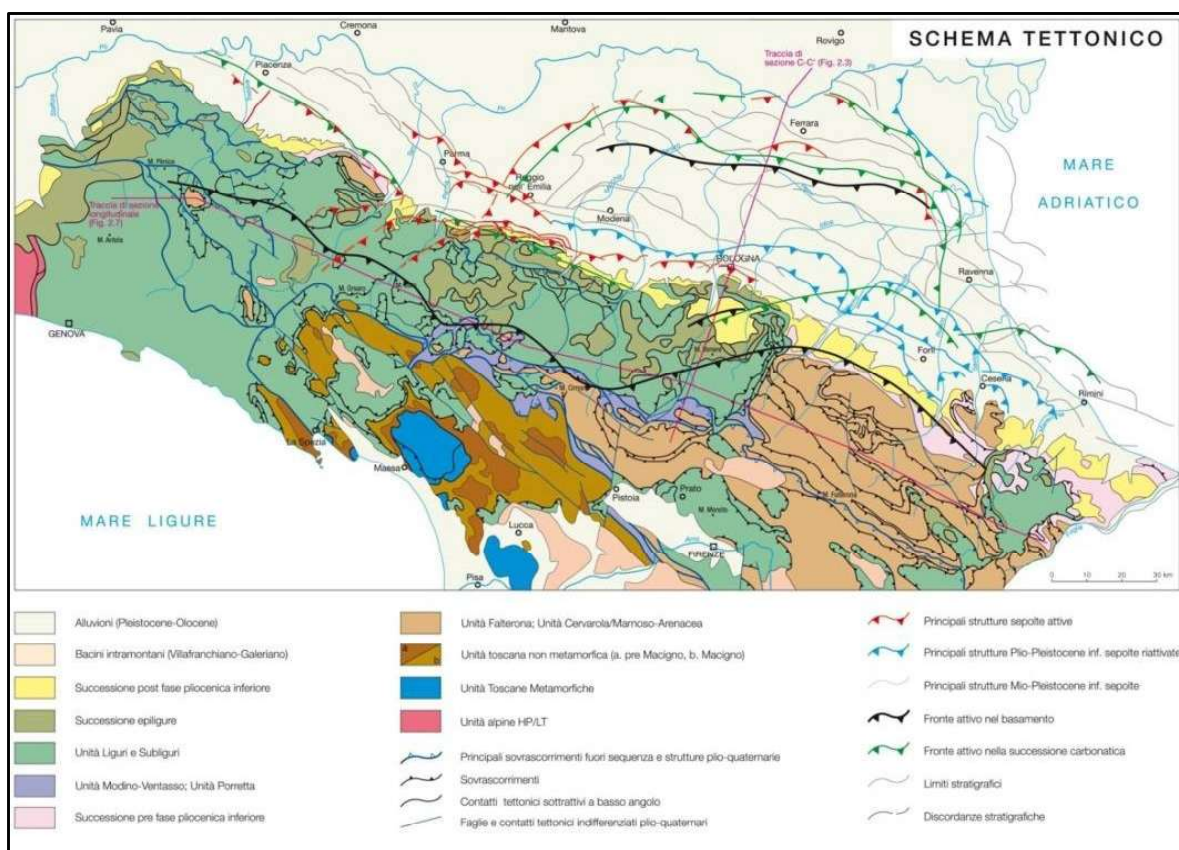


Figura n. 3.4 - Schema tettonico dell'Emilia-Romagna.

³ L'Appennino Settentrionale è una catena a falde derivata dal corrugamento e dalla sovrapposizione di prismi sedimentari, depositatisi nel paleo oceano ligure-piemontese e sul margine continentale della microplacca dell'Adria, durante la collisione tra la placca africana e quella europea. L'orogenesi, iniziata nell'Eocene medio e sviluppatisi soprattutto a partire dall'Oligocene, ha dato luogo a pieghe e a sovrascorrimenti lungo faglie inverse con spostamento generale verso nord-est.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

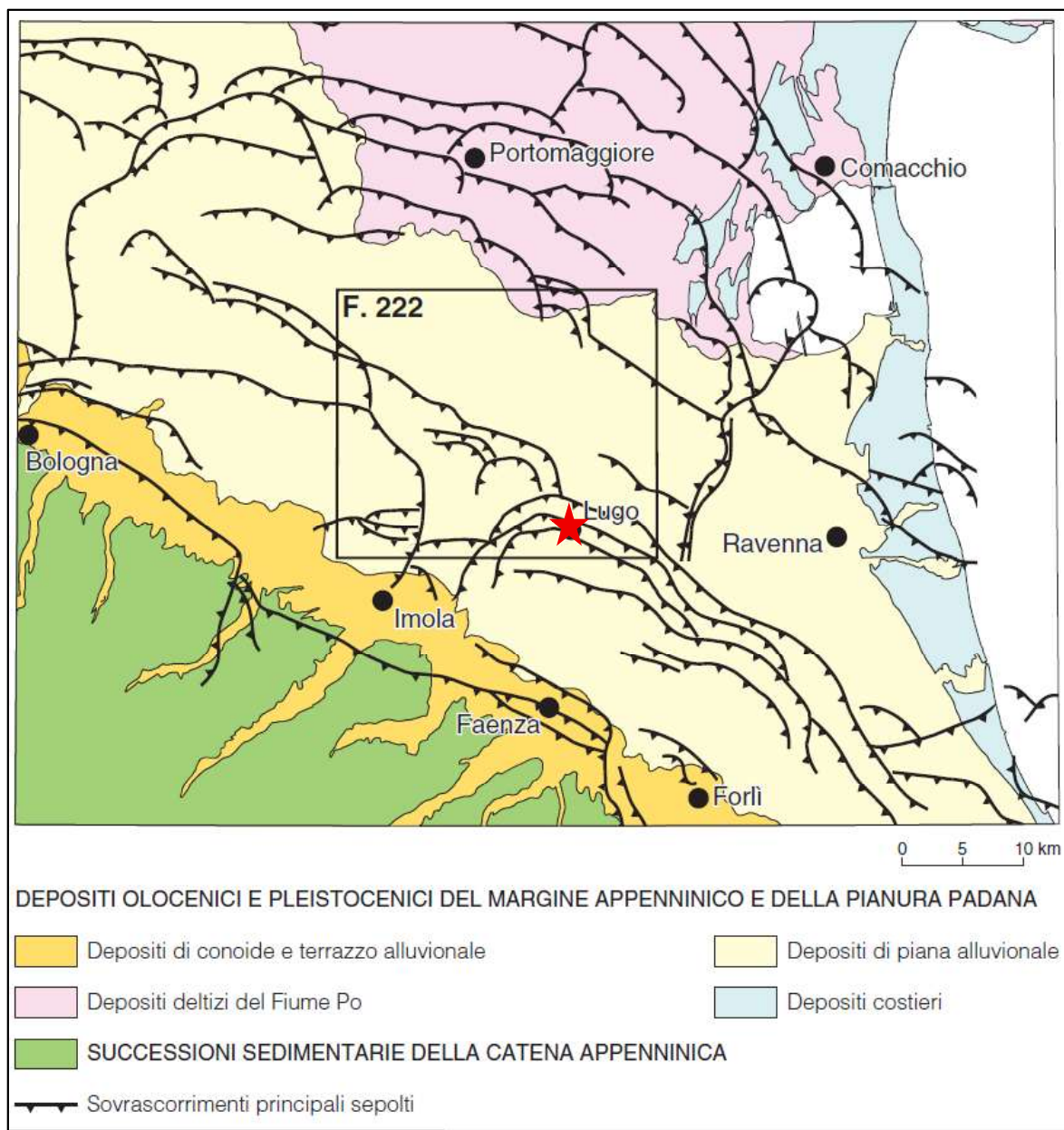


Figura n. 3.5 - Inquadramento geologico-strutturale dell'area in esame (foglio 222 Lugo della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000).

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

4. LITOLOGIA DELLA ZONA IN ESAME

4.1. PROVE GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

Nell'area oggetto di studio, sono disponibili, presso la banca dati delle prove geognostiche della regione Emilia-Romagna, numerose stratigrafie di sondaggi a carotaggio continuo e pozzi terebrati per l'emungimento idrico.

Sono inoltre disponibili, molteplici prove penetrometriche con punta meccanica (CPT) e con punta elettrica e piezocono (CPTU).

Nella figura n. 4.1 è riportata l'ubicazione di un sondaggio a carotaggio continuo reso disponibile dalla banca del committente per lo studio in esame.

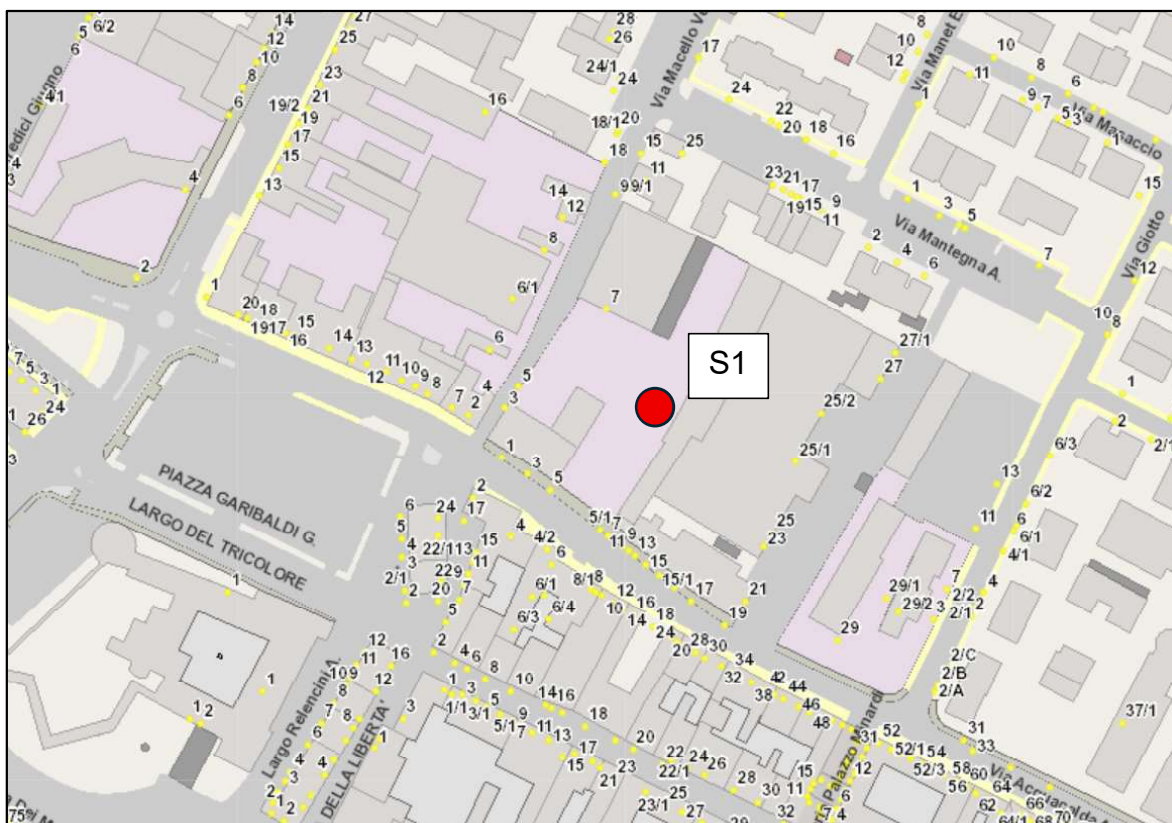


Figura n. 4.1 - Ubicazione del sondaggio a carotaggio continuo (cerchio di colore rosso) teretrato all'interno dell'area in esame.

Nella tabella n. 4.1 è compendiate la prova geognostica consultata e utilizzata per la ricostruzione della serie dei terreni dell'area in esame.

TABELLA N. 4.1 - INDAGINI GEOGNOSTICHE CONSULTATE

| Sigla | Tipo di prova | Profondità raggiunta (metri) |
|--------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Sondaggio | Sondaggio a carotaggio continuo | 30,0 |

4.2. STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO IN ESAME

Gli elementi forniti dal sondaggio a carotaggio continuo consultato, hanno consentito di definire la successione stratigrafica dell'area in esame. Le unità litostratigrafiche individuate sono indicate nella tabella n. 4.2. L'ubicazione di questo

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

sondaggio è evidente nella figura n. 4.1., la sua stratigrafia è evidente nella figura n. 4.2.

TABELLA N. 4.2 - STRATIGRAFIA TIPO DEL SOTTOSUOLO IN ESAME

| <i>Profondità (m)</i> | <i>Unità litostratigrafica</i> | <i>Descrizione sintetica del terreno</i> |
|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| 0,0 - 0,55 | A | Terreno di riporto |
| 0,55 - 21,0 | B | Alternanze di limi argillosi e/o argille limose e limi sabbiosi con inclusi organici e intercalazioni lentiformi di sabbia limosa |
| 21,0 - 30,0* | C | Alternanze di sabbie sciolte e compatte, con la presenza di livelli limosi e di ghiaie fini |

* fine sondaggio

| Scala | Litologia | Descrizione | Quota | %Carotaggio R.Q.D. | S.P.T. | Podet P. | Vane Test | Campioni | D. Foro | Tipo Perf. | Tipo Stab. | Falda | Piezometro |
|-------|-----------|--|-------|-----------------------|--------|----------|-----------|----------|---------|------------|------------|-------|------------|
| | | | | 0 20 40 60 80 100 | | | | | (101) | | | | |
| -1 | | Detrito grossolano.bmp | 0.55 | | | | | | 0.00 | | | | |
| -2 | | limo debolmente argilloso grigio | 0.80 | | | | | | | | | | |
| -3 | | limo sabbioso nocciola, compatto | 1.15 | | | | | | | | | | |
| -4 | | sabbia nocciola, molle | 0.30 | | | | | | | | | | |
| -5 | | sabbia limosa nocciola con noduli marron scuro | 1.00 | | | | | | | | | | |
| -6 | | argilla debolmente limosa grigia, residui carboniosi di media compattezza | 2.20 | | | | | | | | | | |
| -7 | | argilla limosa grigia, variegata con livelli di limo di colore nocciola e poco compatta | 2.00 | | | | | | | | | | |
| -8 | | sabbia limosa nocciola, sciolta | 0.50 | | | | | | | | | | |
| -9 | | limo argilloso grigio con inclusi organici | 0.50 | | | | | | | | | | |
| -10 | | limo sabbioso nocciola poco compatto con livelli organici grigi | 1.00 | | | | | | | | | | |
| -11 | | sabbia limosa nocciola, poco compatta - fino a m. -10.60 inclusi carboniosi | 2.00 | | | | | | | | | | |
| -12 | | limo sabbioso grigio, mediamente compatto - al fondo più compatto e grigio scuro | 1.70 | | | | | | | | | | |
| -13 | | sabbia limosa nocciola, da poco a mediamente compatta con striature grigie e presenza di calcinelle a circa m. -15 | 4.30 | | | | | | | | | | |
| -14 | | | | | | | | | | | | | |
| -15 | | | | | | | | | | | | | |
| -16 | | | | | | | | | | | | | |
| -17 | | | | | | | | | | | | | |
| -18 | | limo c. argillalimo con argilla grigia, mediamente compatto con venature nocciola | 3.20 | | | | | | | | | | |
| -19 | | | | | | | | | | | | | |
| -20 | | | | | | | | | | | | | |
| -21 | | sabbia nocciola sciolta | 0.60 | | | | | | | | | | |
| -22 | | sabbia debolmente limosa nocciola, compatta con livelli limosi grigi | 1.50 | | | | | | | | | | |
| -23 | | sabbia grigia sciolta con rari livelli di limo ed alcuni livelli di ghiaia fine (da -25 a -25.25.20) | 1.90 | | | | | | | | | | |
| -24 | | sabbia grigia compatta | 1.30 | | | | | | | | | | |
| -25 | | sabbia sciolta | 1.50 | | | | | | | | | | |
| -26 | | | | | | | | | | | | | |
| -27 | | sabbia debolmente limosa grigia compatta, con alcuni livelli di limo | 2.00 | | | | | | | | | | |
| -28 | | | | | | | | | | | | | |
| -29 | | | | | | | | | | | | | |
| -30 | | | | | | | | | | | | | |

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Figura n. 4.2 - Colonna stratigrafica del sondaggio a carotaggio continuo S1.

4.3. SEZIONI GEOLOGICHE DI RIFERIMENTO

La sezione geologica di riferimento per l'area in esame (sez. 157), desunta dalla banca dati dei "Pozzi per idrocarburi e sezioni geologiche" della regione Emilia-Romagna, mostra la situazione e l'andamento dei terreni in esame. Tale profilo è stato ricostruito utilizzando ed elaborando l'insieme dei dati disponibili nel sito in esame e nelle sue pertinenze. L'ubicazione della traccia di questa sezione è indicata

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

nella figura n. 4.3. Lo stralcio della medesima sezione è riportato nelle figure n. 4.4 e 4.5.

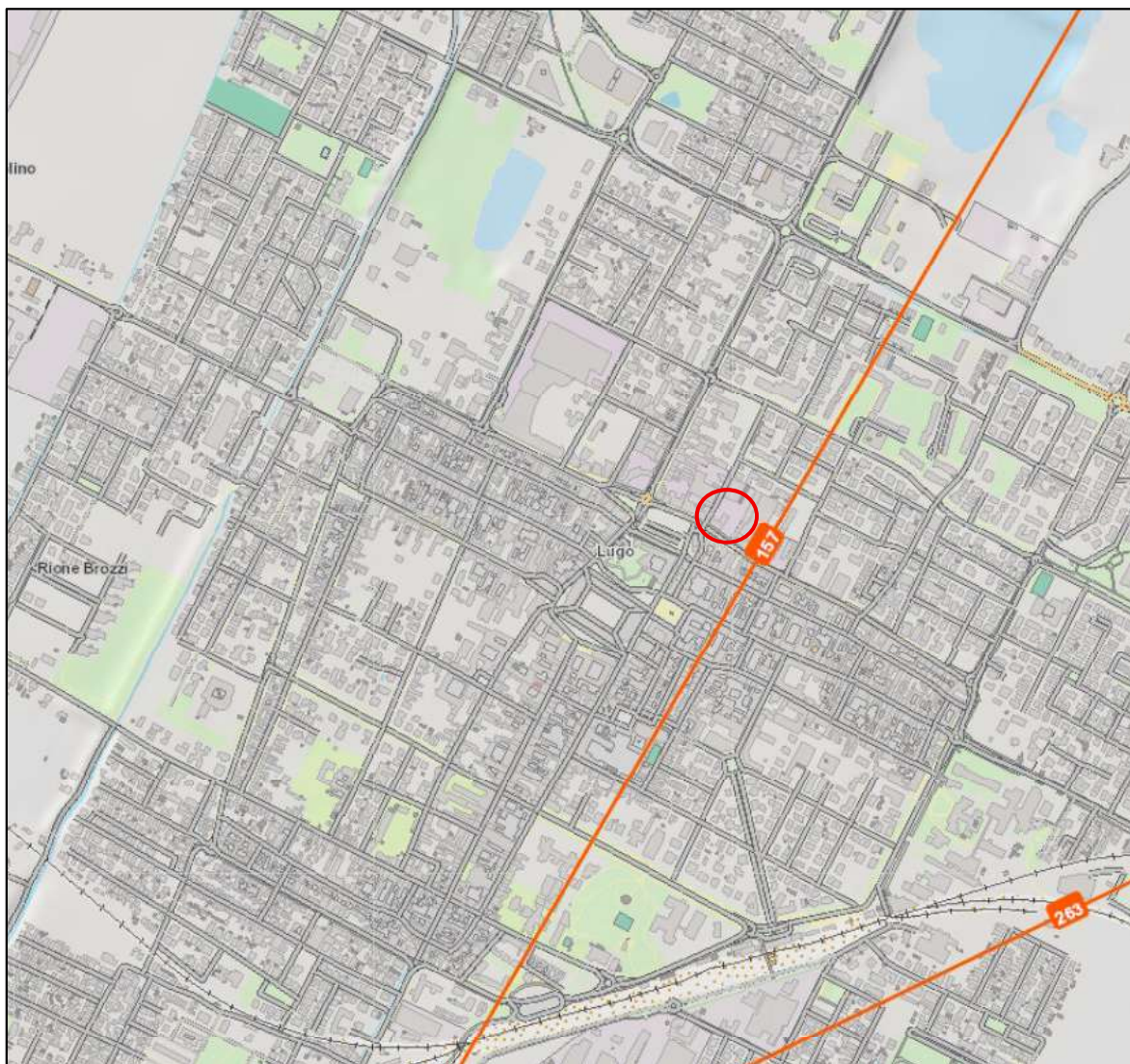


Figura n. 4.3 - Ubicazione della traccia della sezione geologica (157) di riferimento, desunta dalla banca dati della regione Emilia-Romagna. Il cerchio di colore rosso indica l'area in esame.

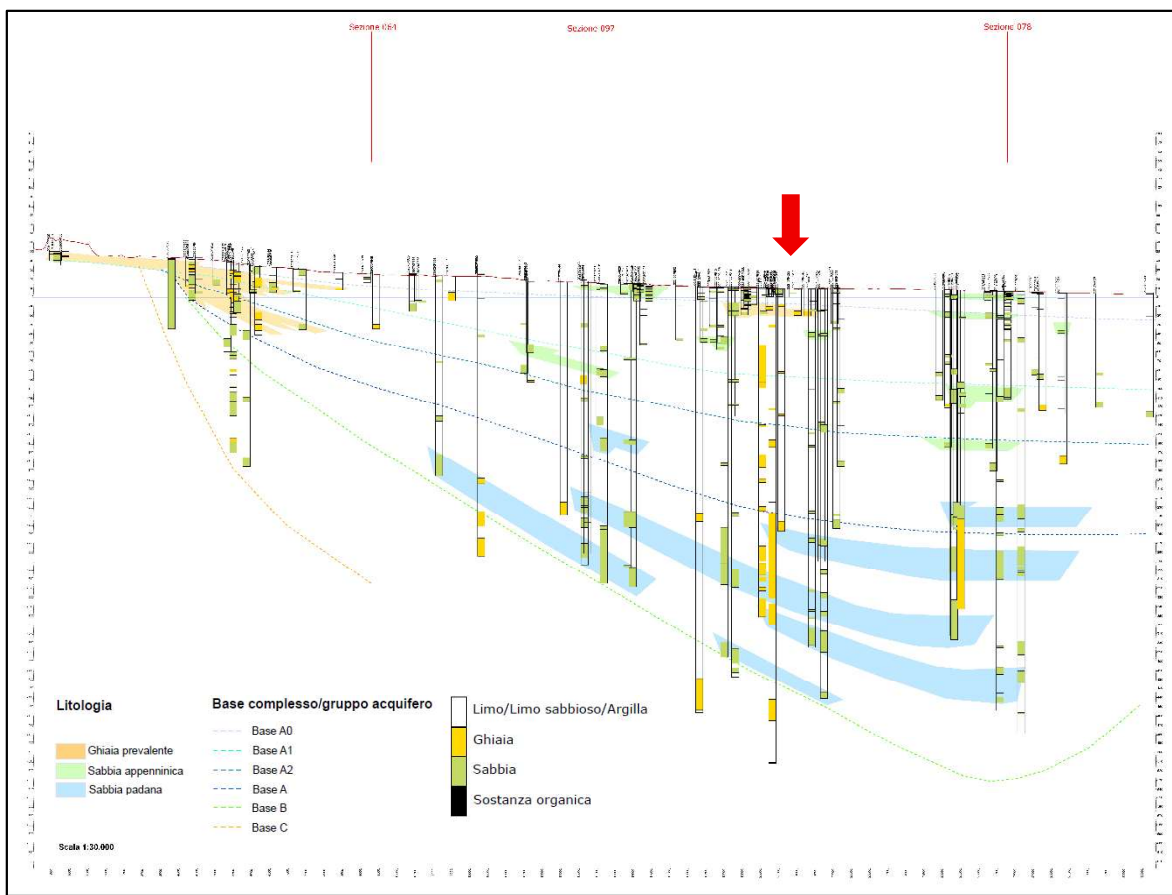


Figura n. 4.4 – Sezione geologica completa n. 157 desunta dalla banca dati della regione Emilia-Romagna. La freccia di colore rosso indica ove è ubicata l'area in esame lungo la sezione.

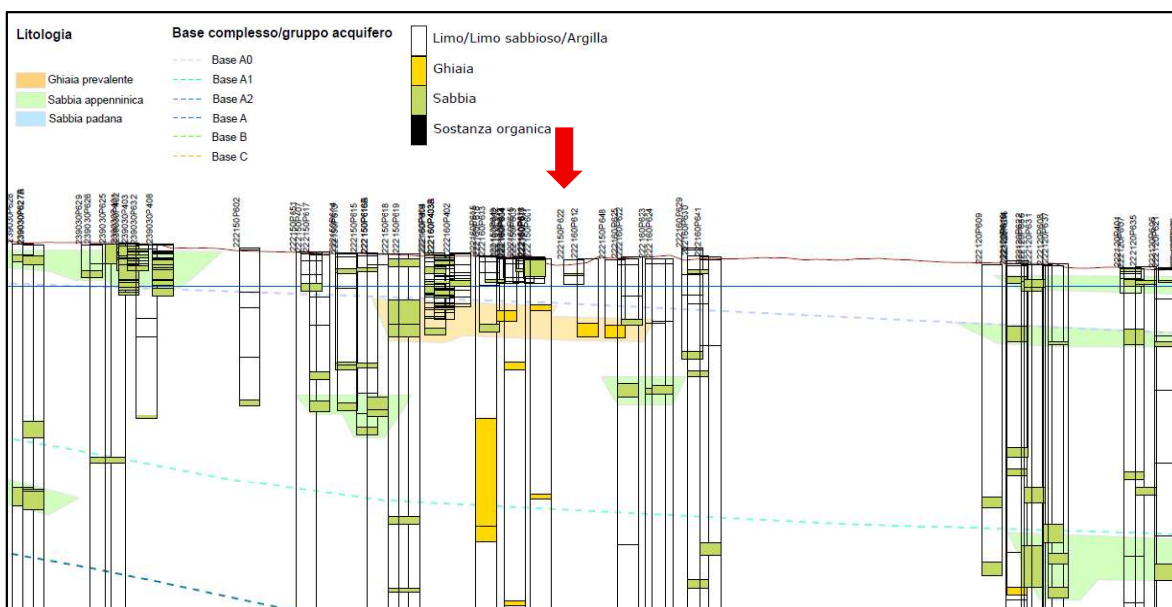


Figura n. 4.5 - Stralcio della sezione geologica n. 157 desunta dalla banca dati della regione Emilia-Romagna. La freccia di colore rosso indica ove è ubicata l'area in esame lungo la sezione.

5. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI

5.1. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame saranno definite nelle successive fasi progettuali in base:

- all'elaborazione dei dati forniti dalle prove in sito (penetrometrie e sondaggi) e in laboratorio (proprietà indice, granulometrie, limiti di Atterberg, prove di taglio, prove edometriche ecc.) che saranno eseguite;
- ad elementi forniti dalla letteratura geotecnica sui terreni in esame.

5.2. PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO IN ESAME

L'elaborazione dei dati che saranno acquisiti nelle successive fasi progettuali, permetterà di definire i caratteri geotecnici dei terreni in esame e di predisporre un quadro sintetico dei parametri geotecnici caratteristici.

6. ACQUE SUPERFICIALI - PRINCIPALI CORSI D'ACQUA

Tutto il territorio comunale di Lugo ricade nella parte di pianura del bacino idrografico del torrente Senio, la cui asta fluviale ha una lunghezza pari a circa 88 chilometri ed un bacino imbrifero di circa 270 chilometri quadrati.

L'area in esame (figura n. 6.1) si trova nel comparto idraulico *Canal Vela dal Consorzio di bonifica della Romagna Occidentale*, in un'area in cui è presente una fitta rete di rii, scoli, fossi e canali che drenano le acque in direzione est e nordest verso gli abitati di Comacchio e Casalborgorsetti.

La posizione del sito in esame nell'ambito della rete scolante consorziale è evidente nella figura n. 6.2.

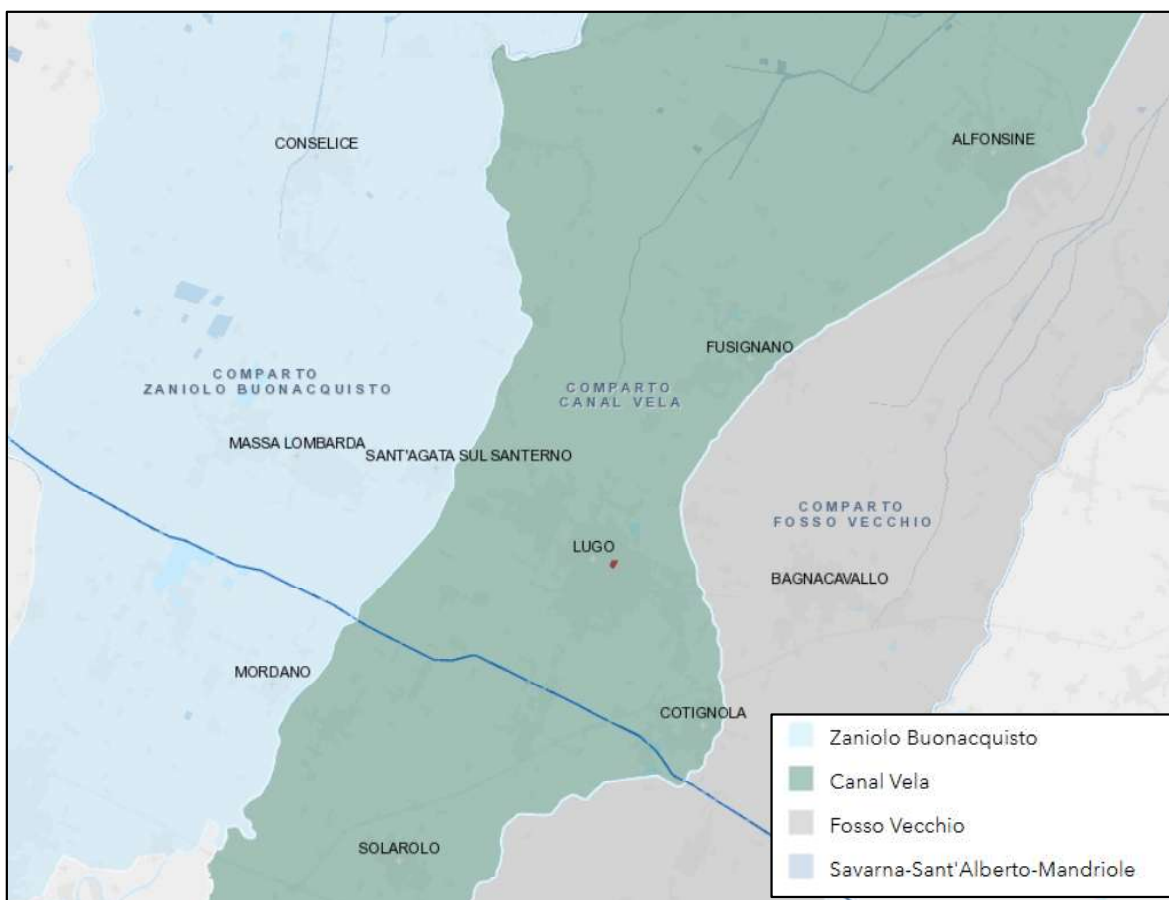


Figura n. 6.1 - Comparti idraulici della pianura della Bassa Romagna individuati dal Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale. Con il colore rosso è evidenziata l'area in esame.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

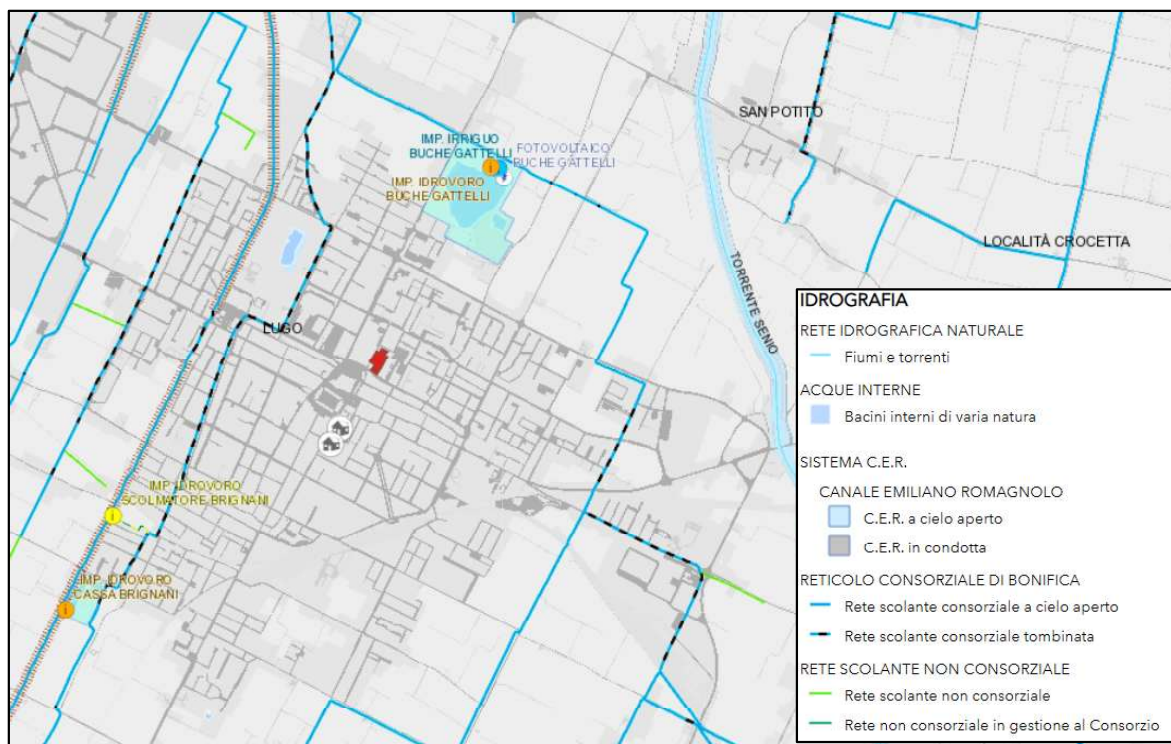


Figura n. 6.2 - Situazione locale dell'idrografia e dei principali scoli consorziali. Con il colore rosso è evidenziata l'area in esame.

7. ACQUE SOTTERRANEE

7.1. L'ACQUIFERO SOTTERRANEO DELLA PIANURA REGIONALE

Gli studi geologici ed idrogeologici⁴, portati avanti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, hanno inquadrato la situazione dell'acquifero sotterraneo della pianura regionale come schematizzato nella figura n. 7.1.

| UNITA' STRATIGRAFICHE | | SEQUENZE DEPOSIZIONALI | ETA' (milioni di anni) | SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni) | UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|---|---------------------------|---------------------|-------------------|
| | | | | | GRUPPO ACQUIFERO | COMPLESSO ACQUIFERO | SISTEMA ACQUIFERO |
| SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO | SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE | Qc | ~0.12 | PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE | | | |

Figura n. 7.1 - Schema dell'acquifero della pianura regionale.

Dal punto di vista idrogeologico, nei depositi della pianura regionale, sono state pertanto distinte tre Unità Idrostratigrafiche fondamentali (Gruppi Acquiferi A, B e C), di cui le prime due riferite al Supersistema Emiliano-Romagnolo, costituito fondamentalmente da depositi alluvionali e in minima parte da sedimenti marini marginali. In particolare, il Gruppo Acquifero A concerne il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), mentre quello B riguarda invece il Sistema Emiliano-

⁴ Si veda, in proposito, il volume *Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna*, pubblicato in collaborazione ad ENI-AGIP nel 1998.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

Romagnolo Inferiore (AEI). Il più antico Gruppo Acquifero C interessa, invece, i depositi costieri e marini marginali caratterizzati da sabbie alternate a sedimenti più fini. In prossimità dei principali sbocchi vallivi ricadono in quest'ultimo Gruppo anche le ghiaie intercalate alle sabbie dei delta conoidi dei fiumi appenninici risalenti al Pleistocene inferiore e medio.

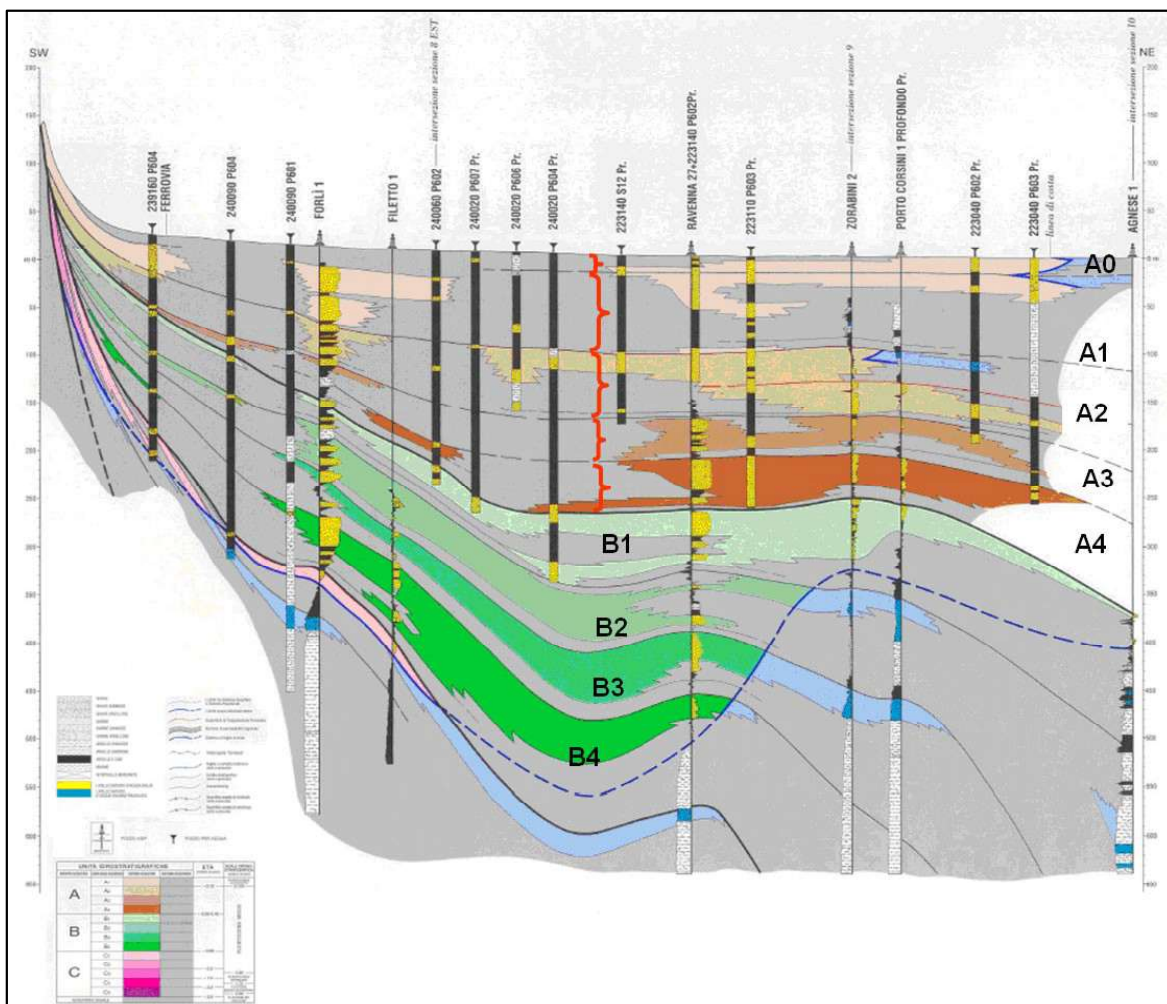


Figura n. 7.2 - Unità Idrostratigrafiche.

Come si può osservare anche nella figura n. 7.2, ciascuna di queste tre Unità Idrostratigrafiche fondamentali è costituita da più sequenze deposizionali coeve, le cui litologie corrispondono anche a sintemi e ambienti deposizionali diversi, separate l'un l'altra da superfici di discontinuità, contraddistinte dalla presenza di un livello scarsamente permeabile continuo, che funge da acquicludo. Ciascuno di questi Complessi Acquiferi è indicato con la lettera maiuscola del relativo Gruppo Acquifero seguito da un numero progressivo.

7.2. CORPI IDRICI SOTTERRANEI DELLA PIANURA REGIONALE

Le attività di adeguamento del monitoraggio ambientale delle acque sotterranee dell'Emilia-Romagna, in ottemperanza alle Direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE,

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

hanno provveduto all'individuazione dei corpi idrici sotterranei, approfondendo la conoscenza tanto della geologia quanto degli impatti antropici sulla qualità delle acque sotterranee. È stato così aggiornato quanto contenuto nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna, approvato nel 2005.

L'identificazione e la delimitazione dei corpi idrici sotterranei di pianura e montani, nel territorio della Regione Emilia-Romagna, sono state effettuate e formalizzate dalla Regione con la Delibera di Giunta n. 350 dell'8 febbraio 2010. I corpi idrici individuati in pianura sono complessivamente 96.

Ai sensi delle Direttive EU (Quadro Acque 2000/60) si intende per «corpo idrico sotterraneo»: *“un volume distinto di acque sotterranee contenute da una o più falde acquifere. il corpo idrico sotterraneo è l'unità di gestione di riferimento per le acque sotterranee, definito nelle 3 dimensioni spaziali sulla base di criteri geologici ed idrogeologici, e considerando le pressioni antropiche a cui può essere sottoposto”*.

Nell'Allegato 1 del D. Lgs. 30/09 è previsto che, per l'individuazione dei corpi idrici sotterranei, si debba in successione individuare:

- i complessi idrogeologici;
- i sub-complessi;
- le tipologie di acquifero;
- l'acquifero;
- il corpo idrico.

Per complesso idrogeologico s'intende, in particolare, l'insieme di uno o più termini litologici aventi caratteristiche idrogeologiche simili (assetto idrogeologico, permeabilità, porosità, capacità di infiltrazione, vulnerabilità, facies idrochimiche). Al suo interno possono essere distinti dei sub-complessi. La definizione dei complessi idrogeologici viene effettuata a scala regionale/nazionale.

Nell'ambito regionale emiliano-romagnolo sono stati individuati e cartografati nel Gruppo Acquifero A tre complessi idrogeologici, denominati:

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

Nell'ambito dei complessi idrogeologici, così definiti, specifiche indagini hanno poi identificato gli acquiferi in essi contenuti: a loro volta distinti in base sia alle specifiche caratteristiche geologiche-idrogeologiche, sia e sulla base dello stato della pressione antropica di ogni acquifero. Nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Emilia-Romagna del 2005 sono stati fatti coincidere gli acquiferi con i corpi idrici.

Secondo la ricostruzione dei corpi idrici sotterranei, già inclusa nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna approvato nel 2005 (PTA), una volta escluso l'acquifero libero (A0), gran parte della pianura emiliano-romagnola è formata da un acquifero multifalda, in cui la porzione grossolana dei complessi acquiferi è sede di una falda confinata o semi confinata.

Al fine del monitoraggio, ciascuno dei singoli acquiferi confinati (A1, A2, A3..), avrebbe dovuto essere considerato come un corpo idrico a se stante. Poiché, in questo caso, il costo dei controlli sarebbe stato troppo elevato, in pratica ne sono stati fatti due raggruppamenti in senso verticale: gli acquiferi A1 e A2 sono stati considerati un unico acquifero confinato e tutti gli altri (A3, A4, B e C) un secondo

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

acquifero confinato (figura n. 7.3). Questa suddivisione verticale ha anche un preciso significato geologico. Infatti, le unità A1 ed A2 riflettono l'evoluzione del sistema catena-pianura in modo differente rispetto alle unità sottostanti, specie per gli aspetti paleogeografici. I due acquiferi verticali si articolano, a loro volta, in diversi corpi idrici.

I dati di monitoraggio disponibili indicano che, spesso, le varie falde hanno caratteristiche qualitative e quantitative diverse tra loro. Quelle più superficiali hanno tempi di ricarica più veloci e generalmente un impatto antropico maggiore sia in termini di sfruttamento della risorsa sia di carico di inquinanti, che si verifica soprattutto nelle zone di ricarica dell'acquifero principale o subito a valle di esse. Nei complessi idrogeologici della piana alluvionale la pressione antropica è prevalentemente concentrata negli acquiferi più superficiali A1 e A2, mentre questa pressione si attenua in quelli sottostanti.

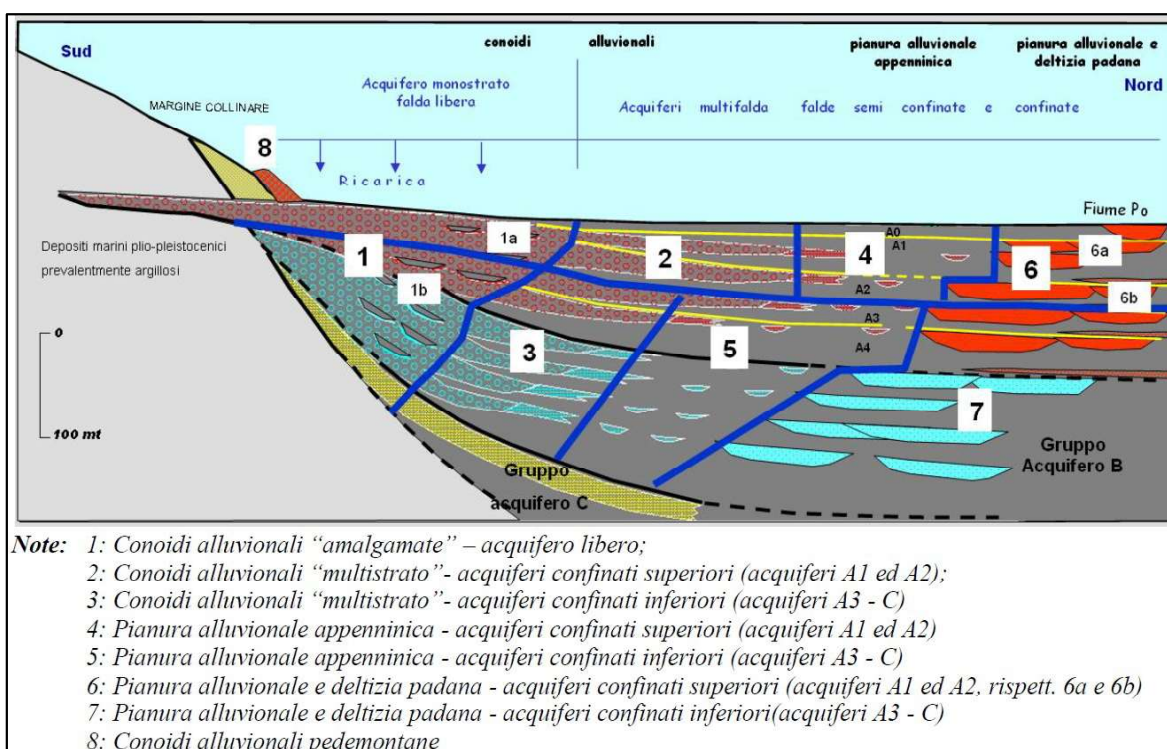


Figura n. 7.3 - Complessi idrogeologici e corpi idrici approvati dalla delibera n. 350/2010 Regione Emilia-Romagna.

7.3. SITUAZIONE LOCALE – FALDA FREATICA SUPERFICIALE

7.3.1. Falde artesiane

Nel territorio ove si sviluppa il progetto in oggetto, sono presenti acquiferi confinati di una certa consistenza a partire da una profondità di oltre 20 metri dal piano di campagna.

7.3.2. Falda freatica superficiale

Il livello della falda freatica presente nel sottosuolo in esame può essere

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

desunto dai dati rilevati dalla rete regionale di monitoraggio consultabili dal portale FaldaNET.

La figura n. 7.4 mostra le misurazioni della falda freatica effettuate dal 2020 al 2025 nella stazione 04RA, che risulta essere la più vicina all'area in esame. Questi dati indicano che la soggiacenza della falda oscilla da 1,5 metri a 3,0 metri di profondità dal piano di campagna.

Va però tenuto presente che, in situazioni invernali o in seguito a prolungate precipitazioni, la falda freatica possa risalire, anche se temporaneamente, fino a profondità prossime al piano di campagna attuale.

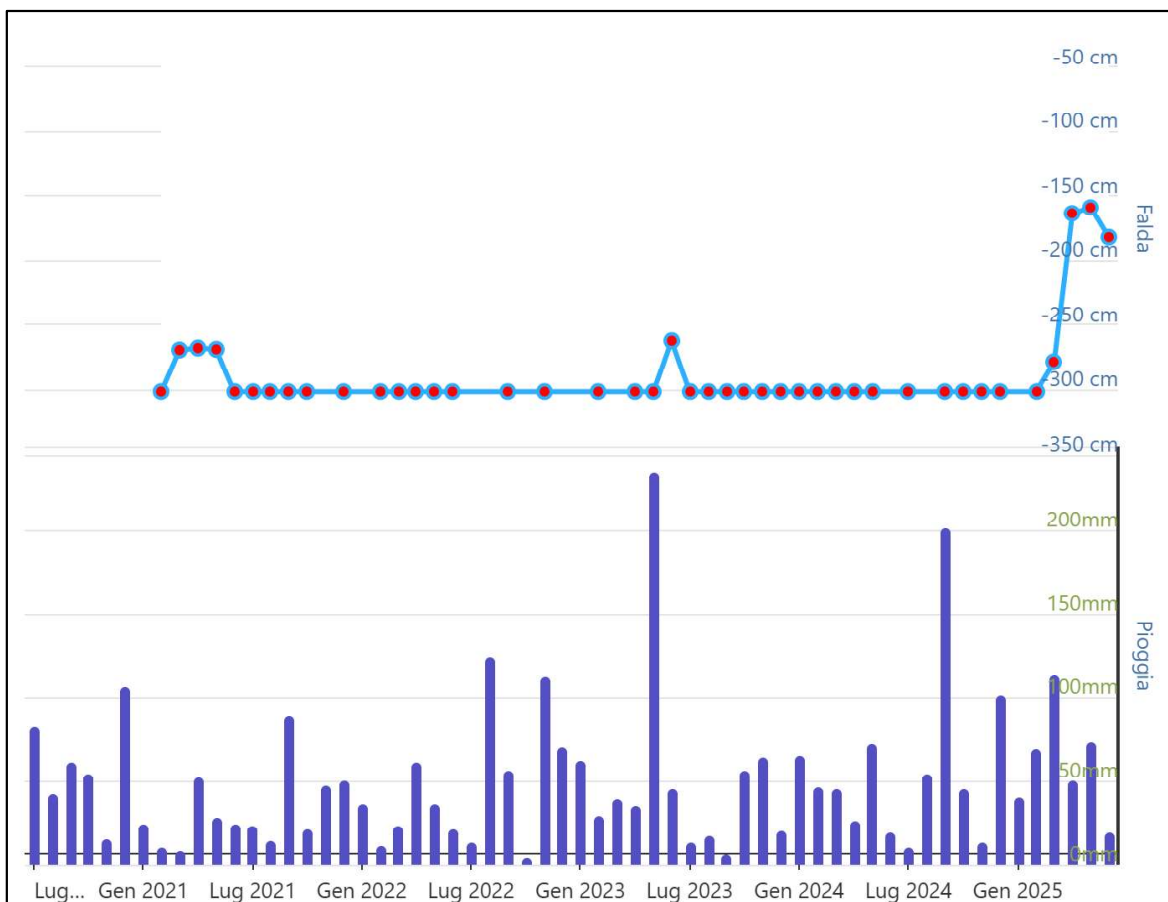


Figura n. 7.4 - Andamento della falda ipodermica misurata nella stazione di monitoraggio 04RA.

8. SISMICITÀ

8.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI LUGO

Il territorio del Comune di Lugo è classificato sismico di seconda categoria (S=9), in base alla classificazione nazionale dei Comuni italiani stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, che ha confermato quella precedente proposta nel 1998. I Comuni sismici italiani sono pertanto distinti in 4 zone (tabella n. 8.1). Le prime 3 [zone con sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6)] erano già state definite dalla Legge 64/74. La zona 4 è invece di nuova introduzione. A ciascuna di queste zone è stato assegnato uno specifico valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Ad ogni area del territorio nazionale è stato assegnato un proprio livello di pericolosità sismica.

TABELLA N. 8.1 - ZONE SISMICHE E MASSIMI VALORI DI a_g

| ZONA | VALORI MASSIMI DI a_g |
|----------|------------------------------------|
| 1 | $>0,25$ |
| 2 | $0,15 \div 0,25$ |
| 3 | $0,05 \div 0,15$ |
| 4 | $<0,05$ |

Il comune di Lugo, in base alla Classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna, appartiene alla zona 2 (figura n. 8.1).

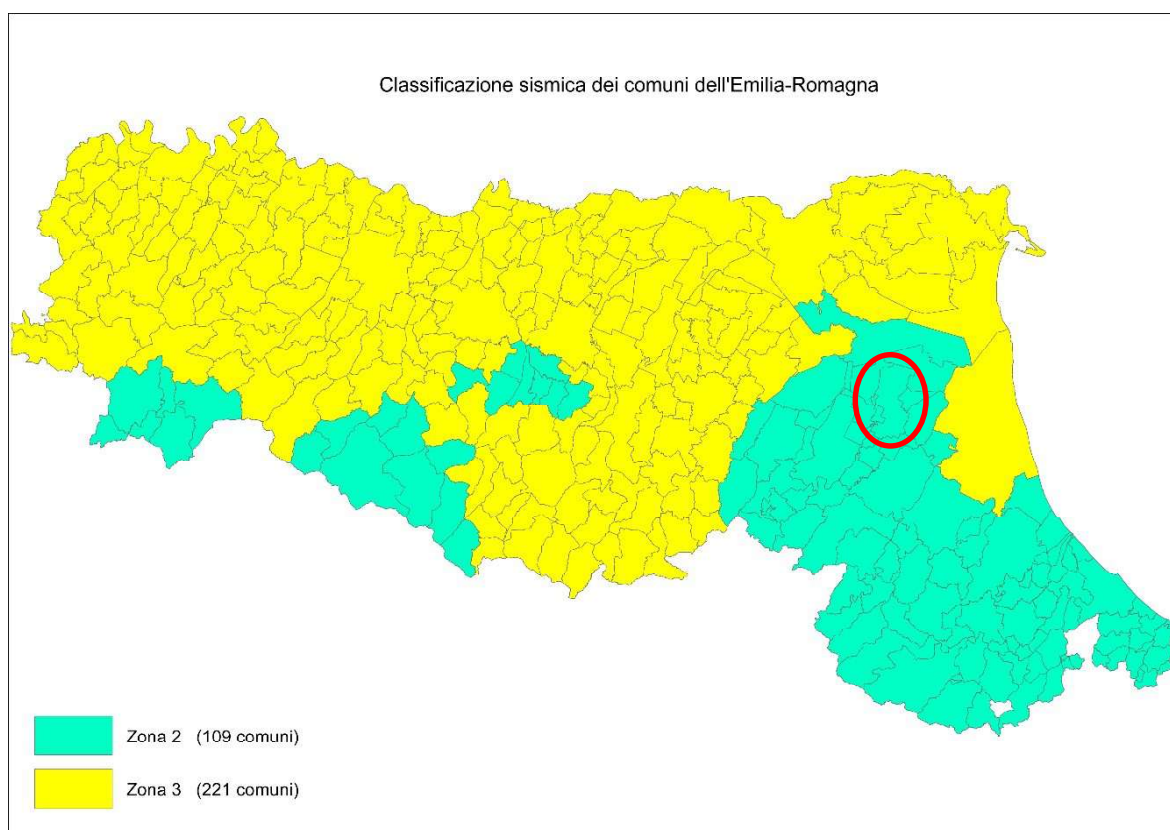


Figura n. 8.1 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia-Romagna. DGR n° 146 del 06/02/2023 "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna".

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

8.2. ZONIZZAZIONE SISMICA

Nella mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, redatta a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (figura n. 8.2) la pericolosità di ciascuna zona è espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi contraddistinti da $V_{s30} > 800$ m/s.

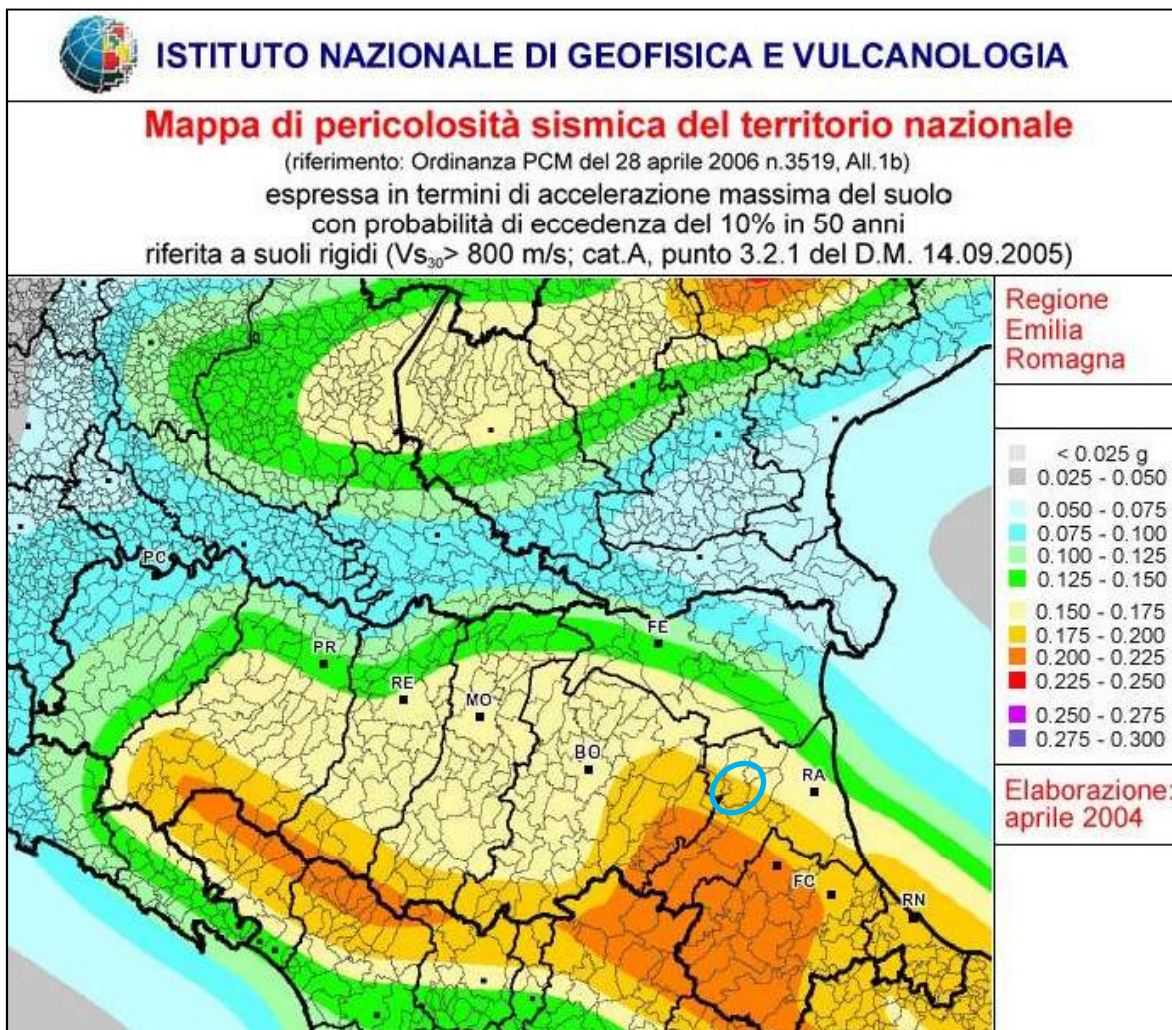


Figura n. 8.2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.

In questa mappa il territorio in esame ricade in un'area caratterizzata da un'accelerazione sismica orizzontale massima a_g pari a **0,175-0,200 g**.

8.3. TERREMOTO DI RIFERIMENTO

La storia sismica del Comune di Lugo è stata desunta dal Database Macrosismico Italiano, versione 2.0 del DBMI15⁵. Nella tabella n. 8.2 sono riportati

⁵ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

gli eventi di maggiore intensità verificatisi a Lugo, indicando per ciascuno di essi, oltre agli effetti provocati al sito, espressi come Intensità (MCS), quando si è verificato, il numero di località coinvolte (NMDP), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

TABELLA N. 8.2 - STORIA SISMICA DI LUGO

| Effetti | In occasione del terremoto del: | | | | |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------|------|------|------|
| Intensità [MCS] | Data Year Mo Da Ho Mi Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw |
| F | 1505 01 03 02 | Bolognese | 31 | 8 | 5.62 |
| NC | 1570 11 17 19 10 | Ferrarese | 58 | 7-8 | 5.44 |
| 8 | 1688 04 11 12 20 | Romagna | 39 | 8-9 | 5.84 |
| 5 | 1781 04 04 21 20 | Faentino | 96 | 9-10 | 6.12 |
| 5 | 1781 07 17 09 40 | Faentino | 46 | 8 | 5.61 |
| 4 | 1873 03 12 20 04 | Appennino marchigiano | 196 | 8 | 5.85 |
| 2-3 | 1874 10 07 | Imolese | 60 | 7 | 4.96 |
| 4 | 1875 03 17 23 51 | Costa romagnola | 144 | 8 | 5.74 |
| 3 | 1878 03 12 21 36 | Bolognese | 31 | 6 | 4.84 |
| 3 | 1887 09 30 15 55 | Faenza | 10 | 5 | 4.12 |
| 4 | 1891 06 07 01 06 14.00 | Valle d'Ilasi | 403 | 8-9 | 5.87 |
| 5 | 1891 08 01 13 32 22.00 | Lugo | 15 | 4-5 | 4.36 |
| NF | 1897 12 18 07 24 20.00 | Alta Valtiberina | 132 | 7 | 5.09 |
| NF | 1898 01 16 13 10 | Romagna settentrionale | 110 | 6 | 4.59 |
| NF | 1904 06 10 11 15 28.00 | Frignano | 101 | 6 | 4.82 |
| NF | 1904 11 17 05 02 | Pistoiese | 204 | 7 | 5.1 |
| 6-7 | 1909 01 13 00 45 | Emilia Romagna orientale | 867 | 6-7 | 5.36 |
| 4-5 | 1911 02 19 07 18 30.00 | Forlivese | 181 | 7 | 5.26 |
| 5 | 1914 10 27 09 22 | Lucchesia | 660 | 7 | 5.63 |
| 5 | 1916 08 16 07 06 14.00 | Riminense | 257 | 8 | 5.82 |
| 4 | 1919 06 29 15 06 13.00 | Mugello | 565 | 10 | 6.38 |
| 4 | 1920 09 07 05 55 40.00 | Garfagnana | 750 | 10 | 6.53 |
| 4 | 1929 04 10 05 44 | Bolognese | 87 | 6 | 5.05 |
| 2 | 1929 07 18 21 02 | Mugello | 56 | 6-7 | 4.96 |
| 3 | 1930 10 30 07 13 | Senigallia | 268 | 8 | 5.83 |
| 4 | 1935 06 05 11 48 | Faentino | 27 | 6 | 5.23 |
| NF | 1948 06 13 06 33 36.00 | Alta Valtiberina | 142 | 7 | 5.04 |
| 2 | 1953 12 14 07 11 06.00 | Appennino forlivese | 48 | 5-6 | 4.7 |
| 4 | 1956 02 20 01 29 41.00 | Argenta | 17 | 5-6 | 4.96 |
| NF | 1956 04 26 03 00 03.00 | Appennino bolognese | 89 | 6 | 4.74 |
| NF | 1961 05 08 22 45 51.00 | Forlivese | 40 | 5 | 4.37 |
| F | 1965 12 18 09 22 25.00 | Pianura romagnola | 11 | 5 | 4.54 |
| 4 | 1969 01 10 16 17 32.00 | Pianura Ravennate | 22 | 5 | 4.38 |
| NF | 1972 11 30 11 25 27.45 | Costa pesarese | 30 | | 4.52 |
| 4-5 | 1978 12 05 15 39 04.00 | Romagna | 34 | 4-5 | 4.61 |
| 2-3 | 1983 11 09 16 29 52.00 | Parmense | 850 | 6-7 | 5.04 |
| 2 | 1984 04 29 05 02 59.00 | Umbria settentrionale | 709 | 7 | 5.62 |

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA
RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO
 MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di
 Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica,*
analisi preliminare

| Effetti | In occasione del terremoto del: | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|-----------|-----------|
| Intensità [MCS] | Data Year Mo Da Ho Mi Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw |
| NF | 1986 12 06 17 07 19.77 | Ferrarese | 604 | 6 | 4.43 |
| 3 | 1989 09 13 21 54 01.50 | Prealpi Vicentine | 779 | 6-7 | 4.85 |
| NF | 1995 12 27 23 44 27.69 | Forlivese | 37 | 5 | 3.97 |
| NF | 1999 01 25 22 45 58.08 | Appennino forlivese | 97 | 5 | 4.36 |
| 4 | 2000 05 06 22 07 03.78 | Faentino | 85 | 5 | 4.08 |
| 4 | 2000 05 08 12 29 56.20 | Faentino | 126 | 5 | 4.67 |
| 2-3 | 2000 05 10 16 52 11.60 | Faentino | 151 | 5-6 | 4.82 |
| NF | 2002 11 02 10 57 44.89 | Ferrarese | 79 | 4 | 4.21 |
| 4-5 | 2003 09 14 21 42 53.18 | Appennino bolognese | 133 | 6 | 5.24 |
| NF | 2003 12 07 10 20 33.04 | Forlivese | 165 | 5 | 4.18 |
| NF | 2005 07 15 15 17 18.00 | Forlivese | 173 | 4-5 | 4.29 |

DEFINIZIONI DELLE SIGLE UTILIZZATE NELLA TABELLA N. 8.2

| | |
|-------------------------|---|
| Intensità [MCS] | Intensità macrosismica espressa in scala MCS. Alcuni effetti non sono esprimibili con la scala MCS per cui vengono utilizzati dei codici alternativi (si veda la relativa tabella) |
| Data | Data del terremoto |
| Area epicentrale | Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto |
| NMDP | Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto |
| Io | Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI15, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg |
| Mw | Magnitudo momento, da CPTI15 |

CODICI ALTERNATIVI MCS UTILIZZATI NELLA TABELLA N. 8.2

| Codice | Descrizione |
|---------------|---|
| RS | Registrazione strumentale. Osservazioni scartate |
| NR | Non riportato (Not Reported). Osservazioni scartate |
| W | Onde anomale, tsunami (sea Waves). Oss. scartate |
| E | Effetti ambientali (Environmental effects). Oss. scartate |
| G | Indicazione generica di danno a un sito |
| NF | Non percepito (Not Felt) |
| NC | Non classificato (Not Classified) |
| SF | Percepito leggermente (Slightly Felt) |
| F | Percepito (Felt) |
| HF | Percepito distintamente (Highly Felt) |
| SD | Danno leggero (Slight Damage) |
| D | Danno (Damage) |
| HD | Danno grave (Heavy Damage) |

I maggiori terremoti locali sono indicati nella figura n. 8.3. Tra di essi, il maggiore noto si è verificato nel 1688.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

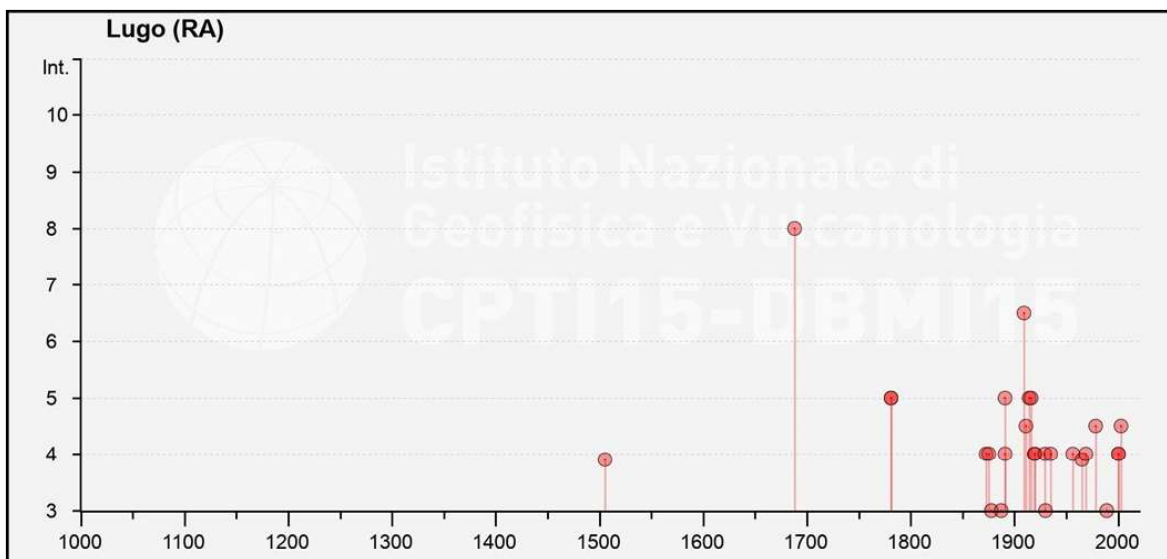


Figura n. 8.3 - I maggiori terremoti storici che hanno colpito l'area di Lugo (Database Macrosismico Italiano, versione 2.0 DBMI15)

8.4. MAGNITUDINE DI PROGETTO

Nella Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, l'area in oggetto ricade nella zona "Dorsale Ferrarese 912" con M_w max_gr (magnitudo momento massima) di **6,14** (figura n. 8.4).

Nel *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Version 3.2.1, l'area in esame è situata tra la sorgente sismogenetica composita ITCS011: Ascensione-Armaia con M_w max (magnitudo momento massima) **6,0** e la sorgente sismogenetica individuale ITIS100: Bagnacavallo con M_w max (magnitudo momento massima) **5,8**.

A Nord del territorio di pertinenza del comune di Lugo è presente invece la sorgente sismogenetica composita ITCS012: Malalbergo-Ravenna con M_w max (magnitudo momento massima) **6,0** (figura n. 8.5).

L'insieme dei dati disponibili porta pertanto a ritenere che, nel caso del territorio in esame, sia cautelativo utilizzare, nei calcoli, una magnitudo pari a **6.14** (ZS9).

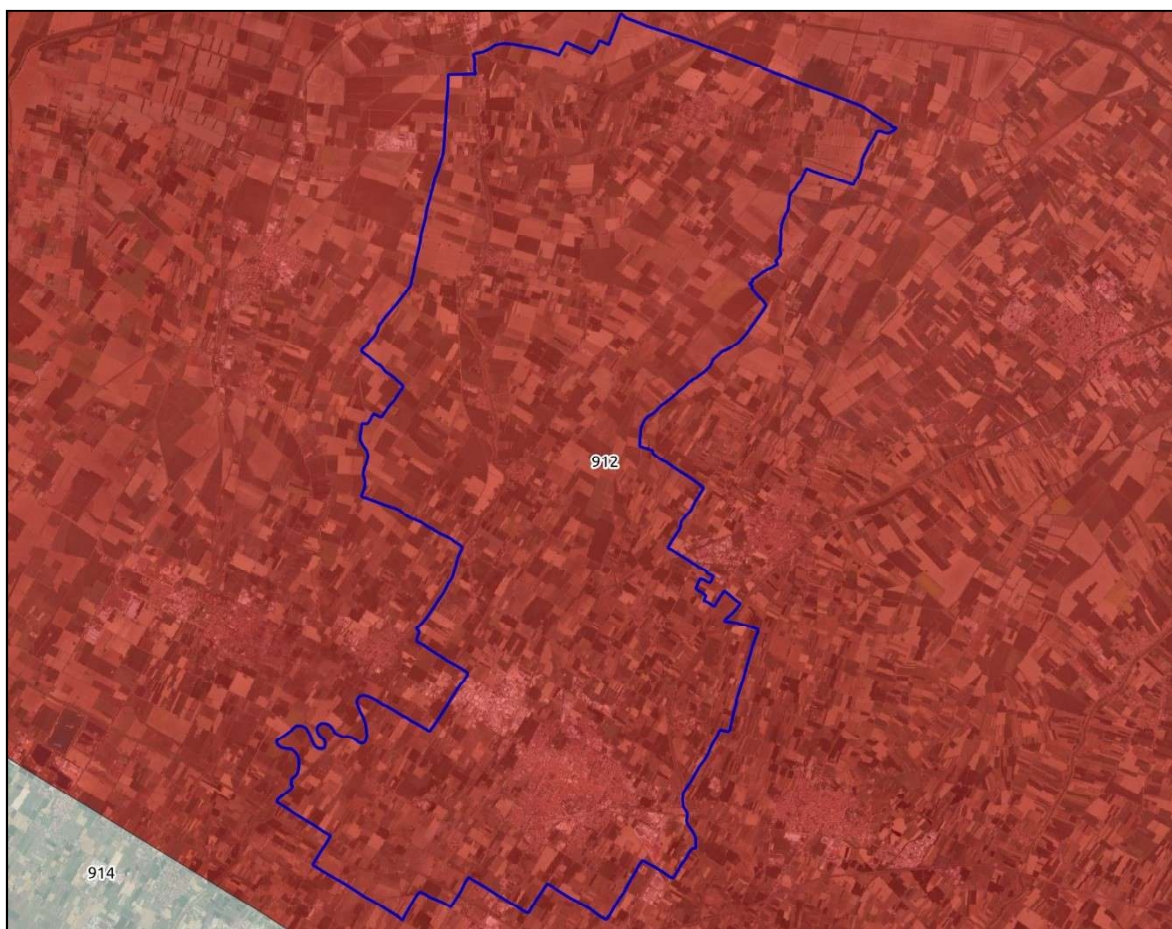


Figura n. 8.4 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Comune di Lugo.

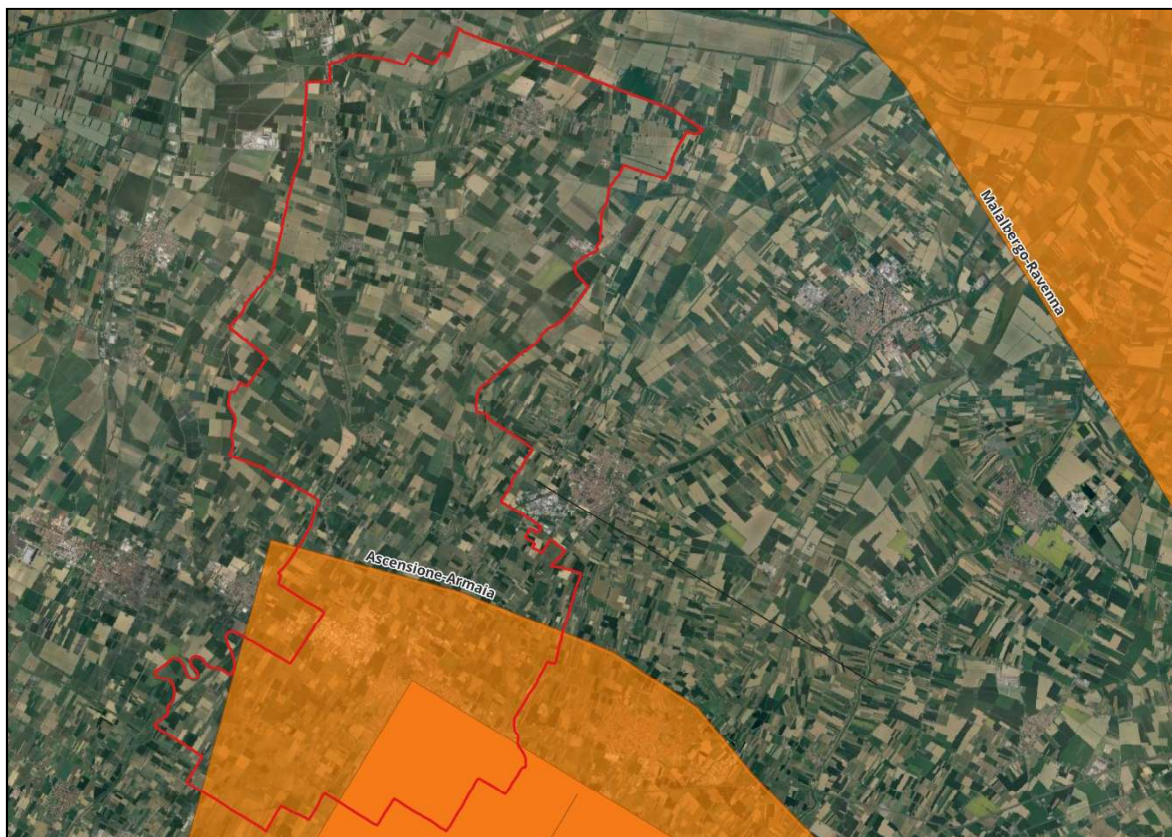


Figura n. 8.5 - Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS (Versione 3.2.1) nella zona di pertinenza del Comune di Lugo.

9. CARATTERI GEOFISICI

9.1. MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO III DEL COMUNE DI LUGO

Il Comune di Lugo (RA) è dotato di uno studio di microzonazione sismica con un approfondimento di terzo livello. Tale studio è stato redatto sulla base delle modalità riportate negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome il 13/11/2008 e s.m.) e seguendo i principi contenuti nella D.G.R. 112/2007 della Regione Emilia-Romagna.

Nel presente capitolo sono riassunti i caratteri salienti di tale studio relativamente all'area in esame.

La figura n. 9.1 riporta la Carta delle indagini (scala 1:5.000). Nell'area in esame sono presenti numerose indagini geologiche utilizzate per la microzonazione sismica del Comune di Lugo.

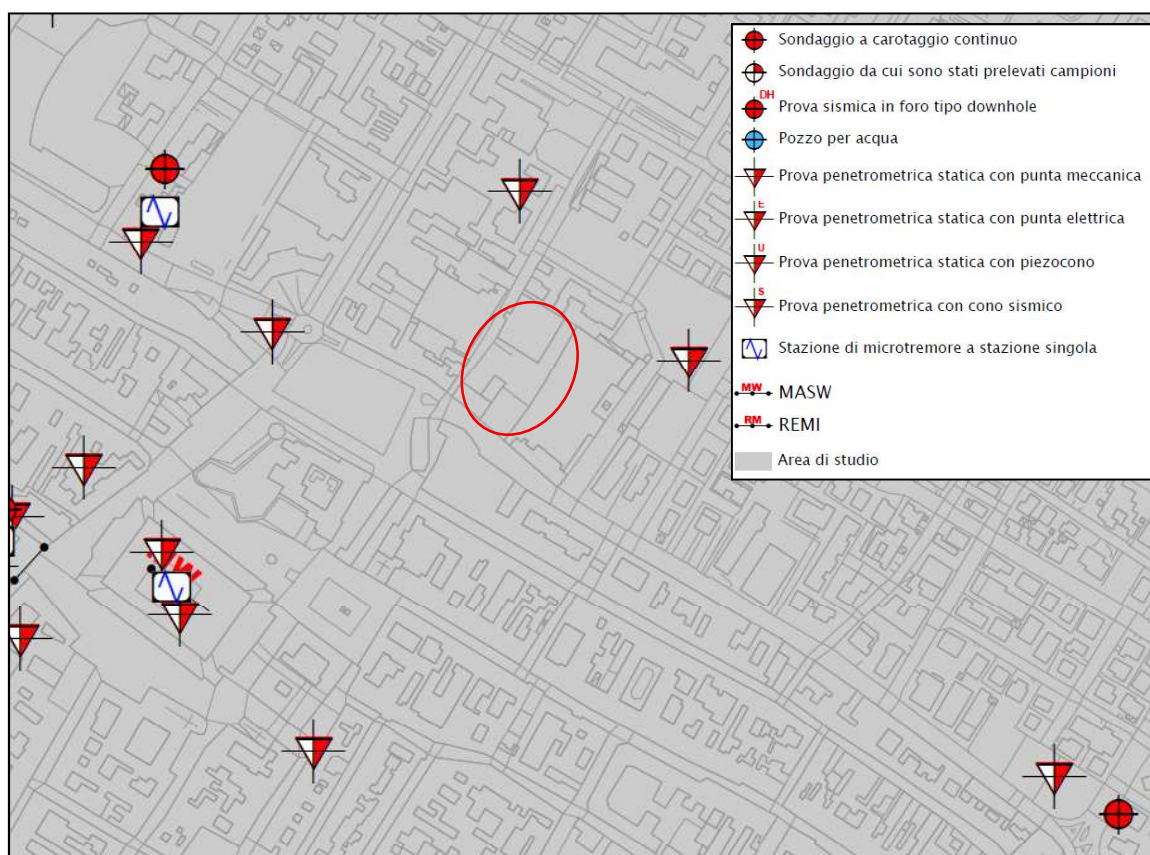


Figura n. 9.1 - Carta delle indagini (scala 1:5.000).

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

La figura n. 9.2 mostra la Carta delle Vs (scala 1:35.000). Nell'intorno dell'area in esame le velocità delle onde di taglio (Vs30) variano da 211 a 238 m/s.

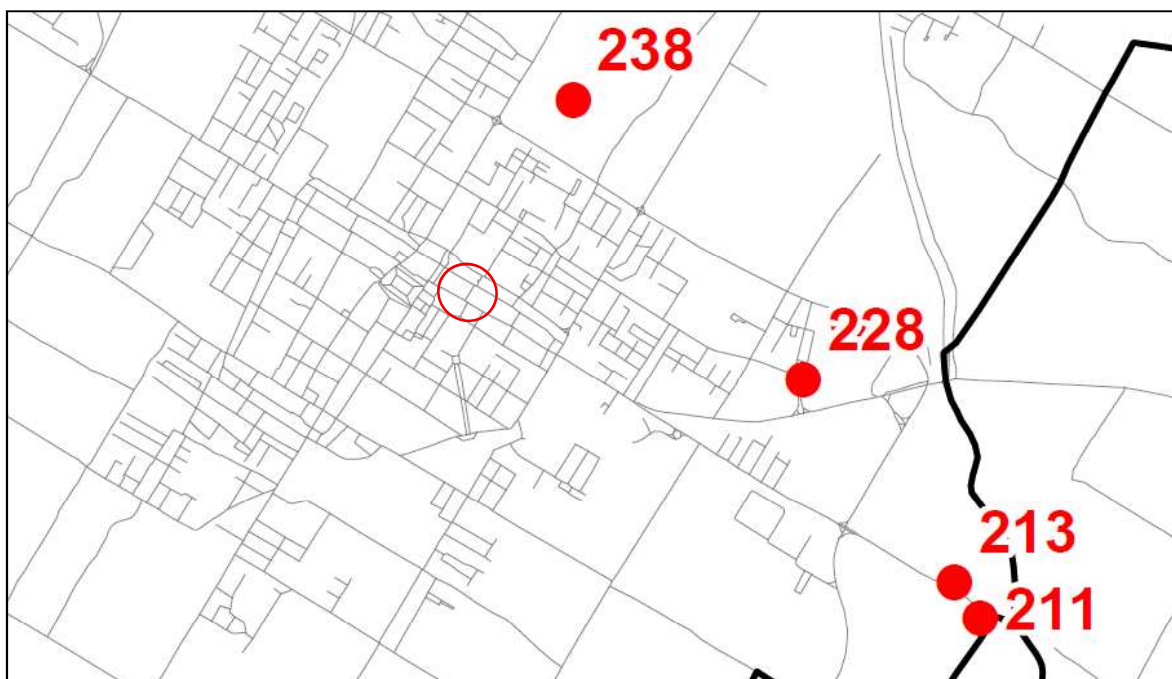


Figura n. 9.2 - Carta delle Vs (scala 1:35.000).

La figura n. 9.3 contiene la Carta delle frequenze naturali di risonanza (scala 1:10.000). Nell'area in esame dominano le frequenze comprese tra 0,80 e 1,0 Hz.

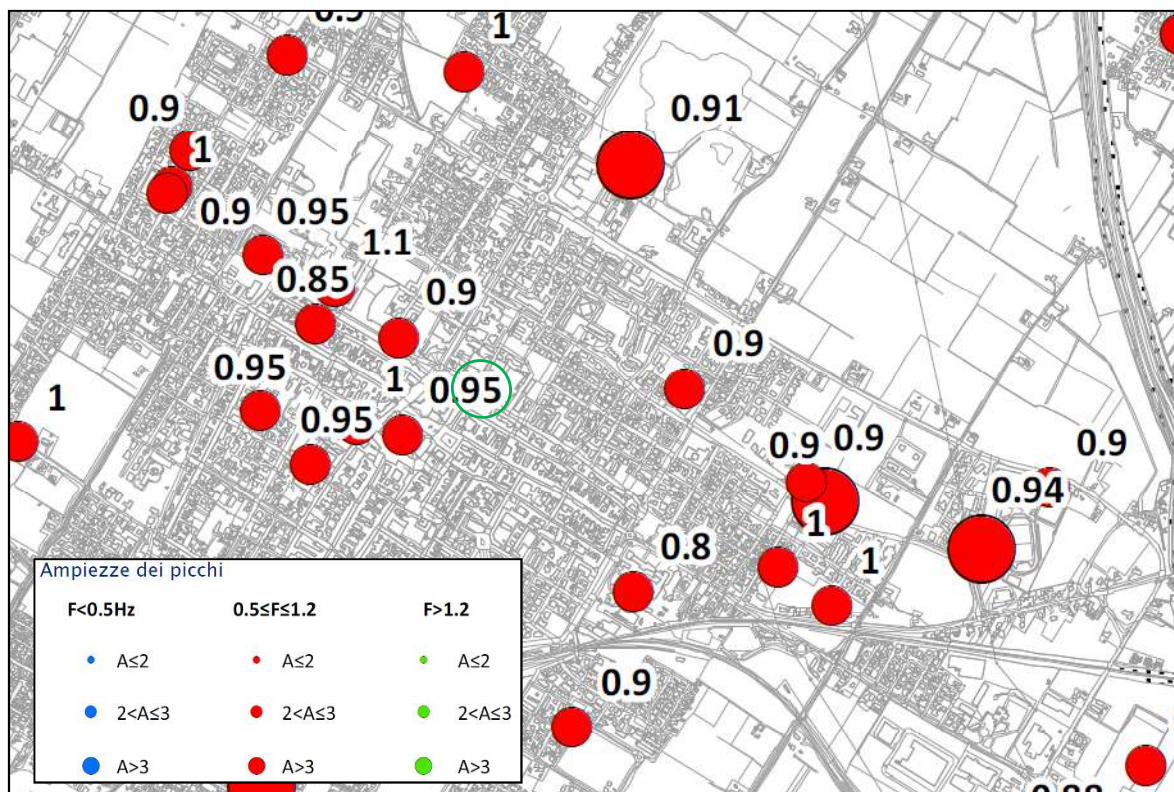


Figura n. 9.3 - Carta delle frequenze naturali di risonanza.

La figura n. 9.4 riporta la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (scala 1:5.000). L'area in esame ricade nella:

- ZALQ1-e: zona di attenzione per liquefazione tipo 1, caratterizzata da una successione stratigrafica di depositi sabbiosi superficiali dello spessore di circa 0,5-1,5 metri, cui fanno seguito depositi limoso-argillosi con intercalazioni sabbioso-limose, talune di forma lenticolare e altre di maggior estensione areale con uno spessore variabile tra 12 e 21 metri fino a raggiungere depositi prettamente sabbiosi e/o sabbioso-limosi con uno spessore compreso tra 7 e 9 metri.

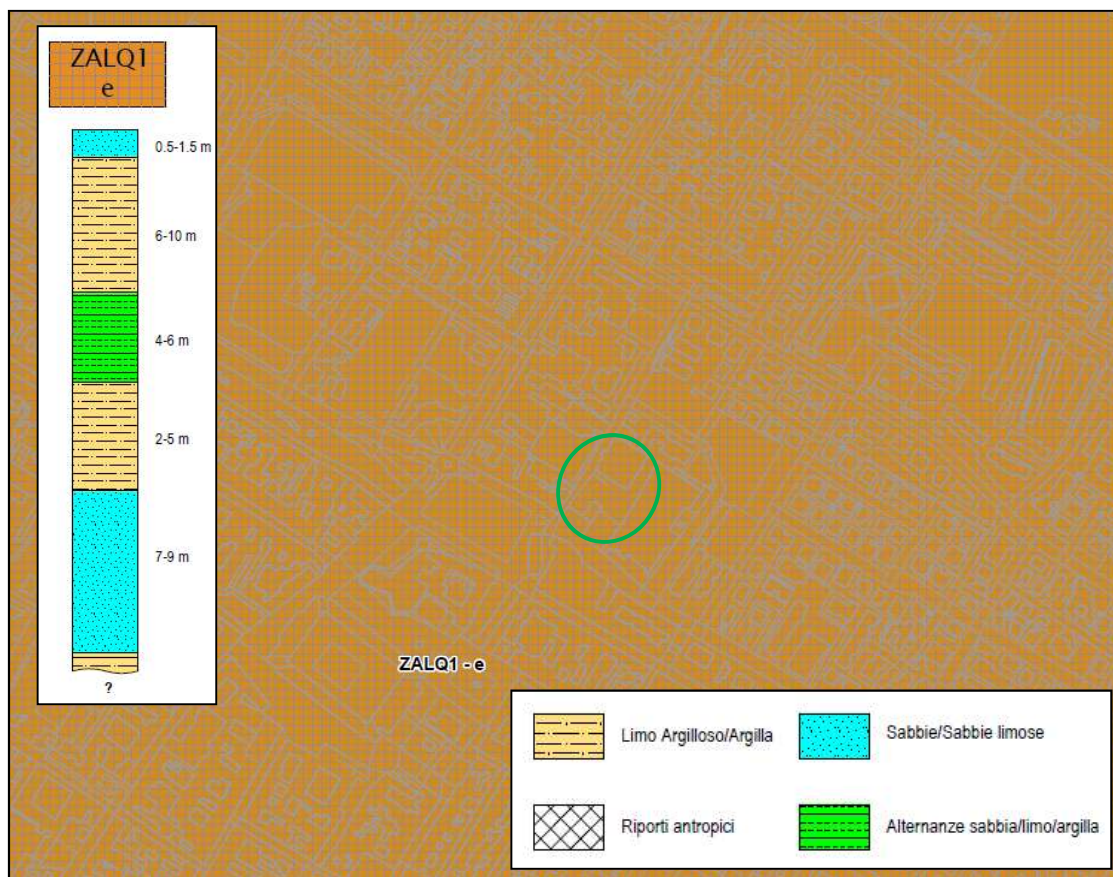


Figura n. 9.4 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (scala 1:5.000).

Nella figura n. 9.5 è presente lo stralcio della Carta delle PGA (1:5.000). L'area in esame ricade nelle:

- Zone Suscettibili di instabilità (Livello 3). ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione ($FA = 1.1 - 1.2$; $2 < IL \leq 5$).

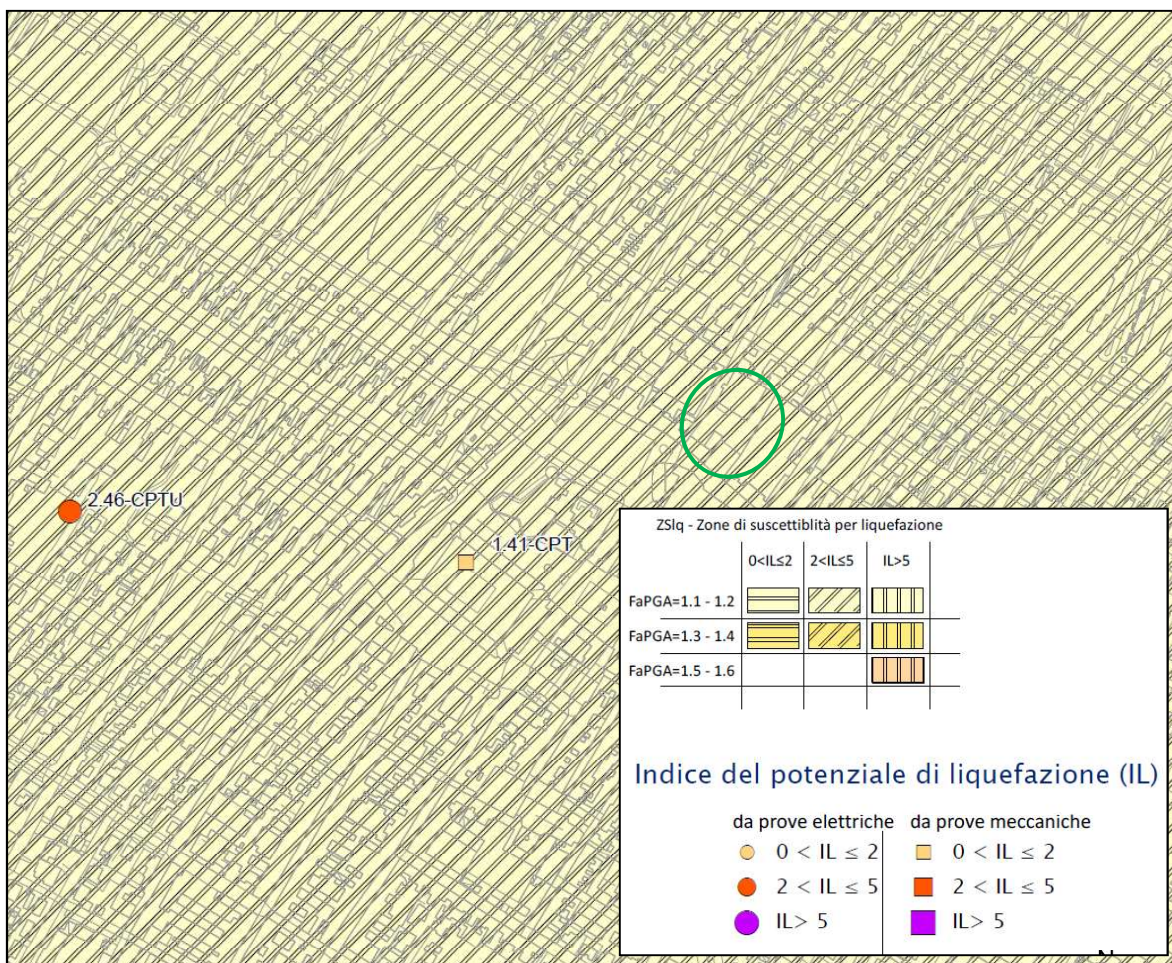


Figura n. 9.5 - Carta dei Fattori di Amplificazione PGA e IL (scala 1:5.000).

9.2. RISPOSTA SISMICA DEL TERRENO. APPROCCIO SEMPLIFICATO, DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018

9.2.1. Impostazione concettuale

Secondo le Norme tecniche per le costruzioni 2018 (Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018) la risposta del terreno ad una sollecitazione dinamica (sisma) dipende dalla rigidità dello stesso, descritta a sua volta, in approccio semplificato, da 5 categorie di sottosuolo tipo. L'attribuzione ad una di queste cinque categorie avviene attraverso il calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{seq} (in m/s) definita dalla seguente espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con: h_i = spessore dell'iesimo strato, $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio dell'iesimo strato, N = numero degli strati, H = profondità del substrato definito come quella formazione costituita da rocce o terreno molto rigido caratterizzato da un valore di V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi aventi una profondità H del substrato

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

superiore a 30 metri la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{s_{30}}$.

9.2.2. Categoria di sottosuolo

Dato che il valore di $V_{s_{30}}$, ricavato dalla microzonazione sismica per una quota pari al piano campagna, varia da **211 a 238** m/s, la categoria di sottosuolo per l'approccio semplificato risulta quindi di essere **C** (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s).

Nelle successive fasi progettuali dovranno essere realizzate le opportune indagini geofisiche [M.A.S.W. (Multichannels Analysis Surface Waves), Re.Mi (Refraction Microtremor), ESAC (Extended Spatial Auto Correlation), SCPTU (prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono), DH (Down-hole) ecc.] al fine di approfondire la conoscenza dei caratteri geofisici dei terreni ove sorgerà la variante stradale in progetto.

9.2.3. Categoria Topografica

Poiché il sito in esame si trova in pianura, ne deriva una categoria topografica **T1** (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$) con un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.

9.2.4. Parametrizzazione sismica - Classe edificio III, Vita nominale 50 anni

Si fornisce di seguito la parametrizzazione, relativa al sito considerato, secondo il D.M. 17 gennaio 2018 elaborata con il software P.S. di Geostru.

Sito in esame

latitudine: 44,422646
longitudine: 11,914877
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

| | | | |
|------------------|--------------|--------------|--------------------|
| Sito 1 ID: 17182 | Lat: 44,4240 | Lon: 11,8806 | Distanza: 2725,143 |
| Sito 2 ID: 17183 | Lat: 44,4249 | Lon: 11,9506 | Distanza: 2846,855 |
| Sito 3 ID: 17405 | Lat: 44,3749 | Lon: 11,9518 | Distanza: 6065,824 |
| Sito 4 ID: 17404 | Lat: 44,3740 | Lon: 11,8819 | Distanza: 6014,595 |

Parametri sismici

| | |
|-------------------------|---------|
| Categoria sottosuolo: | C |
| Categoria topografica: | T1 |
| Periodo di riferimento: | 75 anni |
| Coefficiente c_u : | 1,5 |

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 45 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,436
Tc*: 0,271 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 75 [anni]
ag: 0,085 g
Fo: 2,437
Tc*: 0,281 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 712 [anni]
ag: 0,214 g
Fo: 2,407
Tc*: 0,311 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni]
ag: 0,274 g
Fo: 2,420
Tc*: 0,319 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,620
St: 1,000
Kh: 0,021
Kv: 0,010
Amax: 1,007
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,256
Beta: 0,200

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

SLV:

Ss: 1,390
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,083
Kv: 0,042
Amax: 2,913
Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,300
Cc: 1,530
St: 1,000
Kh: 0,100
Kv: 0,050
Amax: 3,489
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Coordinate WGS84

latitudine: 44.421710

longitudine: 11.913898

9.3. RISPOSTA SISMICA LOCALE, DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018

Nelle successive fasi progettuali, qualora le indagini in sito rivelino la necessità di realizzare una verifica della pericolosità sismica legata al fenomeno della liquefazione dei terreni, dovrà essere attuata una specifica analisi della Risposta Sismica Locale.

10. VERIFICA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI LIQUEFAZIONE

Le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche stabiliscono che se nel sottosuolo delle opere in progetto e nelle loro adiacenze, entro una profondità massima di 15/20 metri circa dal piano di campagna, sono presenti strati importanti di sabbie o sabbie limose sottofalda, dovranno essere eseguite indagini specifiche, con relative verifiche, per valutare il pericolo di liquefazione. Questo fenomeno si verifica nei sedimenti sabbiosi saturi, che, durante o dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio.

Poiché nella successione stratigrafica dell'area in esame sono presenti importanti livelli sabbiosi sottofalda e il fenomeno della liquefazione dei terreni è stato riconosciuto anche dallo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Lugo, nelle successive fasi progettuali dovrà essere eseguita una specifica analisi di dettaglio della suscettività alla liquefazione.

11. ORIENTAMENTI TECNICI⁶

11.1. MODELLO GEOLOGICO E IDONEITÀ DEL TERRENO

Gli elementi geologici, geotecnici ed idrogeologici acquisiti hanno consentito di definire le caratteristiche fondamentali (modello geologico) del terreno ove è in progetto la variante di riqualificazione urbana in oggetto.

Quanto precedentemente esposto porta, in via preliminare, a ritenere che il terreno in esame sia adeguato all'attuazione di quanto previsto.

In base alla tipologia delle fondazioni, la capacità portante del terreno può essere determinata, alla profondità e secondo le caratteristiche prescelte, con le metodologie correnti ed impiegando prudenzialmente i parametri geotecnici desumibili dall'insieme delle prove in sito che saranno eseguite nelle successive fasi progettuali.

11.2. PORTANZA DEL TERRENO (FONDAZIONI SUPERFICIALI)

A titolo di esempio, utilizzando la procedura prevista, dal D.M. 11.03.1988, la capacità portante del terreno, nel caso di fondazioni superficiali, sarà orientativamente determinata, con la formula di Brinch Hansen (1970), trascurando i fattori di inclinazione ed eccentricità del carico, di inclinazione del piano di campagna e di inclinazione della base della fondazione:

$$Q = c N_c S_c D_c + q N_q S_q D_q + 1/2 \gamma B N_\gamma S_\gamma D_\gamma$$

dove: Q = capacità portante; c = coesione del terreno al di sotto del piano di posa; q = pressione litostatica alla base della fondazione; γ = peso dell'unità di volume del terreno di fondazione; N_c = fattore di capacità portante relativo alla coesione; N_q = fattore di capacità portante relativo al sovraccarico; N_γ = fattore di capacità portante relativo al peso del terreno; B = larghezza della fondazione; S_c , S_q , S_γ = fattori di forma variabili a seconda se le fondazioni sono nastriformi, rettangolari, quadrate o circolari; D_c , D_q , D_γ = fattori di profondità della fondazione.

Tali calcoli saranno realizzati nel successivo approfondimento, dopo l'acquisizione dei necessari dati stratigrafici e geotecnici.

11.3. CEDIMENTI DEL TERRENO (FONDAZIONI SUPERFICIALI)

Un primo orientamento in merito ai cedimenti sarà realizzato in seguito con l'acquisizione dei dati stratigrafici e geotecnici.

11.4. PORTANZA DEL TERRENO (FONDAZIONI PROFONDE)

La capacità portante delle fondazioni profonde (pali) può essere determinata con le metodologie correnti ed impiegando prudenzialmente i parametri geotecnici desumibili dall'insieme delle prove eseguite.

Utilizzando la procedura prevista, dal D.M. 11.03.1988, la portanza di un singolo palo può essere calcolata utilizzando le seguenti formule:

⁶ I presenti orientamenti tecnici sono basati sul modello geologico locale e sulle caratteristiche generali delle opere in progetto. Essi esprimono una possibile modalità d'uso della zona, ma non intendono e non possono sostituirsi alle scelte tecniche del Progettista, fondate su una specifica conoscenza dei parametri dell'opera in progetto, dei suoi carichi e della sua compatibilità strutturale con le sollecitazioni e con le particolarità geologico - geotecniche del sito.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

$$Q = Q_p + Q_{li}$$

ove

$$Q_p = A \times ((N_c \times C) + (s'_{vo} \times N_q)) \times (1/F)$$

con

A= area palo

N_c= fattore relativo alla coesione

C= coesione

s'_{vo}= carico litostatico

N_q = fattore di Berezantev dipendente da φ'

F= fattore di sicurezza pari a 2,5/3,0

$$Q_{li} = (3,14 \times D \times \sum(H_i \times R_{li})) \times (1/F)$$

con

D= diametro del palo

H= spessore dello strato i-esimo

R_{li} = k × s'_{vo} × tgφ'

k= 0,5 per sabbie sciolte - 1 per sabbie dense

F= fattore di sicurezza pari a 2,5/3,0

Sarà cura del Progettista, definite le puntuali caratteristiche delle opere di fondazione, formulare il computo della capacità portante del terreno.

11.5. CEDIMENTI DEL TERRENO (FONDAZIONI PROFONDE)

Considerando il modello stratigrafico preliminare si può ipotizzare che i cedimenti per singolo strato siano contenuti e di relativa rapida dissipazione.

Sarà poi cura del Progettista formulare il computo preciso dell'entità di tali cedimenti.

Per maggiore sicurezza, potranno essere effettuate opportune prove di carico sui pali all'atto esecutivo.

11.6. COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

In merito al coefficiente di reazione del sottofondo (K_{ps}) del terreno in esame, può essere fatto riferimento allo studio teorico sperimentale di Terzaghi (1955) riferito alla piastra modello di 0,30 metri di lato.

Lo studio citato fornisce valori medi del coefficiente di reazione del sottofondo aderenti al comportamento effettivo del suolo; quindi, possono essere assunti i relativi valori, riportati nella tabella n. 11.1.

TABELLA N. 11.1 - COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO SECONDO TERZAGHI

| | Kps (kg/cmc) | | |
|-------------------------|---|-----------------------------|---------------------------|
| | <i>Sabbia sciolta</i> | <i>Sabbia media</i> | <i>Sabbia densa</i> |
| Sabbie asciutte o umide | 1.3 | 4.1 | 16 |
| Sabbie immerse in acqua | 0.8 | 2.5 | 9.6 |
| | Resistenza alla compressione semplice in kg/cm ^q | | |
| | $Q_u = 1-2 \text{ kg/cm}^q$ | $Q_u = 2-4 \text{ kg/cm}^q$ | $Q_u > 4 \text{ Kg/cm}^q$ |
| Argilla compatta | 2.4 | 4.8 | >9.6 |

Il conseguente modulo di reazione (K_r) può essere calcolato per fondazioni continue di larghezza B (in cm) e per un terreno incoerente tramite la seguente relazione:

$$K_r = K_{ps} \left(\frac{B + 30}{2B} \right)^2 \quad \text{kg/cmc}$$

e per un terreno coerente tramite la seguente relazione:

$$K_r = \frac{K_{psnb} \times 30}{1,5B} \quad \text{kg/cmc}$$

Un quadro orientativo generale relativo al coefficiente di reazione del sottofondo K_{ps} (Winkler) dei vari tipi litologici può essere anche ricavato dalla tabella n. 11.2.

TABELLA N. 11.2 - COEFFICIENTI DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO K_{ps} (WINKLER) RICAVATI COME SINTESI DALLA CORRENTE LETTERATURA TECNICA (MAMMINO)

| Tipi di terreno | K_{ps} (kg/cmc) |
|--|--------------------------------|
| Torba leggera | 0.6-1.2 |
| Torba pesante | 1.2-1.8 |
| Terra vegetale | 1.0-1.5 |
| Depositi recenti (ovvero pozzolane recenti, discariche di materiale litoide, morene male addensate ecc.) | 1.0-2.0 |
| Sabbia fine | 1.5-2.0 |
| Sabbia (con granulometria diffusa e scarso indice dei vuoti) | 2.0-4.0 |
| Miscugli eterogenei di sabbie, fasi limose, argille rappresentate in maniera casuale ed in percentuali variabili (terre classificabili empiricamente come segue): | |
| terra molto umida | 2.0-3.5 |
| terra poco umida | 3.0-6.0 |
| terra secca | 5.0-10.0 |
| Argilla con sabbia | 8.0-10.0 |
| Argilla plastica, montmorillonitica, rigonfiatasi in presenza d'acqua | 10.0-12.0 |
| Sabbia (i valori più alti vanno attribuiti ad arenarie farinose facilmente sfaldabili, già avviate però a divenire arenarie aggregate a struttura litoide per prosecuzione di fenomeni chimico fisici già in atto) | 8.0-15.0 |
| Ghiaia con sabbia (granulometricamente composta in modo che non ci siano vuoti visibili ad occhio nudo) | 10.0-15.0 |
| Ghiaia con sabbia (già classificabile come conglomerato naturale scarsamente o mediamente cementato, sul tipo delle puddinghe o brecce mioceniche) | 15.0-25.0 |
| Ghiaia (ad elementi sottili, da 0,5 a 2 centimetri di diametro) | 15.0-20.0 |

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA
RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO
 MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di
 Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica,*
analisi preliminare

| Tipi di terreno | K_{ps} (kg/cmc) |
|--|-------------------------------------|
| Ghiaia (a ciottoli grossi di elevate caratteristiche meccaniche, come misti di fiume ben lavati): per fondazioni poco ampie per fondazioni ampie | 20.0-25.0 25.0-30.0 |
| Roccia | 30.0 ed oltre |
| Roccia molto fratturata, epidermica rispetto alla formazione | 15.0-25.0 |
| Roccia sana, poco o nulla fratturata ed arenarie compatte | 30.0-80.0 |
| Arenarie antiche, metamorfosate, a struttura lamellare (ad esempio pietra lavagna) | 30.0-50.0 |
| Calcari sani non cariati (formazioni dolomitiche, calcari grigi del Lias ecc.) | 30.0-50.0 |
| Rocce vulcaniche (porfidi, basalti, graniti) non degradate né argillificate | >50.0 |

11.7. INDICAZIONI PROGETTUALI

L'analisi preliminare realizzata consente di asserire che il piano di posa delle fondazioni delle strutture in progetto è compatibile con il modello geologico dell'area e che la portanza del terreno di fondazione in oggetto e i relativi cedimenti sono adeguati alla realizzazione di quanto previsto dal progetto. È essenziale, in ogni caso, che le fondazioni poggino su un substrato litologicamente omogeneo.

Poiché l'area interessata dalla variante stradale in progetto si attesta su un deposito alluvionale appartenente all'Unità di Modena (AES8a) dell'Olocene che presenta una certa eterogeneità sia verticale sia orizzontale, si suggerisce un'attenta verifica del substrato di fondazione, posto in luce all'atto esecutivo. Ne deriva l'opportunità della presenza in cantiere del geologo durante le principali operazioni di scavo al fine di verificare la tipologia dei terreni del piano di posa delle fondazioni identificato dal progetto e stabilire col Progettista, in caso si riscontrino localizzate anomalie, gli accorgimenti tecnici da apportare ed eventualmente il nuovo piano di posa delle fondazioni delle opere.

Si suggerisce, infine, di porre particolare attenzione nella progettazione alla concreta possibilità che la falda freatica possa risalire, anche se temporaneamente, fino a profondità prossime al piano di campagna attuale.

12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente indagine geognostica riguarda il terreno ove è in progetto la variante di riqualificazione urbana, RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009.

L'area in esame si trova su una superficie pianeggiante posta tra 8,4 e 11,6 metri sul livello marino. Nella zona ove è situata non sono evidenti particolari processi morfogenetici, tali da poter arrecare danno a quanto previsto dal progetto. In particolare, dato l'andamento pianeggiante della superficie, non sussistono problemi di stabilità.

Il sito in esame è contraddistinto dalla presenza di un deposito alluvionale di pertinenza dell'Unità di Modena (AES8a) dell'Olocene.

Il deposito alluvionale ivi presente è costituito da alternanze di limi argillosi e/o argille limose e limi sabbiosi con inclusi organici e intercalazioni lentiformi di sabbia limosa mediamente fino a circa 21 metri nel sottosuolo. A maggiore profondità sono evidenti alternanze di sabbie sciolte e compatte, con la presenza di livelli limosi e di ghiaie fini mediamente almeno sino a circa 30 metri dalla superficie. La situazione del sottosuolo in oggetto, riconosciuta mediante l'analisi delle prove in sito precedentemente descritte, è compendiate nella tabella n. 4.2 e nelle sezioni geologiche inserite nel paragrafo 4.3. "Sezioni geologiche di riferimento".

Le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame saranno definite nelle successive fasi progettuali in base all'elaborazione dei dati forniti dalle prove in sito (penetrometrie e sondaggi) e in laboratorio (proprietà indice, granulometrie, limiti di Atterberg, prove di taglio, prove edometriche ecc.) che saranno eseguite.

I dati disponibili indicano la presenza di acque sotterranee artesiane nei depositi ghiaioso sabbiosi posti ad oltre 20 metri nel sottosuolo.

I dati desunti dalla rete regionale di monitoraggio della falda freatica, consultabili dal portale FaldaNET, mostrano che nella zona in esame la soggiacenza della tavola d'acqua oscilla da 1,5 metri a 3,0 metri di profondità dal piano di campagna.

Il territorio del Comune di Lugo è classificato sismico di seconda categoria (S=9). In base alla Classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna, appartiene alla zona 2 e, nella mappa di pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, presenta valori di accelerazione sismica orizzontale massima (a_g) pari a 0,175-0,200 g.

I dati geofisici disponibili nella zona in esame (Microzonazione Sismica di livello III) hanno consentito di definire un valore della velocità delle onde S alla profondità di 30 metri dal piano di campagna variabile da 211 a 238 m/s, compatibile con la categoria di sottosuolo C delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018 e s.m.i.). La misura dei microtremori (Microzonazione Sismica di livello III), realizzata con la tecnica di Nakamura (1989), ha evidenziato che nell'area in esame dominano le frequenze comprese tra 0,80 e 1,0 Hz. Nelle successive fasi progettuali dovranno essere realizzate le opportune indagini geofisiche [M.A.S.W. (Multichannels Analysis Surface Waves), Re.Mi (Refraction Microtremor), ESAC (Extended Spatial Auto Correlation), SCPTU (prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono), DH (Down-hole) ecc.] al fine di approfondire la conoscenza dei caratteri geofisici dei terreni interessati dalla variante in progetto.

INTERVENTO VARIANTE A PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

RUrc n. 6: AREA EX CONSORZIO AGRARIO, VIA ACQUACALDA E VICOLO MACELLO approvato da delibera di C.C. n. 52 del 20/04/2009, Comune di Lugo (RA). *Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione Sismica, analisi preliminare*

Poiché nella successione stratigrafica dell'area in esame sono presenti importanti livelli sabbiosi sottofalda e il fenomeno della liquefazione dei terreni è stato riconosciuto anche dallo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Lugo, nelle successive fasi progettuali dovrà essere eseguita una specifica analisi di dettaglio della suscettività alla liquefazione. Qualora le indagini in sito rivelino la necessità di realizzare una verifica della pericolosità sismica legata al fenomeno della liquefazione dei terreni, dovrà essere attuata una specifica analisi della Risposta Sismica Locale.

Gli elementi geologici, geotecnici ed idrogeologici acquisiti hanno consentito di definire le caratteristiche fondamentali (modello geologico) del terreno, ove è prevista la realizzazione in progetto. Quanto esposto porta, in via preliminare, a ritenere che il terreno in esame sia adeguato all'attuazione di quanto previsto. In base alla tipologia delle fondazioni, la capacità portante del terreno può essere determinata, alla profondità e secondo le caratteristiche prescelte, con le metodologie correnti ed impiegando prudenzialmente i parametri geotecnici desumibili dall'insieme delle prove in sito che saranno eseguite nelle successive fasi progettuali.

La progettazione dovrà tenere conto della concreta possibilità che la falda freatica possa costituirsi, anche se temporaneamente, fino a profondità prossime al piano di campagna attuale.

In base a quanto esposto, l'area in esame appare idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione della variante in progetto.

Forlì, 27 giugno 2025

Il Geologo
Dott. Aldo Antoniazzi

Collaboratori e Specialisti
Dott. Geol. Luca Castellucci