



BRAMBATI SCOLA
GEOLOGI ASSOCIATI

C.F. e P.IVA: 04207580137

Sede: Via Nazario Sauro 2/D,
23862 Civate (LC)

Mail: info@brambati-scola.it

PEC: studio@pec.brambati-scola.it

Andrea Brambati: +39 348 393 9629

Simone Scola: +39 347 843 1551



Città di Gonzaga
Piazza Castello, 1
46023 Gonzaga (MN)

Oggetto:

**Variante generale degli atti del Piano di Governo del
Territorio (P.G.T.) - art. 13 L.R. 11/03/2005, n. 12**

**Aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica
e sismica, ai sensi D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 e s.m.i.**

Titolo del documento:

RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA

Estensori del documento:

Timbro e firma:

Dott. Geologo Andrea Brambati

Via Norico, 2 – 20138 Milano
tel. +39 348 393 9629



Dott. Geologo Simone Scola

Via N. Sauro, 2/d – 23862 Civate (LC)
tel. +39 347 843 1551



Data:

Settembre 2025 – REV2

PARTE I – INTRODUZIONE

- 1.1. Premesse
- 1.2. Quadro normativo
- 1.3. Studi e dati geografici di riferimento
- 1.4. Obiettivi del lavoro

PARTE II – RAPPORTI TRA L.R. 12/2005 E PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

- 2.1. La pianificazione territoriale a scala regionale
- 2.2. La Rete Ecologica Regionale (RER)
- 2.3. Il Piano di Tutela e il Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTA-PTUA)
- 2.4. Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
- 2.5. Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)
- 2.6. Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)

PARTE III – SINTESI DEL QUADRO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

- 3.1. Inquadramento meteorologico
- 3.2. Inquadramento strutturale
- 3.3. Elementi geologici
- 3.4. Elementi morfologici
- 3.5. Struttura idrogeologica
 - 3.5.1. Permeabilità dei terreni superficiali
 - 3.5.2. Dinamica delle acque sotterranee e piezometria locale
 - 3.5.3. Vulnerabilità dell'acquifero superficiale
 - 3.5.4. Porzioni di territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali
- 3.6. Il reticolo idrografico
- 3.7. Rischio idraulico e idrogeologico

PARTE IV – DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA

- 4.1. Risposta sismica locale
 - 4.1.1. Sequenza sismica maggio 2012
- 4.2. Analisi della sismicità del territorio e Carta della pericolosità sismica locale
- 4.3. Zonazione della pericolosità sismica locale: Primo livello
- 4.4. Secondo livello
 - 4.4.1. Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione litologica
 - 4.4.2. Considerazioni conclusive
- 4.5. Terzo livello
 - 4.5.1. Zone con terreni di fondazioni particolarmente scadenti (PSL Z2)
 - 4.5.2. Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)
- 4.6. Considerazioni in merito alla liquefazione

PARTE V – CONCLUSIONI

- 5.1. La fattibilità geologica
- 5.2. Ambiti di pericolosità: Carta dei vincoli
- 5.3. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile
- 5.4. Sintesi degli elementi conoscitivi
- 5.5. Valutazioni finali

ALLEGATI (oggetto di altro fascicolo)

N°	Titolo
1	Schede regionali per la valutazione del Fattore di Amplificazione (FA)
2	Stratigrafie sondaggi e pozzi (Banca dati geologica del sottosuolo - Geoportale Lombardia)
3	Indagini indirette (Banca dati geologica del sottosuolo - Geoportale Regione Lombardia)
4	Indagini geognostiche (Archivio comunale)
5	Rapporti di prova analisi acque Pozzo Bondeno

APPENDICI (oggetto di altro fascicolo)

N°	Titolo
1	Normativa Geologica di Attuazione

TAVOLE - Scala 1:10.000

N°	Titolo
1	Carta Geologica
1.1	Sezioni litostratigrafiche
2	Carta della litologia superficiale
3	Carta idrogeologica
3.1	Sezioni idrogeologiche
4	Carta della vulnerabilità dell'acquifero superficiale
5	Carta della pericolosità sismica locale
5.1	Carta delle aree suscettibili degli effetti locali - P.T.C.P. (2022)
6	Carta PAI - PGRA
7	Carta dei vincoli
8	Carta di sintesi
9	Carta della fattibilità delle azioni di piano
10	Carta delle indagini geognostiche

1.1. Premesse

Il Comune di Gonzaga si è dotato dello studio geologico a supporto della pianificazione urbanistica nel 2009, redatto dal Dott. Geol. Rosario Spagnolo secondo quanto disposto dalla D.G.R. 1566/2005.

Il PGT definisce, attraverso il Documento di Piano, l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio (L.R. 12/2005 art. 8, comma 1, lettera c), individua, per mezzo del Piano delle Regole, le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica eventualmente presenti sul territorio comunale e determina le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate (L.R. 12/2005 art. 10, comma 1, lettera d).

La presente Relazione Geologica Illustrativa:

- è stata redatta ai sensi della Legge Regione Lombardia n. 12/2005 a supporto della suddetta Variante generale al Piano di Governo del Territorio, su incarico conferito dall'Amministrazione comunale di Gonzaga con Determinazione n. 138 del 07/08/2025;
- rappresenta uno studio geologico ai sensi:
 - della Deliberazione di Giunta regionale 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “*Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374*”, pubblicata sul BURL n. 50 Serie Ordinaria del 15 dicembre 2012;
 - della D.G.R. XI/2120 del 9 settembre 2019 “*Aggiornamento dell’allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 30 novembre 2011, n. 2616*”;
 - della D.G.R. n. XI/6314 del 26 aprile 2022 “*Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017*”;
 - della D.G.R. n. XI/7564 del 15 dicembre 2022 “*Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12)*”, pubblicata su BURL Serie Ordinaria n. 51 del 24 dicembre 2022;
 - della D.G.R. n. XII/3007 del 9 settembre 2024 “*Approvazione dell’Allegato 1 “Studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l’aggiornamento della Componente geologica dei PGT e della pianificazione di Protezione Civile” in aggiornamento dell’Allegato 1 alla D.G.R. IX/2616/2011*”;
- provvede all’aggiornamento dello studio geologico precedente, in base alla disponibilità dei dati, relativamente a:
 - recepimento con confronto critico dei dati contenuti nel GeoPortale di Regione Lombardia;
 - raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata (es. PTR – Piano Territoriale Regionale e componente paesaggistica (PPR), PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale);
 - recepimento/adeguamento alle disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) di cui alla D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738 come integrate dalla D.G.R. n. 470 del 2 agosto 2018 (BURL SO 32 del 08/08/2018);
 - aggiornamento della componente sismica ai sensi della nuova classificazione dei comuni lombardi contenuta nella D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129;
 - redazione della carta PAI-PGRA, in adempimento alle disposizioni della delibera sopra citata e della D.G.R. n. XI/6314 del 26 aprile 2022;
 - revisione delle carte dei vincoli, di sintesi, della fattibilità geologica e della pericolosità sismica locale;
 - aggiornamento della Normativa Geologica di Attuazione.

Sulla scorta dei dati e dei criteri geologico-morfologici, idrogeologici e idraulici descritti, l'intero territorio comunale è stato analizzato e classificato con adeguato dettaglio. In particolare è stato possibile definire le caratteristiche del territorio, illustrate nella seguente cartografia allegata a corredo della relazione:

- cartografia tematica e analitica relativa alla distribuzione dei parametri di tipo geologico s.l., più precisamente: parametri di tipo geologico-litologico (**Tavole 1, 1.1 e 2**) e idrogeologico (**Tavole 3, 3.1 e 4**);

- **Tavole 5 e 5.1** con l'attribuzione degli scenari PSL e la perimetrazione delle situazioni tipo Z2a, Z2b e Z4a in grado di determinare effetti sismici locali;
- **Tavola 6 - Carta PAI – PGRA**, aggiorna la cartografia inerente le fasce PAI e riporta le aree allagabili come presenti nelle mappe di pericolosità del PGRA, ricavate attraverso il GeoPortale di Regione Lombardia - Direttiva Alluvioni vigente;
- **Tavola 7 - Carta dei vincoli**, riporta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico;
- **Tavola 8 - Carta di sintesi**, finalizzata al riconoscimento dello stato di fatto del territorio, riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità;
- **Tavola 9 - Carta della fattibilità geologica**, con l'attribuzione del valore di classe di fattibilità all'intero territorio comunale;
- **Tavola 10**, con l'ubicazione delle indagini geognostiche ricavate sia dal GeoPortale di Regione Lombardia sia dagli archivi comunali.

La cartografia di cui sopra, unitamente alla presente Relazione Geologica Illustrativa e alla Normativa Geologica di Attuazione, ha lo scopo di fornire all'Amministrazione comunale la base conoscitiva dello stato fisico del territorio e di verificare la congruità delle scelte di pianificazione e programmazione degli interventi previsti.

Nel seguito della relazione si forniranno pertanto:

- la definizione del quadro normativo in materia di relazioni tra interventi urbanistici e aspetti geologici, idrogeologici e sismici;
- un quadro geologico e idrogeologico del settore urbano nel quale ricade l'area in oggetto al Piano;
- un'analisi della componente sismica finalizzata alla valutazione della pericolosità sismica locale;
- le relative conclusioni, che forniscono valutazioni e prescrizioni inerenti gli interventi sull'area.

In **Appendice 1** alla relazione è riportata la **Normativa Geologica di Attuazione**, che ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d della L.R. 12/2005 e della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 è parte integrante del Piano delle Regole.

1.2. Quadro normativo

In materia di pianificazione del territorio, di classificazione sismica dello stesso e di progettazione delle costruzioni, sono intercorse recenti e rilevanti evoluzioni del quadro legislativo e normativo di riferimento, tanto nazionale, quanto regionale, corrispondenti a:

- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
- Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 21 ottobre 2003 *“Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del presidente del consiglio dei ministri n.3274 del 20 marzo 2003, recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 252 del 29 ottobre 2003;
- D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione art. 57 L.R. 12/05”*, pubblicata il 19 gennaio 2006;
- O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*, pubblicata l’11 maggio 2006 sulla Gazzetta Ufficiale n. 108;
- D.M. 14 gennaio 2008 *«Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*;
- D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 *“Aggiornamento dei «Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12», approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566”*, pubblicata il 12 giugno 2008;
- D.G.R. n. VIII/8515 del 26 novembre 2008 *“Modalità per l’attuazione della Rete Ecologica Regionale in raccordo con la programmazione territoriale degli Enti locali”*.
- D.L. n. 49 del 23 febbraio 2010 *“Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione”*;
- D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374”*, pubblicata sul BURL n. 50 Serie Ordinaria del 15 dicembre 2012;
- D.G.R. X/2129 del 11 luglio 2014 *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”*, pubblicata sul BURL n. 29 Serie Ordinaria del 16 luglio 2014;
- L.R. 33/2015 *“Disposizioni in materia di costruzioni in zona sismica”*;
- D.G.R. X/4549 del 10 dicembre 2015 *“Direttiva 2007/60/CE contributo Regione Lombardia al piano di gestione del rischio alluvioni relativo al distretto idrografico Padano in attuazione dell’art. 7 del D.Lgs. 49/2010”*;
- L.R. n. 4 del 15 marzo 2016 *“Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”*, pubblicata sul BURL n. 11, suppl. del 18 marzo 2016;
- D.G.R. n. X/5001 del 30 marzo 2016 *“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)”*;
- D.P.C.M. 27 ottobre 2016 *“Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano”*;
- D.G.R. 10/6738 del 19 giugno 2017 *“Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato istituzionale dell’autorità di bacino del fiume Po”*, pubblicata sul BURL n. 25 Serie Ordinaria del 21 giugno 2017;
- D.M. 11 ottobre 2017 *“Criteri ambientali minimi per l’affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”*;
- R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 *“Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”*;

- D.M. 17 gennaio 2018 “*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*”, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20 febbraio 2018;
- D.G.R. n. XI/470 del 2 agosto 2018 “*Integrazioni alle disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, di cui alla d.g.r. 19 giugno 2017 – n. x/6738*”;
- D.G.R. XI/2120 del 9 settembre 2019 “*Aggiornamento dell’allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 30 novembre 2011, n. 2616*”;
- D.G.R. XI/2122 del 9 settembre 2019 “*Approvazione del bilancio idrico regionale quale aggiornamento dell’elaborato 5 del Programma di tutela e uso delle acque approvato con d.g.r. 6990/2017*”;
- L.R. n. 18 del 26 novembre 2019 “*Misure di semplificazione e incentivazione per la rigenerazione urbana e territoriale, nonché per il recupero del patrimonio edilizio esistente. Modifiche e integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio) e ad altre leggi regionali*”;
- D.M. 30 aprile 2020 “*Approvazione delle linee guida per l’individuazione, dal punto di vista strutturale, degli interventi di cui all’articolo 94-bis, comma 1, del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, nonché delle varianti di carattere non sostanziale per le quali non occorre il preavviso di cui all’articolo 93*”;
- Deliberazione 6/2021 - Progetto di Variante al “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po” (PAI Po) – Modifiche agli artt. 1 e 18 dell’Elaborato 7, recante “Norme di Attuazione”;
- D.G.R. n. XI/4685 del 10 maggio 2021 “*Ulteriore aggiornamento Dell’allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 (d.g.r. 2616/2011 e d.g.r. 2120/2019)*”;
- Decreto di Regione Lombardia n. 18350 del 23/12/2021: Approvazione del quaderno di presidio per il territorio della Provincia di Monza e Brianza, ai sensi della D.G.R. 19/06/2015 n. 3723;
- D.G.R. n. XI/6314 del 26 aprile 2022 “*Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017*”;
- D.G.R. n. XI/7564 del 15 dicembre 2022 “*Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12)*”, pubblicata su B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 51 del 24 dicembre 2022;
- D.G.R. n. XII/3007 del 9 settembre 2024 “*Approvazione dell’Allegato 1 “Studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l’aggiornamento della Componente geologica dei PGT e della pianificazione di Protezione Civile” in aggiornamento dell’Allegato 1 alla D.G.R. IX/2616/2011*”.

Con l’O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105, 8 maggio 2003, Supplemento Ordinario n. 72, sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, nonché fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. L’entrata in vigore di tale Ordinanza è stata più volte prorogata sino al 23 ottobre 2005, data coincidente con l’entrata in vigore delle “*Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 14 settembre 2005, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 222, 23 settembre 2005, Supplemento Ordinario n. 159. A far tempo da tale data è in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni (D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 - Presa d’atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03).

A seguito dell’approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 «*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*», entrato in vigore il 6 marzo 2008, e della legge 28 febbraio 2008, n. 31 «*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248*», recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria, si è modificata la sostanza dell’approccio alla tematica della difesa sismica e le relative modalità e tempistiche di applicazione. A partire dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14 gennaio 2008.

La Legge Regionale 11 marzo 2005 n. 12, così come modificata ed integrata dalla Legge Regionale 14 luglio 2006 n.12, dalla Legge Regionale 3 ottobre 2007 n. 24 e dalla Legge Regionale 14 marzo 2008 n. 4, definisce le

regole per il governo del territorio lombardo; la Regione garantisce lo sviluppo sostenibile e la sostenibilità ambientale negli indirizzi di pianificazione e verifica la compatibilità di ogni Piano di Governo del Territorio con i piani a scala sovracomunale quali il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale ed il Piano Territoriale Regionale, di cui si occupa direttamente (art. 1, comma 3, L.R. 12/05 e s.m.i.).

Per ciò che concerne il quadro relativo a ogni territorio comunale:

- ogni Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) dovrà in ogni caso essere accompagnato da studio conforme ai criteri di cui alla D.G.R. IX/2616 e s.m.i.;
- per ciò che concerne le relazioni tra P.G.T. e Studio Geologico, la D.G.R. regionale indicata in apertura specifica che:
 - tutti i comuni sono comunque tenuti ad aggiornare i propri studi geologici ai sensi della più recente D.G.R. relativamente alla componente sismica (in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall'O.P.C.M. 3274, da cui scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale) ed all'eventuale aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità,
 - ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05, nel Documento di Piano del P.G.T. deve essere definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'art. 57, comma 1, lettera a); considerato l'iter di approvazione previsto dall'art. 13 della stessa L.R. 12/05, al fine di consentire alle Province la verifica di compatibilità della componente geologica del P.G.T. con il proprio P.T.C.P., il Documento di Piano deve contenere lo studio geologico nel suo complesso,
 - le fasi di sintesi/valutazione e di proposta (rappresentate dalle Carte di sintesi, dei vincoli, di fattibilità geologica e dalle relative prescrizioni) costituiscono parte integrante anche del Piano delle Regole nel quale, ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d della L.R. 12/05, devono essere individuate le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate,
 - allo scopo di migliorare la fruibilità della documentazione dello Studio Geologico, sarebbe possibile ed utile programmare la predisposizione di elaborati unitari, comprensivi sia degli elementi presenti nel precedente studio e già conformi ai nuovi criteri, sia di quelli aggiornati;
- relativamente alla già citata O.P.C.M. 3519, con la quale è stata approvata una nuova classificazione di pericolosità del territorio nazionale, è necessario tenere conto della possibile parziale riclassificazione sismica da parte delle regioni, prevedibile in un arco di tempo di alcuni mesi, e delle possibili conseguenze sulla pianificazione comunale.

Per ciò che concerne più specificatamente il quadro regionale, la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale viene attuata in Regione Lombardia dal 1993. Le deliberazioni n. 5/36147 del 18 maggio 1993, n. 6/37918 del 6 agosto 1998 e n. 7/6645 del 29 ottobre 2001 hanno costituito gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni, secondo quanto stabilito dalla L.R. 24 novembre 1997 n. 41, abrogata dalla L.R. 11 marzo 2005, n. 12 «*Legge per il governo del territorio*».

In conclusione, l'entrata in vigore della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 «*Legge per il governo del territorio*», modifica profondamente l'approccio culturale ispiratore in materia urbanistica e il passaggio dalla pianificazione al governo del territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio – P.G.T.), impone una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici, e sismici del nuovo strumento urbanistico generale a scala comunale.

Scopi della più recente direttiva regionale sono:

- fornire indirizzi, metodologie e linee guida da seguire per l'analisi dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale, per l'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità idrogeologica e per l'assegnazione delle relative norme d'uso e prescrizioni; in particolare vengono in questo atto forniti i nuovi criteri per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica;
- fornire indicazioni per l'aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche per i comuni che hanno già realizzato uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione;
- rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunali con gli atti di pianificazione sovraordinata (P.T.C.P. e P.A.I.), definirne le modalità e le possibilità di aggiornamento.

1.3. Studi e dati geografici di riferimento

Al fine della conoscenza e dell'inquadramento generale del territorio di Gonzaga, la ricerca di informazioni bibliografiche si è basata sulla raccolta della documentazione esistente presso:

- Archivi comunali (gonzaga.mn@legalmail.it);
- Regione Lombardia - Direzione Generale Ambiente e Clima (ambiente_clima@pec.regione.lombardia.it);
- ERSAF – Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste;
- GeoPortale e Banca dati geologica del sottosuolo (Regione Lombardia);
- SIDRO - Sistema Informativo Idrologico di ARPA Lombardia;
- Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia;
- AGISCO - Anagrafe e Gestione Integrata dei Siti Contaminati, ARPA/Regione Lombardia.

La consultazione del SIT – Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia ha permesso di raccogliere alcune informazioni legate ai tematismi “Basi Ambientali della Pianura” relative al territorio di Gonzaga, per quello che riguarda le caratteristiche geomorfologiche, litologiche e idrologiche del territorio. La raccolta dei dati che sono stati utilizzati nella fase di analisi è avvenuta tramite il Servizio di Download dei Dati Geografici della Regione Lombardia e della “Banca dati geologica sottosuolo” del portale cartografico regionale, ove sono censite le indagini geognostiche dirette/indirette sul territorio (sondaggi, trincee o prove penetrometriche).

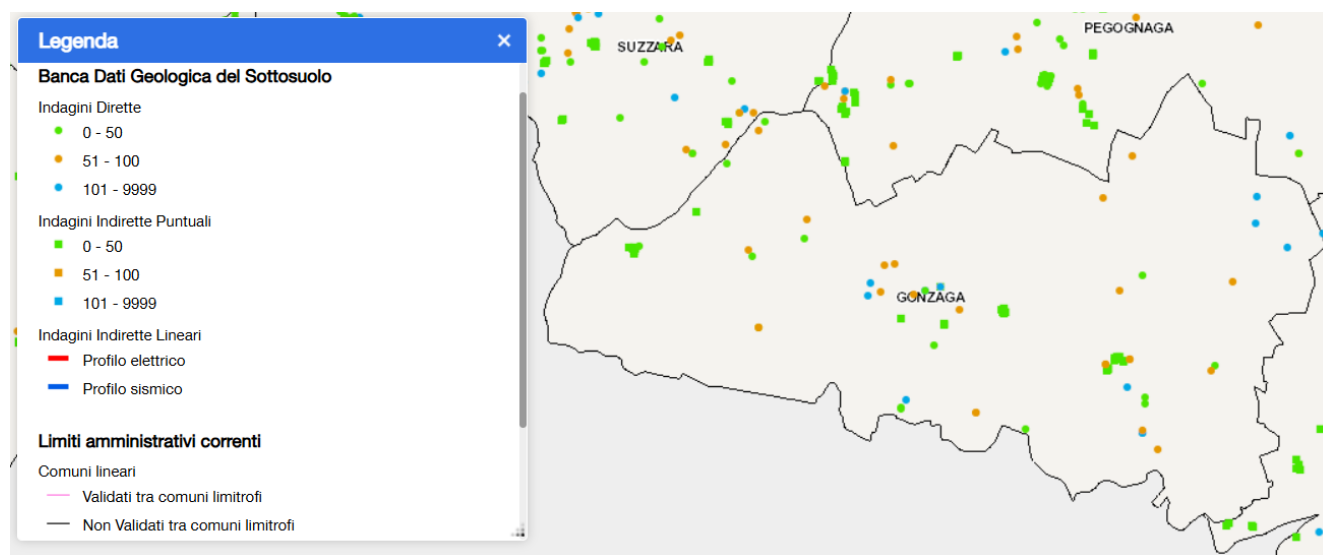


Immagine tratta dal visualizzatore della Banca dati geologica del sottosuolo.

La ricerca si è basata inoltre sull'analisi e il confronto con la seguente documentazione relativa agli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale su scala sovracomunale:

- Piano Territoriale Regionale (PTR)
- Piano Paesaggistico Regionale (PPR)
- Piano di Tutela e il Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTA-PTUA)
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP).

Nella fase di analisi, infine, è stata effettuata una ricerca bibliografica e una raccolta della documentazione tecnica di carattere generale disponibile, riguardante gli aspetti geologici, idrogeologici, idraulico-idrologici e sismici del territorio di Gonzaga.

1.4. Obiettivi del lavoro

La definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio di Gonzaga ha avuto come obiettivo quello di fornire, in raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata, le prescrizioni e le norme d'uso di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici, nonché di fornire all'amministrazione gli strumenti più adatti per l'esercizio del governo del territorio; i risultati dello studio forniscono pertanto un'analisi degli equilibri naturali del territorio esaminato, supporto indispensabile per lo sviluppo della pianificazione territoriale e per la valorizzazione delle risorse dell'ambiente stesso.

Le attività svolte hanno permesso la formulazione di un giudizio di sostenibilità geologica e l'obiettivo è stato inoltre identificato nella necessità di fornire indicazioni concernenti le misure da adottare, nonché le indagini da effettuare successivamente, onde adeguare l'uso del territorio alle norme di prevenzione del dissesto potenziale, di mitigazione dei possibili impatti e di salvaguardia delle risorse.

Lo studio qualitativo, nonché la classificazione finale dell'intero territorio comunale, tengono conto di tutte le conoscenze attualmente disponibili in merito alle componenti geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e sismiche.

L'Amministrazione comunale ha provveduto a fornire tutta la documentazione cartografica di base, quella tematica, gli studi affini effettuati sulle aree o su aree e problematiche assimilabili, i dati e le informazioni utili alla redazione del rapporto finale e di cui era in possesso.

Per ciò che concerne la relazione, le attività hanno avuto inizio con la fase di raccolta di dati e documentazione esistente, concernente le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche e idrogeologiche dell'area comunale. Per la ricostruzione delle caratteristiche del territorio si è considerato, oltre al contributo derivante dall'analisi di foto aeree, anche quello fornito dagli studi ed indagini effettuate in precedenza da altri professionisti e dalle pubblicazioni a carattere scientifico, che nell'insieme hanno costituito la base di lavoro.

Dall'insieme di queste attività è stato possibile elaborare la presente relazione, i cui contenuti sono conformi alla normativa regionale in materia (D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616).

Le valutazioni sintetiche finali relative alla fattibilità geologica sono espresse dall'allegato cartografico corrispondente redatto in scala 1:10.000.

2.1. La pianificazione territoriale a scala regionale

Il Piano Territoriale Regionale (PTR), approvato nel 2010 dal Consiglio regionale e modificato dagli aggiornamenti annuali, nonché dall'Integrazione ai sensi della L.R. 31/2014 (dicembre 2015), costituisce atto fondamentale di indirizzo, agli effetti territoriali, della programmazione di settore della Regione, nonché di orientamento della programmazione e pianificazione territoriale dei comuni e delle province, come previsto dall'art. 19, comma 1, della L.R. n. 12 del 2005, Legge per il governo del territorio.

Il territorio di Gonzaga si inserisce all'interno del sistema territoriale della pianura irrigua, caratterizzato da una bassa densità abitativa, da un'elevata qualità paesistica frutto di secolari bonifiche e sistemazioni idrauliche e da un tessuto sociale ed economico marcatamente rurale.

Il comune si relaziona inoltre con il sistema territoriale del Po, elemento qualificante del paesaggio di pianura, pertanto deve definire obiettivi di governo locale del territorio coerenti con la sicurezza del territorio, questione prioritaria e prerequisito imprescindibile per qualsiasi trasformazione insediativa:

- garantire una costante prevenzione del rischio idraulico;
- mantenere e recuperare uno standard elevato di naturalità per gli ambiti fluviali;
- conservare l'identità del territorio fluviale;
- salvaguardare e valorizzare gli argini, quali elemento di forte connotazione morfologica e di elevata percezione del paesaggio oltre che di difesa idraulica.

Il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) individua all'art. 16 della Normativa di Piano l'intero territorio regionale come ambito di valenza paesaggistica, pertanto lo stesso è interamente soggetto alla disciplina normativa del Piano, a prescindere dall'esistenza di provvedimenti espliciti di tutela paesaggistica ex art. 136 del D.Lgs. n. 42 del 22/01/2004 e s.m.i. o di aree tutelate ex art. 142 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio.

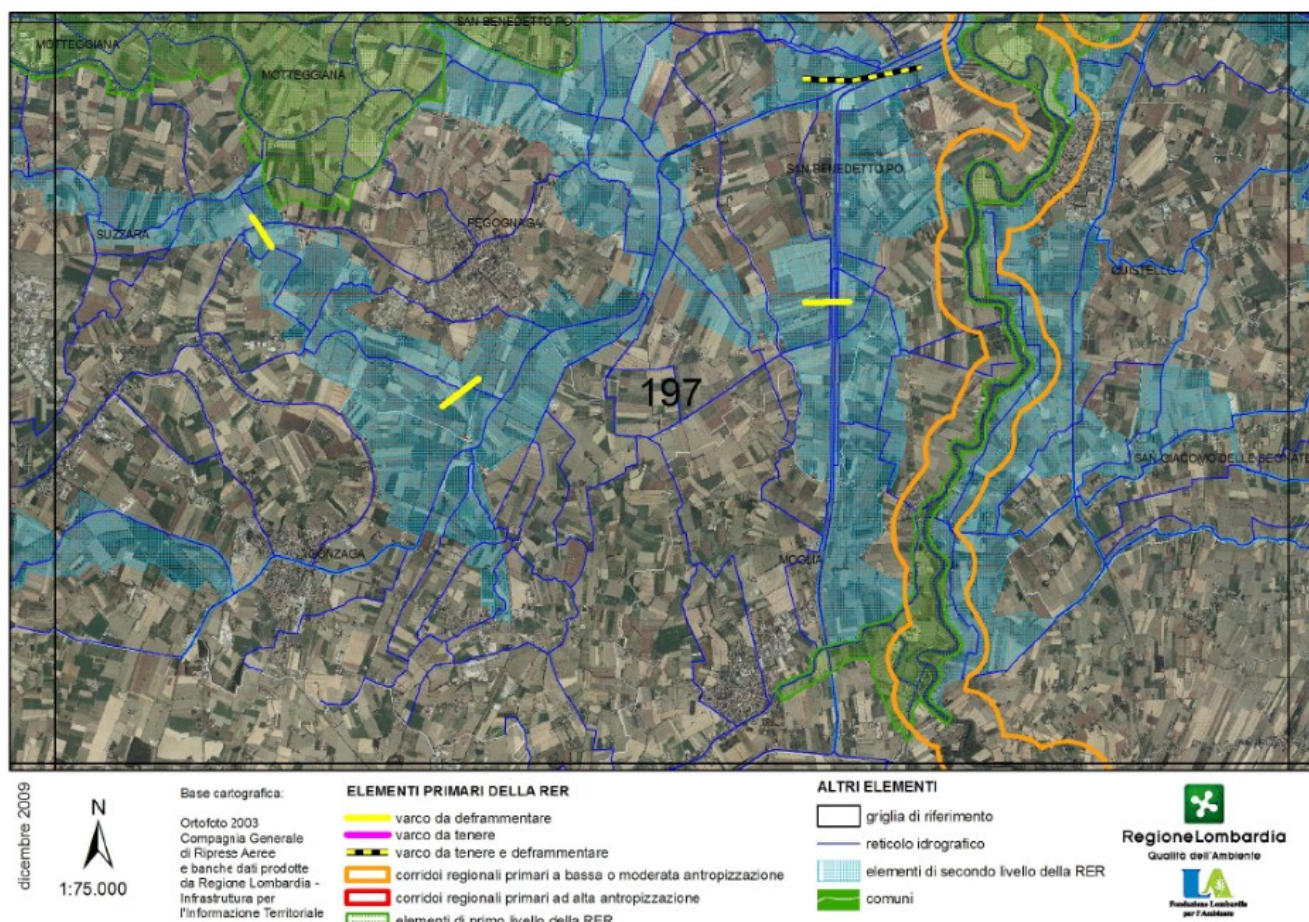
A tale scopo, si rimanda agli artt. 16 bis (Prescrizioni generali per la disciplina dei beni paesaggistici), 20 (Rete idrografica naturale), 24 (Rete verde regionale), 25 (Individuazione e tutela dei Centri, Nuclei e Insediamenti Storici), 26 (Riconoscimento e tutela della viabilità storica e di interesse paesaggistico), 27 (Belvedere, visuali sensibili e punti di osservazione del paesaggio lombardo), 28 (Riqualificazione paesaggistica di aree ed ambiti degradati o compromessi e contenimento dei processi di degrado).

2.2. La Rete Ecologica Regionale (RER)

La RER è riconosciuta come infrastruttura prioritaria del PTR e costituisce strumento orientativo per la pianificazione regionale e locale. I criteri per la sua implementazione forniscono al PTR il quadro delle sensibilità prioritarie naturalistiche esistenti e un disegno degli elementi portanti dell'ecosistema di riferimento per la valutazione di punti di forza e debolezza, di opportunità e minacce presenti sul territorio regionale; aiuta il PTR a svolgere una funzione di indirizzo per il PTCP e i PGT comunali; aiuta il PTR a svolgere una funzione di coordinamento rispetto a piani e programmi regionali di settore, e ad individuare le sensibilità prioritarie e fissare i target specifici in modo che possano tener conto delle esigenze di riequilibrio ecologico. Anche per quanto riguarda le pianificazioni regionali di settore, può fornire un quadro orientativo di natura naturalistica ed ecosistemica, e delle opportunità per individuare azioni di piano compatibili; fornire agli uffici deputati all'assegnazione di contributi per misure di tipo agroambientale e indicazioni di priorità spaziali per un miglioramento complessivo del sistema.

La scheda del progetto RER nella quale è compreso il Comune di Gonzaga è la numero 197. Il territorio di Gonzaga è interessato dal corridoio ecologico di II livello che si sviluppa lungo il canale di Bonifica Mantovana – Reggiana ampliandosi a nord-ovest sino a ricomprendere l'area posta tra il canale Comune ed il canale Marcido meridionale per poi scendere lungo il Canale Fasolo in direzione di Bondeno; a sud-est sino a ricomprendere l'area interclusa fra la Bonifica ed il canale Comune. Si noti che tutti i corridoi individuati non possiedono, allo stato attuale, particolari valori naturalistici né elevati livelli di integrità ecologica, ma richiedono azioni di qualificazione mirate al ripristino e al potenziamento delle funzioni connettive.

Con l'adeguamento del PTCP effettuato nel 2022 anche la Rete Ecopaesistica Provinciale è stata uniformata alla Rete Ecologica Regionale ricalcandone largamente l'impianto salvo ampliare il corridoio ecologico di secondo livello che va a ricomprendere l'antica ansa del Po vecchio.

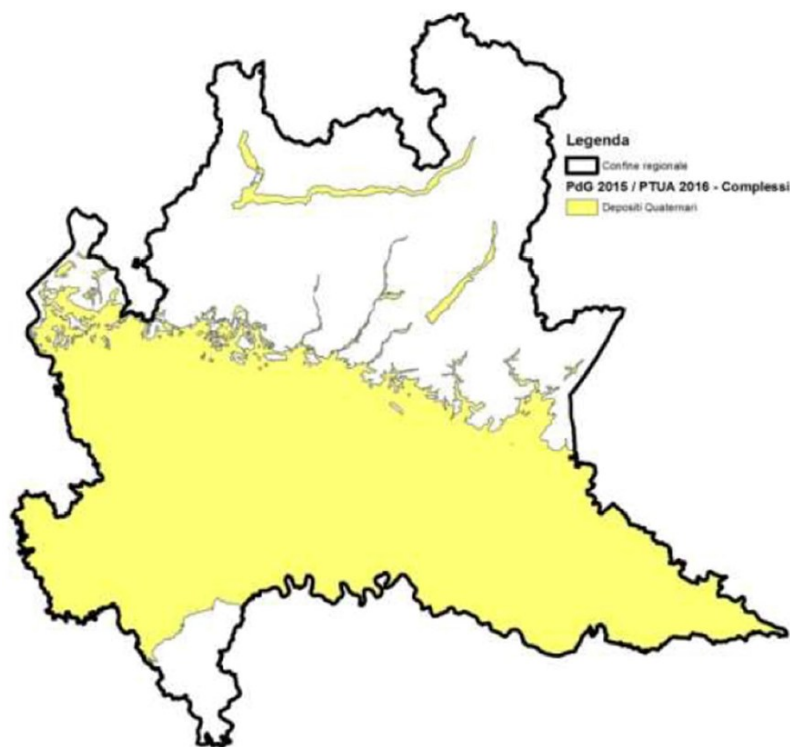


Rete Ecologica Regionale (RER), settore 197.

2.3. Il Piano di Tutela e il Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTA-PTUA)

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è lo strumento per regolamentare le risorse idriche in Lombardia, attraverso la pianificazione della tutela qualitativa e quantitativa delle acque. La L.R. n. 26 del 12 dicembre 2003 individua le modalità di approvazione del PTA previsto dalla normativa nazionale.

In questa sede si farà riferimento in particolar modo all'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia (PTUA 2016), approvato con D.G.R. n. 6990 del 31 luglio 2017.



Complesso dei depositi quaternari identificato nel PTUA 2016.

Il modello concettuale della struttura idrogeologica del Complesso dei depositi quaternari, ricostruito nel PTUA 2016, mantiene come solido punto di partenza lo studio Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, condotto tra il 1999 e il 2002, in collaborazione tra Regione Lombardia e Eni-Divisione Agip, il quale ha suddiviso i depositi alluvionali della pianura padana lombarda in 4 gruppi acquiferi:

- Gruppo acquifero A (Olocene-Pleistocene Medio)
- Gruppo acquifero B (Pleistocene Medio)
- Gruppo acquifero C (Pleistocene Medio)
- Gruppo acquifero D

anche se, nell'ambito del lavoro di ridefinizione dei corpi idrici:

- si evidenziano delle differenze di profondità delle superfici di base dei Gruppi Acquiferi, conseguenti al maggiore peso attribuito al dato stratigrafico diretto rispetto a quello indiretto che sta alla base delle interpretazioni Eni-Divisione Agip 2002;
- il Gruppo Acquifero D non è stato analizzato, in considerazione dell'elevata profondità.
- Il Gruppo Acquifero A, a partire dal limite tra alta e media pianura, è stato differenziato in 2 sottogruppi, denominati A1 e A2; fatto che ha consentito di delimitare verticalmente gli acquiferi superficiali, in comunicazione diretta con la superficie, generalmente sede dell'acquifero libero, dagli acquiferi intermedi e profondi, comunicanti solo localmente con gli acquiferi superficiali per interruzione degli acquitardi di separazione (in corrispondenza di paleovalvei o di eteropie laterali) o drenanza dagli stessi.

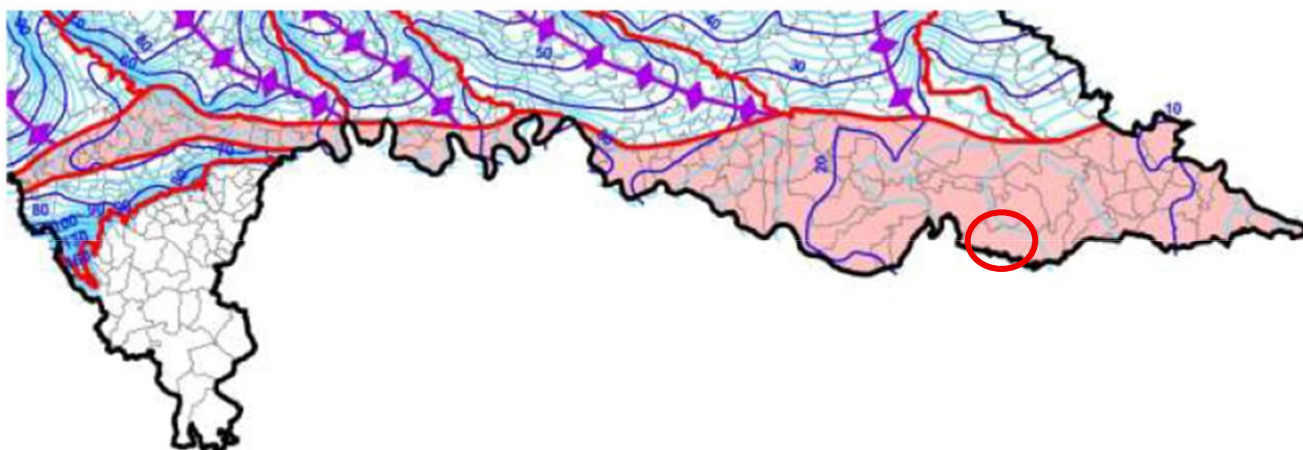
La caratterizzazione verticale degli acquiferi di pianura è stata effettuata attraverso una maglia di sezioni regolari che riportano le stratigrafie dei pozzi ed i limiti di idrostruttura proposti e, per confronto:

- i limiti, ricostruiti attraverso l'andamento delle basi dei complessi idrogeologici, dei Gruppi Acquiferi di Regione Lombardia e ENI, rivisti;
- i limiti dell'acquifero superficiale come identificato nel PTUA 2006.

Per una migliore comprensione dei rapporti stratigrafici tra le unità e delle modalità di scambio idrico tra le diverse idrostrutture sono stati elaborati gli schemi dei rapporti stratigrafici. Sono quindi state identificate tre idrostrutture principali di seguito elencate e descritte nei paragrafi successivi:

- ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), sede dell'acquifero libero, comprendente il Gruppo Acquifero A e B, nei settori di alta pianura Lombarda, e la porzione superiore del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A1) nella media e bassa pianura.
- ISI (Idrostruttura Sotterranea Intermedia), sede di acquiferi da semiconfinati a confinati, comprendente la porzione profonda del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A2) e il Gruppo Acquifero B presente nella media e bassa pianura.
- ISP (idrostruttura sotterranea profonda), sede di acquiferi confinati comprendente il Gruppo Acquifero C, identificato solo nei settori di alta e media pianura in cui esso è conosciuto tramite indagini dirette e captato e che, per tale motivo, non viene trattato nel presente studio, riferito a un Comune appartenente alla bassa pianura.

I limiti tra idrostrutture sono stati posti in corrispondenza del tetto dell'acquitard/acquiclude di separazione tra le due idrostrutture, in genere in corrispondenza del tetto di un livello significativamente spesso e continuo di argille e/o limi.



Corpi idrici sotterranei superficiali di Bassa Pianura Po (in viola i principali spartiacque sotterranei, in blu e azzurro la piezometria del maggio 2014, in rosso i confini dei corpi idrici dell'idrostruttura sotterranea superficiale).

Il territorio comunale di Gonzaga ricade nel **Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura Bacino Po**, con codice GWBISSBPPO. Esso si trova nel contesto morfologico della bassa pianura lombarda, in corrispondenza della piana alluvionale recente e attuale del fiume Po, sviluppandosi in senso est-ovest, sia in destra sia in sinistra idrografica del Fiume Po nel settore occidentale, e solo in sinistra idrografica nel settore centrale e orientale, nel quale assume la maggiore estensione areale. Comprende comuni delle provincie di Pavia, Lodi, Cremona e Mantova. I suoi confini sono così identificati:

- a nord con le idrostrutture della Media Pianura;
- a sud con l'ISS Oltrepò Pavese nella parte occidentale e con l'alveo del Fiume Po nei settori centrali e orientali corrispondente al confine con l'Emilia-Romagna.

L'idrostruttura è contenuta nel sottogruppo A1, costituito da depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi nel settore occidentale e da depositi a granulometria più fine nel settore orientale, ovvero sabbie localmente limose con intercalazioni argillose.

Il corpo idrico assume caratteri di acquifero da libero a semiconfinato. Localmente (area Serravalle Po) l'acquifero risulta confinato entro livelli permeabili delimitati a tetto da livelli argillosi presenti a partire dalla superficie. Il limite inferiore dell'idrostruttura, collocato a quote comprese tra 0 m s.l.m. e -50 m s.l.m tende ad approfondirsi verso i settori sud-orientali e orientali e il passaggio all'unità intermedia è identificato quasi ovunque dalla presenza dei livelli argillosi contenuti al tetto ed entro l'unità A2.

Lo spessore raggiunge massimi di 70 m nell'area di Suzzara-Gonzaga (settore sud-orientale) e nell'estremo lembo orientale (area Felonica) e minimi di 20÷25 m nel settore occidentale (Pancarana, Pinerolo Po) e nella porzione occidentale del settore orientale (Solarolo Rainero).

Relativamente, al Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura Bacino Po, la ricostruzione dell'andamento della falda evidenzia la forte diminuzione del gradiente idraulico rispetto alle aree di Alta e Media Pianura e minimi dislivelli rispetto alla superficie topografica. L'acquifero è in equilibrio idraulico con il fiume Po, svolgendo un'azione di alimentazione nei periodi di magra del fiume, o di drenaggio in occasione delle piene.

Per il Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa pianura del Bacino del Po il PTUA riporta le tempistiche per il raggiungimento/mantenimento dell'obiettivo di buono stato chimico/quantitativo delle acque. A Gonzaga, per l'Idrostruttura sotterranea superficiale (ISS), lo stato quantitativo è buono (anni di classificazione 2009-2014), mentre lo stato chimico risulta scarso (anni di classificazione 2010-2013) per la presenza di Arsenico naturale. Gli obiettivi perseguiti dal PTUA sono il raggiungimento dello stato chimico buono al 2027 e il mantenimento dello stato quantitativo buono.

Gonzaga rientra inoltre:

- tra i comuni il cui territorio è ricompreso in zona vulnerabile da nitrati di origine agricola (v. Allegato 1 all'Elaborato 4 – Registro aree protette);
- in Macroarea di Riserva (v. Tavola 11A del PTUA 2016).

2.4. Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), adottato con Deliberazione n. 4 nella seduta del 17 dicembre 2015 e approvato con Deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, è lo strumento operativo previsto dal D.Lgs. 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Nella **Tavola 6 - Carta PAI – PGRA** sono riportate le seguenti aree allagabili desunte dal P.G.R.A. Direttiva alluvioni 2007/60/CE:

- **aree P2 interessate da alluvioni poco frequenti (scenario M) da parte del reticolo idrico gestito dai consorzi di bonifica,**
- **aree P1 interessate da alluvioni rare (scenario L) del fiume Po.**

La Normativa Geologica di Attuazione ricomprende le aree di cui sopra nella classe di fattibilità 3 con consistenti limitazioni rispetto agli interventi edificatori ammissibili.

Non sono presenti né aree P3 interessate da alluvioni frequenti (scenario H), né aree a rischio molto elevato (R4).

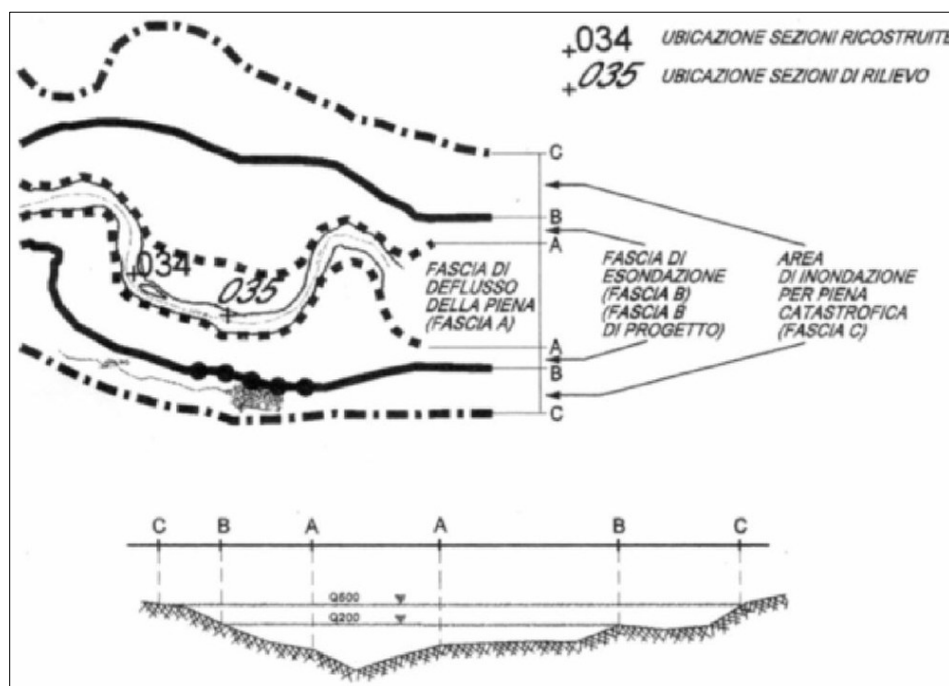
Il presente studio non contiene proposte di aggiornamento alla delimitazione e classificazione delle aree allagabili contenute nelle mappe di pericolosità (ambiti RSCM, RSP e ACL) e rischio del PGRA vigente, derivanti dalla realizzazione di interventi collaudati per la mitigazione del rischio, dal verificarsi di nuovi eventi di dissesto o da approfondimenti puntuali del quadro conoscitivo.

2.5. Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po (PAI), redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po ai sensi della Legge 18 maggio 1989 n. 183, art. 17 comma 6-ter, è stato approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001; con la pubblicazione del D.P.C.M. di approvazione sulla G.U. n. 183 del 8 agosto 2001 il Piano è entrato definitivamente in vigore e dispiega integralmente i suoi effetti normativi.

Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico. Per i corsi d'acqua principali di pianura e fondovalle sono definite fasce di pertinenza fluviale che individuano le aree soggette a diversi gradi di pericolosità. Per ognuna delle fasce sono definite specifiche norme di uso del suolo e specifici divieti:

- la **fascia A**, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, cui corrisponde una portata di calcolo pari a quella di piena relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni e ridotta del 20%. Più precisamente risulta la porzione d'alveo nella quale defluisce l'80% della portata di piena relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni, con la verifica che le portate esterne a tale porzione di alveo abbiano una velocità di deflusso non superiore a 0,4 m/s;
- la **fascia B**, che delimita la porzione di alveo nella quale scorre la portata di piena corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni; i limiti spesso coincidono con quelli di fascia A, in particolare quando la presenza di arginature e rifacimenti spondali determinano una variazione della conformazione originaria della geometria e della morfologia dell'alveo;
- la **fascia C** che delimita una parte di territorio che può essere interessata da eventi di piena straordinari, tanto che le portate di riferimento risultano quella massima storicamente registrata, se corrispondente ad un tempo di ritorno superiore a 200 anni, oppure quella relativa ad un tempo di ritorno pari a 500 anni.



Schema esplicativo per la delimitazione delle fasce: pianta e sezione. In caso di coincidenza della fascia A/C con la fascia B/B di progetto, ai fini della rappresentazione grafica, è indicata la sola fascia B.

Il comune di Gonzaga si trova in "Fascia C" o Area di inondazione per piena catastrofica; la fascia C è costituita dalla porzione di territorio esterna alla Fascia B (fascia di esondazione), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento (tempo di ritorno di 500 anni). Nella Fascia C, le finalità del Piano Stralcio sono quelle di segnalare le condizioni di rischio idraulico ai fini della riduzione della vulnerabilità degli insediamenti in rapporto alle funzioni di protezione civile, soprattutto per la fase di gestione dell'emergenza.

Il presente studio non contiene proposte di aggiornamento alla delimitazione e classificazione:

- delle aree in dissesto idraulico contenute nell'Elaborato 2 (Allegati 4 - Delimitazione delle aree in dissesto e 4.1 Aree a rischio idrogeologico molto elevato) del PAI vigente,
- delle aree allagabili contenute nelle mappe di pericolosità (ambiti RSCM, RSP e ACL) e rischio del PGRA vigente,

derivanti dalla realizzazione di interventi collaudati per la mitigazione del rischio, dal verificarsi di nuovi eventi di dissesto o da approfondimenti puntuali del quadro conoscitivo.

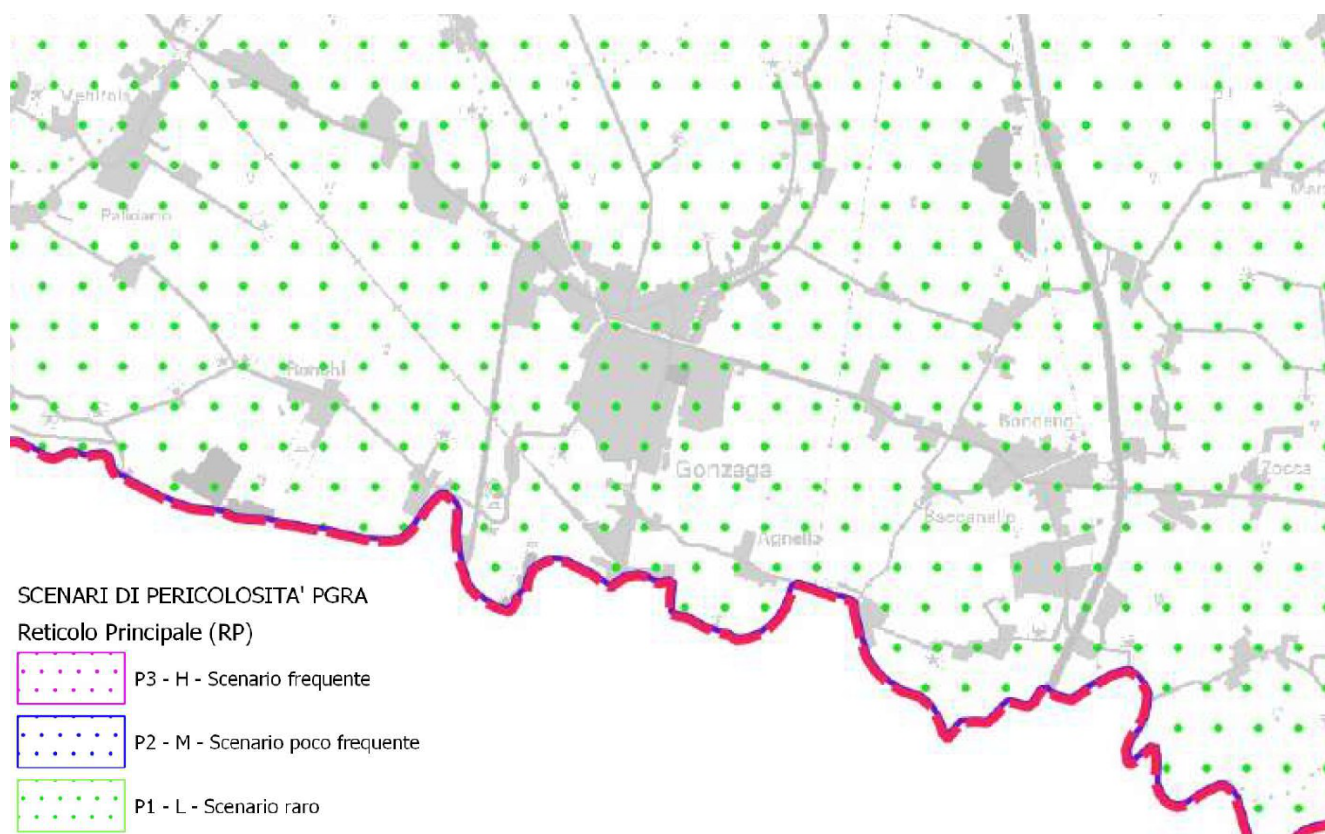
2.6. Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)

Il PTCP è stato approvato nel 2010 e integrato nel 2022 (D.C.P. n. 10 del 28 marzo 2022) in adeguamento alla L.R. 28/11/2014, n. 31 “Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e la riqualificazione del suolo degradato”, modificata dalla successiva L.R. 26/05/2017, n. 16. La L.R. 31/2014 in particolare ha introdotto nuovi criteri per la pianificazione urbanistica comunale. In particolare, la L.R. 31/14 “detta disposizioni affinché gli strumenti di governo del territorio, nel rispetto dei criteri di sostenibilità e di minimizzazione del consumo di suolo, orientino gli interventi edilizi prioritariamente verso le aree già urbanizzate, degradate o dismesse ..., sottoutilizzate da riqualificare o rigenerare, anche al fine di promuovere e non compromettere l'ambiente, il paesaggio, nonché l'attività agricola”.

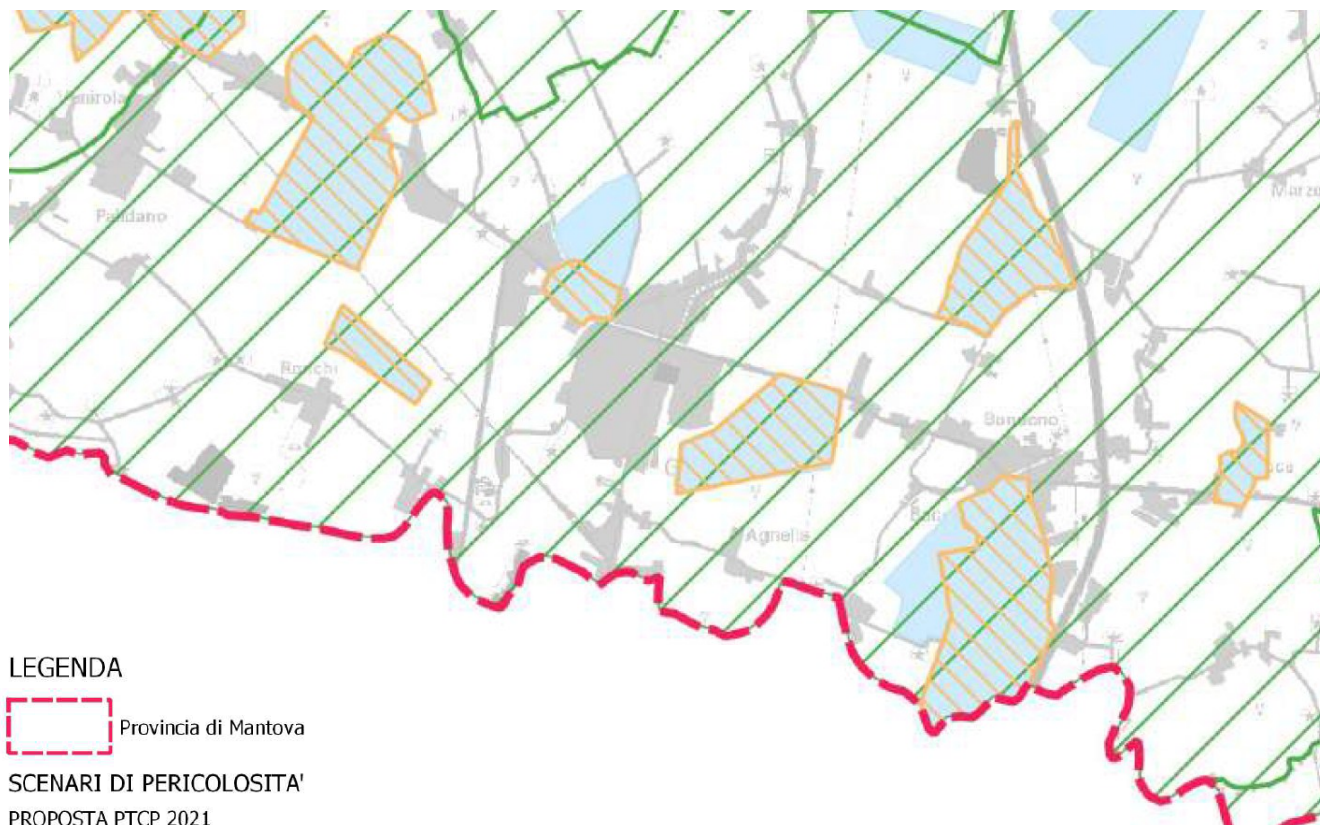
Il PTCP di Mantova inserisce il Comune di Gonzaga all'interno della Piana alluvionale del Circondario C “**Oltrepò mantovano**”, caratterizzato dall'Unità della Fascia della Bassa pianura e dal Sistema ambientale del Po, con gli argini e i Paesaggi delle fasce fluviali definite dal Piano di Bacino. La cartografia del PTCP individua inoltre, per il territorio di Gonzaga, elementi lineari di particolare rilevanza geomorfologica provinciale.

L'analisi del PTCP mette in evidenza, infine, la presenza di alcune aree del territorio soggette a pericolo di crisi idraulica, sia in ambito urbano che extraurbano, causate principalmente dell'inadeguatezza della rete idraulica, posta in prossimità dell'abitato di Gonzaga, a nord-est e sud-est, a seguito del maggior apporto idrico, determinato dall'espansione urbana degli ultimi anni.

Nel territorio in esame non sono presenti fontanili e beni geologici (geositi) già soggetti a forme di tutela così come individuati nell'Allegato 14 alla D.G.R. IX/2616/2011. Non sono altresì presenti aree SIC e/o ZPS appartenenti a Rete Natura 2000 o ambiti naturalistici protetti quali parchi, riserve o altri istituti di tutela naturalistica.



PTCP di Mantova - Stralcio Allegato 4.1: Carta Piano Gestione Rischio Alluvioni – Reticolo Secondario di Pianura.




LEGENDA

 Provincia di Mantova

SCENARI DI PERICOLOSITA'

PROPOSTA PTCP 2021


Reticolo Secondario di Pianura (RSP)

 P3 - H - Scenario frequente

 P3 - H - Scenario frequente (declassabile a seguito interventi)

 P2 - M - Scenario poco frequente

 P2 - M - Scenario poco frequente (declassabile a seguito interventi)

 Territori comunali interessati da possibili esondazioni rare non perimetrabili

PGRA VIGENTE

Reticolo secondario di pianura (RSP)

 P3 - H - Scenario frequente

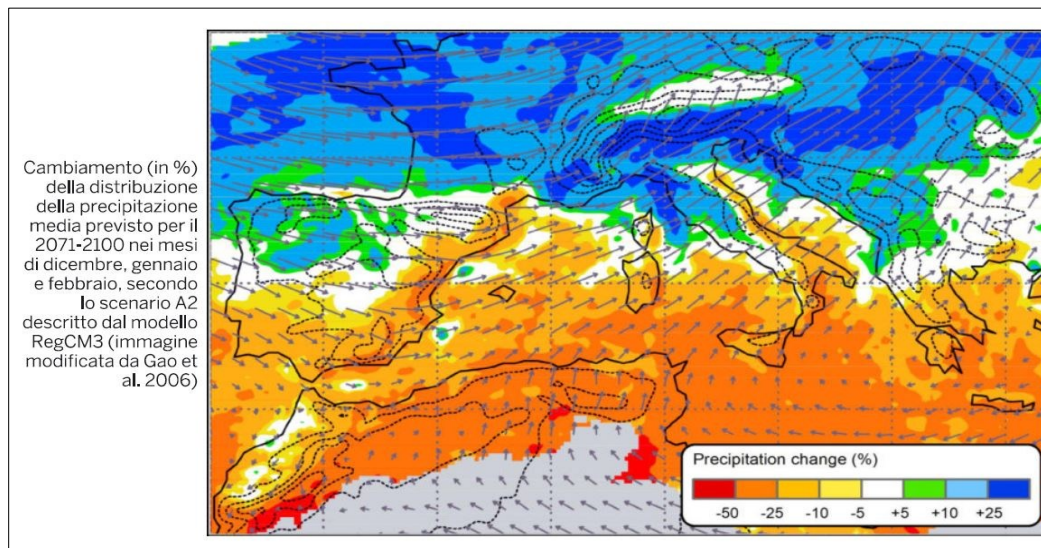
 P2 - M - Scenario poco frequente

PTCP di Mantova - Stralcio Allegato 4.2: Carta Piano Assetto Idrogeologico – Piano Gestione Rischio Alluvioni.

Nella Tavola 5.1 si riportano le aree suscettibili degli effetti locali, desunte dall'Allegato 5.1 del P.T.C.P. 2022.

3.1. Inquadramento meteoclimatico

I cambiamenti climatici in atto negli ultimi anni stanno portando a una variazione del regime delle precipitazioni, con un minor numero di giorni piovosi e un maggior numero di eventi di precipitazioni intense, che potrebbero agire aumentando la frequenza e intensità degli eventi idrogeologici pericolosi.



In concomitanza di eventi meteorologici estremi può avvenire una crisi idraulica nel centro abitato, con allagamenti e danni negli scantinati e nelle zone più depresse o prive di scolo dei piani terra e forte ostacolo alla viabilità in genere. I forti temporali possono inoltre comportare rischi elevati nei luoghi all'aperto ad elevata concentrazione di persone e beni come sagre paesane, manifestazioni culturali e musicali, mercatini ecc. I rischi possono essere amplificati dalla vicinanza a corsi d'acqua, alberi, impianti elettrici, impalcature, palchi per manifestazioni.

I temporali forti sono definiti come temporali a volte di lunga durata (fino a qualche ora) caratterizzati da intensi rovesci di pioggia o neve, ovvero intensità orarie comprese tra 40 e 80 mm/h (in casi rari anche superiori agli 80 mm/h), spesso grandine (occasionalmente di diametro superiore ai 2 cm), intense raffiche di vento, occasionalmente trombe d'aria, elevata densità di fulmini.

Altro aspetto da non trascurare è l'incremento delle portate meteoriche scaricate nei corsi d'acqua dalle aree fortemente urbanizzate, a causa dell'impermeabilizzazione del suolo, che ha portato, negli ultimi decenni, ad esaltare i fenomeni di piena di fiumi e torrenti che, in caso di inadeguatezza delle capacità di deflusso, provocano esondazioni diffuse e danni ingenti anche con precipitazioni di non rilevante intensità.

Per ridurre le criticità, e comunque non peggiorare la situazione, è quindi necessario adottare una nuova politica di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano, tale da garantire che le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (principio di invarianza idraulica).

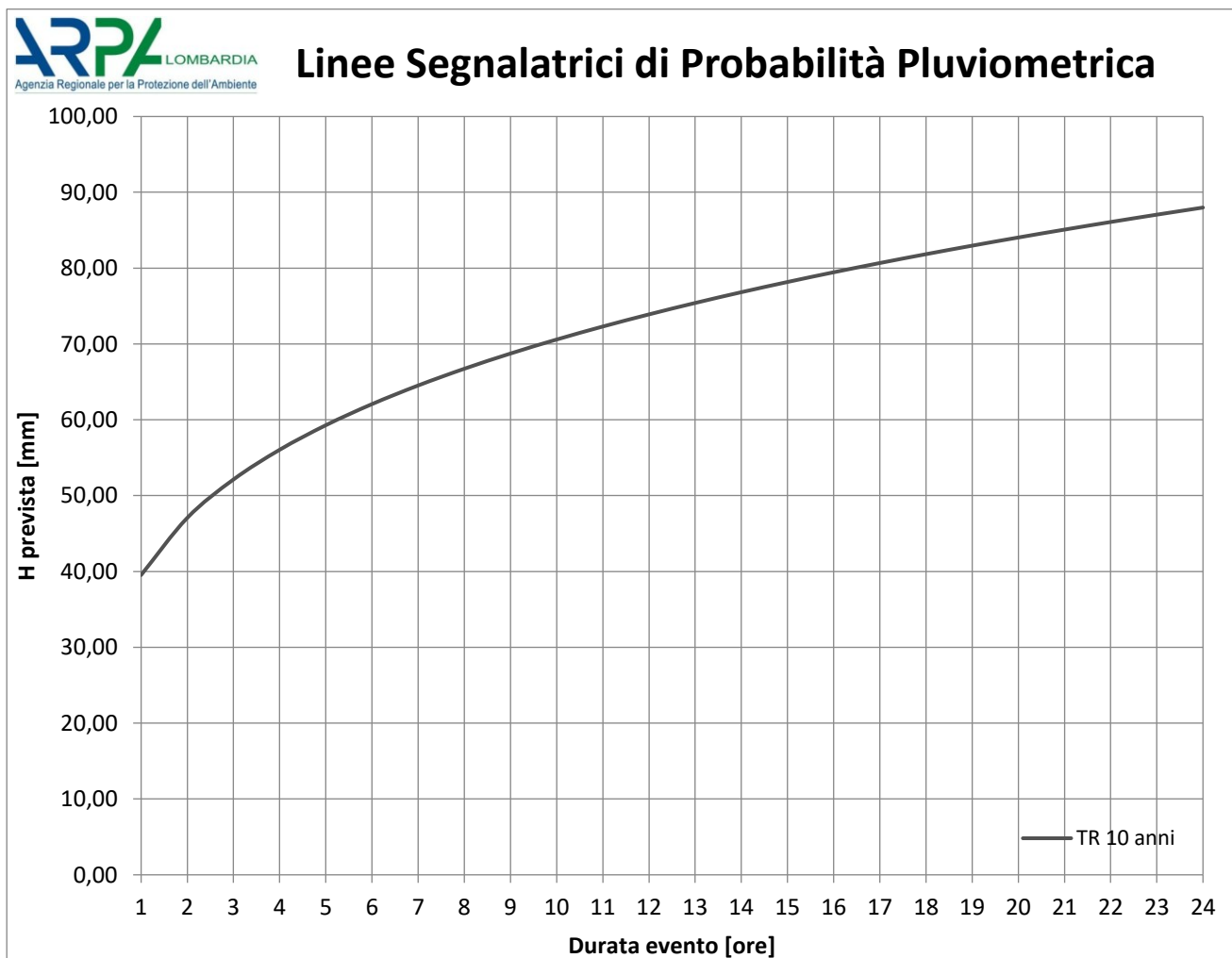
Dal punto di vista climatico il Comune di Gonzaga appartiene alla parte centro-orientale della Valle Padana, zona caratterizzata da una certa uniformità climatica, con inverni rigidi e nebbiosi ed estati calde e afose, in cui si risente dell'effetto barriera dell'arco alpino. Tale clima è definito in letteratura "sottotipo moderato di tipo continentale", da alcuni autori, o "sub tropicale di tipo umido", da altri.

In generale, si registrano piogge limitate (da 600 a 1000 mm), ma ben distribuite nell'anno, temperature medie annue comprese tra 11 e 14° C, nebbie frequenti, ventosità ridotta con molte ore di calma, elevata umidità relativa e frequenti episodi temporaleschi.

In inverno, l'area padana presenta sovente uno strato di aria fredda in vicinanza del suolo che, in assenza di vento, determina la formazione di gelate e di nebbie spesso persistenti che tendono a diradarsi solo nelle ore pomeridiane. È raro che, in questo periodo, le perturbazioni influenzino la zona; in qualche caso però tali condizioni si verificano con precipitazioni che possono essere nevose in presenza di apporti di aria fredda siberiana (anticiclone russo). Il passaggio alla stagione primaverile risulta di norma brusco e caratterizzato da perturbazioni che determinano periodi piovosi di una certa entità man mano che la stagione avanza i fenomeni assumono un carattere temporalesco sempre più spiccato. L'attività temporalesca, tuttavia, vede il suo apice nel periodo estivo quando si registrano elevati accumuli di energia utile per innescarla e sostenerla. Essa risulta relativamente intensa con precipitazioni quantitativamente superiori a quelle invernali. In autunno il tempo è caratterizzato dal frequente ingresso di perturbazioni atlantiche, che possono dare luogo a precipitazioni di entità rilevante.

Nella seguente tabella si riportano i parametri per il Comune di Gonzaga della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica (LSPP) per durate da 1 a 24 ore, stimati da ARPA Lombardia per il tempo di ritorno di 10 anni.

LSPP (1-24 ore)							
a1	n	α	K	ϵ	TR	wt	a
26.55	0.2517	0.2763	-0.0613	0.8225	10	1.49	39.54

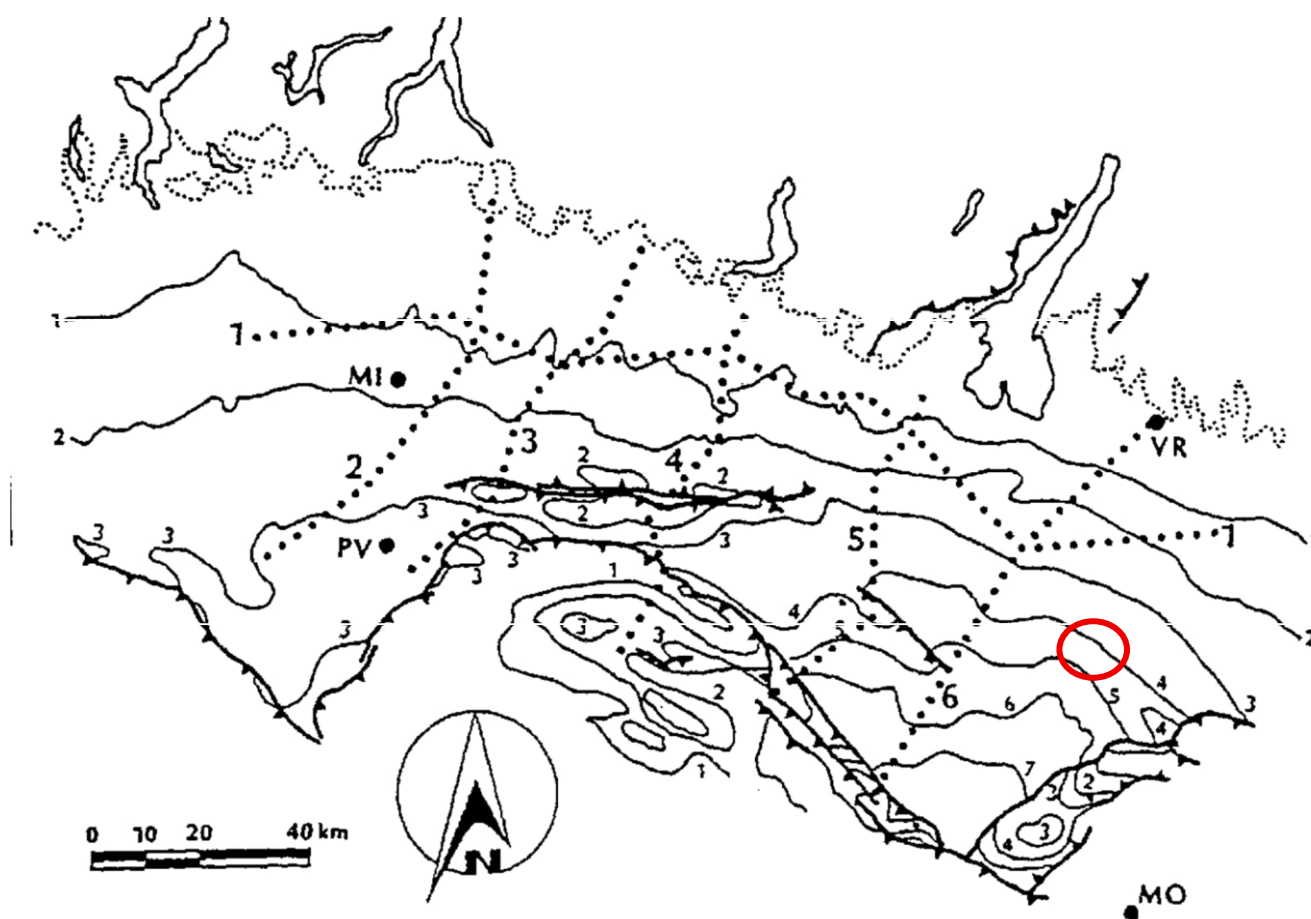


3.2. Inquadramento strutturale

Il territorio del Comune di Gonzaga ricade nel settore nord-orientale della Pianura Padana. L'evoluzione geologica dell'area risulta connessa allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, dato che costituisce l'avanfossa di entrambi i sistemi. A partire dal Pliocene sino ad oggi, tale depressione, che dal profilo asimmetrico, con una minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata, inizialmente da sedimenti marino-transizionali e successivamente da sedimenti esclusivamente continentali.

Dal punto di vista strutturale l'area in oggetto ricade in un settore monoclinale (*Pedealpine Homocline*), limitato, a nord, dal fronte di sovrascorrimento subalpino, il cui lembo esterno corrisponde alla struttura compressiva di Volta Mantovana e, a sud, dal fronte di accavallamento esterno dell'Appennino sepolto (ETF), nella zona di virgazione che l'arco occidentale delle Pieghe Ferraresi forma con il sistema delle Pieghe Emiliane. Ciò si spiega con il fatto che nel Mantovano è stata individuata la cosiddetta "zona ostacolo" ritenuta responsabile di tale disallineamento dell'ETF e coincidente con una significativa anomalia aereo-magnetica positiva del Basamento Magnetico connessa alla presenza di intrusioni basiche.

A causa del suo comportamento prevalentemente rigido, la monoclinale padana non sembra essere stata interessata dalle deformazioni legate alla fase parossistica terziaria sebbene alcuni ricercatori abbiano riconosciuto blandi fenomeni di compressione esercitati dal Fronte Appenninico.



Schema tettonico strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1981 - isobate del tetto del pliocene in migliaia di metri). In rosso, il Comune di Gonzaga.

L'evoluzione del bacino padano vede, a partire dal Messiniano, la quasi completa cessazione dei movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Allo stesso tempo si registra un sensibile spostamento verso nord-est del fronte dell'Appennino settentrionale. Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino padano sono strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde nord Appenniniche e dai lunghi

periodi di relativa calma e subsidenza isostatica dei bacini. Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente in modo consistente di tali movimenti. Il margine settentrionale risente invece in modo più blando di quanto succede nel bacino. I movimenti sono registrati da superfici di erosione arealmente anche molto estese, dalla riattivazione di strutture mioceniche sepolte e dalla deposizione di livelli detritici fini legati a movimenti eustatici.

Gli studi della successione sedimentaria plio-pleistocenica padana ne hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo. Infatti, i depositi torbiditici di mare profondo che si trovano alla base, risultano ricoperti da un prisma sedimentario all'interno del quale si distinguono le seguenti facies: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale.

I corpi sedimentari presentano due direzioni prevalenti di progradazione: la prima assiale rispetto al bacino Padano, est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale sud-est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

Le principali classi di sistemi deposizionali possono essere raggruppate come segue:

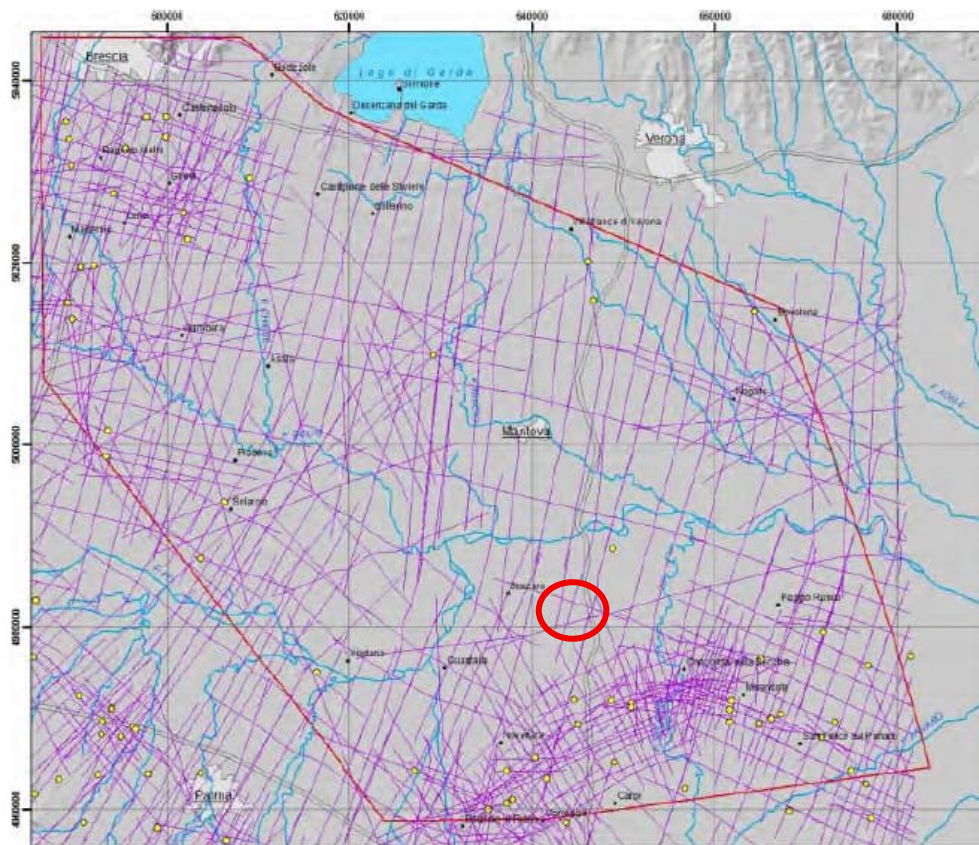
- Piana alluvionale ad alimentazione assiale (paleo-Po)
- Conoide alluvionale e piana alluvionale ad alimentazione alpina e appenninica
- Delta ad alimentazione assiale (paleo Po) alpina ed appenninica
- Delta conoide alpino ed appenninico
- Piana costiera
- Piattaforma sommersa
- Scarpate sottomarina
- Piana bacinale

L'organizzazione verticale delle facies all'interno delle prime quattro classi di sistemi deposizionali, ed in particolare nei sistemi di piana alluvionale, di conoide alluvionale e nei sistemi deltizi, è invariabilmente costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana con corpi a granulometria fine. Molte volte è possibile distinguere una gerarchia di spessori, con insiemi di cicli di rango inferiori spessi alcuni metri che costituiscono cicli di rango superiore, spessi alcune decine metri. Si può ipotizzare che tali unità cicliche rappresentano fasi sedimentarie di alta energia alternate a fasi di bassa energia dovute rispettivamente all'attivazione e alla disattivazione dei sistemi deposizionali.

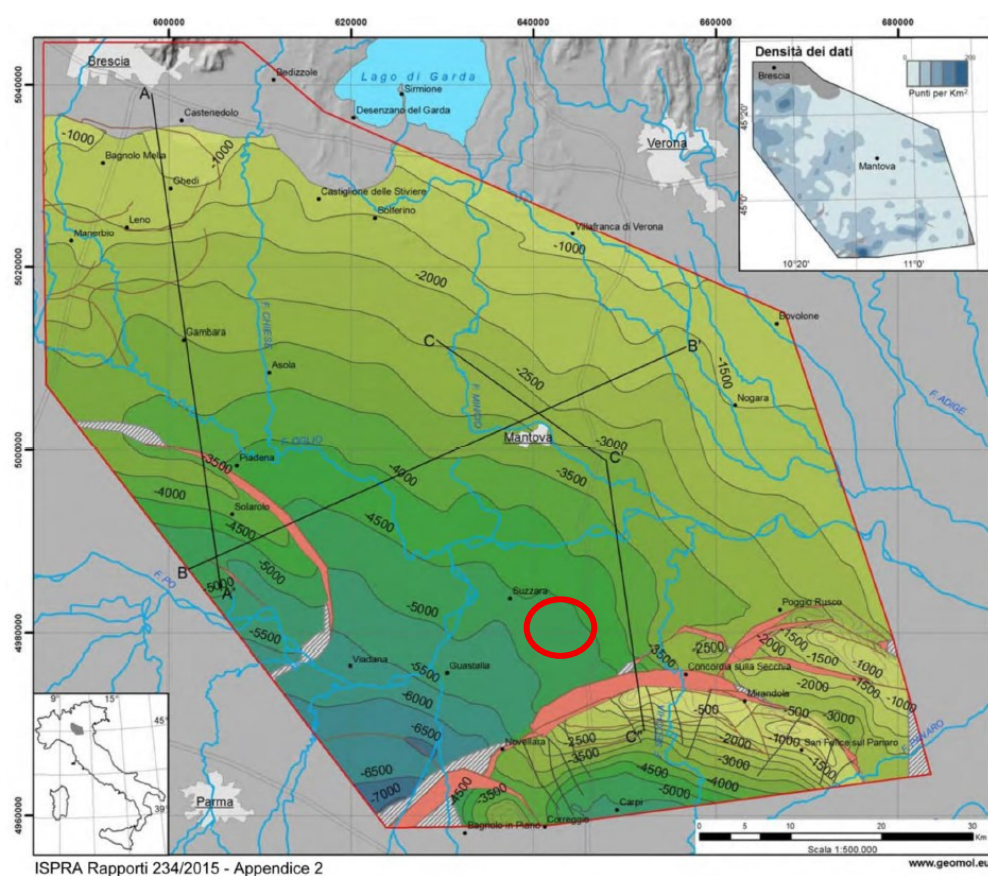
Il sottosuolo in esame è stato studiato, con particolare dettaglio, in quanto interno all'area pilota italiana individuata dal **Progetto Geomol** per poter analizzare un settore strategico, sia dal punto di vista della valutazione del geopotenziale (geotermia) che per la presenza di strutture tettoniche sismicamente attive. Il Progetto GeoMol "*Assessing subsurface potentials of the Alpine Foreland Basins for sustainable planning and use of natural resources*" è finanziato dal Programma Spazio Alpino 2007-2013 - Cooperazione Territoriale Europea, nell'ambito del tema prioritario 3 - *Environment and Risk Prevention*.

In particolare, grazie all'interpretazione di un dataset costituito da 12.200 km di linee sismiche (807 linee) e da 126 log di pozzi, è stato possibile ottenere una modellazione geologica omogenea 3D per l'intera area pilota. Tale modellazione è basata su uno schema stratigrafico valido alla scala regionale, che distingue 16 unità, dal Permiano al Pleistocene, separate da superfici di discontinuità riconoscibili nel sottosuolo, in quanto riflettori sismici ben evidenti e correlabili. Solo nel Pleistocene, sono presenti 7 unità: 4 marine e 3 continentali.

Il modello 3D permette, oltre a misurare dei volumi, di estrarre rappresentazioni numeriche 2D, sia in mappa che in sezione. Le analisi effettuate nel corso del Progetto Geomol hanno consentito di migliorare anche la conoscenza della geometria e dello stato di attività delle strutture tettoniche sepolte. A riguardo si riportano nel seguito alcuni stralci cartografici con raffigurati i «sistemi» classificati e le sorgenti sismogenetiche ubicate nella porzione di territorio lombardo in cui ricade il Comune di Gonzaga.



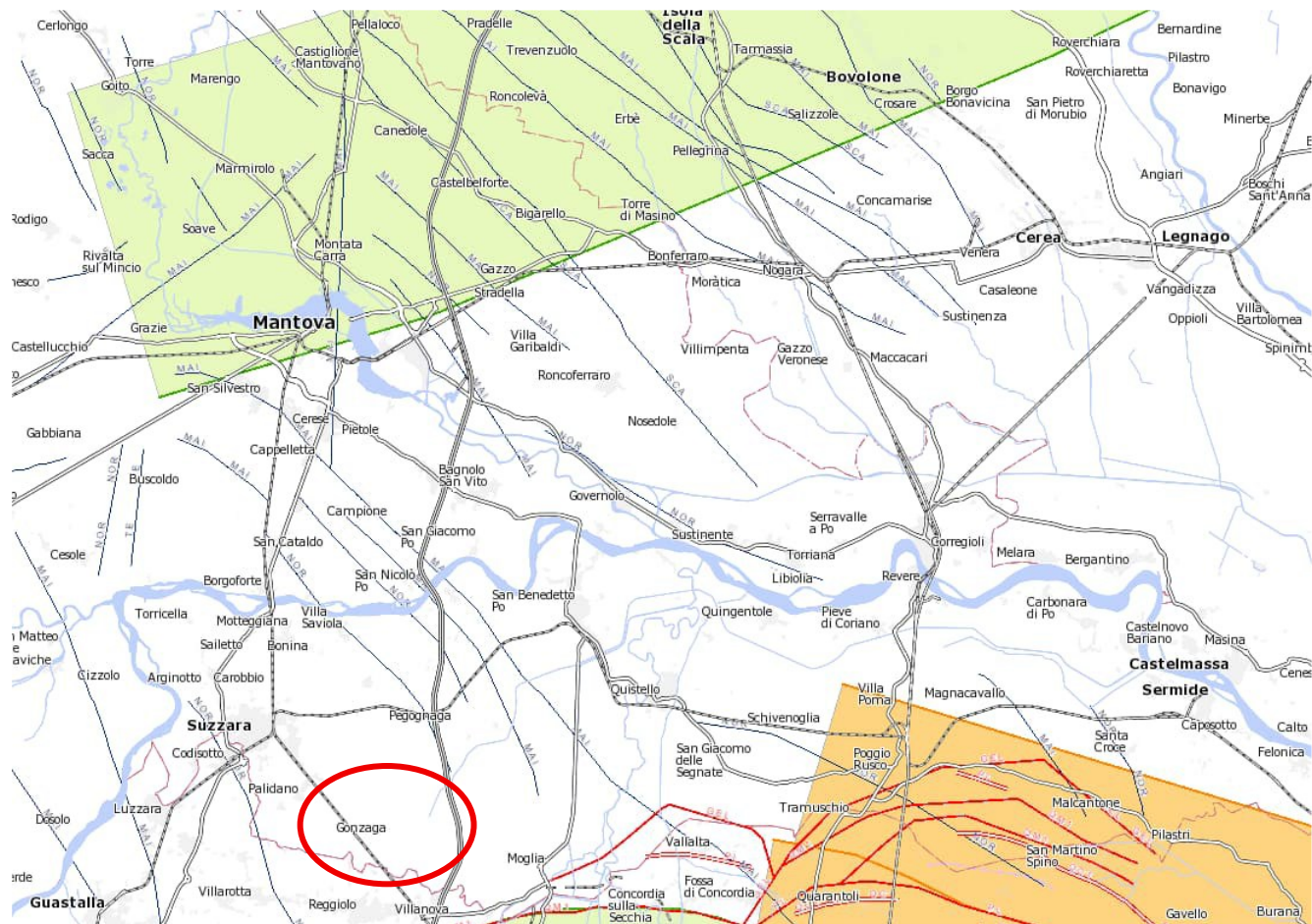
Base dati utilizzata per la modellazione geologica dell'area pilota Geomol in Italia.



Mappa della base del Pliocene all'interno dell'area pilota Geomol in Italia (Andrea Piccin - "Il progetto europeo Geomol", Sabbioneta 03/02/2016).

	UNITA'	FORMAZIONI	ORIZZONTE
Pleistocene	PLCc		QC3
	PLCb		QC2
	PLCa		QC1
	PLMd		QM3
	PLMo		QM2
	PLMb		QM1
	PLMa		GEL
Pliocene	PL	Porto Corsini Porto Garibaldi Argille Santemo	PL
Miocene sup.	MESb	Sergnano Fusignano	ME3
	MESa	Gessoso-solfifera Marna di Gallarate	ME1
Eocene Miocene sup.	MIO	Marna di Gallarate	MLW
	EO-OL	Marna di Gallarate Scaglia cretacea	SCA
Cretac. inf. Paleocene	K-FAL	Scaglia marna del Corro breccie di Cavone Marna a fucoidi	MAI
Giurassico med. Cretacico inf.	J-K	Maiolica Calcari aptici Rosso ammonitico Calcari posidonio Oolite S. Vigilio	NOR
Triassico sup. Giurassico inf.	TR-J	Medolo Coma Calcari grigi Dolomia Principale	TE
Permian Carnico	P-TR		

Schema stratigrafico per la modellazione geologica dell'area pilota Geomol in Italia.



Mappa strutturale e sorgenti sismogenetiche nel territorio oggetto di studio (<http://maps.geomol.eu>).

3.3. Elementi geologici

L'assetto geologico dell'area comunale è il complesso risultato di eventi morfogenetici e deposizionali. Nel corso del Quaternario continentale, il succedersi di situazioni di disequilibrio climatico (cicli glaciali) ha dato origine alle corrispondenti serie di aggradazione/degradazione del livello marino, con una conseguente mutazione ed evoluzione degli associati sistemi sedimentari continentali.

La dinamica fluviale è la principale responsabile dell'assetto litostratimetrico di questo settore di pianura. Infatti, esso è stato edificato ad opera dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua ivi confluenti, pur con significativi condizionamenti antropici e neotettonici. In particolare, i depositi più superficiali che affiorano nel territorio comunale di Gonzaga sono riconducibili alla deposizione fluviale operata dal fiume Po.

Tralasciando un'attribuzione cronologica a tali depositi, nel presente studio si è effettuata una distinzione in unità che avessero interesse riguardo l'aspetto geologico-applicativo. Pertanto sono state distinte, sulla base della litologia della facies affiorante, le seguenti unità litostratigrafiche:

- **Depositi prevalentemente argillosi;**
- **Depositi prevalentemente limoso-sabbiosi;**
- **Depositi prevalentemente sabbiosi.**

Tale suddivisione del territorio è rappresentata graficamente alla scala 1:10.000 nella **Tavola 1 - Carta Geologica**. La classificazione granulometrica del materiale secondo la classificazione ASTM è definita nella seguente tabella.

ghiaia	sabbia	limo	argilla
> 4.76 mm	0.075 mm ÷ 4.76 mm	0.002 mm ÷ 0.075 mm	< 0.002 mm

Classificazione granulometrica ASTM dei terreni.

Per meglio rappresentare graficamente le caratteristiche litostratimetriche del territorio in esame sono state ricostruite anche 2 sezioni geologiche interpretative (v. **Tavola 1.1 - Sezioni litostratigrafiche**).

La Normativa Geologica di Attuazione ricomprende i depositi prevalentemente argillosi nella classe di fattibilità 3d con consistenti limitazioni rispetto agli interventi edificatori ammissibili.

Va chiarito che la zonizzazione sopradescritta presenta dei limiti dovuti alla forte variabilità di facies dei depositi in esame rispetto al numero di verticali stratigrafiche conosciute.

Con D.G.R. n. XI/7564 del 15/12/2022, pubblicata su B.U.R.L. SO n. 51 del 24/12/2022, è stata approvata un'integrazione ai criteri e indirizzi per la definizione della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio approvati con D.G.R. 2616/2011, che fornisce indicazioni e linee guida relative all'analisi delle forme di dissesto denominate sinkhole, sprofondamenti generati da cavità sotterranee di origine naturale o antropica oppure da condizioni geologico-stratigrafiche favorevoli al loro sviluppo. A Gonzaga non sono state individuate condizioni potenzialmente favorevoli alla formazione/evoluzione degli occhi pollini (condizioni di criticità geotecnica riconducibili a possibili strutture polliniche nel sottosuolo). I tecnici comunali non hanno testimoniato evidenze di movimenti del suolo e di lesioni sugli edifici esistenti. Non vi sono altresì evidenze superficiali di sprofondamento, censite nel Database nazionale dei fenomeni di sprofondamento dell'ISPRA.

3.4. Elementi morfologici

Gli eventi morfogenetici responsabili dell'attuale assetto del territorio del Comune di Gonzaga sono riconducibili essenzialmente alla dinamica fluviale del periodo pleistocenico ed olocenico, a cui nel periodo storico si è sovrapposta l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive e insediative.

Le interazioni tra i vari fattori hanno dato luogo a un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord-est con gradiente topografico estremamente basso, inferiore allo 0,1%, e quote nell'ordine dei 15÷20 m s.l.m.

Le aree di pertinenza di corsi d'acqua sono rimaste le uniche in cui si osserva un'evoluzione morfologica dipendente da fattori naturali. Al contrario, la pianura circostante esprime il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione e insediamento hanno conferito alla superficie topografica un assetto costante e uniforme livellando tutte le asperità del terreno.

I pochi rilievi presenti sono costituiti dai rilevati stradali, dai ponti e dagli argini dei corsi d'acqua. Le superfici del suolo conservano tuttavia, anche se in forma relittuale, ancora le tipiche geometrie dell'ambiente fluviale di piana a meandri, risultato dell'attività deposizionale del Po e dei suoi affluenti appenninici, quali i **ventagli d'esondazione**, formatisi a seguito di diversioni, durante le piene dei corsi d'acqua, con rottura degli argini naturali.

3.5. Struttura idrogeologica

La pianura lombarda, in cui ricade il Comune di Gonzaga, rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee. Infatti, la struttura idrogeologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi sfruttabili, in particolare nella media e nella bassa pianura.

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio Comunale di Gonzaga trovano dettagliata descrizione nel modello evolutivo tridimensionale, idrogeologico e stratigrafico, dell'intera Pianura Padana. Gli studi di della Regione Emilia-Romagna e di Eni-Agip (1998) distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo tre Unità Idrostratigrafiche di rango superiore:

- il “Gruppo acquifero A” che corrisponde al “Sintema emiliano-romagnolo superiore”;
- il “Gruppo acquifero B” che corrisponde al “Sintema emiliano-romagnolo inferiore”;
- il “Gruppo acquifero C” che corrisponde al “Supersintema del Quaternario marino”.

Tali unità sono separate da superfici di discontinuità stratigrafica, che sui principali fronti di accavallamento della catena corrispondono a discordanze angolari osservabili sia in affioramento (margine appenninico) che tramite indagini di prospezione sismica (margine appenninico, e fronti di catena sepolta).

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 - LACUSTRE	FORMAZIONE DI OLIVATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGIO PANIGALE	CRIZZONTE DI FOSSOLO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	~0.35-0.45	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	0.125	PLEISTOCENE MEDIO	~0.89	1.72	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	3.55	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	ACQUITARDO BASALE	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	C5

Schema Idrostratigrafico della Pianura Emiliano-Romagnola.

Grazie alla gran mole di dati sismici messi a disposizione, è stato possibile mappare in scala 1.250.000 in tutta la pianura emiliano – romagnola la profondità del limite basale dei tre gruppi acquiferi.

Le carte mostrano come gli andamenti dei limiti basali delle tre unità siano chiaramente influenzati dai principali fronti di accavallamento della catena sepolta, e come, conseguentemente, lo spessore delle unità sia maggiore nelle sinclinali e minore sulle anticlinali. Lo spessore di ciascuno dei gruppi acquiferi è generalmente dell'ordine di alcune centinaia di metri.

Al disopra dei limiti basali delle unità idrostratigrafiche sopra descritte si individuano dei potenti intervalli argilloso – limosi spessi sino ad alcune decine di metri, caratterizzati da geometria tabulare e da una continuità laterale di estensione regionale, che può essere interrotta solamente nelle zone di alto strutturale.

Questi corpi fini costituiscono delle barriere di permeabilità (acquitardo o acquicludo) realmente continue e fanno sì che i tre gruppi acquiferi siano tra loro isolati idraulicamente, e che pertanto il flusso idrico rimanga confinato all'interno della medesima unità, ad esclusione delle zone in cui avviene la ricarica diretta dei gruppi acquiferi di cui si dirà più oltre.

Negli studi della Regione Emilia-Romagna e di Eni-Agip viene anche illustrata attraverso alcune sezioni geologiche l'architettura interna dei tre gruppi acquiferi. Ciascuno di essi è articolato secondo una organizzazione ciclica dei depositi molto marcata; sulla base di questa ciclicità è stato possibile suddividere ciascuno dei gruppi acquiferi in complessi acquiferi.

Sono stati distinti 4 complessi acquiferi nei gruppi acquiferi A e B, e 5 complessi acquiferi nel gruppo acquifero C. I complessi acquiferi vengono denominati con un numero progressivo dall'alto stratigrafico verso il basso, posto dopo il nome del gruppo acquifero (ovvero A1, A2, A3, ...).

In generale si osserva che ogni complesso acquifero è costituito da una porzione inferiore prevalentemente fine seguita da una superiore prevalentemente grossolana; lo spessore di ogni complesso acquifero è dell'ordine di alcune decine di metri. All'interno di ogni complesso acquifero la porzione grossolana viene denominata sistema acquifero, la porzione fine sistema acquitardo. Questi livelli a bassa permeabilità (acquitardi o acquiclude) causano una ulteriore compartimentazione all'interno dei tre gruppi acquiferi e fanno sì che i diversi complessi acquiferi siano tra loro isolati idraulicamente, ad esclusione delle zone in cui avviene la ricarica diretta di queste unità.

Dal punto di vista genetico, la ciclicità espressa dai complessi acquiferi viene messa in relazione ad eventi climatici che causano l'alternarsi di attivazioni e disattivazioni dei sistemi fluviali e deltizi.

I lavori svolti nell'ambito della realizzazione della Carta Geologica di Pianura, hanno permesso di dettagliare ulteriormente la stratigrafia, distinguendo, in particolare, un'unità pellicolare denominata A0, posta superiormente ad A1; questa unità corrisponde a depositi di età pleistocenica terminale ed olocenica, sedimentatisi dopo l'ultima glaciazione. L'unità A0 comprende quindi i depositi presenti nel primo sottosuolo della pianura, nonché gran parte di quelli affioranti.

Le porzioni grossolane di A0 sono costituite da corpi non molto estesi, volumetricamente poco rilevanti, e, quando non sono amalgamate a depositi permeabili dell'unità A1, costituiscono degli acquiferi sfruttati esclusivamente a fini domestici. Ciò si verifica in un'ampia zona della pianura a sud del fiume Po, interposta tra le conoidi appenniniche e i complessi acquiferi di pertinenza padana, di ampiezza sempre maggiore spostandosi da ovest verso est (cartografata, cautelativamente, considerando amalgamati anche corpi permeabili separati tra loro da uno spessore di argilla potente sino a due metri circa).

Alla luce di quanto sopra detto l'intero acquifero regionale è pertanto costituito da un complesso sistema multifalda, caratterizzato dalla gerarchizzazione degli acquiferi e degli acquitardi più sopra descritta. Tutte le falde presenti sono in condizioni confinate, ad esclusione delle zone in cui avviene la ricarica diretta degli acquiferi.

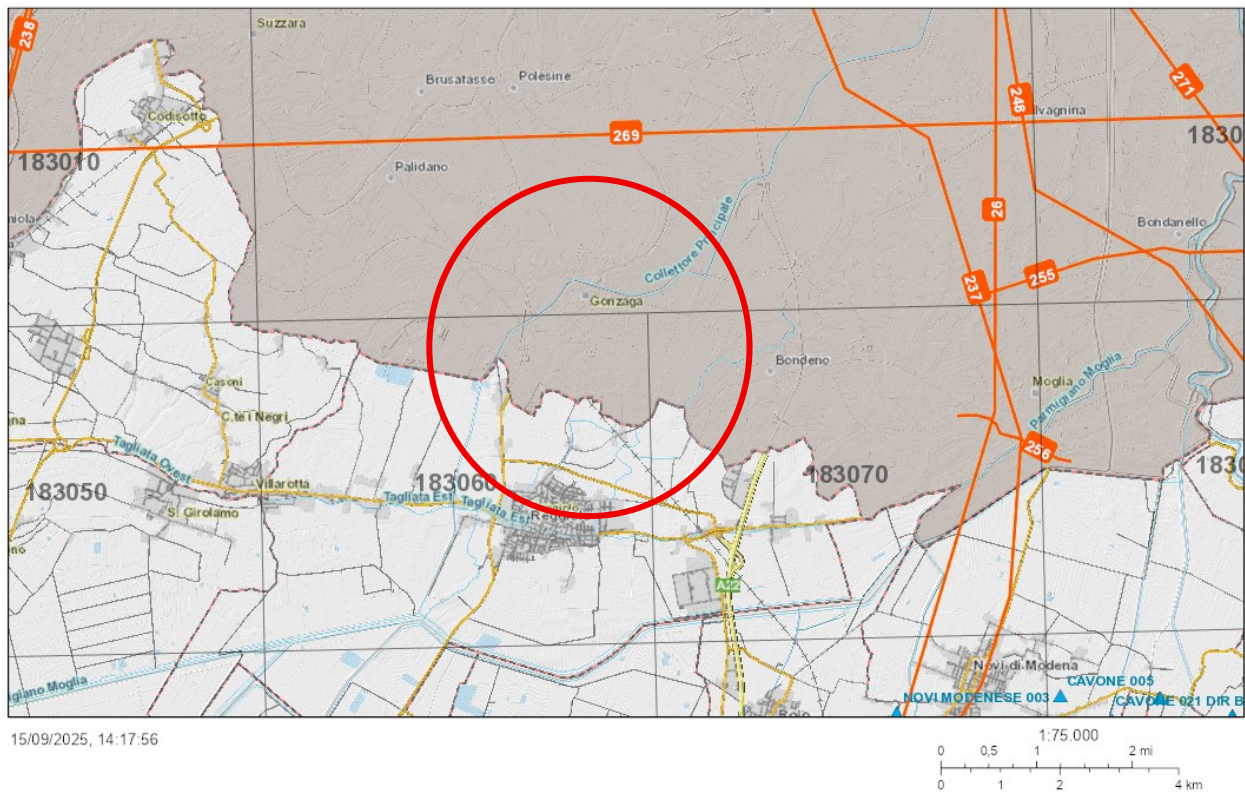
Questo inquadramento strutturale sostituisce il modello di acquifero che considerava i livelli impermeabili presenti nel sistema come non continui, e pertanto l'intera pianura padana veniva assimilata ad un acquifero monostrato con un'unica falda in continuità, libera, parzialmente confinata o in pressione procedendo da ovest verso est.

Dal portale cartografico del Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna è stata reperita la Sezione n. 26, la cui traccia si sviluppa, con direzione nord-sud, poco ad est del territorio di Gonzaga. Analizzando tale sezione si nota come la dorsale ferrarese provoca l'assottigliamento dello spessore dei singoli gruppi acquiferi.

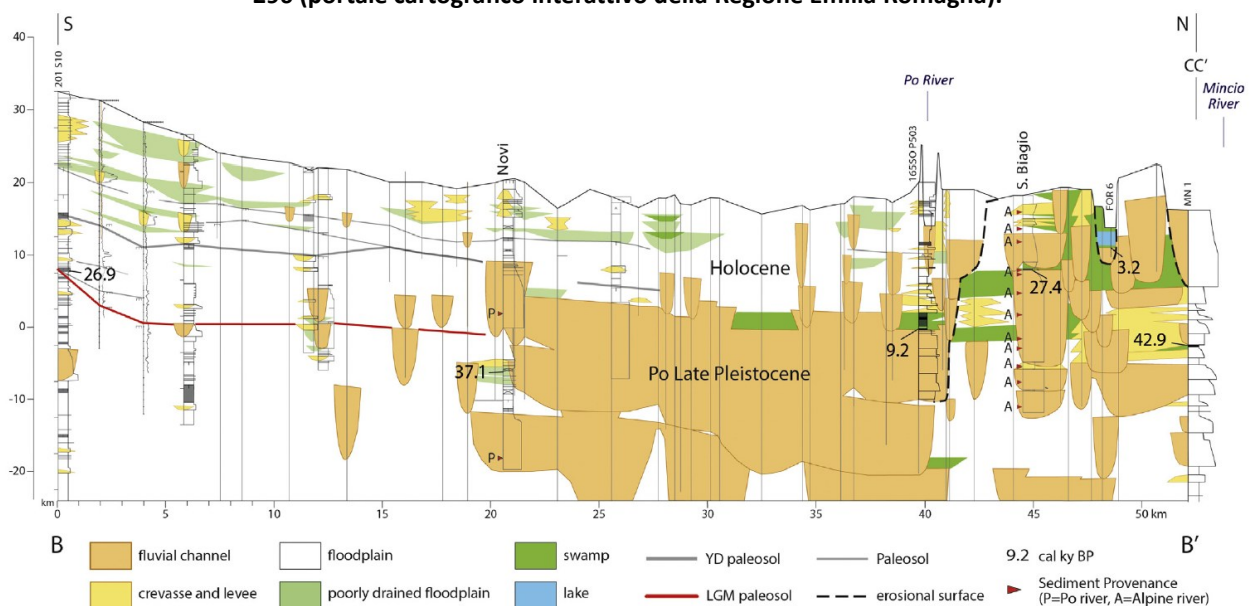
La profondità della base del gruppo acquifero A risale infatti, in corrispondenza della dorsale, sino a valori inferiori ai 100 metri (70/80 m circa), quando ai suoi lati raggiunge una profondità di circa 250 m dal piano campagna. Ciò si verifica anche per la base dell'acquifero B, che passa da un massimo di 450 m circa ad un minimo di 120/150 m di profondità dal piano campagna.

La sezione evidenzia inoltre come, nel settore più vicino al fiume Po, la percentuale di strati permeabili sia maggiore rispetto al settore meridionale, dove essi tendono ad assottigliarsi, riducendosi a geometrie lenticolari con limitato spessore prive di continuità laterale.

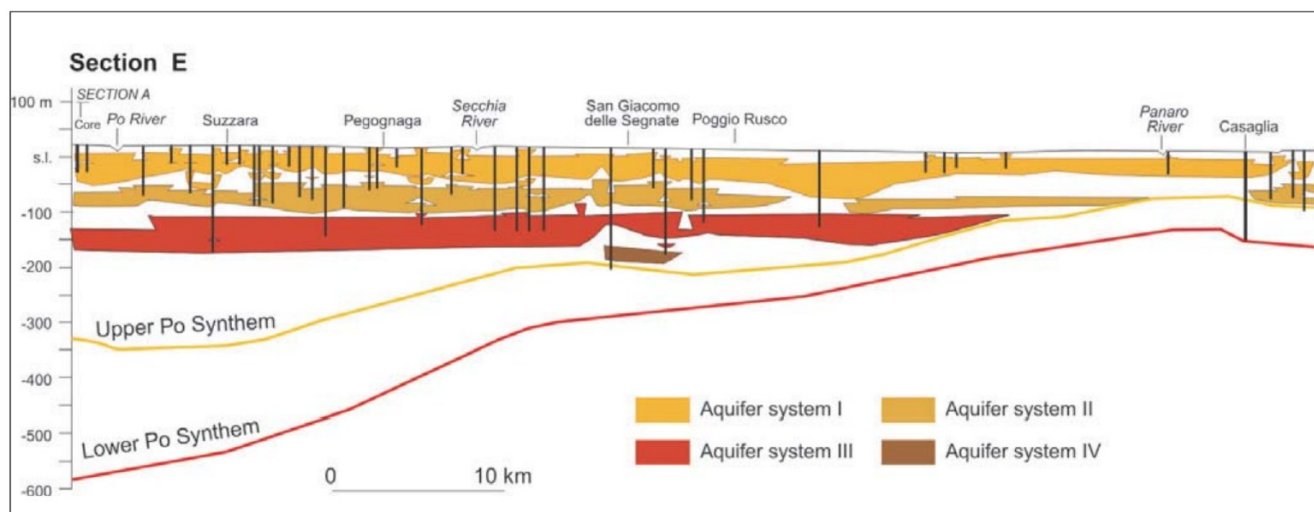
La ricostruzione di dettaglio della geometria dei corpi acquiferi nel primo sottosuolo è riportata nella **Tavola 3.1- Sezioni idrogeologiche**. Dall'esame di tale elaborato grafico si nota una sostanziale uniformità idrostratigrafica, in tutto il territorio in esame, con presenza di una copertura di terreni a bassa conducibilità idraulica (depositi prevalentemente argillosi) di una decina di metri di spessore, al di sotto della quale dominano i terreni ad elevata conducibilità idraulica (depositi prevalentemente sabbiosi) fino a circa 100 m di profondità.



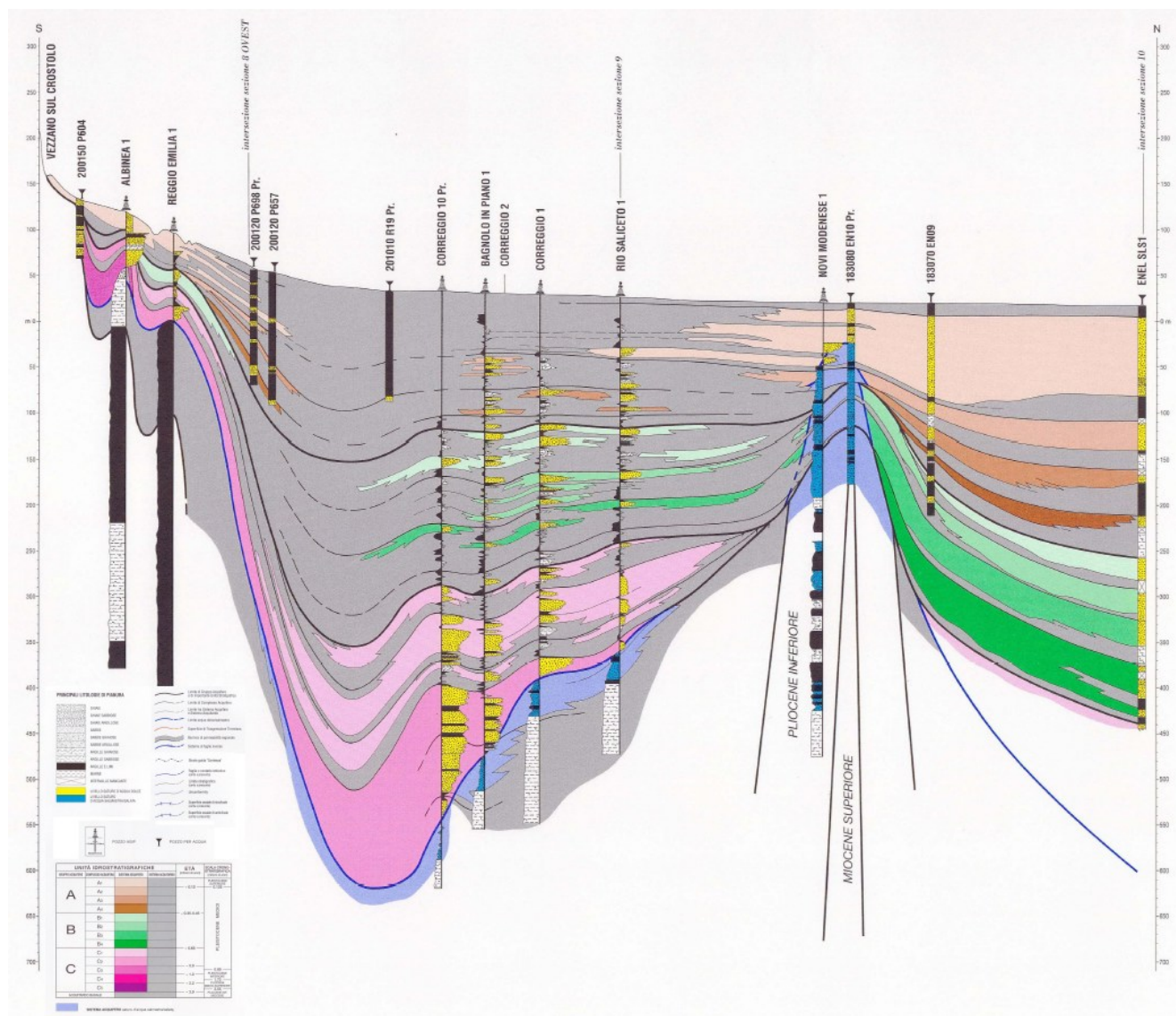
Stralcio cartografico con indicazione della traccia della sezione idrostratigrafica n. 26 e delle sezioni geologiche 237 e 296 (portale cartografico interattivo della Regione Emilia Romagna).



Sezione idrogeologica n. 237 (Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna).



Sezione idrogeologica n. 269 (Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna).



Sezione idrostratigrafica n. 26 (Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna).

3.5.1. Permeabilità dei terreni superficiali

La stima della permeabilità dei depositi superficiali è fondamentale per la valutazione dei processi di ricarica degli acquiferi, legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché del grado di protezione degli acquiferi superficiali. Poiché il sottosuolo del Comune di Gonzaga è costituito da terreni, la permeabilità è dipendente dalle caratteristiche tessiturali dei sedimenti che li costituiscono. La permeabilità dei depositi granulari è quindi stimabile a partire dalla conoscenza della litologia e della granulometria che li caratterizza, applicando valori medi individuati in bibliografia.

Molti sono gli studi e le correlazioni tra le tipologie di terreno e le classi di conducibilità idraulica, tra le quali quella riportata nella seguente tabella.

K (cm/s)		10 ³	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
K (m/s)		10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
GRANULOMETRIA	Omogenea	Ghiaia			Sabbia		Sabbia molto fine			Silt		Argilla		
	Varia	Ghiaia grossa e media	Ghiaia e Sabbia			Sabbia e argilla - Limi								
GRADO DI PERMEABILITA'		ELEVATA						BASSA				NULLA		
TIPI DI FORMAZIONI		PERMEABILI						SEMI-PERMEABILI				IMPERMEABILI		
DRENAGGIO		BUONO						POVERO			PRATICAM. IMPERM.			

Correlazione granulometria/conducibilità idraulica (Castany, 1982).

Il territorio comunale di Gonzaga è stato ragionevolmente suddiviso in tre classi di permeabilità, facendo riferimento ai litotipi superficiali (v. *Tavola 3 - Carta idrogeologica*):

- **Depositi ad elevata permeabilità**
Tale classe è stata attribuita ai terreni prevalentemente sabbiosi con limo che normalmente sono associati a una permeabilità alta, con $k > 10^{-4}$ m/s. In tali depositi la conducibilità idraulica è legata alla percentuale di matrice fine presente che, presentando una notevole variabilità sia in senso orizzontale che verticale, ne determina localmente una netta diminuzione.
- **Depositi a bassa permeabilità**
A questa classe sono attribuiti i terreni prevalentemente limosi con sabbia, legati alla sedimentazione del carico solido di correnti con scarsa competenza, caratterizzati da una permeabilità media, con valori di k compresi tra 10^{-9} m/s e 10^{-4} m/s. Questi terreni presentano una variazione della permeabilità sia in senso orizzontale che verticale, in relazione al variare rapporto sabbia/limo nonché della presenza di intercalazioni argillose (più o meno sottili). Superficialmente la permeabilità può subire alterazioni dovute all'utilizzo agricolo dei fondi. L'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno di tali depositi risulta lenta.
- **Depositi a permeabilità nulla**
Si tratta dei terreni prevalentemente argillosi, legati a sedimentazione di acque praticamente ferme. Sono caratterizzati da coefficienti di conducibilità idraulica molto bassi, che presentano valori di $k < 10^{-9}$ m/s.

3.5.2. Dinamica delle acque sotterranee e piezometria locale

Per la descrizione della dinamica delle acque sotterranee è necessario distinguere tra la circolazione che si verifica nei terreni più superficiali (complesso acquifero A0) e quella relativa gli orizzonti sabbiosi depositati dal fiume Po (complesso acquifero A1).

Il primo sottosuolo dell'area dell'oltrePo mantovano è costituito da depositi prevalentemente fini, a litologia limosa e/o argillosa, caratterizzati da bassi valori di permeabilità. Qui le falde hanno sede nei piccoli corpi acquiferi lentiformi, mentre nei terreni che li circondano, l'acqua si infila con tempi estremamente lunghi. La soggiacenza della falda superficiale è scarsa, con la superficie piezometrica prossima al piano campagna. Inoltre la soggiacenza risente di fenomeni locali, quali ad esempio: la presenza di rogge di adacquamento e corsi d'acqua, la captazione delle acque tramite pozzi, le caratteristiche di permeabilità dei terreni soprastanti.

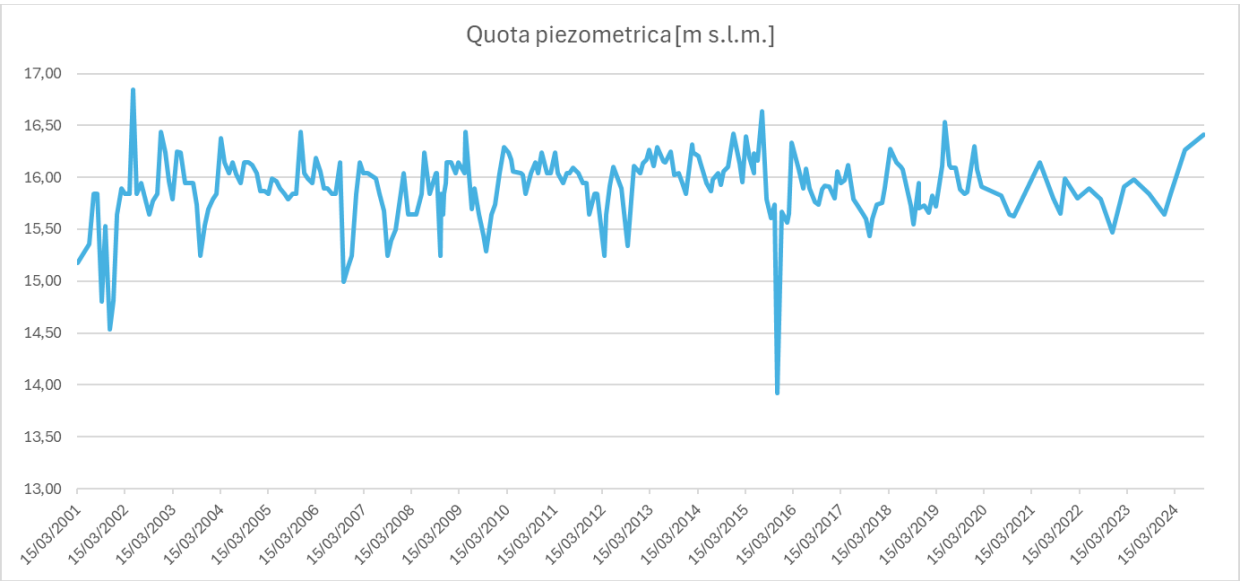
Le escursioni stagionali del livello idrico della falda possono essere molto ampie: durante le stagioni caratterizzate da intensi e continui fenomeni precipitativi, la quota piezometrica può subire un innalzamento sino a sfiorare il piano campagna.

La situazione idrodinamica è differente per quel che concerne i depositi sabbiosi sedimentati dal fiume Po, che qui si rinvergono a partire da una profondità di poco superiore a 10 m dal piano campagna, formando un elemento continuo che contraddistingue tutto settore di bassa pianura. L’elevata conducibilità idraulica di questi depositi consente, infatti, una buona circolazione idrica. La ricarica per infiltrazione da parte delle acque superficiali, sia meteoriche che dei corsi d’acqua, risulta molto ridotta.

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio di Gonzaga sono descritte nella **Tavola 3 - Carta idrogeologica**, redatta in scala 1:10.000. In tale elaborato è raffigurato l’assetto della falda mediante la rappresentazione delle curve isopiezometriche (linee lungo le quali la falda si trova alla stessa altezza sul livello medio del mare). I gradienti idraulici sono molto bassi, dell’ordine dello 0,2÷0,3‰.

Il pozzo in via Brina a Bondeno non è più in esercizio da inizio 2023; tale pozzo non risulta però dismesso, quindi è stato mappato con la sua fascia di rispetto all'interno della cartografia allegata. Non sono presenti, nel territorio del Comune di Gonzaga, altri pozzi a scopo idropotabile. In Allegato 5 sono riportate le ultime analisi effettuate sul pozzo, mentre di seguito i rilievi del livello statico.

Data	Livello statico (mt)
02/01/2023	3,3
01/12/2022	3,3
02/11/2022	3,3
06/10/2022	3,0
07/09/2022	3,0
01/08/2022	3,0
08/07/2022	2,9
01/06/2022	2,9
02/05/2022	2,9
04/04/2022	2,9
01/03/2022	3,4
01/02/2022	3,4
25/01/2022	3,4



Valori di livello statico misurati nel pozzo PO0200270R0053 della rete di monitoraggio quantitativa delle acque sotterranee della Provincia di Mantova di ARPA Lombardia.

Come si può osservare nella figura precedente, che rappresenta l'andamento dei livelli statici misurati mensilmente tra il marzo del 2001 e il dicembre del 2024 (ARPA Lombardia), il regime piezometrico presenta generalmente due fasi di minimo (agosto e gennaio) e due fasi di massimo (aprile e novembre), con sfasamenti temporali minimi rispetto al regime pluviometrico e a quello idrogeologico. L'escursione media risulta contenuta in valori compresi tra 1 e 2 m circa. La soggiacenza della falda, sempre in pressione, può variare all'incirca tra 1 e 5 m dal piano campagna.

3.5.3. Vulnerabilità dell'acquifero superficiale

Sulla scorta dei dati relativi alla litologia superficiale e alla soggiacenza della falda, è stata condotta una valutazione vulnerabilità intrinseca del primo acquifero per l'intero territorio comunale. Per vulnerabilità intrinseca si intende l'insieme delle caratteristiche dei complessi idrogeologici che costituiscono la loro suscettività specifica a ricevere e diffondere un inquinante idrico o idroveicolato. La valutazione delle vulnerabilità è riferita ad inquinanti generici e non prende in considerazione i comportamenti chimico-fisici specifici di ciascuna sostanza (solubilità, densità, ...).

Il territorio comunale è stato suddiviso qualitativamente, individuando aree omogenee dal punto di vista della litologia superficiale e dell'assetto idrogeologico complessivo. La **Tavola 4 - Carta della vulnerabilità dell'acquifero superficiale**, in scala 1:10.000, rappresenta i risultati dell'analisi svolta.

La vulnerabilità dell'acquifero superficiale risulta prevalentemente medio-bassa, soprattutto grazie alle litologie prevalentemente argillose riscontrabili nei terreni superficiali. Tuttavia vi è una non trascurabile estensione delle zone ad elevata vulnerabilità, in conseguenza del fatto che la falda risiede in un acquifero confinato con tetto ad oltre 10 m da piano campagna.

3.5.4. Porzioni di territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali

Con il presente paragrafo, redatto a supporto della progettazione per l'invarianza idraulica come richiesto dall'art. 14 - comma 7 del Regolamento Regionale n° 7 del 23 novembre 2017 e s.m.i., si è effettuata una prima valutazione sulla fattibilità dell'infiltrazione nel sottosuolo come tecnica di gestione delle acque meteoriche nell'edilizia.

L'utilizzo di strutture di infiltrazione quali pozzi disperdenti come misure di invarianza idrologica è contemplato e auspicato dal R.R. n. 7 del 2017, tuttavia possono sussistere condizioni tecniche e/o normative ostative all'utilizzo di tali strutture. La definizione delle porzioni di territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione ha come scopo quello di evidenziare le aree del territorio comunale più o meno indicate per la realizzazione di opere di smaltimento delle acque meteoriche tramite infiltrazione nei primi strati del sottosuolo.

La conducibilità idraulica dei depositi granulari è stimabile dalla conoscenza della litologia dei depositi, applicando valori medi individuati in bibliografia. Una correlazione ampiamente utilizzata è quella fornita da Lancellotta (1987) e sintetizzata nella seguente tabella.

Valori della conducibilità idraulica k correlati con la granulometria (Lancellotta, 1987)	
Tipo di terreno	k (cm/sec)
Ghiaia pulita	$10^{-2} \div 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} \div 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} \div 10^{-4}$
Limo	$10^{-8} \div 10^{-6}$
Argilla omogenea	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} \div 10^{-4}$

Correlazione granulometria/conducibilità idraulica.

A Gonzaga presentano una permeabilità molto bassa le argille e argille intercalate a limo, presenti su gran parte del territorio. Le argille limo-sabbiose occupano la parte sud-est del comune, interposte tra aree a litologia superficiale limosa. I limi vengono localizzati in vari settori del territorio, ma quasi sempre a contatto con le argille e con le sabbie. Le sabbie sono i depositi predominanti, insieme alle argille, e si intercettano in corrispondenza dei principali paleoalvei, in particolare nella fascia centrale del territorio comunale con andamento nord-sud.

Dal punto di vista idrogeologico il territorio di Gonzaga presenta ridotti valori di soggiacenza e grado elevato di vulnerabilità dell'acquifero. I minimi valori di soggiacenza del livello freatico, intesa come profondità a cui si rinviene generalmente acqua a partire dal piano campagna, sono dell'ordine di $2 \div 3$ m dal piano campagna. La soggiacenza della falda superficiale è il fattore che condiziona maggiormente la vulnerabilità idrogeologica, infatti la minore distanza che intercorre tra la superficie e il livello di falda risulta critica in alcune aree del territorio comunale. Si deve inoltre considerare l'attività antropica che spesso peggiora la situazione locale. Le arature dei terreni aumentano di molto la permeabilità dei primi 40/50 cm di suolo, facilitando così la possibilità di infiltrazione delle acque e dei possibili contaminanti.

I vincoli sovraordinati che escludono la possibilità di infiltrazione delle acque nel sottosuolo sono i seguenti:

- vincoli idrogeologici: all'interno della Zona di rispetto (raggio = 200 m, criterio geometrico) del Pozzo di Bondeno sono vietate la dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade e la realizzazione di pozzi disperdenti, così come esplicitamente indicato dall'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., che disciplina le aree di salvaguardia dei pozzi per acqua destinata al consumo umano;
- vincoli di polizia idraulica: fasce di rispetto del Reticolo Idrico Minore di competenza comunale, del Collettore Principale, e del Reticolo idrico consortile di competenza del Consorzio di Bonifica Terre dei Gonzaga in Destra Po.

Sulla base di quanto sopra, il territorio di Gonzaga è suddivisibile nei seguenti ambiti con diversa attitudine all'infiltrazione:

- adatto
 - aree con sabbie e sabbie intercalate a limi e argille con permeabilità media, comunque da verificare con indagini locali
 - terreni con medio-buoni parametri geotecnici;
- poco adatto
 - aree con limi e limi debolmente argillosi e sabbiosi, da verificare con indagini locali, e da valori di soggiacenza inferiori a 3 m,
 - terreni con medio-scadenti parametri geotecnici
 - aree P2 interessate da alluvioni poco frequenti - scenario M - del P.G.R.A. Direttiva alluvioni 2007/60/CE;
- non adatto/vietato
 - aree con argille e argille intercalate a limo
 - aree di salvaguardia delle captazioni a scopo potabile (D.Lgs. 152/2006),
 - fasce di rispetto del reticolo idrico superficiale,
 - eventuali aree soggette ad indagini e interventi di bonifica ambientale.

L'infiltrazione d'acqua all'interno delle aree caratterizzate da terreni con scarsa qualità geotecnica comporta un ulteriore peggioramento a causa dell'imbibimento che ne deriva, con conseguenze negative per la stabilità di eventuali opere su di esso fondate. All'interno di queste aree non è preclusa o vietata la possibilità di infiltrare acque pluviali nel sottosuolo, tuttavia l'uso dei dispositivi idraulici deve essere attentamente valutato: prima di ricorrere all'infiltrazione per lo smaltimento delle acque meteoriche, è necessario svolgere adeguati approfondimenti geologici e idrogeologici, l'utilizzo di queste aree pertanto deve essere subordinato alla definizione di un modello geologico e idrogeologico specifico, che ne definisca le modalità di utilizzo o anche l'eventuale esclusione.

Le indagini e gli approfondimenti devono definire le caratteristiche granulometriche dei terreni, la loro porosità, la stratigrafia del sottosuolo e la soggiacenza della falda superficiale. Questi aspetti devono essere valutati e approfonditi in fase di analisi di ciascuna area di progetto mediante la realizzazione di indagini geognostiche ad hoc (analisi granulometriche, prove di infiltrazione, ...) da definire a discrezione del professionista incaricato.

Le indagini e gli approfondimenti devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

3.6. Il reticolo idrografico

L'intero territorio comunale, dal punto di vista idrografico, è interessato da una rete di canali, fossi e scoli di bonifica, i quali rivestono una fondamentale funzione dal punto di vista idraulico. Le aste del reticolo idrico superficiale (a cielo aperto e/o tombinato) che attraversano il territorio di Gonzaga appartengono al Reticolo Idrico Minore sia di competenza comunale sia di competenza consortile. Il Reticolo idrico principale di competenza AIPO e il Reticolo idrico principale di competenza della Regione Lombardia non sono presenti.

Il Documento di Polizia Idraulica di Gonzaga è in fase di redazione da parte degli scriventi, ai sensi della L.R. n. 4 del 16 marzo 2016 e della D.G.R. XII/3668 del 16 dicembre 2024 "Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica. Aggiornamento della D.G.R. 18 dicembre 2023 n. XII/1615 e dei relativi allegati tecnici".

I corsi d'acqua appartenenti al RIM - Reticolo Idrico Minore sono riportati nella tabella seguente.

CODICE RIM	NOME CANALE
03020027_001	
03020027_002	RONCHI
03020027_003	TRAVERSANO
03020027_004	DERIVAZIONE FIACCADORI
03020027_005	AFFL. F.COMUNE
03020027_006	SCOLO LANDINI
03020027_007	
03020027_008	SCOLO CHIAVICHETTA EST
03020027_009	SCOLO CHIAVICHETTA OVEST
03020027_010	SCOLO GHIDINI-MARIOTTI
03020027_011	SOTTOPASSO A22 BUSATO
03020027_012	SCOLO PRADELLE
03020027_013	SCOLO MARCIDO MERIDIONALE
03020027_014	SCOLO MARZETTE
03020027_015	
03020027_016	
03020027_017	SCOLO NORD ZONA RAME
03020027_018	SCOLO STRADA VALLE D'OCA
03020027_019	SCOLO BALLONA
03020027_020	DERIVATORE ALBAREDA
03020027_021	TOMBINATURA DI VILLANOVA
03020027_022	CORTE ALBAREDA BONDENO
03020027_023	AFFL. C.ALBAREDA
03020027_024	AFFL. VALLE OCA-TRAGATTO
03020027_025	SCOLO BOLZONARA
03020027_026	SCOLO MARZUOLA
03020027_027	SCOLO CASAZZA
03020027_028	DIRAM. RAFFAELE
03020027_029	SCOLO VALLICELLA
03020027_033	SCOLO VIA ZOCCA BASSA
03020027_030	
03020027_031	FOSSO BOCCAMAGGIORE
03020027_032	

L'Allegato C alla D.G.R. n. XII/3668 del 16 dicembre 2024 elenca i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica (RIB), con l'indicazione dei comuni attraversati e la funzione di ciascun canale.

Su tali corsi d'acqua è il Consorzio di Bonifica Terre dei Gonzaga in Destra Po che svolge le funzioni di polizia idraulica previste. Spesso le rogge consortili risultano ramificate per ottimizzare il processo di distribuzione delle acque sui terreni in coltivazione. I dati relativi ai corsi d'acqua appartenenti a tale reticolo, elencati nella seguente tabella, sono stati forniti agli scriventi in formato digitale (shapefile) dal Consorzio. I corsi d'acqua elencati sono tutti di proprietà demaniale.

Nome corso d'acqua	Tratto di competenza	Comuni attraversati	Funzione	Elenco Acque PP.	Codice RIB	Sbocco
AFFLUENTE BECCAGUDA	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_001	-
ALBAREDA	Tutto il corso	Reggiolo, Moglia, Gonzaga	Irrigua	NO	011_002	-
ALLACCIANTE PO VECCHIO-CROCE PO MORTO	Tutto il corso	Gonzaga	Irrigua	NO	011_004	-
ALLACCIANTE PO VECCHIO-PO MORTO	Tutto il corso	Gonzaga, Pegognaga	Irrigua	SI	011_008	-
ALLACCIANTE ROTTAZZO-TRAGATELLO MERIDIONALE	Tutto il corso	Gonzaga	Irrigua	NO	011_010	-
BECCAGUDA	Tutto il corso	Gonzaga, Reggiolo	Promiscua	SI	011_013	Collettore Principale
COLLETTORE PRINCIPALE	Tutto il corso	Reggiolo, Gonzaga, Pegognaga, San Benedetto Po, Quistello	Promiscua	SI	011_029	Canale Emissario
CROCE PO MORTO	Tutto il corso	Gonzaga, Pegognaga	Promiscua	SI	011_033	Collettore Principale
DIVERSIVO FOSSA LUZZARESE	Tutto il corso	Luzzara, Gonzaga, Reggiolo	Promiscua	SI	011_037	Collettore Principale
FASOLO	Tutto il corso	Reggiolo, Gonzaga	Promiscua	SI	011_045	Tragatto
FOSSA COMUNE	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_049	Collettore Principale
FOSSA LUZZARESE	Tutto il corso	Luzzara, Gonzaga, Suzzara	Promiscua	SI	011_050	Po Vecchio
FOSSETTA CAMPOLUNGO BIRLA	Tutto il corso	Moglia, Gonzaga, Pegognaga	Promiscua	SI	011_052	Diversivo Birla
MARCIDO MERIDIONALE	Tutto il corso	Gonzaga, Pegognaga	Promiscua	SI	011_064	Collettore Principale
PALIMADA	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_073	-
PASCOLETTO	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_075	-
PIRONDA	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_078	-
PO VECCHIO	Tutto il corso	Suzzara, Gonzaga, Pegognaga	Promiscua	SI	011_080	Trigolaro

PO VECCHIETTO	Tutto il corso	Pegognaga, Gonzaga	Promiscua	SI	011_081	Collettore Principale
RAFFAELE	Tutto il corso	Gonzaga, Pegognaga	Promiscua	SI	011_083	-
ROTTAZZO	Tutto il corso	Reggiolo, Gonzaga	Promiscua	SI	011_088	Fasolo
TONINA	Tutto il corso	Gonzaga, Pegognaga	Promiscua	SI	011_104	-
TRAGATELLO SETTENTRIONALE	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_106	-
TRAGATELLO MEDIO	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_107	-
TRAGATELLO MERIDIONALE	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_108	Collettore Principale
TRAGATTO	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_109	Collettore Principale
VALLE OCA-FASOLO	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_111	-
VALLE OCA-TRAGATTO	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_112	-
ALLACCIANTE PO VECCHIO-FOSSA COMUNE	Tutto il corso	Gonzaga	Irrigua	NO	011_134	-
ALL. CROCE PO MORTO-PALIMADA	Tutto il corso	Gonzaga	Irrigua	NO	011_135	-
DIVERSIVO FOSSA COMUNE	Tutto il corso	Gonzaga	Irrigua	NO	011_136	-
FOSSA MADAMA	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_170	-
ZOCCA	Tutto il corso	Gonzaga	Promiscua	SI	011_183	-
CASCINA	-	-	-	-	-	-
ALLACCIANTE LAZZARELLO-DIV. FOSSA LUZZARESE	-	-	-	-	-	-
LAZZARELLO	-	-	-	-	-	-
BOVINO	-	-	-	-	-	-
SCOLO PANDELICI	-	-	-	-	-	-
MARGONARA	-	-	-	-	-	-
CAMPOLUNGO	-	-	-	-	-	-
SCOLO STAZIONE EST	-	-	-	-	-	-
SCOLO STAZIONE OVEST	-	-	-	-	-	-
TUB. BECCAGUDA	-	-	-	-	-	-
ALLAC. F. LUZZARESE-F. COMUNE	-	-	-	-	-	-
TUB. SFIORO CASSA LOGHINO PO VECCHIO	-	-	-	-	-	-

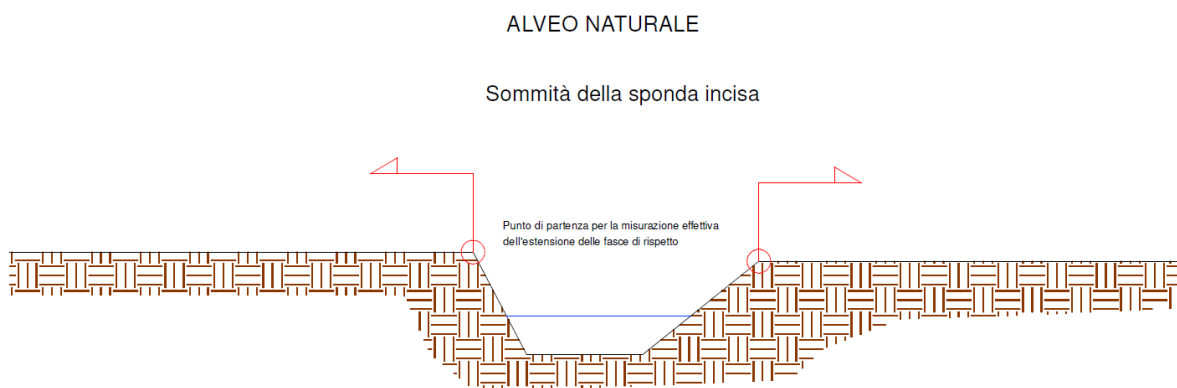
Per ciò che riguarda le fasce di rispetto:

- per i canali di competenza comunale appartenenti al Reticolo Idrico Minore sono state istituite fasce laterali di ampiezza pari a 5 m a partire dalla sponda che delimita l'alveo attivo;
- per il Collettore Principale, di competenza consortile, sono state istituite fasce laterali di ampiezza pari a 10 m a partire dalla sponda che delimita l'alveo attivo;
- per tutti gli altri canali affidati in gestione al Consorzio di Bonifica Terre dei Gonzaga in Destra Po, sono state istituite fasce laterali di ampiezza pari a 5 m a partire dalla sponda che delimita l'alveo attivo.

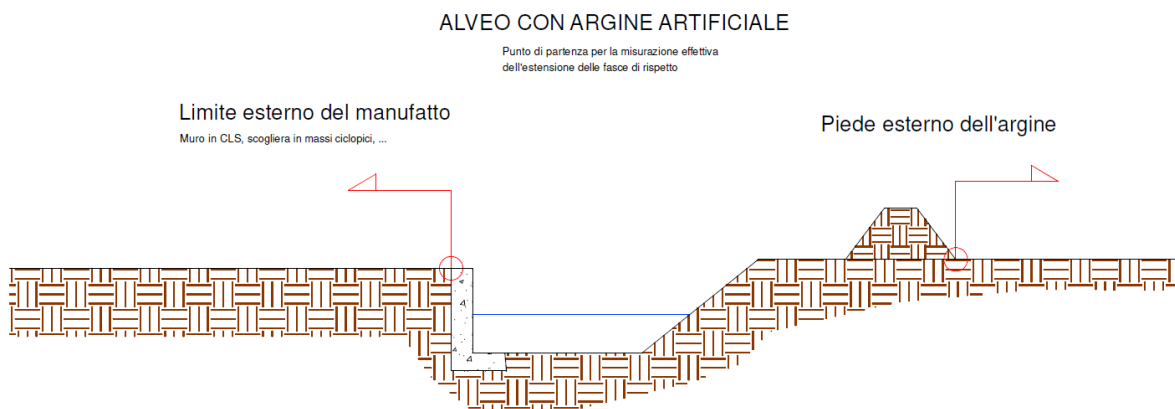
Le fasce delle aste appartenenti al Reticolo Idrico Minore sono proposte con estensione pari a 5 metri in quanto afferiscono al reticolo consortile, che ha fasce da 5 metri.

In attesa del parere positivo da parte della Sede territoriale regionale competente e al successivo recepimento del Documento di Polizia Idraulica nello strumento urbanistico, su tutti i reticoli valgono le disposizioni di cui all'art. 96, lettera f), del R.D. 25 luglio 1904 n. 523. Questo stabilisce che sono vietati in modo assoluto *“le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi”*.

Nelle successive figure sono esemplificati gli schemi per l'individuazione dei punti di partenza per l'effettiva misurazione dell'estensione delle fasce fluviali.



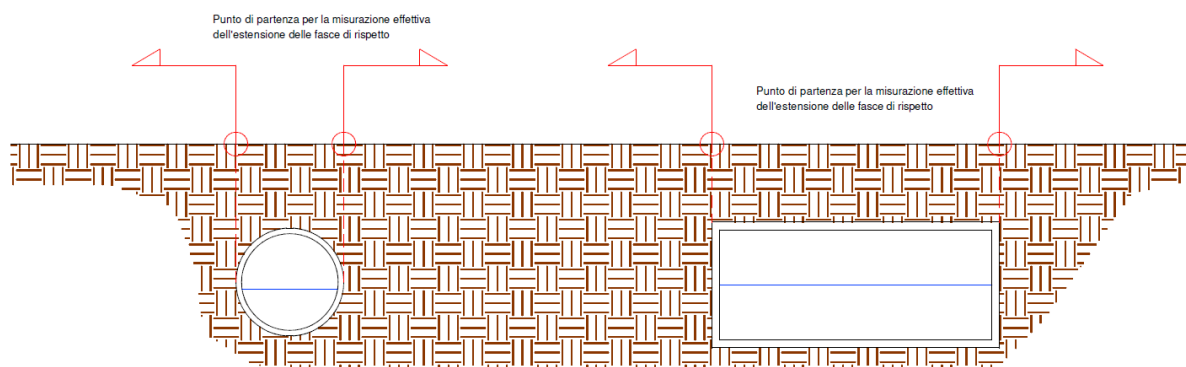
Punti di misurazione per la misurazione delle fasce di rispetto in alveo naturale.



Punti di misurazione per la misurazione delle fasce di rispetto in alveo artificiale.

ALVEO TOMBINATO

Limite esterno del manufatto

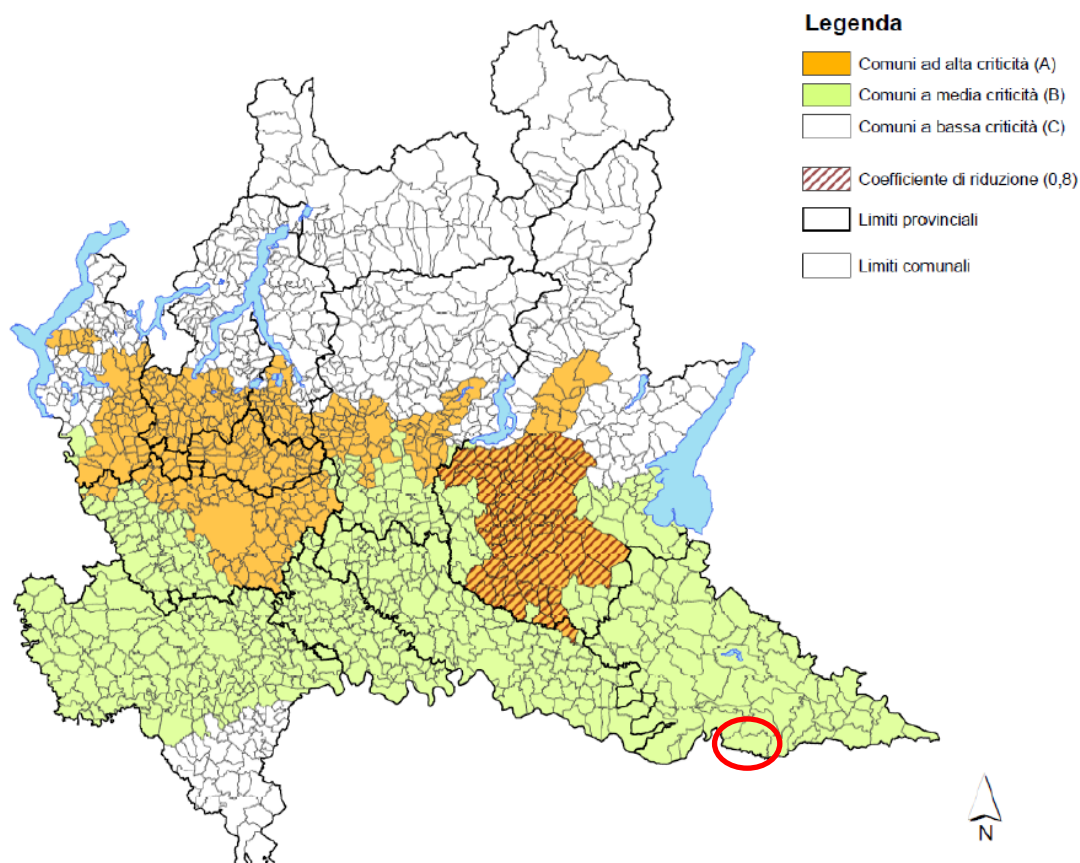


Punti di misurazione per la misurazione delle fasce di rispetto in alveo artificiale e tombinato.

3.7. Rischio idraulico e idrogeologico

Il Documento semplificato del rischio idraulico comunale è stato redatto nel 2024 dal raggruppamento temporaneo di imprese Brambati Salvetti Graneroli Scola, in ottemperanza a quanto emanato dal R.R. n. 7 del 23 novembre 2017, attuativo della L.R. 4/2016, come modificato dal R.R. n. 8 del 19 aprile 2019. Lo Studio comunale di gestione del rischio idraulico, a cui si rimanda per i dettagli, è stato redatto sempre da parte degli scriventi in compartecipazione con lo Studio Salvetti Graneroli Engineering.

Il territorio regionale è stato suddiviso dal Regolamento Regionale n. 7/2017 in tre tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori. Il Comune di Gonzaga ricade nella fascia "B", a media criticità idraulica.



Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica. In rosso, il Comune di Gonzaga.

La norma regionale lombarda che per prima riporta indicazioni (seppur con carattere di indirizzo) in merito al rischio idraulico in contesti urbani è la L.R. n. 12/2005, che tra gli obiettivi perseguiti riporta la promozione di *“misure specifiche e interventi necessari al riequilibrio idraulico ed idrogeologico del territorio [...] per garantire la sicurezza delle popolazioni e degli insediamenti rispetto ai fenomeni di degrado delle acque e di dissesto idraulico ed idrogeologico che interessano i centri e nuclei abitati, le attività produttive, le infrastrutture al servizio del territorio [...]”*. La pubblicazione del PGRA del Bacino del Fiume Po (marzo 2016) rappresenta un punto di svolta a livello regionale. Nell’Allegato 5 al PGRA (dedicato in modo specifico alle ARS Regionali e Locali), viene per la prima volta riportata una misura in capo a Regione Lombardia che prevede la promozione del *“principio di invarianza idraulica ed idrologica e la riduzione dell'impermeabilizzazione attraverso la predisposizione di apposita Direttiva Regionale”*. Si tratta di una misura di prevenzione e protezione con l’obiettivo generale distrettuale della *“Difesa delle città e delle aree metropolitane”*. Essa costituisce anche una forma di applicazione della misura individuale del tipo win-win codice KTM21-P1-b099, *“Disciplina e indirizzi per la gestione del drenaggio urbano”*, indicata nel PGRA (Relazione di Piano, AdBPo, marzo 2016). Con l’indicazione di questa misura si concretizza per la prima volta l’idea che presiede al R.R., ovvero che gli allagamenti dovuti all’inadeguatezza delle reti fognarie urbane, pur non essendo ricompresi tra le tipologie di

fenomeni di allagamento dalla Direttiva Alluvioni, costituiscono un importante elemento di conoscenza per la pianificazione, la prevenzione e la protezione a scala regionale e comunale. Il R.R. rappresenta quindi la “*Direttiva Regionale*” che finalizza in modo indiretto le indicazioni della Direttiva Alluvioni, proprio imponendo il rispetto dell’invarianza idrologica e idraulica. Il R.R., per scelta politica regionale, è andato oltre all’imposizione del rispetto di questi principi, richiedendo la predisposizione degli Studi idraulici comunali, che allo stato attuale, per quanto di conoscenza dello scrivente, costituiscono un unicum nazionale per contenuti e aspettative.

Con il Regolamento Regionale 23 novembre 2017 – n. 7 (pubblicato in data 27/11/2017), Regione Lombardia ha emanato i criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12, da applicarsi agli interventi di:

- nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;
- demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all’urbanizzazione.

Per il Comune di Gonzaga il Consorzio di bonifica Terre dei Gonzaga prevede di dare seguito ai seguenti **interventi strutturali**:

- rifacimento del tratto tombato canale Rottazzo;
- ripresa frane e consolidamento scarpate sui Canali Fossalta Superiore, Emissario ex Agro Mantovano Reggiano e Collettore Principale e recupero dei manufatti presenti;
- risagomatura del Collettore Principale in sinistra Secchia per il miglioramento delle condizioni di deflusso e della sicurezza gestionale;
- risanamento e recupero ambientale del Canale Po Vecchio.

I provvedimenti di tipo non strutturale sono finalizzati all’attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrogeologica a scala comunale, quale l’incentivazione dell’estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, nonché delle misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio idraulico. Gli interventi non strutturali comprendono tutte le attività di monitoraggio e gestione che non contemplano la realizzazione di nuovi manufatti o impianti. Nel territorio comunale di Gonzaga sono stati identificati i seguenti **interventi non strutturali**:

- manutenzione ordinaria del reticolo e procedure ordinarie di controllo e gestione della rete da parte dei consorzi di bonifica;
- manutenzione ordinaria caditoie e procedure ordinarie di controllo della rete fognaria da parte del gestore;
- indicazioni di massima delle misure di invarianza idraulica e idrologica a prevedere nei nuovi ambiti di trasformazione;
- indicazioni di massima del calcolo dei volumi di laminazione per il rispetto delle portate limite previste dall’art. 8 comma 5 del RR 7/2017, da applicarsi quando presenti dei manufatti di sfioro con scarico in corpo idrico superficiale;
- rilievo, monitoraggio e modellazione della rete di fognatura e di drenaggio superficiale. Tale attività permetterà di valutare la capacità di drenaggio della rete ed evidenziare eventuali criticità ad oggi non riscontrabili oltre alla possibilità di definire eventuali interventi di tipo strutturale sulla rete stessa;
- monitoraggio del livello delle stazioni di sollevamento eventualmente presenti e manutenzione periodica da parte del gestore;
- controllo periodico frequente dell’eventuale presenza di materiale solido depositato sul fondo dei canali, delle condotte e dei pozzetti, in particolare nei tratti a bassa pendenza, pendenza nulla o contropendenza;
- disconnessione delle reti bianche dalle reti miste;
- recepimento del R.R. 7/2017 nel Regolamento Edilizio Comunale con incentivazione all’applicazione delle misure di invarianza, da applicarsi sull’intero territorio comunale;
- prescrizioni amministrative da adottare all’interno del regolamento edilizio;
- procedure previste nel Piano di emergenza comunale.

In **Tavola 6 - Carta PAI-PGRA**, sono riportate le aree a pericolosità H3-H4 con tiranti $> 0,30$ m per i tempi di ritorno $T_r = 10$ anni, 50 anni e 100 anni.

4.1. Risposta sismica locale

La D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 stabilisce l'indispensabilità, per i comuni, di dotarsi di uno studio geologico che affronti tutti gli aspetti legati al territorio, compreso quello della valutazione della pericolosità sismica locale. Il Comune di Gonzaga, secondo la classificazione dei comuni lombardi di cui alla D.G.R. n. 2129 del 11 luglio 2014, ricade in **Zona sismica 3**. L'accelerazione sismica orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in un intervallo di tempo di 50 anni, è pari a $A_{g_{max}} = 0,12581 \text{ g}$ (v. O.P.C.M. 3519/06, in Lombardia varia da 0,037 a 0,163 g). L'accelerazione sismica è il principale parametro descrittivo della pericolosità di base utilizzato per la definizione dell'azione sismica di riferimento per opere ordinarie (Classe II delle N.T.C.).

In accordo alla D.G.R. n. IX/2616/2011, su tutto il territorio comunale gli edifici il cui uso prevede affollamenti significativi, gli edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, le reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali di cui al D.D.U.O. 21 novembre 2003 n. 19904 *“Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003”*, dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 17 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”*, definendo le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello, indipendentemente dalla presenza o meno di possibili scenari di amplificazione locale.

Come da NTC, la pericolosità sismica di base costituisce la "prima azione", che si trasmette a partire dal cosiddetto «bedrock» o sito di riferimento rigido. La seconda azione, che modifica la prima, è data dalle variazioni, indotte sulla prima azione, dalle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche del sottosuolo sovrastante il bedrock; l'insieme dei fenomeni di trasformazione fisica (ondulatoria, variazioni in ampiezza e contenuto in frequenza) che affligge il treno d'onde che si propaga in tale sottosuolo, passa sotto il nome di Risposta Sismica Locale (RSL), poiché caratterizzata da effetti propri del sito.

Per ridurre gli effetti dei terremoti, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche. In Regione Lombardia le condizioni geologiche non sono così drammatiche come in molte altre regioni italiane, tant'è che in generale il livello di pericolosità sismica è basso o molto basso, con la sola eccezione dell'area del Lago di Garda. Anche il patrimonio edilizio nel suo insieme può essere considerato da buono a ottimo (con esclusione degli edifici storici) e il terremoto di Salò del 24 novembre 2004 (grado Mercalli di 7/8) ha causato un danno complessivo di circa 200 milioni di euro, cifra importante ma non paragonabile ai miliardi di euro dei terremoti in Umbria, Marche e Molise.

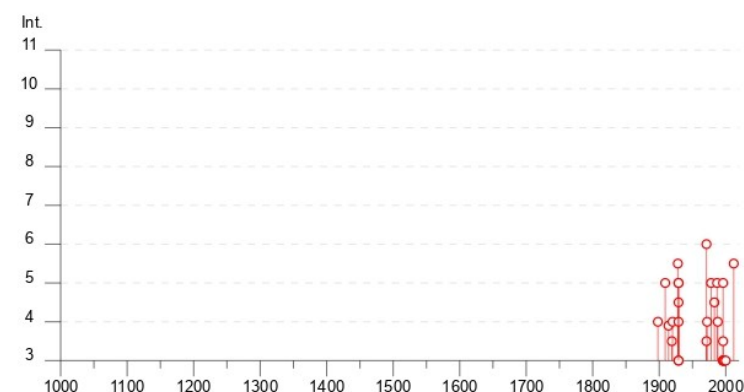
Il terremoto di Verona del 3 gennaio 1117 fu l'evento sismico più forte avvenuto nel nord Italia di cui si abbia notizia (Guidoboni *et al.*, 2005) e che ebbe effetti devastanti in tutta l'area raggiungendo una magnitudo momento M_w pari a 6,52. Approfonditi studi recenti hanno verificato come gli effetti siano dovuti alla concomitanza di più eventi (Guidoboni & Comastri, 2005). Esso venne avvertito anche in buona parte dell'Europa centrale e fu causa di sconvolgimenti economico/sociali (Guidoboni & Boschi, 1991). Ad oggi non si sa ancora se è stato un evento 'random' oppure un vero e proprio terremoto caratteristico.

Il terremoto di Asolo del 1695 interessò l'alto trevigiano a sud del Monte Grappa con distruzioni gravissime in più di 30 centri abitati. La scossa fu avvertita anche da territori emiliani e lombardi sino a Varese. Provocò centinaia di morti, acuendo una crisi economica già in corso e causando lo spopolamento di diversi centri (Guidoboni *et al.* 2007). Il resto della Pianura Padana ha avuto solo evidenze di 'piccoli' terremoti, tipo quello di Salò del 2004.

Per il Comune di Gonzaga il Database Macrosismico Italiano DBMI15, versione 4.0, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), riporta gli eventi di cui alla pagina seguente.

Gonzaga

PlaceID IT_19663
Coordinate (lat, lon) 44.954, 10.821
Comune (ISTAT 2015) Gonzaga
Provincia Mantova
Regione Lombardia
Numero di eventi riportati 36



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
NF	1904	02	25	18	47	5	Reggiano	62	6	4.81
NF	1908	06	28	03	19		Finale Emilia	11	4-5	3.93
NF	1908	07	10	02	13	3	Carnia	119	7-8	5.31
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1910	03	22	23	29		Bassa modenese	15	5	4.16
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
NF	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65
F	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
3-4	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
4	1920	10	06	22	47		Mantovano	19	4-5	4.14
5-6	1928	06	13	08			Carpi	35	6	4.67
3	1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6	5.05
4-5	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
5	1929	04	22	08	26		Bolognese	41	6-7	5.10
3	1929	04	29	18	36		Bolognese	45	6	5.20
5	1929	05	11	19	23		Bolognese	64	6-7	5.29
6	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
3-4	1971	09	11	23	18	1	Pianura emiliana	15	5	4.19
4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
5	1978	12	25	22	53	4	Bassa modenese	28	5	4.39
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
4	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3-4	1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997	05	12	22	13	5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21
5-6	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90

La figura seguente evidenzia la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel catalogo più aggiornato e disponibile DISS version 3.3.1 (*Database of Individual Seismogenic Sources*, a cura dell'INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). Il territorio comunale di Gonzaga non è interessato dalla presenza di sorgenti sismogenetiche composite; la sorgente che marginalmente potrebbe interessare il territorio di Gonzaga è la ITCS051 denominata “Carpi-Poggio Renatico”.



Principali sorgenti sismogenetiche per terremoti di magnitudo >5.5 (Catalogo DISS versione 3.3.1 dell'INGV).

La sorgente ITCS051 è localizzata pochi km a sud del territorio di Gonzaga e presenta le seguenti caratteristiche sismo-tettoniche:

profondità minima = 2,0 km;

profondità massima = 10,0 km;

magnitudo momento massima $M_w = 7.0$;

velocità di scorrimento compresa tra 0.181 e 0.396 mm/anno.

Questa sorgente composita risulta ubicata nella regione della bassa valle del Reno e del Secchia e costituisce il fronte esterno del thrust dell'arco ferrarese. Questo sistema di faglie, NE vergente (verso l'esterno dell'arco), rappresenta il thrust più avanzato in direzione nord-est della catena appenninica, ben all'interno della piana del Po, con potenziali sorgenti sismogenetiche dannose.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et alii, 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et alii, 2006; Guidoboni et alii, 2007), mostrano una sismicità della regione intermedia ($4.5 < M_w < 5.0$), con la notevole eccezione del terremoto del 22 febbraio 1346 ($M_w 5.8$, Ferrara) localizzato nel settore più occidentale dell'area.

Questa sorgente sismogenetica è la porzione principale del più esterno thrust cieco dell'Appennino Romagnolo e può spiegare l'elevata sismicità della regione. In realtà, i dati di sottosuolo (ad esempio, Cassano et al., 1986) mostrano anticlinali sepolte ben sviluppate, compresa quella di Mirandola. Inoltre, ci sono anomalie di drenaggio ben note in questo settore (es., Castaldini et al., 1979), per i quali Burrato et al. (2003) ipotizzano un'origine tettonica. Questi ultimi autori propongono che questi segmenti dei thrust ciechi, valutati da dati di sottosuolo, possono essere potenziali sorgenti di rari terremoti di $M_w > 5.5$ in questa zona.

Un segmento di questa sorgente è stato riconosciuto in base al suo potenziale sismogenetico.

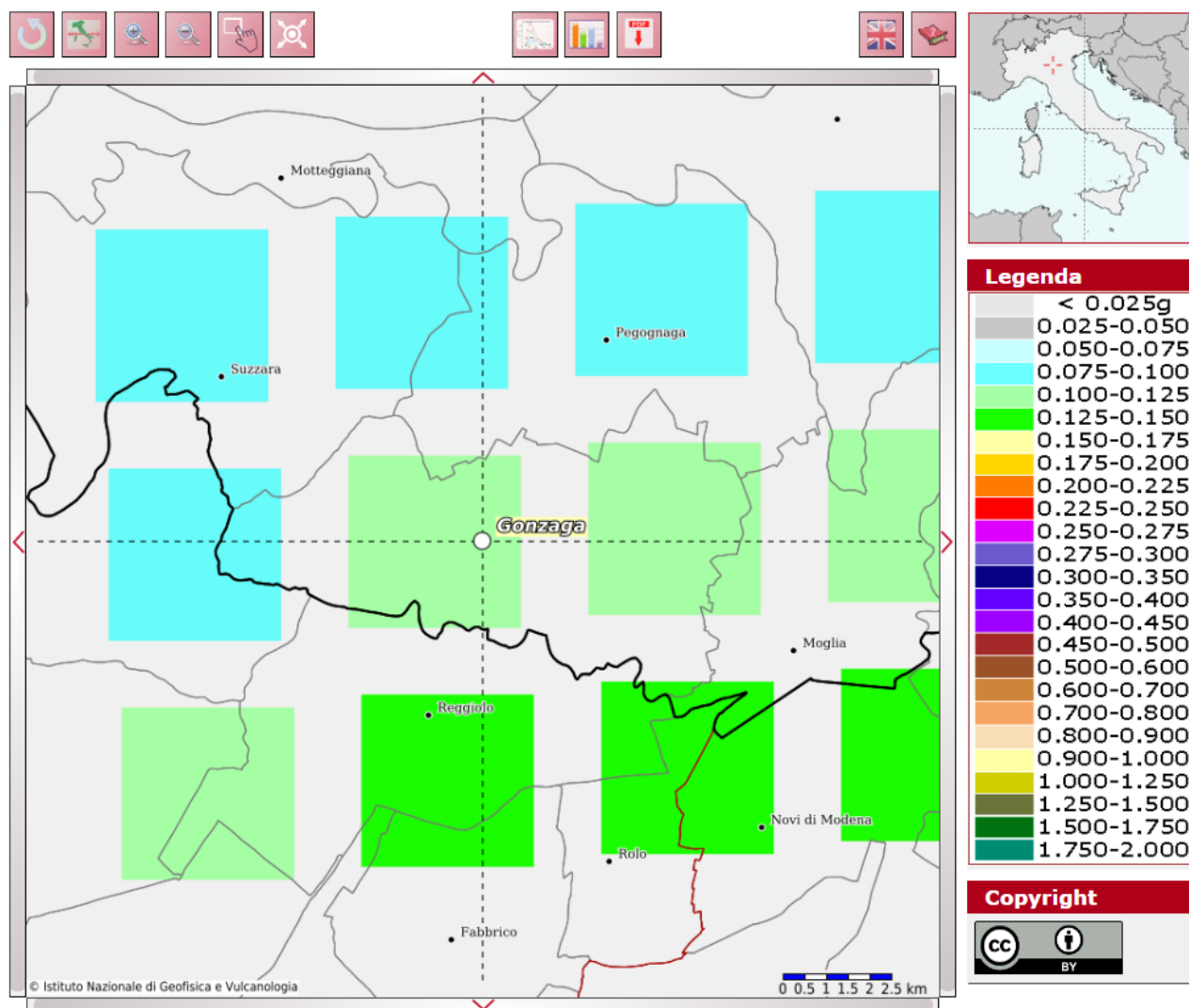
Lo strike di questa fonte si basa su quello delle strutture regionali mappate ($N95^\circ-125^\circ$). Il dip è basato su osservazioni geologiche e considerazioni geometriche ($25^\circ-45^\circ$). Il rake rappresenta uno scorrimento da puro ad obliquo, sulla base di osservazioni geologiche (80-120). La profondità minima e massima è basata su considerazioni geometriche e tettoniche riguardanti la geometria del thrust (3,0 e 10,0 km, rispettivamente). La velocità di scorrimento è stata dedotta da osservazioni geologiche (0,25-0,5 mm/anno).

La magnitudo massima è stata presa dalla più grande sorgente singola associata (Mw 5,9).

Al fine di definire la Magnitudo (M) di riferimento, ci si è riferiti alla disaggregazione sismica del terremoto di progetto.

La disaggregazione della pericolosità sismica consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento, di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

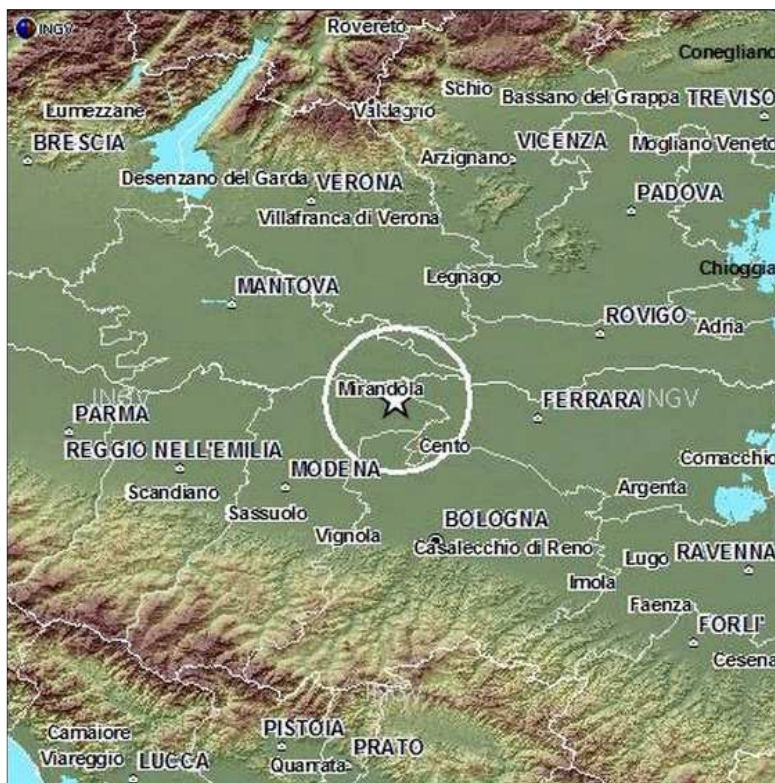
Utilizzando il grafico della disaggregazione estratto dalla Mappa interattiva di pericolosità sismica messa a disposizione dall'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), la magnitudo media di riferimento risulta pari a 5.01 per un sisma a una distanza di 16,8 km.



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 (2004): i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = *Peak Ground Acceleration* - accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di accelerazione di gravità g) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante. Il Comune di Gonzaga è individuato in corrispondenza del nodo della griglia di calcolo al centro della mappa.

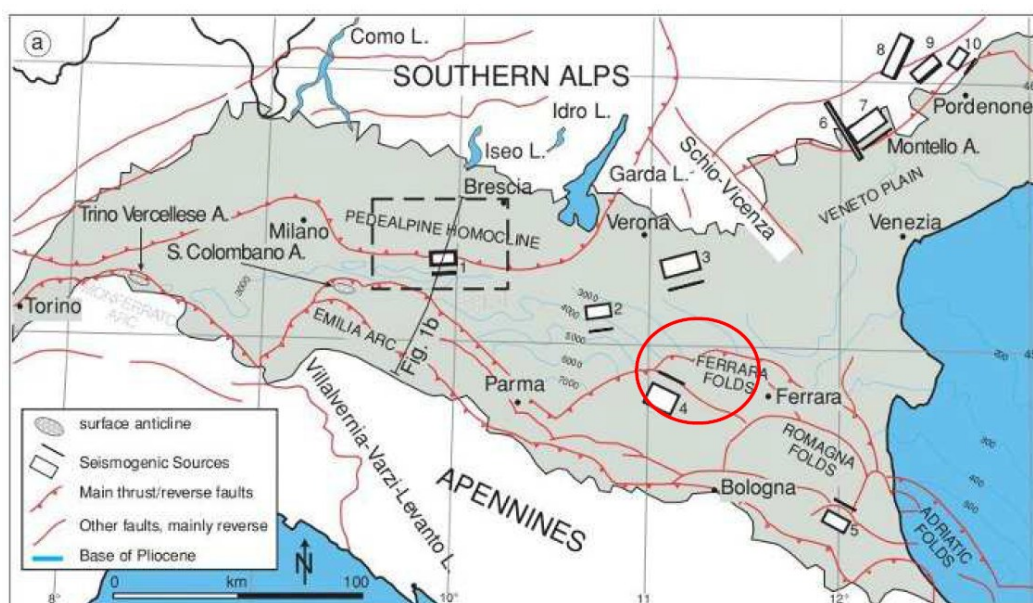
4.1.1. Sequenza sismica maggio 2012

In data 20 maggio 2012, ore 04:03, nel distretto sismico denominato “Pianura Padana Emiliana”, è avvenuto un sisma di magnitudo (MI) pari a 5.9 della scala Richter. Tale sisma, localizzato dalla Rete Sismica Nazionale INGV, ha un epicentro posto a nord di Mirandola. La profondità ipocentrale è stimata a 6.3 Km dalla superficie. In seguito a questo evento si è instaurata una sequenza sismica, ancora in atto al 22 maggio 2012, che comprende eventi di magnitudo anche superiore a 4.0 gradi. Alla figura seguente è riportata l'ubicazione dell'evento principale.

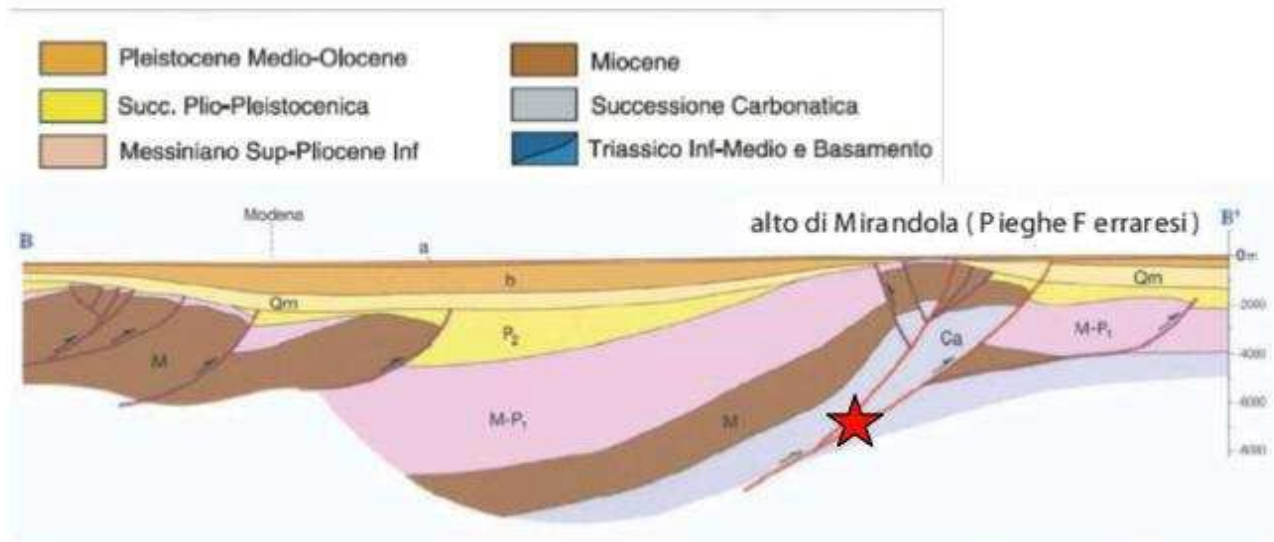


Ubicazione dell'evento principale.

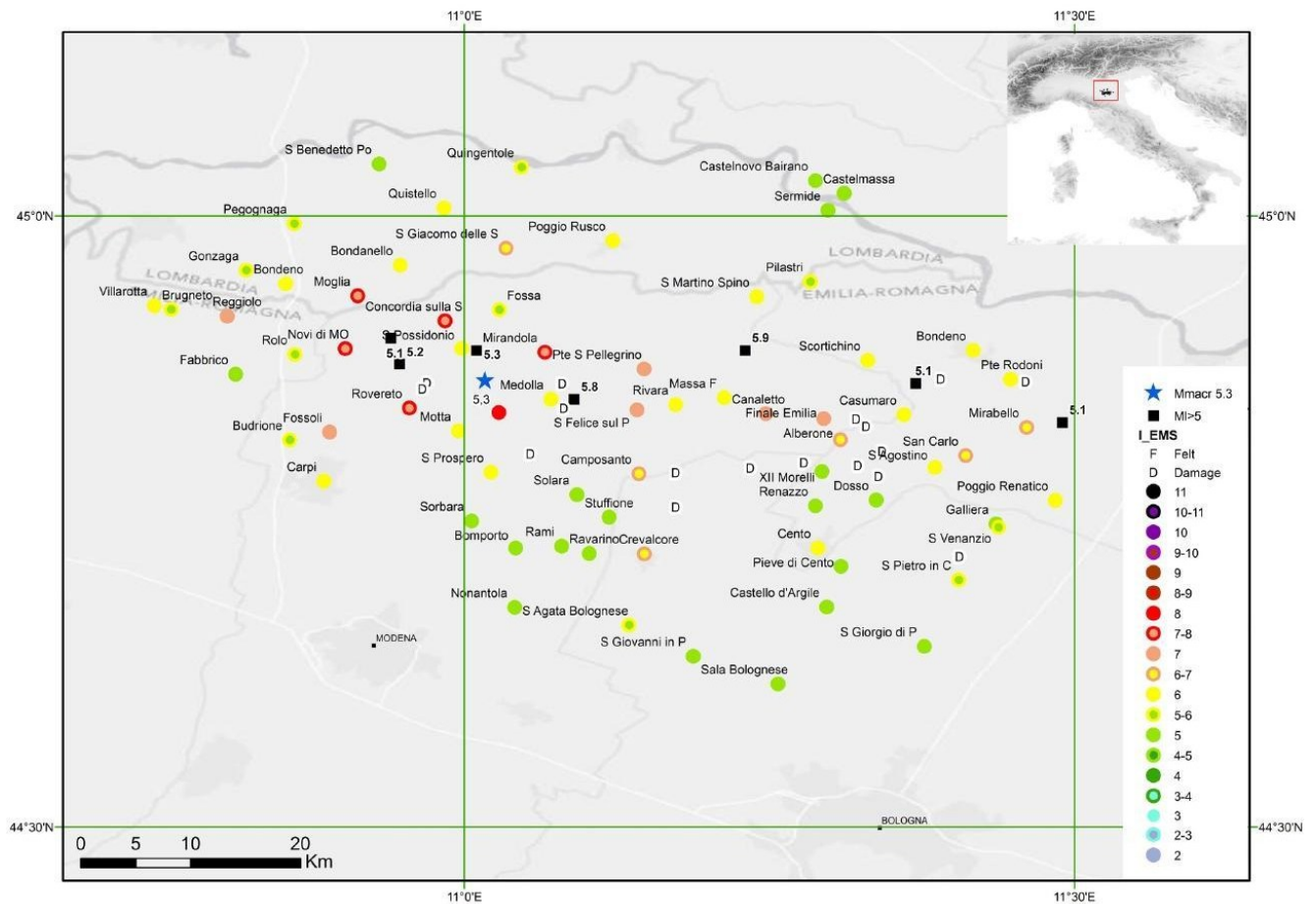
Tale evento è attribuibile a fenomeni compressivi in atto lungo le pieghe, sepolte, ferraresi.



Schema strutturale della catena sepolta (in rosso l'area colpita dal sisma).



Sezione geologica del sottosuolo con indicazione del sisma principale (stella rossa).



Mapa delle intensità macrosismiche cumulate (EMS) dei terremoti del 20-29 maggio 2012 (Tertulliani et alii, 2012).

4.2. Analisi della sismicità del territorio e Carta della pericolosità sismica locale

L'analisi sismica è articolata in tre livelli successivi di approfondimento implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune (D.G.R. 9/2129 del 11 luglio 2014), agli scenari di pericolosità sismica locale e alla tipologia delle costruzioni in progetto (Allegato 5 alla D.G.R. 9/2616). Le zone sismiche sono quattro e sono così definite:

Zona	Valori di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

dove a_g è il valore dell'accelerazione orizzontale massima espresso come frazione della gravità (g).

Il territorio comunale di Gonzaga, come detto, ricade nella zona sismica 3, ove possono verificarsi forti terremoti ma rari. I livelli di approfondimento e le fasi di applicazione richieste dalla normativa sono riassunti nella tabella seguente.

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
3	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none">nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale;nelle zone PSL Z1, Z2.

Livelli di approfondimento e fasi di applicazione della normativa sulla zonizzazione della pericolosità sismica locale.

Ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è valutata riferendosi a una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, in base ai valori riportati nell'Allegato B al citato D.M.. La suddivisione del territorio lombardo in zone sismiche, ai sensi della D.G.R. 9/2129 del 11 luglio 2014, individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria.

Il primo livello di approfondimento comporta il riconoscimento delle aree nelle quali è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche litologiche, geotecniche e morfologiche ricavabili dalle carte tematiche di inquadramento e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche. A ciascuna area così individuata è attribuita una classe di pericolosità sismica e il relativo livello di approfondimento. Le campiture che definiscono gli scenari di pericolosità sismica locale sono rappresentate nella Tav.3 "Carta della Pericolosità sismica Locale" allegata al presente aggiornamento.

Il secondo livello di approfondimento consente di verificare se i valori di spettro elastico previsti dal D.M. 14 gennaio 2008, sono adatti alle tipologie delle opere in progetto oppure se è necessario implementare il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti

Z2b	Zone con depositi granulari saturi	Liquefazione
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Scenari di pericolosità, effetti e classi di pericolosità associate.

L'analisi di terzo livello prevede un approccio quantitativo. Deve essere sempre applicata per l'analisi degli effetti di instabilità (PSL Z1), per l'analisi del potenziale di liquefazione del terreno (Z2) e nel caso di progetti che prevedano la realizzazione di edifici con struttura flessibile e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani nelle zone di amplificazione topografica (PSL Z3). In tutti gli altri casi, aree soggette ad amplificazione litologica (PSL Z4) e topografica, il terzo livello di approfondimento sismico va applicato quando i valori soglia stabiliti da Regione Lombardia non sono verificati. Con gli aggiornamenti alle direttive tecniche contenute nella D.G.R. 9/2616 tale approfondimento deve essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono infatti le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni – NTC2018).

- **A** – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- **B** – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- **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.
- **D** – *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
- **E** – *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori delle velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s

4.3. Zonazione della pericolosità sismica locale: Primo livello

Con il primo livello di analisi il territorio di Gonzaga è stato suddiviso in tre scenari diversi di Pericolosità Sismica Locale.

- **Scenario Z2a** – In questa classe sono compresi i terreni di fondazione particolarmente scadenti ed è stata assegnata all'intero territorio comunale.
- **Scenario Z2b** – In questa classe sono compresi i terreni depositi granulari saturi ed è stata assegnata alla totalità del territorio comunale.
- **Scenario Z4a** – In questo ambito sono raggruppate le aree soggette ad amplificazione litologica e geometrica e comprende i terreni di fondovalle formati da depositi alluvionali e/o fluvioglaciali con tessitura mista; a essa sono associati i depositi che occupano i fondovalle dei torrenti e dei corsi d'acqua che pervadono il territorio. In fase progettuale è prevista l'analisi di terzo livello delle amplificazioni litologiche solo qualora l'analisi di secondo livello non soddisfi i valori soglia del Fattore di Amplificazione (Fa) fissati dalla Regione Lombardia.

Effetti di Densificazione (DAS)

Il PTCP della Provincia di Mantova (marzo 2022) ha affrontato approfonditamente il tema della pericolosità sismica locale nel territorio mantovano. Oltre agli effetti individuati nella DGR 2616/2011 e s.m.i. il PTCP ha introdotto lo scenario della densificazione sismoindotta (DAS) dei terreni sottoposti a scuotimento. Si riporta il paragrafo descrittivo di tale scenario.

Studi recenti (CNR 2019) hanno dimostrato che in terreni sciolti, anche se non suscettibili a liquefazione, possono verificarsi fenomeni di “densificazione indotta dall'azione sismica” (DAS). Rientrano in questa categoria i materiali sciolti prevalentemente granulari (sabbie e limi sabbiosi) sopra falda (asciutti o parzialmente saturi) che, in particolari condizioni geologico-geotecniche, subiscono compressione volumetrica, ovvero riduzione dell'indice dei vuoti, quando soggetti ad azioni sismiche sufficientemente elevate. Tale fenomeno si manifesta attraverso cedimenti del piano campagna nelle aree interessate, la cui entità dipende principalmente dalle caratteristiche di compressibilità e dallo spessore del materiale coinvolto oltre che dall'intensità dell'azione sismica. I cedimenti da densificazione indotti dall'azione sismica, pertanto, possono essere valutati come la sommatoria delle deformazioni volumetriche lungo la verticale dei singoli strati che costituiscono la sequenza stratigrafica al sito potenzialmente soggetto al fenomeno.

4.4. Secondo livello

La procedura di secondo livello si applica alle zone con Pericolosità Sismica Locale Z3 e Z4. Consiste in una valutazione semiquantitativa della risposta sismica dei terreni in termine di *Fattore di amplificazione* (F_a) e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia.

	Creste e scarpate	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	1,4 – 1,2	1,4	1,9	2,2	2,0
periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	//	1,7	2,4	4,2	3,1

Valori di soglia comunali.

L'individuazione dei fattori di amplificazione è stata ottenuta ottemperando ai criteri contenuti nell'Allegato 5 alla D.G.R. 9/2616 e s.m.i..

La procedura di calcolo del *fattore di amplificazione* (F_a) varia a seconda se si calcolano gli effetti morfologici (scenari Z3) piuttosto degli effetti litologici (scenari Z4).

Nelle aree che ricadono nello scenario Z3, la procedura presuppone l'identificazione del tipo di rilievo morfologico mediante la misura di parametri quali l'altezza del rilievo, la larghezza della base e l'estensione della cresta. La stima del F_a avviene mediante l'utilizzo delle schede morfologiche preparate dalla Regione Lombardia (Allegato 1).

La procedura di valutazione degli effetti litologici (scenari Z4) presuppone la conoscenza della litologia dei materiali presenti, della stratigrafia del sito e dell'andamento delle **velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s)** nel primo sottosuolo. Mediante queste informazioni e l'utilizzo delle schede litologiche preparate dalla Regione Lombardia è possibile la stima del F_a .

Nel territorio comunale di Gonzaga non sono presenti scenari ascrivibili alla classe Z3.

4.4.1. Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione litologica

Procedura

Il primo punto della procedura di secondo livello prevede l'identificazione della litologia prevalente e il raffronto del profilo delle V_s con l'apposito abaco contenuto nelle sei schede, suddivise per litologie prevalenti, fornite dalla Regione Lombardia.

Una volta individuata la scheda di riferimento, è stato verificato l'andamento delle V_s con la profondità utilizzando gli abachi riportati nelle schede di valutazione.

Nel caso in cui l'andamento delle V_s con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente deve essere utilizzata la scheda che presenta l'andamento delle V_s più simile a quello riscontrato nell'indagine. In alcuni casi la valutazione del *fattore di amplificazione* è stata eseguita utilizzando più di una scheda e scegliendo la situazione più cautelativa.

Ove possibile è stata utilizzata la scheda litologica corrispondente, negli altri casi è stata utilizzata la curva con maggiore approssimazione per la stima del valore di F_a negli intervalli 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s.

Il periodo proprio del sito (T) è stato calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o maggiore a 800 m/s, mediante la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_s sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo.

Laddove le prospezioni non abbiano investigato una profondità tale da raggiungere strati con $V_s = 800$ m/s, tale limite è stato interpolato manualmente.

Il *fattore di amplificazione* ottenuto, con un'approssimazione di $\pm 0,1$ è stato confrontato con i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia.

Lo sviluppo della velocità delle onde S con la profondità è stato ottenuto analizzando le prospezioni geofisiche dell'archivio comunale (Allegato 4).

Analisi dei dati a disposizione

Per l'analisi di secondo livello sono state prese in considerazione le prospezioni sismiche presenti nell'archivio comunale, desumendole dalle relazioni geologiche a supporto di progetti per interventi edilizi e infrastrutturali, pubblici e privati.

Nei casi in cui i professionisti, nello sviluppo di ciascuna relazione, hanno calcolato il valore di $V_{s,eq}$ e dei fattori di amplificazione, questi stessi valori sono stati presi in considerazione tali e quali. Nei restanti casi, i valori delle $V_{s,eq}$ e dei fattori di amplificazione (F_a), sono stati calcolati utilizzando i dati delle indagini allegate a ciascuna relazione.

Alcune indagini non sono state invece utilizzate in quanto i dati non risultavano chiaramente identificabili.

Talune relazioni riportano l'analisi di risposta sismica locale, con la stima dei valori del fattore di amplificazione calcolata ad hoc per la tipologia di struttura e pertanto non confrontabili con i valori soglia regionale.

L'andamento delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità ha consentito di calcolare i valori di $V_{s,eq}$ e di definire pertanto le categorie di suolo, che sono risultate ricadere prevalentemente nella tipologia C e in rari casi nella tipologia D.

I *Fattori di Amplificazione* ricavati dalle indagini sono stati successivamente confrontati con i valori soglia forniti da Regione Lombardia.

Int	Tipo indagine	Vseq [m/s]	suolo tipo B		suolo tipo C		suolo tipo D		suolo tipo E	
			0,1-0,5	0,5-1,5	0,1-0,5	0,5-1,5	0,1-0,5	0,5-1,5	0,1-0,5	0,5-1,5
			1,4	1,7	1,9	2,4	2,2	4,2	2,0	3,1
4	MASW	243	--	--	1,4±0,1	1,9±0,1	--	--	--	--
6	MASW	233	--	--	1,5±0,1	1,8±0,1	--	--	--	--
7	MASW	240	--	--	1,5±0,1	1,8±0,1	--	--	--	--
9	MASW	281	--	--	1,1±0,1	2,0±0,1	--	--	--	--
10	MASW	194	--	--	1,0±0,1	1,9±0,1	--	--	--	--
12	MASW	211								
12	HVSR	224								
13	HVSR	209	--	--	1,3±0,1	2,0±0,1	--	--	--	--
15	MASW	185	--	--	1,4±0,1		--	--	--	--
15	HVSR	205	--	--	1,4±0,1		--	--	--	--
16	HVSR	225	--	--	1,1±0,1	1,9±0,1	--	--	--	--

18	HVSR	209	--	--	1,4±0,1	1,9±0,1	--	--	--	--
23	HS-1	160								
23	HS-2	154								
25	HVSR	263	--	--	1,6±0,1	1,6±0,1	--	--	--	--
35	HVSR	204								
36	MASW	199	--	--	1,4±0,1	2,0±0,1	--	--	--	--
37	MASW	221	--	--	1,4±0,1	1,8±0,1	--	--	--	--
37	HVSR	221	--	--	1,4±0,1	1,8±0,1	--	--	--	--
38	HVSR	227	--	--	1,4±0,1	1,8±0,1	--	--	--	--



Verificato



Non verificato

Confronto tra valori calcolati e valori soglia del fattore di amplificazione.

In tutti i casi analizzati i valori soglia regionali risultano verificati, sia per le strutture con periodo 0,1 – 0,5s, che per quanto che per quelle con periodo 0,5 – 1,5s.

4.4.2. Considerazioni conclusive

Amplificazione topografica

L'analisi di secondo livello non è stata condotta in quanto non sono individuati scenari di pericolosità sismica locale relativi alla presenza di creste o scarpate morfologiche.

Amplificazione litologica

I terreni appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale Z4 sono stati caratterizzati attraverso le indagini messe a disposizione dall'amministrazione comunale.

L'analisi di secondo livello condotta nell'ambito di questo studio, ha rilevato come i *Fattori di amplificazione* risultino verificati sia per le strutture con il cui intervallo del periodo di oscillazione è 0,1-0,5 sia per le strutture il cui intervallo del periodo di oscillazione è 0,5-1,5 s.

In fase progettuale dovrà essere sempre verificata la classe di appartenenza del sottosuolo e effettuato il calcolo del *fattore di amplificazione*, vista anche l'eterogeneità dei risultati ottenuti con la sopra descritta analisi pianificatoria. Il valore di *Fa* così calcolato andrà confrontato con i valori soglia regionale e nel caso in cui risultasse superiore ad essi sarà necessario svolgere il 3° livello di approfondimento oppure utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

4.5. Terzo livello

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

Si riportano di seguito le metodologie per l'analisi di terzo livello per gli scenari di pericolosità sismica locali individuati in Comune di Gonzaga.

4.5.1 *Zone con terreni di fondazioni particolarmente scadenti (PSL Z2)*

Nei terreni appartenenti allo scenario **Z2a**, il verificarsi di un evento sismico può causare cedimenti differenziali con conseguenti problemi di stabilità delle strutture.

Nei terreni appartenenti allo scenario **Z2b**, il verificarsi di un evento sismico può indurre il fenomeno della liquefazione dei terreni.

L'analisi di terzo livello per il calcolo del potenziale di liquefazione deve fare riferimento a risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

L'analisi di terzo livello relativo ai cedimenti, ne prevede la valutazione quantitativa, mediante l'esecuzione di accertamenti geognostici e l'impiego di procedure note in letteratura e scelte a discrezione del professionista incaricato.

4.5.2 *Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)*

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

Per l'analisi dell'amplificazione litologica le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 9/2616 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakamura (1989) ed il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)). Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo è a discrezione del professionista che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare gli svantaggi dei differenti approcci.

4.6. Considerazioni in merito alla liquefazione

Secondo la definizione dell'Eurocodice 8, la liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino all'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che satura gli interstizi arriva ad eguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che l'azione sismica ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero dei cicli N del terremoto, dalla densità relativa D_r e dalla granulometria del terreno. Un terreno incoerente, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere di N (cicli del terremoto). Il raggiungimento della condizione di liquefazione può dare origine ad effetti di varia natura, quali, nei casi più eclatanti:

- affondamento di edifici nel terreno;
- scorrimento di pendii;
- collasso di terrapieni, rilevati stradali e opere di terra in genere;
- collasso di palificate per perdita di connessione laterale;
- zampillio di copiosi getti d'acqua e di sabbia con formazione dei caratteristici coni eruttivi;
- collasso di opere di sostegno per sovraspinta del terreno a monte.

In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa. In altre parole è necessario valutare il potenziale di liquefazione del terreno ove devono essere realizzate le opere in progetto.

Le cronache ufficiali disponibili registrano fenomeni riconducibili alla liquefazione nei terremoti del 17/11/1570 nel ferrarese (liquefazione a Ficarolo, Torre della Fossa, La Punta, Polesino San Giovanni Battista, Polesino San Giorgio, Boara, Giara del Po), del 12/05/1802 nella Valle dell'Oglio (liquefazione a Soncino e a Ticengo), del 30/10/1901 a Salò, e di quelli più recenti a Medolla e Cavezzo. Durante gli eventi sismici emiliani del maggio 2012, tuttavia, non si sono riscontrati fenomeni più critici riconducibili a fluidificazione (con perdita della capacità portante dei sedimenti al di sotto delle costruzioni) e neppure scorrimenti significativi nelle scarpate degli argini; anche i cedimenti rilevati degli edifici sono risultati complessivamente limitati e per lo più uniformi al di sotto delle costruzioni (Fonte: "Rapporto preliminare sui diffusi fenomeni di liquefazione verificatisi durante il terremoto in pianura padana emiliana del maggio 2012", C. Crespellani et Al., 2012. Per ulteriori aspetti teorici, si rimanda alla letteratura scientifica e in particolare ai rapporti tecnici elaborati a seguito del sisma del maggio 2012, consultabili anche on line nel sito del SGSS).

Nell'ambito della verifica dell'esistenza del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione, l'adempimento necessario in presenza di terreni spiccatamente granulari sotto falda è in ragione della prescrizione di cui alle NTC 2018. Facendo riferimento ai criteri di esclusione delle NTC, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna (A_{gmax}), in assenza di manufatti (condizioni di campo libero), minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura alla pagina seguente in caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

La profondità minima di verifica, per opere ordinarie a basso rischio e fondazioni superficiali, è pari a 15-20 m (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri).

5.1. La fattibilità geologica

Nella **Tavola 9 - Carta della fattibilità delle azioni di piano**, redatta in scala 1:10.000, il territorio di Gonzaga viene distinto in aree omogenee in funzione del grado e del tipo di pericolosità cui esso è sottoposto in relazione ad aspetti geologici, idrogeologici e idraulici. Tale suddivisione è stata attuata in attuazione dei criteri regionali che forniscono le linee guida per la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile (art. 57, L.R. 12/2005).

Gli studi effettuati hanno permesso di definire un quadro sufficientemente dettagliato relativamente alla situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica del territorio comunale. In particolare, la D.G.R. IX/2616 prevede 4 classi di fattibilità; queste classi, distinte in funzione delle loro caratteristiche di propensione al dissesto idrogeologico e alle condizioni di edificabilità, sono le seguenti:

CLASSE 1 - FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

CLASSE 4 - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI.

Questa zonizzazione geologica del territorio comunale in merito all'edificabilità ha come finalità quella di fornire indicazioni, in merito ad attitudini e vincoli, per la formulazione delle proposte di pianificazione e pertanto precede le proposte urbanistiche relative la definizione delle aree di possibile espansione.

L'intero territorio di Gonzaga è stato diviso in un'unica classe di fattibilità (classe 3), con grado di limitazione d'uso consistente. Per tale classe vengono introdotte norme che precisano, in funzione delle tipologie di fenomeno in atto, gli interventi ammissibili, le precauzioni da adottare e indicazioni per eventuali studi di approfondimento.

In funzione delle proposte di piano, dovranno essere definite in termini più puntuali, a scala di piano, le condizioni di fattibilità geologica e geotecnica delle opere previste, considerando l'individuazione delle attitudini e delle limitazioni connesse alle caratteristiche del sottosuolo, nonché le prescrizioni tecniche che costituiscono parte integrante delle norme attuative del piano.

In **Appendice 1** alla presente Relazione Geologica Illustrativa si riporta la **Normativa Geologica di Attuazione**, nella quale sono indicate:

- la definizione della classe 3 così come da norma regionale,
- le tipologie di fenomeni geologico-geomorfologici e idrogeologici-idraulici in atto o potenzialmente tali,
- le norme tecniche da adottare in ogni singola sottoclasse.

5.2. Ambiti di pericolosità: Carta dei vincoli

Sulla scorta dei dati geologici, geomorfologici e idrogeologici descritti in precedenza, è stato possibile definire, illustrandoli nella **Tavola 7 - Carta dei vincoli**, redatta in scala 1:10.000 sull'intero territorio comunale, gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità e gli elementi di limitazione d'uso del territorio, di seguito elencati.

I vincoli normativi, sia di natura fisico-ambientale sia di natura antropica (vincoli urbanistici), che comportano delle limitazioni d'uso del suolo, sono posti, all'interno del territorio comunale di Gonzaga, dalla presenza dei seguenti elementi:

- 1) Vincoli di Polizia idraulica
 - Fasce di rispetto del reticolo idrico minore e del reticolo idrico di competenza consortile
- 2) Vincoli di salvaguardia delle captazioni idropotabili
 - Zona di tutela assoluta 10 m di raggio
 - Zona di rispetto di 200 m di raggio definita con il criterio geometrico
- 3) Vincoli di pericolosità idraulica
 - P.G.R.A. Direttiva alluvioni 2007/60/CE
 - ✓ Aree P2 interessate da alluvioni poco frequenti (scenario M)
 - ✓ Aree P1 interessate da alluvioni rare (scenario L)
 - Fasce del PAI - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Fascia C - intero territorio comunale)

Nel territorio in esame non sono presenti:

- Aree a rischio molto elevato R4 e Zone BPr a rischio idrogeologico molto elevato (v. Allegato 4.1 all'Elaborato 2 del PAI), potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni;
- fontanili o beni geologici (geositi) già soggetti a forme di tutela così come individuati nell'Allegato 14 alla D.G.R. IX/2616/2011.

Nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (M-P2) vigono le limitazioni e le prescrizioni previste per la fascia B dal Titolo II delle NdA del PAI. Nelle aree interessate da alluvioni rare (L-P1) vigono le limitazioni e le prescrizioni previste per la fascia C dall'art. 31 delle NA del PAI.

5.3. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

L'art. 94 del D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 "*Norme in materia ambientale*" riguarda la disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano e definisce la zona di tutela assoluta e la zona di rispetto dei pozzi a scopo idropotabile.

Comma 3

La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

Comma 4

La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta, da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

Comma 5

Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 4 preesistenti, ove possibile, e comunque a eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. La regione disciplina, all'interno della zona di rispetto, le seguenti strutture o attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
- d) pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del comma 4.

Comma 6

In assenza di diversa individuazione da parte delle Regione della zona di rispetto, la medesima ha un'estensione di 200 m di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.

L'Allegato 1, punto 3 di cui alla D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 "*Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 – Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano*" fornisce le direttive per la disciplina delle attività (fognature, opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione, infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio, pratiche agricole) all'interno delle zone di rispetto.

5.4. Sintesi degli elementi conoscitivi

La **Tavola 8 – Carta di sintesi**, in scala 1:10.000, è finalizzata al riconoscimento dello stato di fatto del territorio e rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità. Sono stati considerati gli elementi a carattere areale in grado d'interagire negativamente o di presentare problematiche di natura geologico-geotecnica tali da influenzare l'attribuzione della classe di fattibilità geologica sulla base dei criteri forniti dalla direttiva regionale (D.G.R. IX/2616/2011).

In essa sono stati rappresentati i seguenti elementi.

1) Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

- P.G.R.A. Direttiva alluvioni 2007/60/CE
 - ✓ Aree P2 interessate da alluvioni poco frequenti (scenario M)
 - ✓ Aree P1 interessate da alluvioni rare (scenario L)
- Fasce del PAI - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Fascia C - intero territorio comunale)
- Aree a bassa soggiacenza della falda - intero territorio comunale

2) Aree con scadenti caratteristiche geotecniche

- Aree con depositi prevalentemente argillosi

5.5. Valutazioni finali

Il PGT definisce attraverso il Documento di Piano l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio, individua per mezzo del Piano delle Regole le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica eventualmente presenti sul territorio comunale e determina le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate. Il presente documento costituisce lo studio geologico aggiornato da inserire nel Documento di Piano del PGT di Gonzaga ai sensi della L.R. 12/2005 art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/2005 e nel Piano delle Regole (art. 10, comma 1, lettera d).

Gli elaborati cartografici e la Relazione Geologica Illustrativa sono stati realizzati secondo quanto previsto dalla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011 indicante i criteri e gli indirizzi per la definizione dei Piani di Governo del Territorio e dalla D.G.R. n. X/6738 del 19/06/2017. Sulla base di criteri geologico-morfologici e idrogeologici-idraulici, l'intero territorio comunale è stato analizzato e classificato con adeguato dettaglio.

Il presente documento, tra le altre cose:

- prende atto della D.G.R. n. 10/2129/2014 relativa all'aggiornamento delle zone sismiche e della D.G.R. n. 10/2489/2014 per l'entrata in vigore delle norme d'applicazione relative;
- come definito dagli "Ambiti di Applicazione" della D.G.R. n. IX/2616, aggiorna lo studio e definisce la componente sismica e le Carte dei vincoli, di sintesi e della fattibilità geologica.

Le aree allagabili dovute a insufficienze rilevate lungo la rete fognaria presentano un grado di rischio basso dovuto ad anomalie e situazioni di sovraccarico della rete, con portate e livelli idrici poco importanti. Gli allagamenti si manifestano con basse velocità di deflusso, in quanto le acque provengono da rigurgiti dei tombini. Non si ritiene pertanto che tali aree possano essere assimilate a quelle previste per gli ambiti territoriali RP né che possano corrispondere alle aree classificate come "Aree a pericolosità elevata e molto elevata di esondazione" (Eb e Ee). Le criticità rilevate sono risolvibili con interventi di manutenzione del sistema di smaltimento delle acque, in modo da ripristinare l'efficienza e funzionalità della rete.

Lo studio nel suo complesso ha consentito di fornire attenzioni e prescrizioni per tutte le aree del territorio comunale. Il risultato dell'analisi geologica, geomorfologica, idrologico-idraulica e idrogeologica del territorio è rappresentato dalla definizione delle classi di fattibilità delle azioni di piano, attraverso l'individuazione di areali con problematiche omogenee e caratterizzati dal medesimo grado di pericolosità. Questa zonizzazione ha portato alla redazione di un'apposita cartografia (*Tavola 9 - Carta della fattibilità delle azioni di piano*), che dovrà essere utilizzata come elemento di base per le scelte di natura urbanistica a scala comunale e sovracomunale.

Le informazioni o i dati deducibili dagli elaborati descrittivi o dalla cartografia allegata al presente documento hanno puramente una funzione di supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico-tecniche specifiche, pertanto non possono essere utilizzati per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale e non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini di approfondimento o di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»".

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le diverse classi di fattibilità (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (L.R. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del Permesso di Costruire (L.R. 12/2005, art. 38).