

P i a n o d i
G o v e r n o d e l
T e r r i t o r i o

PGT₂₄

DP

CG - COMPONENTE GEOLOGICA



Comune di Marcara

IL SINDACO
Carlo Alberto Malatesta

ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Enrico Lungarotti

IL SEGRETARIO
Dott.ssa Sabina Candela

AREA TECNICA
Arch. Arianna Marsili
(Responsabile del servizio e del procedimento)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Studio Polaris STP s.r.l.
Ugo Bernini
Luigi Moriggi

Engeo s.r.l.
Carlo Caleffi



Con la collaborazione di:

Francesco Cerutti
Andrea Conti
Mohadeseh Ebrahimi
Kinga Kolaczko
Marco Maffezzoli
Elena Padovani
Matteo Rodella
Ilaria Rossini
Gianluca Vicini

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CG
1.1

SCALA:

DATA: Gennaio 2026
AGG:

DELIBERA DI ADOZIONE DEL C.C.
n°..... del

DELIBERA DI APPROVAZIONE DEL C.C.
n°..... del

PUBBLICAZIONE SUL B.U.R.L.
n°..... del

CG. COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

CG.1. ANALISI RICOGNITIVA E CONOSCITIVA

CG.1.1.	Relazione illustrativa	
CG.1.2.	Carta geolitologica	1:10.000
CG.1.3.	Carta della litologia di superficie	1:10.000
CG.1.4.	Sezioni litostratigrafiche.....	1:20.000/400
CG.1.5.	Carta idro-geomorfologica.....	1:10.000
CG.1.6.	Carta idrogeologica	1:10.000
CG.1.7.	Carta della vulnerabilità del primo acquifero.....	1:10.000
CG.1.8.	Sezioni idrogeologiche	1:20.000/400

CG.2. INDICAZIONI GEOLOGICHE DI PIANO

CG.2.1.	Carta della pericolosità sismica locale.....	1:10.000
CG.2.2.	Carta dei vincoli	1:10.000
CG.2.3.	Cartografia delle Aree di Pericolosità – PAI – PGRA	1:10.000
CG.2.4.	Carta di sintesi.....	1:10.000
CG.2.5.	Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e dei vincoli idrogeologici	1:10.000
CG.2.6.	Norme geologiche di attuazione	

SOMMARIO

1.	Premesse	4
2.	Fonti bibliografiche	7
2.1.	Sistema Informativo Territoriale regionale	7
2.2.	Studi e pianificazioni di bacino	9
2.3.	Studi e archivi provinciali	9
2.4.	Studi e archivi comunali	9
2.5.	Principali testi scientifici consultati	9
2.6.	Principali siti web consultati.....	10
3.	Riferimenti normativi.....	11
4.	Inquadramento territoriale	13
5.	Fase di analisi.....	15
5.1.	Caratteri geologici	15
5.1.1.	Inquadramento geologico e strutturale.....	15
5.1.1.	Subsidenza	20
5.1.2.	<i>Lineamenti geologici locali</i>	22
5.2.	Caratteri pedologici.....	26
5.2.1.	Classificazione dei suoli.....	26
5.2.2.	Capacità d'uso dei suoli	28

5.2.3. Attitudine dei suoli allo spandimento agronomico dei liquami.....	32
5.2.4. Attitudine dei suoli allo spandimento dei fanghi di depurazione urbana.....	35
5.2.5. Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee	38
5.2.6. Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque superficiali.....	40
5.2.7. Valore naturalistico dei suoli	41
5.3. Caratteri geomorfologici	44
5.3.1. Quadro geomorfologico di riferimento.....	44
5.3.2. La Carta idro-geomorfologica	44
5.4. Caratteri idrogeologici.....	46
5.4.1. Inquadramento idrogeologico	46
5.4.2. Struttura degli acquiferi	49
5.4.3. Permeabilità dei depositi superficiali.....	55
5.4.4. Dinamica delle acque sotterranee	55
5.4.5. Lineamenti idrogeologici locali	58
5.4.6. Vulnerabilità del primo acquifero	59
5.5. Caratteri sismologici.....	60
5.5.1. Carta della pericolosità sismica locale	62
6. Fase di sintesi	68
6.1. Carta dei Vincoli	68
6.1.1. Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89.....	68
6.1.2. Vincoli di polizia idraulica.....	69
6.1.1. Zona di rispetto dei corsi d'acqua pubblici	69
6.1.2. Geositi	70
6.1.3. Vincoli da Piano Cave della Provincia di Mantova	70
6.2. Integrazione – PAI – PGRA.....	70
6.2.1. Recepimento da parte della Regione Lombardia - DGR 6738/2017	72
6.2.2. Carta PAI–PGRA	75
6.3. Carta di sintesi.....	77
7. Fase di proposta.....	79
7.1. Carta di fattibilità delle azioni di piano	79
7.1.1. Attribuzione delle classi di fattibilità.....	79
7.2. Classi di fattibilità	80
7.2.1. Classe 1 (Bianca) – Fattibilità senza particolari limitazioni	80
7.2.2. Classe 2 (Gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni	80
7.2.3. Classe 3 (Arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni.....	81
7.2.4. Classe 4 (Rosso) – Fattibilità con gravi limitazioni	81
7.3. Ambiti di trasformazione, di completamento e di rigenerazione	82
7.3.1. ATE 404	83
7.3.2. ATE 405	83
7.3.3. ATE 605	83
7.3.4. ATE 606	83
7.3.5. ATE 803	84
7.3.6. ATR 301	84

7.3.7. ATR 304.....	84
7.3.8. ATR 501.....	84
7.3.9. ATR 801.....	84
7.3.10.ACE 354.....	85
7.3.11.ACE 361.....	85
7.3.12.ACE 554.....	85
7.3.13.ACR 151.....	85
7.3.14.ACR 152.....	85
7.3.15.ACR 252.....	85
7.3.16.ACR 254.....	86
7.3.17.ACR 360.....	86
7.3.18.ACR 452.....	86
7.3.19.ACR 459.....	86
7.3.20.ARU 357.....	86
7.3.21.ARU 460.....	87
7.3.22.ARU 656.....	87
7.3.23.ARU 658.....	87

1. Premesse

Il presente documento, Elaborato CG.1.1 – Relazione illustrativa, è redatto a supporto della Componente Geologica del PGT del Comune di Marcaria in Provincia di Mantova.

La componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (PGT) è redatta in conformità alle metodologie contenute nei criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. n. 12 del 2005, approvati con d.g.r. n. 2616 del 2011 e integrati con le successive d.g.r. 6738 del 2017, d.g.r. n. 470 del 2018, d.g.r. n. 6314 del 2022, d.g.r. n. 6702 del 2022, d.g.r. n. 7654 del 2022 e d.g.r. n. 3007 del 2024.

Tale componente è rappresentata da uno studio redatto in conformità ai presenti criteri:

- 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). Il Documento di Piano deve quindi contenere lo studio geologico nel suo complesso;
- Ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d) della l.r. 12/05, nel Piano delle Regole 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.

La metodologia proposta dalla d.g.r. XI/2616 del 30 novembre 2011 e s.m.i. si fonda su tre differenti fasi di lavoro:

1. Fase di analisi, a sua volta suddivisa in:
 - a. Fase di ricerca storica e bibliografica;
 - b. Compilazione della cartografia di inquadramento;
 - c. Predisposizione di studi di dettaglio;
2. Fase di sintesi/valutazione;
3. Fase di proposta.

La sottofase detta di ricerca è finalizzata ad acquisire una conoscenza, il più approfondita possibile, del territorio in esame, basandosi sulla raccolta dei dati e della documentazione esistente sia su supporto cartaceo che informatico, il cui elenco completo è consultabile nel Cap. 2 del presente elaborato.

La successiva sottofase, diretta conseguenza della prima, è quella detta di compilazione e ha portato alla redazione degli elaborati grafici di inquadramento, elencati di seguito:

- CG.1.2 – Carta geolitologica (1.2.1 – settore Nord Ovest, 1.2.2 Settore Sud-Est)
- CG.1.3 – Carta della litologia di superficie (1.3.1 – settore Nord Ovest, 1.3.2 Settore Sud-Est)
- CG.1.4 – Sezioni litostratimetriche e interpretative
- CG.1.5 – Carta idro-geomorfologica (1.5.1 – settore Nord Ovest, 1.5.2 Settore Sud-Est)
- CG.1.6 – Carta idrogeologica (1.6.1 – settore Nord Ovest, 1.6.2 Settore Sud-Est)
- CG.1.7 – Carta della vulnerabilità del primo acquifero (1.6.1 – settore Nord Ovest, 1.6.2 Settore Sud-Est)
- CG.1.8 – Sezioni idrogeologiche

La successiva sottofase, detta degli studi di dettaglio, è la prima caratterizzata da un valore aggiunto apportato dal professionista e, in questo caso, ha portato alla redazione del seguente elaborato:

- CG.2.1 – Carta della pericolosità sismica locale (2.1.1 – settore Nord Ovest, 2.1.2 Settore Sud-Est)

La fase di sintesi/valutazione raccoglie i più significativi elementi emersi durante la fase di analisi dei numerosi dati geologici, idrologici, idrogeologici e sismici integrandoli con dati derivanti da norme e studi di ordine superiore, ed è risultata nei seguenti elaborati:

- CG.2.2 – Carta dei vincoli (2.2.1 – settore Nord Ovest, 2.2.2 Settore Sud-Est)
- CG.2.3 – Carta delle aree di pericolosità – PAI – PGRA (2.3.1 – settore Nord Ovest, 2.3.2 Settore Sud-Est)

che a loro volta costituiscono la base del seguente elaborato:

- CG.2.4 – Carta di sintesi (2.4.1 – settore Nord Ovest, 2.4.2 Settore Sud-Est)

che fornisce un quadro riassuntivo dello stato del territorio in riferimento alle condizioni di vulnerabilità e pericolosità in atto o potenziali.

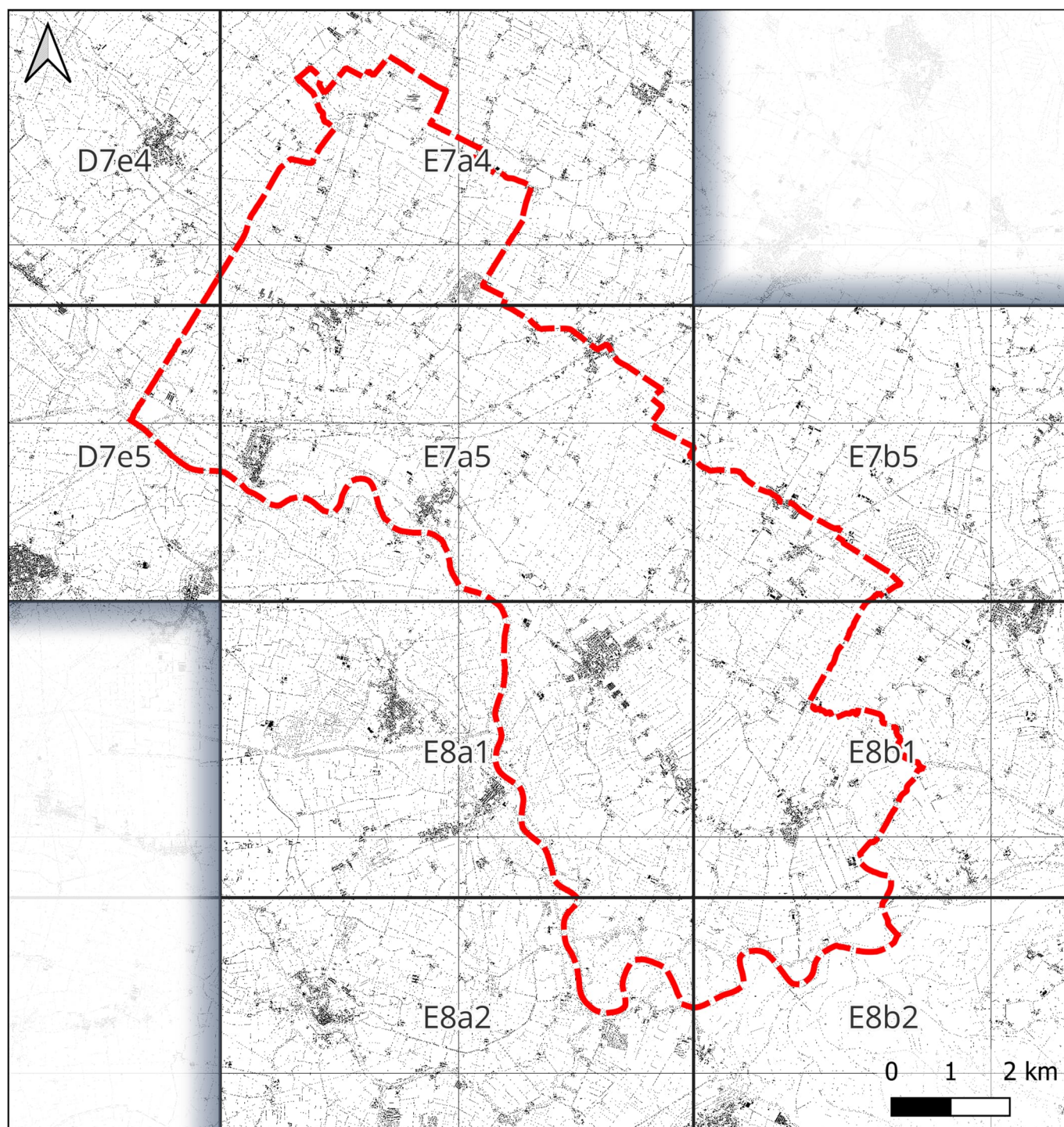
Infine, la fase di proposta prevede la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e dei vincoli idrogeologici, attraverso modalità standardizzate (cfr. cap. 7.1.1) di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

- CG.2.5 – Carta di fattibilità geologica (2.5.1 – settore Nord Ovest, 2.5.2 Settore Sud-Est)

La carta di fattibilità deve essere utilizzata congiuntamente alle “Norme geologiche di attuazione” (cfr. elaborato CG.2.6) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

Gli elaborati cartografici sono stati prodotti, utilizzando come base topografica i seguenti elementi del Database Topografico Regionale in scala 1:10.000:

- D7e4;
- E7a4;
- D7e5;
- E7a5;
- E7b5;
- E8a1;
- E8b1;
- E8a2;
- E8b2.

**FIG. 1 – INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO DEL COMUNE DI MARCARIA**

Tutte le tavole tematiche sono state estese all'intero il territorio comunale senza superare il confine in quanto si è giudicato che nell'intorno non si possono verificare fenomeni che interferiscono con l'area in esame.

2. Fonti bibliografiche

Come indicato nelle premesse, la prima fase dello studio ha comportato una ricerca storica e bibliografica, basata sulla raccolta di documentazione cartacea e/o su supporto informatico, sulla base delle indicazioni fornite dalla d.g.r. n.XI/6702 del 18 luglio 2022:

Regione Lombardia;
Provincia di Mantova;
Comune di Marcaria;
Consorzio di Bonifica "Garda – Chiese";
Consorzio di Bonifica "Territori del Mincio";
Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po;
Agenzia Interregionale per il fiume Po.

Nei paragrafi successivi sono indicate tutte le fonti bibliografiche utilizzate.

2.1. Sistema Informativo Territoriale regionale

Il Sistema Informativo Territoriale permette di acquisire, aggiornare, elaborare, rappresentare e diffondere dati ed informazioni spazialmente riferiti alla superficie terrestre, forniti dagli Enti di cui sopra.

Il Repertorio Cartografico del Sistema informativo territoriale della Regione Lombardia comprende:

- cartografia e basi informative geografiche;
- cartografia e basi informative tematiche;
- fotografie aeree;
- immagini derivate dalle riprese da telerilevamento aereo o satellitare;
- specifici progetti di settore, finalizzati all'organizzazione di banche dati o di sistemi informativi;
- dati stratigrafici relativi a pozzi, sondaggi, prove penetrometriche e prove indirette.

Banche dati geografici vettoriali del SIT:

Banca dati geologica del sottosuolo;

Basi ambientali della pianura:

Geomorfologia;

Idrologia;

Litologia;

Basi informative dei suoli;

Catasto cave;

Database topografico regionale (DBTR);

Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - PGRA vigente¹;

Griglie CTR;

Infrastrutture della mobilità;

Limiti amministrativi correnti¹;

PAI vigente¹;

Parchi regionali nazionali;

Piezometrie 2014 degli acquiferi superficiali e profondi;

Reticolo idrografico regionale unificato;

Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia (PTUA 2016) approvato con D.G.R. n. 6990 del 31 luglio 2017.

Banche dati geografici raster del SIT:

Carta base da DBGT;

DTM 5x5 – Modello digitale del terreno (ed. 2015);

Ortofoto 2021.

Come specificato nel seguito della relazione, per la redazione del presente studio, sono risultati di particolare interesse le seguenti aree tematiche

- Geologia degli acquiferi padani;
- Carta dei suoli;
- Basi informative ambientali della pianura, contenente un progetto realizzato dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia (ERSAL), che comprende i seguenti 6 tematismi:
 - o l'uso del suolo, realizzato tramite fotointerpretazione di foto aeree eseguite, per conto della Regione, nel 1994;
 - o le attività di sfruttamento del territorio relative, in particolare, al suolo;
 - o l'idrologia superficiale, con il reticolo idrografico attuale e il riporto del reticolo storico dei principali corsi d'acqua;
 - o le rilevanze naturalistiche e paesaggistiche, riguardanti i beni storico-architettonici, ambientali e paesaggistici;
 - o la litologia di superficie, con riferimento alle proprietà granulometriche e fisico-chimiche del substrato podologico;
 - o la geomorfologia, relativa alla rappresentazione areale, lineare e puntiforme di elementi morfologici caratteristici del territorio.
- Banca dati geologica di sottosuolo;

¹ Vigente alla data di redazione del presente studio

2.2. Studi e pianificazioni di bacino

- “Piano Assetto Idrogeologico del fiume Po – PAI”, approvato con d.p.c.m. del 24 maggio 2001, e oggetto di varianti, l'ultima delle quali è stata approvata con d.p.c.m. in data 10 marzo 2025;
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni nel bacino del fiume Po – PGRA Po approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, e oggetto di aggiornamento approvato con d.p.c.m. in data 01 dicembre 2022.

2.3. Studi e archivi provinciali

Presso l'Amministrazione Provinciale di Mantova è stata raccolta la seguente documentazione:

- “Piano Cave della Provincia di Mantova” approvato con d.c.p. n° 32 del giugno 2018;
- “Programma Provinciale di Protezione Civile” – Provincia di Mantova, 2001;
- “Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Mantova” adeguamento 2019 approvato con delibera del Consiglio Provinciale n° 33 del 29 luglio 2021 e pubblicato sul B.U.R.L. – avviso di adozione n° 32 SAeC del 11 agosto 2021.

2.4. Studi e archivi comunali

Presso l'Amministrazione Comunale di Marcara sono stati consultati i seguenti studi:

“Studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio” redatto dagli scriventi nel 2009.

Documento di Polizia Idraulica del Comune di Marcara, approvato con d.c.c. n. 33 del 11/06/2024;

Documento Semplificato del Rischio Idraulico Comunale di Marcara, approvato con d.c.c. n. 34 del 11/06/2024.

2.5. Principali testi scientifici consultati

- Amadesi E. et alii (1985) - Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana - M & S litografia, Torino
- Baraldi F. et alii (1980) - Neotettonica di parte dei fogli Peschiera del Garda (48), Verona (49), Mantova (62) e di tutto il foglio Legnago (63) - CNR Prog.Fin. Geodinamica, pubbl. 356
- Baraldi F., Prandi L., Zavatti A. (1990), Carta di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi dell'unità idrogeologica: Fiume Mincio-Laghi di Mantova-Anfiteatro Morenico Frontale del Garda-Area pedecollinare, Atti I Convegno Naz. sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi, vol. I, 20-22 Sett., Marano sul Panaro (Modena)
- Baraldi F. e Zavatti A. (1994) – Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi. Volume 5. La Provincia di Mantova. Pitagora Editrice, Bologna
- Beretta G.P. (1986) - "Contributo per la stesura di una carta idrogeologica della Lombardia". Acque sotterranee, n. 4, dicembre, Milano
- Cassano E., Anelli L., Fichera R. e Capelli V. (1986) - Pianura Padana, interpretazione integrata di dati geofisici e geologici - AGIP - 73° congresso Società Geologica Italiana - 29 settembre - 4 ottobre 1986, Roma
- Chardon M. (1975) - Les Préalpes lombardes et leurs bordures. Thèse. Atelier de reproduction des thèses, Lille: 654 pp.

- C.N.R.-I.R.S.A. (1979) – Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana. Quaderni I.R.S.A., 28 (II), Roma
- C.N.R.-I.R.S.A. (1981) – Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana. Quaderni I.R.S.A. 51 (II), Roma
- Cozzaglio A. (1934) – Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio Peschiera. Mag. Acque Venezia
- Cremaschi M. (1987). Paleosols and Vetusols in the Central Po Plain (Northern Italy). A study in Quaternary Geology and Soil development. Unicopli, Milano, pp. 316.
- Dondi L., Mostardini F. e Rizzini A. (1982) - Evoluzione sedimentaria e paleogeografica della Pianura Padana - in Cremonini G. e Ricci Lucchi F.: "Guida alla geologia del margine appenninico padano", pp. 205-236, Guida Geol. Reg. S.G.I., Bologna
- Regione Lombardia (2001) - "Acque sotterranee in Lombardia. Gestione sostenibile di una risorsa strategica". Azioni per costruire uno sviluppo sostenibile, Milano
- Regione Lombardia, Eni Divisione Agip (2002) - Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA., Firenze
- Ricci Lucchi F., Ciabatti M., Pellegrini M., Veggiani A. (1990) - Evoluzione geologica della Pianura - In Il mondo della natura in Emilia-Romagna - La Pianura e la Costa - Federazione delle Casse di Risparmio e delle banche del Monte dell'Emilia e Romagna - Amilcare Pizzi Ed. - Cinisello Balsamo (MI)
- VENZO S. (1965) – Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda dal Chiese all'Adige – Mem. Soc.It Scienze naturali Vol. XIV Fasc. 1
- VENZO S. (1969) – Carta Geologica d'Italia. Foglio 48 Peschiera del Garda. Servizio Geologico Roma.

2.6. Principali siti web consultati

- www.regione.lombardia.it – sito della Regione Lombardia;
- www.provincia.mantova.it – sito della Provincia di Mantova;
- www.comune.marcaria.mn.it – sito del Comune di Marcaria;
- www.agenziapo.it – sito dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po;
- www.adbpo.it – sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po;
- www.geoportale.regione.lombardia.it – sito del Geoportale della Lombardia;
- www.ersaf.lombardia.it – sito dell'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste.

3. Riferimenti normativi

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 sino ad ora 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".

A livello nazionale, inoltre, l'entrata a regime dei piani di bacino previsti dalla legge 183/89, ha contribuito notevolmente a valorizzare il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione sovraordinata.

Le modifiche costituzionali (modifica del Titolo V) recepite, per quanto attiene agli aspetti urbanistico-territoriali, a livello regionale dalla l.r. 11 marzo 2005, n.12 "Legge per il governo del territorio", impongono un approccio di più alto profilo, con una maggiore assunzione di responsabilità dei professionisti di settore in tutte le fasi del processo di pianificazione.

L'entrata in vigore della "Legge per il governo del territorio" ha quindi modificato profondamente l'approccio culturale alla materia urbanistica passando dal concetto di pianificazione a quello di Governo del Territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio – P.G.T.), ha imposto una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici a scala comunale.

A tal riguardo, la Direzione Generale Territorio e Urbanistica – Unità Organizzativa Tutela e Valorizzazione del Territorio della Regione Lombardia ha redatto i "*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*", contenuti nella d.g.r. n. 1566 del 22 dicembre 2005 pubblicata sul Bollettino Ufficiale Regionale n. 13, Edizione Speciale del 28 marzo 2006.

Nella direttiva sono forniti gli indirizzi, le metodologie e le linee guida da seguire per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale, per l'individuazione delle aree a pericolosità geologica e sismica, la definizione delle aree a vulnerabilità idraulica e idrogeologica e l'assegnazione delle relative norme d'uso e prescrizioni; in particolare, vengono in questo atto introdotte nuove linee guida per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basate sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica.

In seguito, proprio le novità introdotte nel campo della microzonazione sismica dalle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvate con d.m. 14 gennaio 2008 hanno reso necessario l'"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 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566" a sua volta approvato d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374, pubblicata sul B.U.R.L. n. 24 2° supplemento straordinario del 12/06/2008.

Tale normativa è stata a sua volta aggiornata secondo quanto riportato nella delibera di giunta regionale 30 novembre 2011 n. IX/2616, pubblicata sul B.U.R.L. n. 50, serie ordinaria del 15 dicembre 2012.

Inoltre, essa ha lo scopo di rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunale con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTCP e PAI) e definire, per questi ultimi, le modalità e le possibilità di aggiornamento.

In seguito, la d.g.r. n. IX/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 B.U.R.L. n. 25 serie ordinaria del 21 giugno 2017 stabilisce le procedure di adozione del PGRA nell'ambito della pianificazione urbanistica.

Tale normativa è stata integrata dalle successive d.g.r. n. XI/470 del 2 agosto 2018 pubblicata sul B.U.R.L. n. 32, serie ordinaria del 7 agosto 2018, e d.g.r. n. XI/6314 del 26 aprile 2022, pubblicata sul B.U.R.L. n. 19, serie ordinaria del 10 maggio 2022.

Ulteriori modifiche sono costituite dalla d.g.r. n. XI/7564 del 15 dicembre 2022 pubblicata sul B.U.R.L. n. 51, serie ordinaria del 24 dicembre 2022, che va ad integrare gli aspetti relativi al tema degli sprofondamenti (*Sinkhole*) e dalla d.g.r. n. XII/3007 del 09 settembre 2024, pubblicata sul B.U.R.L. n. 38, serie ordinaria del 20 settembre 2024, che va ad aggiornare l'Allegato 1 "*Studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l'aggiornamento della componente geologica dei PGT*".

Per il Comune di Marcara, essendo già stato realizzato uno studio geologico ai sensi della l.r. 41/97, esteso all'intero territorio comunale non sarebbe necessario realizzare uno studio geologico "ex novo", ma sarebbe sufficiente un aggiornamento relativamente alla componente sismica, all'analisi vincolistica, alla cartografia di sintesi e di fattibilità. Ciò nonostante, si è ritenuto più corretto rivedere anche il quadro conoscitivo alla luce di nuovi dati disponibili e, quindi, redigere uno studio completo conforme delle sopracitate direttive in vigore.

4. Inquadramento territoriale

Il territorio comunale di Marcaria si estende su una superficie di 89.79 Km² occupando una porzione nel tratto centro meridionale della media pianura mantovana. I confini amministrativi interessano:

- a nord il Comune di Gazoldo degli Ippoliti;
- a nord – ovest il Comune di Castellucchio;
- a ovest il Comune di Marcaria;
- a sud – ovest il Comune di Borgo Virgilio;
- a sud il Comune di Viadana;
- a sud – est il Comune di Gazzuolo;
- a est i Comuni di San Martino dall'Argine e Bozzolo;
- a nord – est i Comuni di Acquanegra sul Chiese e Redondesco.

I principali centri abitati del territorio sono Campitello, Canicossa, Casatico, Cesole, Gabbiana, Ospitaletto, Pilastro e San Michele in Bosco.

Le principali infrastrutture che lo attraversano sono le seguenti:

- SS 10 “Padana Inferiore” Torino – Monselice: con direzione est – ovest, attraversa il territorio comunale nel settore settentrionale, passando a nord del centro abitato di Marcaria e all'interno della frazione di Ospitaletto;
- SP ex SS 420 “Sabbionetana” Mantova – Casalmaggiore: con direzione sud ovest – nord est, attraversa il territorio comunale nel settore centro meridionale, passando per gli abitati di Campitello e Pilastro;
- SP 056 Borgoforte – Marcaria: con direzione nord est – sud ovest, attraversa il territorio comunale nel settore centro meridionale, collegando gli abitati di San Michele in Bosco, Campitello, Canicossa e Cesole;
- SP 057 Mantova – San Matteo delle Chiaviche – Viadana: attraversa il territorio comunale per un breve tratto presso il confine sud orientale, passando per l'abitato di Cesole con direzione nord – sud;
- SP 067 Marcaria – Acquanegra sul Chiese: attraversa il territorio comunale per un breve tratto, partendo da Marcaria e giungendo fino al confine con il Comune di Acquanegra sul Chiese;
- SP 078 “Ex Padana Inferiore” Marcaria – San Martino dall'Argine – Bozzolo: attraversa il territorio comunale per un breve tratto, partendo dall'innesto tra la SS 10 e la SP 056 e dirigendosi dapprima verso ovest dove attraversa l'abitato di Marcaria, poi verso sud fino al confine con il Comune di San Martino dall'Argine;
- Ferrovia Cremona – Mantova: con direzione est – ovest, attraversa il territorio comunale a ridosso del tracciato della SS 10.

In relazione all'idrografia, nel territorio comunale di Marcaria sono ubicati n. 4 corsi d'acqua pubblici vincolati, tra quelli individuati dalla d.g.r. n. 5714 del 15 dicembre 2021 che riprende le informazioni degli elenchi delle acque pubbliche (R.D. 1775/33 e successive modificazioni e integrazioni) e che identifica ogni corso d'acqua attraverso un numero progressivo e il nome:

- Fiume Po (con codice progressivo MN001Z), posto al vertice sud-orientale del Comune e appartenente agli elenchi delle acque pubbliche di cui al R.D. 1775/33 al n° 1;

- Fiume Oglio (con codice progressivo MN005Z), che segna il confine sud-occidentale del Comune di Marcaria, appartenente agli elenchi delle acque pubbliche di cui al R.D. 1775/33 al n° 56;
- Tartaro Fabbrezza (con codice progressivo MN012Z), che attraversa la parte nord-occidentale del Comune di Marcaria, appartenente agli elenchi delle acque pubbliche di cui al R.D. 1775/33 al n° 83;
- Scolo Cavata con codice progressivo MN058Z), che segna gran parte del confine nord-occidentale del Comune di Marcaria, appartenente agli elenchi delle acque pubbliche di cui al R.D. 1775/33 al n° 40/I.

Il territorio comunale di Marcaria ricade nell'area di competenza di due diversi consorzi di bonifica:

- Consorzio di Bonifica "Territori del Mincio", istituito con d.p.g.r n. 7169 del 6 agosto 2012, che ha assunto le funzioni dei soppressi consorzi "Fossa di Pozzolo" e "Sud Ovest Mantova";
- Consorzio di Bonifica Garda – Chiese, istituito con d.p.g.r n. 7170 del 6 agosto 2012, che ha assunto le funzioni dei soppressi consorzi Alta e Media Pianura Mantovana e Colli Morenici del Garda.

Un'ampia fascia del territorio comunale, presso il corso del fiume Oglio, rientra nel Parco Regionale Naturale "Oglio Sud", istituito con L.R. n. 17 del 16 aprile 1988.

All'interno dello stesso, presso l'abitato di Marcaria, si trova la riserva naturale orientata "Torbiere di Marcaria", istituita con d.p.g.r. del 31 maggio 1989 - n. IV/1390, ai sensi della L.R. 86/83, in seguito alla relativa proposta d'istituzione di riserva naturale dell'11 giugno 1986 (n. spec. 8044/8681).

5. Fase di analisi

5.1. Caratteri geologici

5.1.1. Inquadramento geologico e strutturale

Il territorio del Comune di Marcaria appartiene al 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, andando a costituire l'avanfossa di entrambi i sistemi.

Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali.

Strutturalmente l'area in esame 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 (cfr. Fig. 2). 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.

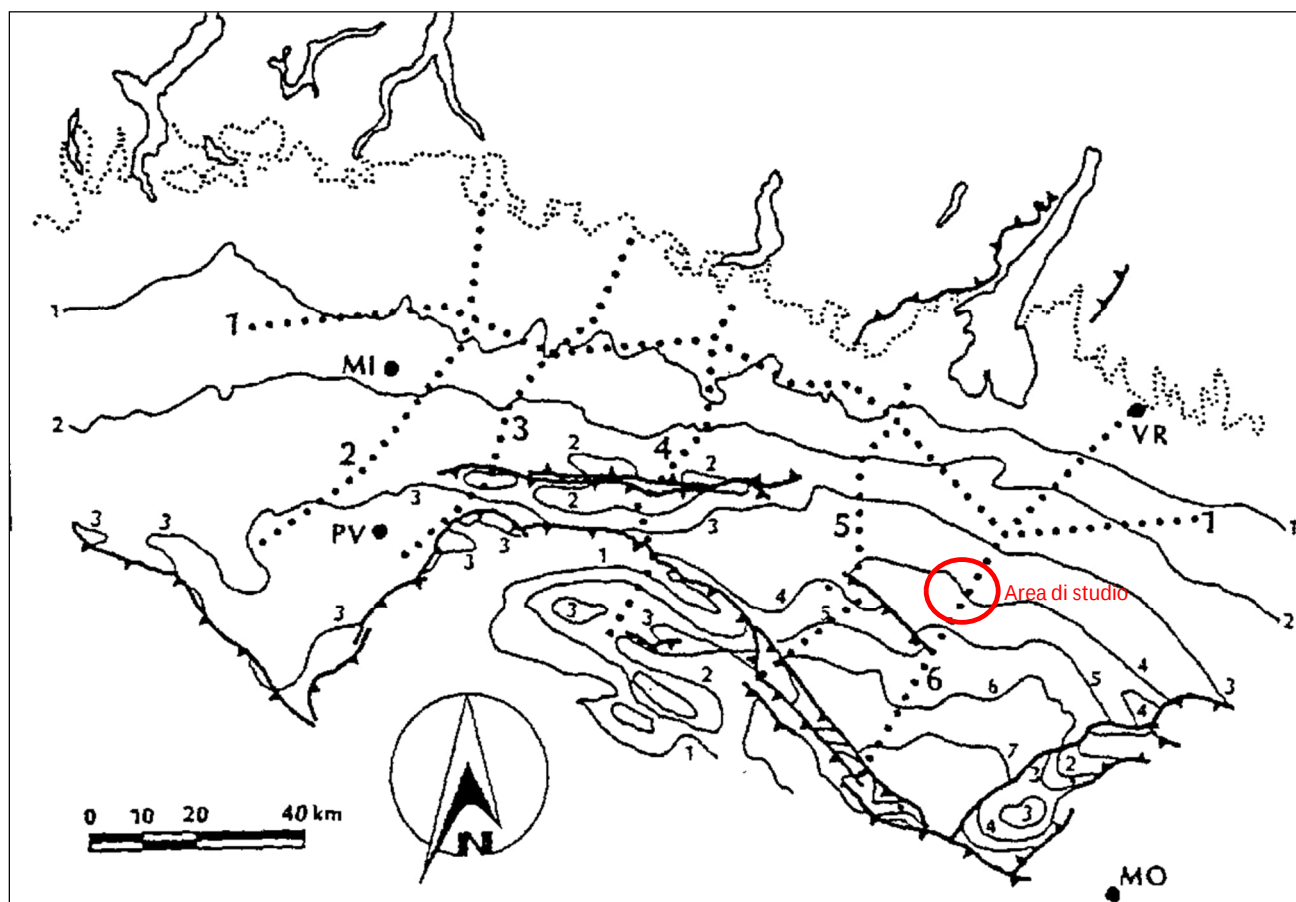


FIG. 2 – SCHEMA TETTONICO STRUTTURALE DELLA PIANURA PADANA (DA PIERI E GROPPi, 1981) CON ISOBATE DEL TETTO DEL PLIOCENE IN MIGLIAIA DI METRI

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.

L'evoluzione del bacino padano vede, a partire dal Messiniano, la quasi completa cessazione dei movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Contemporaneamente, 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, presenti alla base, sono 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 Geomol² 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.

² 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 (cfr. Fig. 3), è stato possibile ottenere una modellazione geologica omogenea 3D per l'intera area pilota.

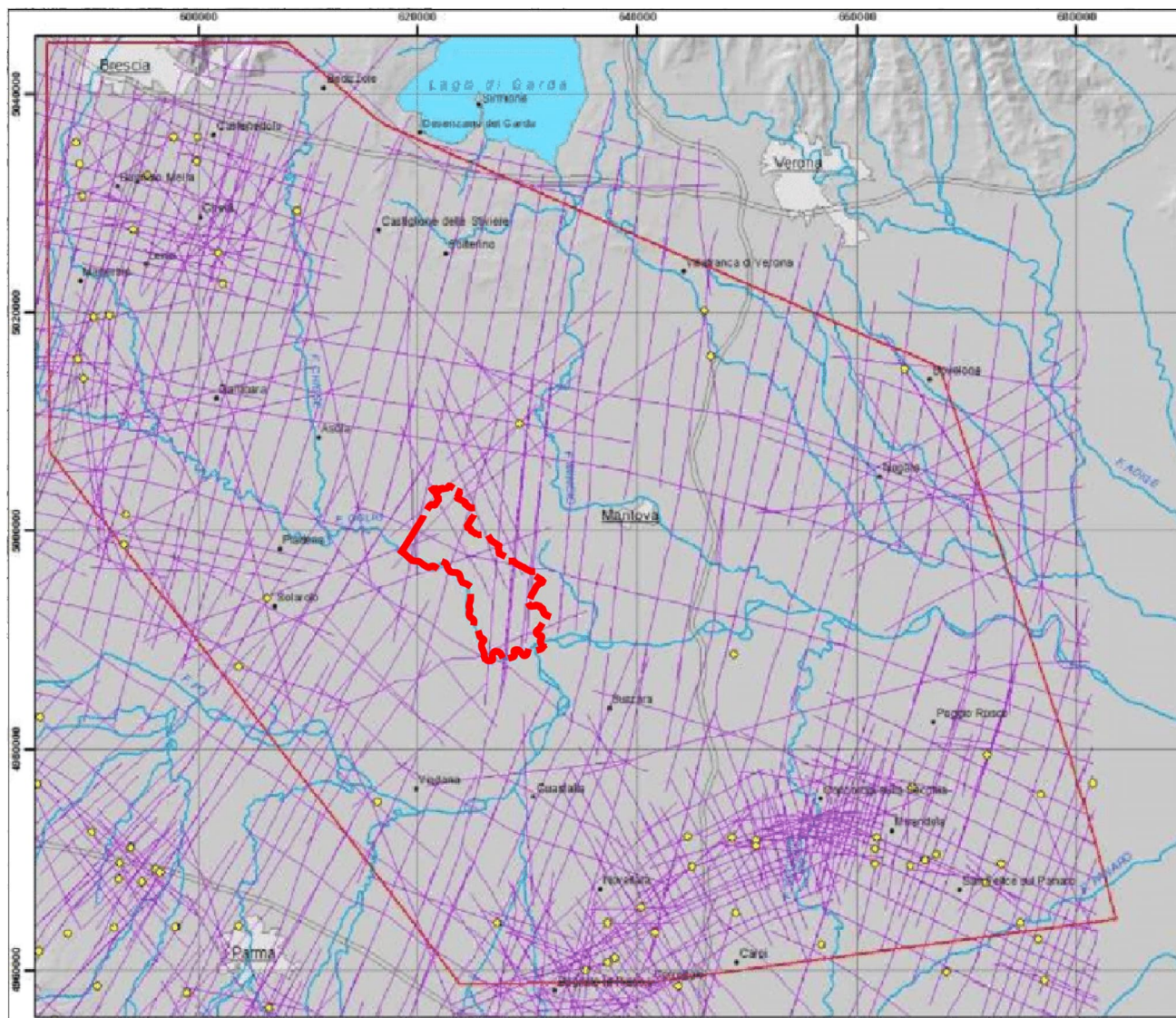


FIG. 3 – BASE DATI UTILIZZATA PER LA MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA (MODIFICATA)

Tale modellazione è basata su uno schema stratigrafico, riportato Fig. 4, 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. Proprio in Fig. 4 si osserva che, solo nel Pleistocene, sono presenti 7 unità: 4 marine e 3 continentali.

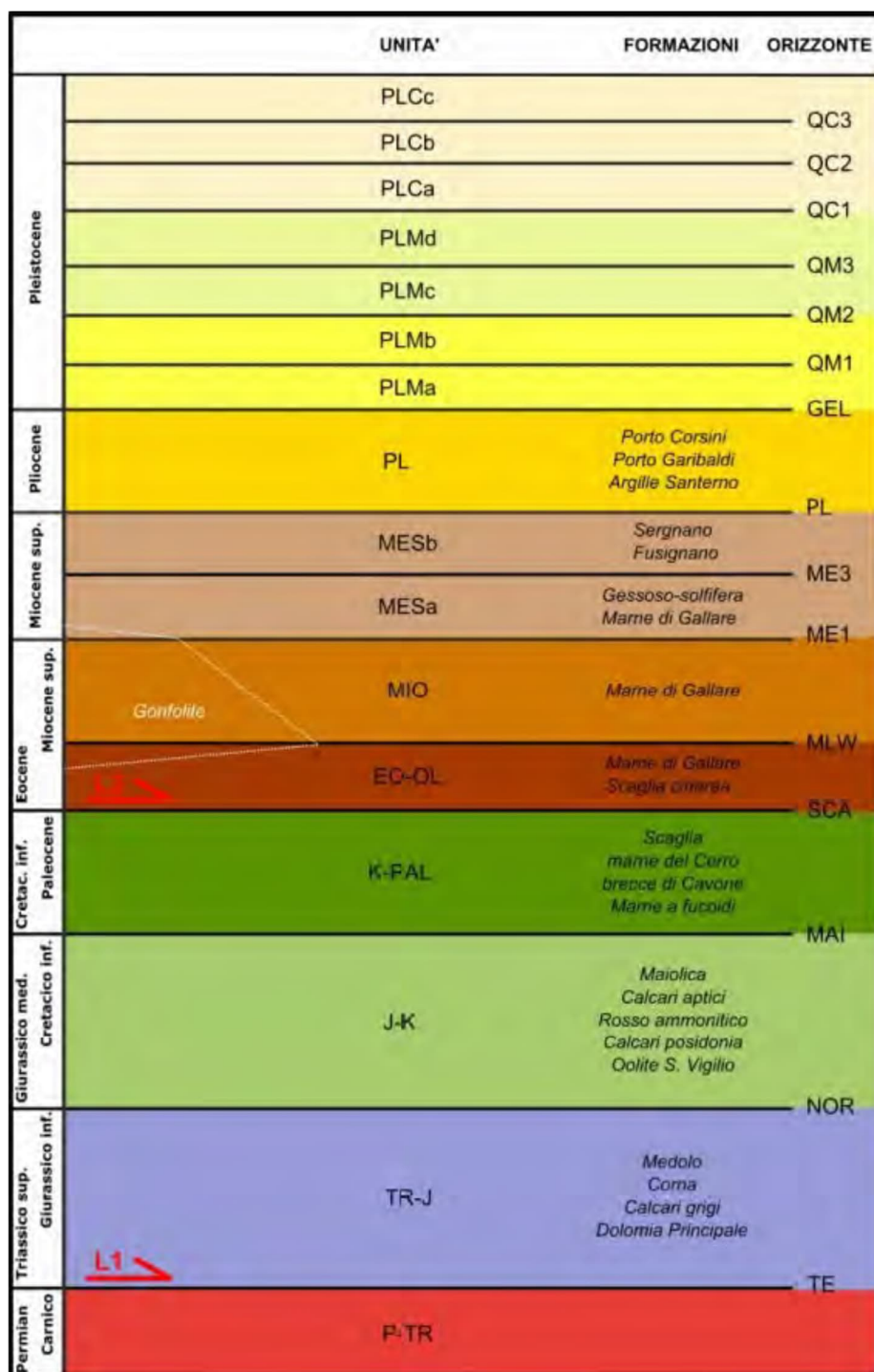


FIG. 4 – SCHEMA STRATIGRAFICO PER LA MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA

Il modello 3D permette, oltre a misurare dei volumi, di estrarre rappresentazioni numeriche 2D, sia in mappa (vedi, ad esempio, in Fig. 5, la mappa della base del Pliocene, ottenuta mediante curve a ugual quota s.l.m. e rappresentando gli elementi strutturali che intersecano la base stessa) che in sezione.

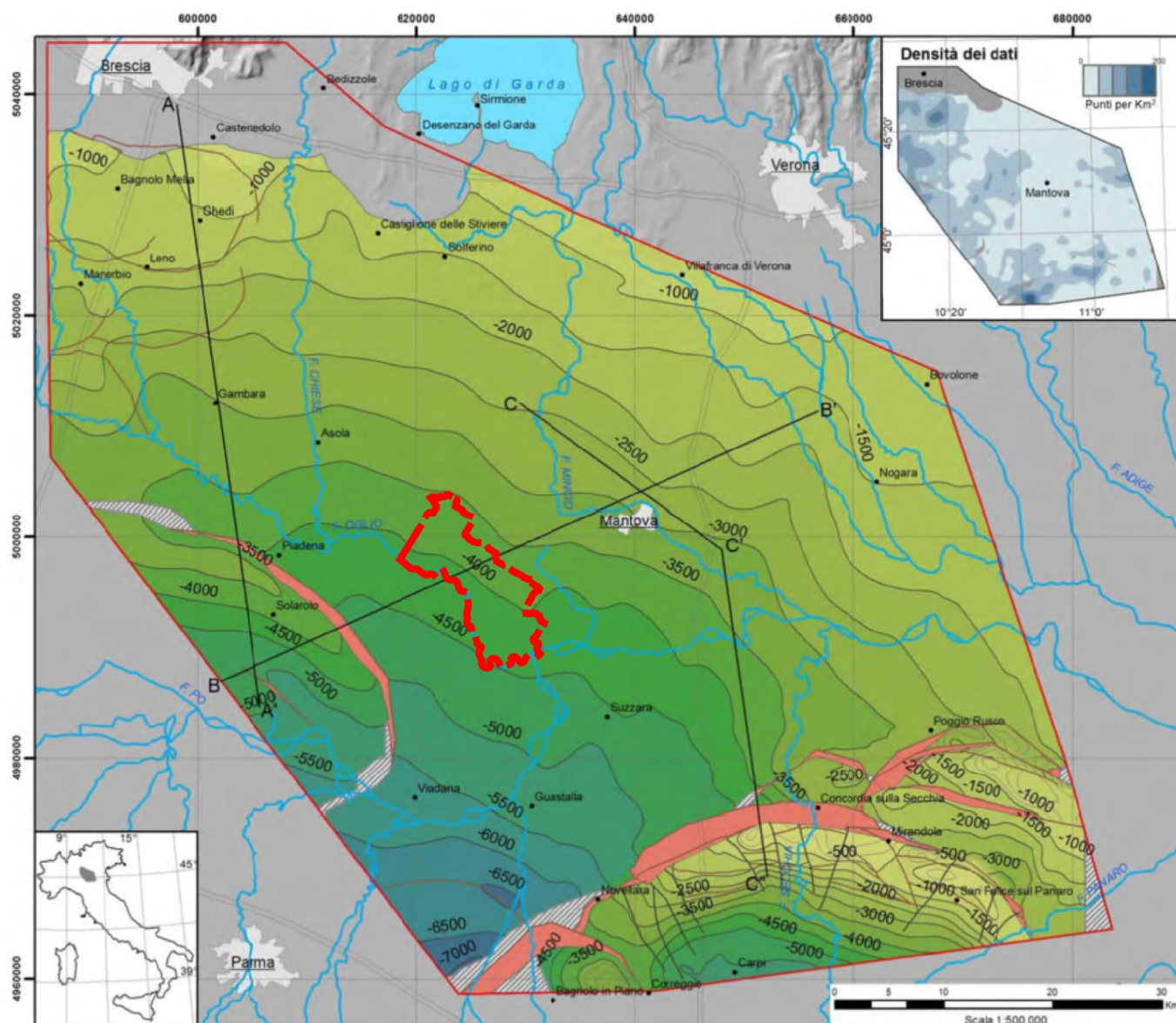


FIG. 5 – MAPPA DELLA BASE DEL PLIOCENE ALL'INTERNO DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA DALLA PRESENTAZIONE DI ANDREA PICCIN: "IL PROGETTO EUROPEO GEOMOL", SABBIONETA 3/02/16 (MODIFICATA)

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, nella seguente Fig. 6 è riportato uno stralcio cartografico con raffigurati i «sistemi» classificati e le sorgenti sismogenetiche ubicate nella porzione di territorio lombardo in cui ricade il Comune di Marcaria.

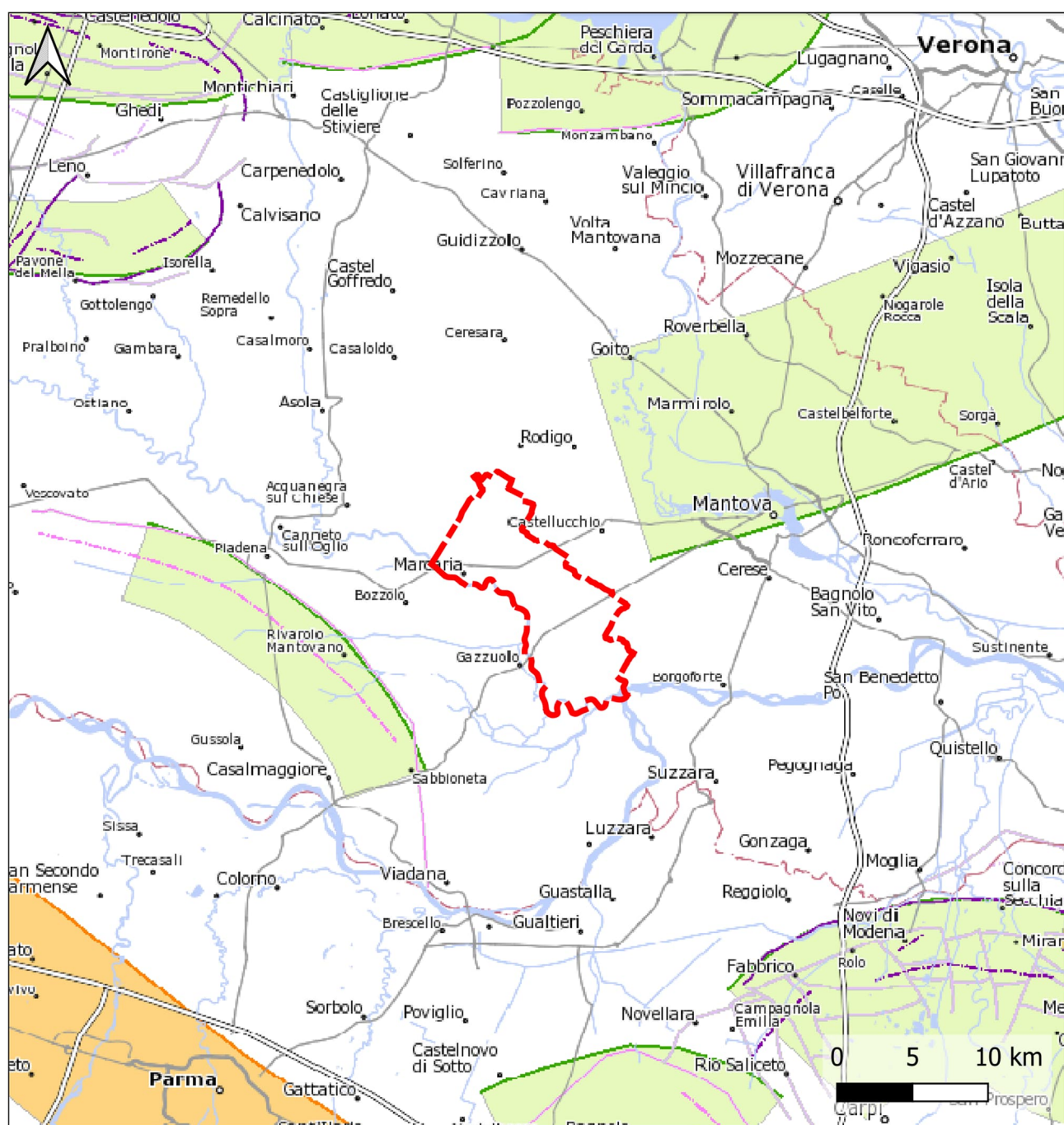


FIG. 6 – MAPPA STRUTTURALE E SORGENTI SIMOGENETICHE NEL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO DA [HTTP://MAPS.GEOMOL.EU](http://maps.geomol.eu) (MODIFICATA)

5.1.1. Subsidenza

Un'analisi particolare ha riguardato il fenomeno della subsidenza che consiste in un lento processo di abbassamento del suolo, generalmente, causato da fattori geologici (compattazione dei sedimenti, tettonica, isostasia), ma che, negli ultimi decenni, è stato localmente aggravato dall'azione dell'uomo.

La subsidenza naturale, generalmente, è stimata pari a qualche millimetro l'anno, pertanto, le sue conseguenze sono relativamente ridotte, manifestandosi, perlopiù, in tempi molto lunghi e su vasti areali. Diverso è il caso della subsidenza

indotta e/o accelerata da cause antropiche (estrazione di fluidi dal sottosuolo o bonifiche), che raggiunge valori da dieci a oltre cento volte maggiori, e i suoi effetti si manifestano in tempi brevi determinando, in alcuni casi, la compromissione delle opere e delle attività umane interessate.

Al fine di valutare l'entità della subsidenza nel territorio in esame, si è fatto riferimento a misure derivanti dal telerilevamento effettuato mediante interferometria differenziale SAR, comunemente abbreviata in *DInSAR* (dall'inglese *Differential Interferometry SAR*), che consiste nell'utilizzo di due o più immagini SAR (radar ad apertura sintetica) con il fine di computare un interferogramma per ciascuna coppia, così da rappresentare la variazione in fase tra le due epoche di acquisizione. Questa tecnica può essere utilizzata sia per realizzare modelli digitali di elevazione del terreno che per ottenere mappe spaziali di deformazione, capaci di raggiungere una precisione millimetrica.

In particolare, sono stati consultati i dati catturati da due satelliti gemelli, denominati Sentinel-1A e Sentinel-1B, lanciati dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per i quali è garantito il libero accesso tramite il programma *Copernicus*.

Così, riguardo al territorio oggetto di studio e al periodo compreso tra gennaio 2018 e dicembre 2022, è stato possibile osservare quanto riportato nelle seguenti Fig. 7 e Fig. 8.

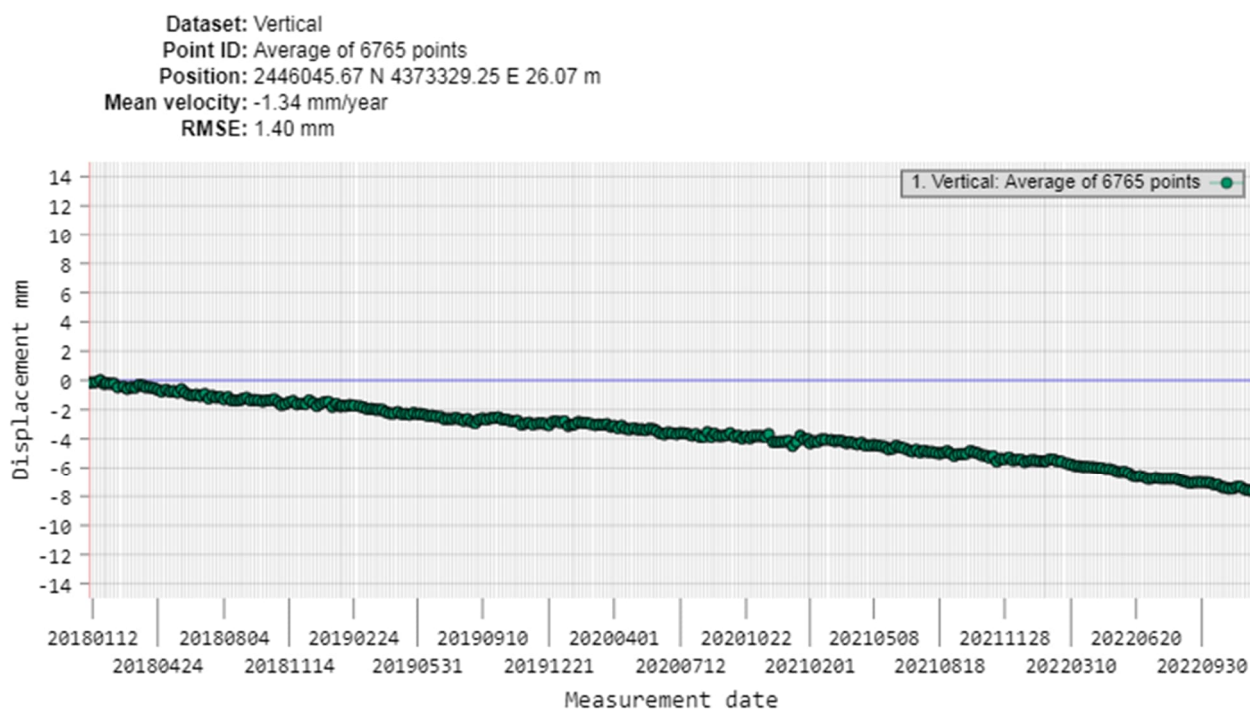


FIG. 7 – GRAFICO DERIVANTE DALLE MISURE INTERFEROMETRICHE RELATIVE A 6765 PUNTI UBICATI PRESSO L'AREA DI STUDIO

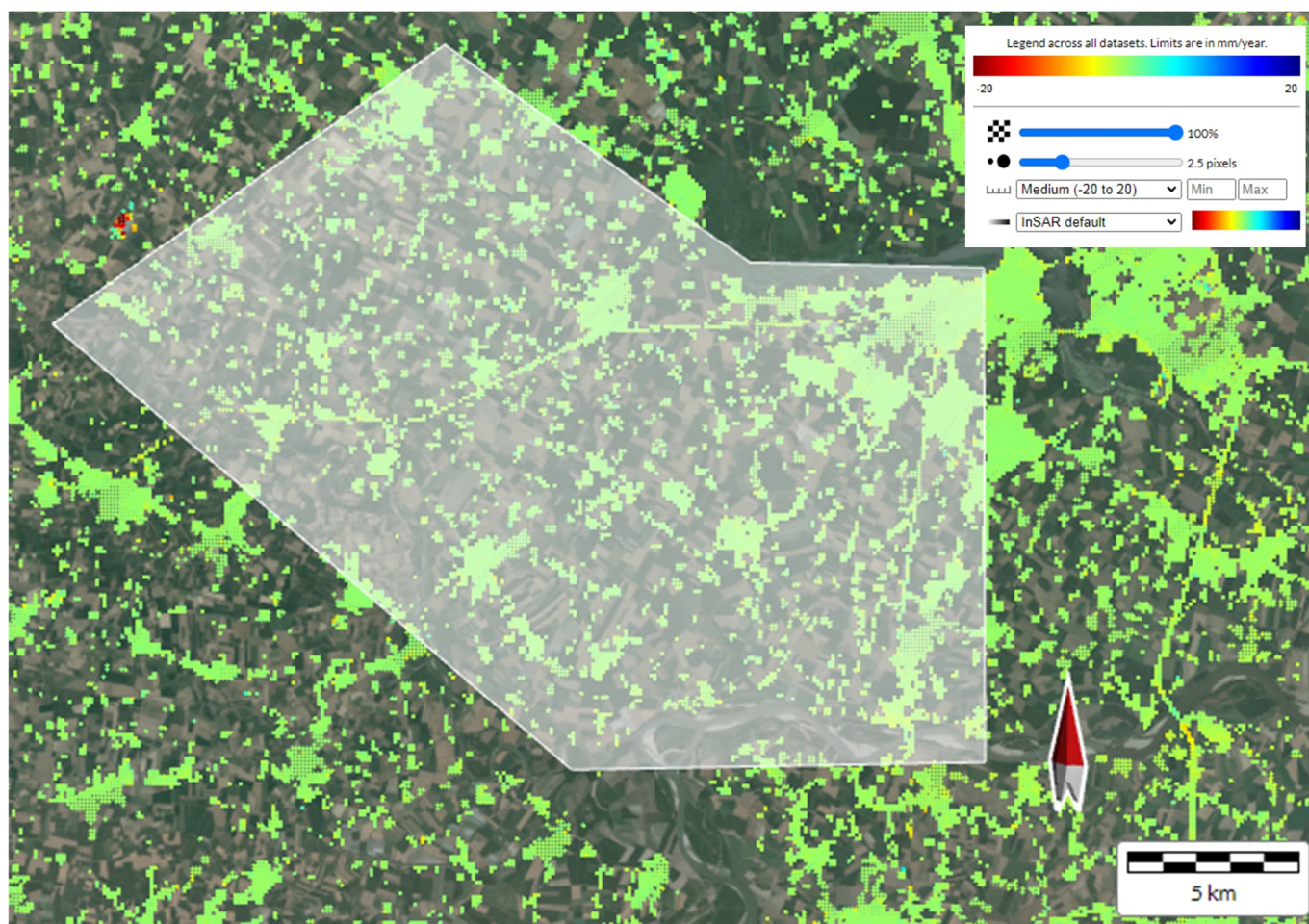


FIG. 8 – UBICAZIONE DEI PUNTI DI MISURA INTERFEROMETRICA DISTINTI IN BASE ALL'ENTITÀ DEI MOVIMENTI VERTICALI REGISTRATI

Dall'esame di tali immagini si evince una subsidenza media costante, nell'ordine dei 1.40 mm/anno, uniformemente distribuita nel territorio in esame; il fenomeno, pertanto, non sembra costituire un elemento di rischio per il patrimonio edilizio e infrastrutturale, esistente e in progetto.

5.1.2. Lineamenti geologici locali

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.

Come già evidenziato in precedenza, 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 connessi con i fenomeni di subsidenza descritti in precedenza.

In particolare, i depositi degli orizzonti più superficiali del territorio comunale di Marcara sono riconducibili alla deposizione fluviale ad opera del fiume Oglio.

5.1.2.1. Carta geolitologica

Nell'elaborato grafico CG.1.2 è stata rappresentata la geologia del territorio comunale di Marcaria. Tralasciando un'attribuzione cronologica dei depositi si è operata una distinzione in unità che avessero interesse sotto l'aspetto geologico-applicativo. Pertanto, sono state inizialmente individuate due unità d'alto rango:

- Depositi terrazzati, disposti su più ordini, costituiti da alluvioni fluviali più recenti rinvenuti principalmente in corrispondenza dell'alveo attuale del fiume Oglio nei settori occidentale e meridionale del territorio. Altre fasce meandriche di ampiezza inferiore, si rinvenivano presso gli alvei di altri corsi d'acqua, come il Tartaro Fabbrezza e il Gambino Dugale di Marcaria, nei pressi dell'abitato di Casatico.
- Livello fondamentale della pianura, costituito da alluvioni fluvio-glaciali più antiche cui appartengono i depositi rilevati nel territorio comunale, che non ricadono nelle fasce terrazzate.

In seguito, all'interno delle suddette unità sono state poi evidenziate facies differenti, distinte sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche dei primi 10÷15 m di sottosuolo. A tale scopo è stata raccolta ed esaminata criticamente una grande mole di dati geognostici derivanti da sondaggi, trincee esplorative, prove penetrometriche, pozzi, scavi aperti ecc., consultabili nella banca dati del SIT (cfr. par. 2.1).

In sintesi, in elaborato CG.1.2, sono state distinte le seguenti unità:

Depositi all'interno delle fasce terrazzate

- *Alluvioni fluviali con successione stratigrafica costituita da depositi limoso-argillosi, di spessore variabile da 0 a 5 metri che ricoprono depositi prevalentemente sabbiosi:* si trovano prevalentemente nel settore sud del territorio comunale, presso la confluenza tra il fiume Oglio e il fiume Po, e nel settore nord occidentale, presso l'abitato di Casatico, in corrispondenza dei tratti più a monte del Tartaro Fabbrezza e del Gambino Dugale di Marcaria.
- *Alluvioni fluviali con successione stratigrafica costituita da depositi limoso-argillosi, di spessore variabile da 5 a 10 metri che ricoprono depositi prevalentemente sabbiosi:* si trovano prevalentemente a ridosso dei primi, sia nel settore sud che in quello nord occidentale.
- *Alluvioni fluviali con successione stratigrafica costituita da depositi limoso-argillosi, di spessore maggiore di 10 metri che ricoprono depositi prevalentemente sabbiosi:* si trovano prevalentemente nell'intorno dell'alveo del fiume Oglio.

Depositi del livello fondamentale della pianura

- *Alluvioni fluvio-glaciali costituite da sabbie prevalenti:* unità del livello fondamentale della pianura che si riscontra unicamente in un'area nel settore settentrionale del territorio comunale.
- *Alluvioni fluvio-glaciali con successione stratigrafica costituita da depositi limoso-argillosi, di spessore variabile tra i 0 e i 5 metri, che ricoprono depositi prevalentemente sabbiosi:* si trovano principalmente in alcune aree nel settore nord occidentale del territorio comunale e in due aree di piccole dimensioni nel settore sud orientale.
- *Alluvioni fluvio-glaciali con successione stratigrafica costituita da depositi limoso-argillosi di spessore variabile da 5 a 10 metri che ricoprono depositi prevalentemente sabbiosi:* costituiscono la litologia più diffusa del territorio, distribuita in maniera uniforme tra i depositi del livello fondamentale della pianura.
- *Alluvioni fluvio-glaciali con successione stratigrafica costituita da depositi limoso-argillosi di spessore maggiore di 10 metri che ricoprono depositi prevalentemente sabbiosi:* si trovano principalmente in un'area di notevoli dimensioni nel settore centrale del territorio comunale e, in misura minore, in alcune aree discontinue nel settore settentrionale.

In elaborato CG.1.2 sono rappresentate anche le tracce di n. 2 sezioni litostratimetriche descritte nel seguente par 5.1.2.2.

5.1.2.2. Sezioni litostratimetriche

Per meglio rappresentare graficamente le caratteristiche litostratimetriche del territorio in esame sono state ricostruite anche n. 3 sezioni geologiche interpretative rappresentate in elaborato CG.1.4: la sezione A-A'-A''-A'''-A'''' tracciata lungo una spezzata con andamento NW-SE, all'incirca allineata con la direzione d'allungamento del Comune, e le sezioni B-B'-B'' e C-C'-C'' con andamento SW-NE, ubicate rispettivamente nel settore centro settentrionale e nel settore centro meridionale. Per redigere tale elaborato si è fatto riferimento alle informazioni derivanti da precedenti indagini geognostiche o da perforazioni per la realizzazione di pozzi presenti nel SIT della Regione Lombardia previo un'analisi critica degli stessi dati. Le sezioni raffigurate arrivano a rappresentare il sottosuolo oggetto di studio fino a -240 m s.l.m., evidenziano come quest'area sia caratterizzata da alternanze di depositi sabbiosi e/o sabbioso-ghiaiosi con depositi limosi e argillosi. Si osserva, inoltre, che gli spessori maggiori si riscontrano per i depositi più fini e che le interdigitazioni di questi corpi con strati di minor spessore e a granulometria grossolana, risultano a cadenza abbastanza regolare.

Relativamente a quanto esposto, è necessario precisare che i depositi in esame, a causa dei processi deposizionali (fluviali e fluvio-glaciali) che li hanno messi in posto, sono caratterizzati dall'avere una discreta variabilità di facies (granulometria e strutture sedimentarie) sia laterale che verticale. Conseguentemente, le considerazioni sopra riportate, sul loro spessore e sulla distribuzione nel sottosuolo, sono da ritenersi puramente indicative.

5.1.2.3. Carta della litologia di superficie

Nel presente studio, tra i tematismi esaminati relativi al territorio comunale di Marcaria, è stato affrontato anche quello relativo alla litologia di superficie che, come descritto nei precedenti paragrafi, è rappresentata esclusivamente da depositi continentali del Quaternario.

Tale analisi è partita dai dati disponibili sul SIT della Regione Lombardia (cfr. paragrafo 2.1) ove sono riportati risultati di un progetto realizzato dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia (ERSAL).

In detto progetto le informazioni riportate come areali derivano dall'interpretazione delle caratteristiche litologiche del substrato pedologico rilevate per la redazione della carta dei suoli lombardi. Il rilevamento pedologico è stato realizzato attraverso l'effettuazione di sondaggi e relative analisi e descrizioni (profili, trivellate e osservazioni di campagna) sino alla profondità di 2 m dal piano di campagna. I dati dei profili pedologici, analizzati per la carta del suolo, sono stati rielaborati per definire le unità cartografiche della litologia di superficie. Tale definizione è basata sulla classificazione granulometrica del materiale secondo la classificazione ASTM, che definisce i limiti riportati nella seguente Tab. 1.

Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
4,76mm	0,075mm	0.002mm	<0.002

TAB. 1 – CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA DEI TERRENI ASTM

Le informazioni, così desunte, sono state verificate ed integrate mediante dati provenienti da indagini geognostiche oltre che con quanto emerso nel corso dei sopralluoghi ed osservazioni relative a scarpate e fronti di scavo.

La zonazione delle caratteristiche litologiche dei terreni superficiali è stata raffigurata, in elaborato CG.1.3. In tale tavola, per gli scopi del presente studio, si è ritenuto di operare delle semplificazioni, accorpendo molte classi litologiche tenute distinte sul SIT della Regione Lombardia. Infine, oltre alle caratteristiche granulometriche, si è ritenuto opportuno rappresentare anche a quale delle unità geologico-morfologiche, definite nel paragrafo 5.1.2 e già rappresentate in elaborato CG.1.2, esse appartengano.

Di conseguenza, è stata operata dapprima una distinzione tra fasce terrazzate e livello fondamentale della pianura (secondo i criteri di cui al par. 5.1.2) e in seguito una distinzione basata su criteri prettamente litologici. La

Alla luce di queste premesse, la legenda dell'elaborato è stata strutturata nel seguente modo:

Depositi all'interno delle fasce terrazzate

- *Terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi*: si rinvencono unicamente in corrispondenza del tratto più a monte del Gambino Dugale di Marcaria, nei pressi dell'abitato di Casatico.
- *Terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi*: si distribuiscono lungo l'alveo del fiume Mincio in aree di medie dimensioni, alternandosi con terreni limosi e limoso-sabbiosi.
- *Terreni prevalentemente limosi e limoso-sabbiosi*: si distribuiscono lungo l'alveo del fiume Mincio in aree di medie dimensioni, alternandosi con terreni sabbiosi e sabbioso-limosi.
- *Terreni prevalentemente argillosi*: caratterizzano l'intorno dell'alveo del Tartaro Fabrezza.

Depositi del livello fondamentale della pianura

- *Terreni prevalentemente ghiaiosi*: si trovano unicamente in un'area di dimensioni ridotte nel settore nord occidentale del territorio comunale.
- *Terreni prevalentemente sabbiosi*: si rinvencono in aree di medie dimensioni principalmente nel settore sud orientale del territorio comunale e, in misura minore, in quello nord occidentale.
- *Terreni prevalentemente limosi e limoso-sabbiosi*: costituiscono i depositi superficiali più diffusi all'interno del territorio comunale, costituendo quasi per intero il livello fondamentale della pianura.

Riepilogando, dall'esame della Carta della litologia di superficie si osserva come le diverse litologie di superficie siano distribuite in maniera più o meno continua in tutto il territorio comunale.

5.1.2.4. Indicazioni di carattere geotecnico

Al fine di fornire delle indicazioni di carattere geotecnico sui depositi presenti nel primo sottosuolo del territorio comunale di Marcaria e descritti nel precedente paragrafo 5.1.2.3, nella seguente Tab. 2 ne viene definita l'appartenenza, di massima, ai differenti gruppi, secondo il sistema di classificazione CNR UNI 10006:

Classe litologica	Gruppo di Classificazione
Terreni prevalentemente ghiaiosi Terreni prevalentemente sabbiosi debolmente ghiaiosi	A-1
Terreni prevalentemente sabbiosi	A-2 e A3
Terreni prevalentemente limosi e limoso-sabbiosi	A-4 e A-5
Terreni prevalentemente argilloso-sabbiosi Terreni prevalentemente argillosi e argilloso-sabbiosi	A-6 e A-7
Terreni prevalentemente argilloso-torbosi	A-8

TAB. 2 – SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006

Volendo fornire delle indicazioni sulle principali caratteristiche, sempre sotto il profilo geotecnico, di tali terreni, si può evidenziare il miglior comportamento, quale terreno di fondazione, dei materiali granulari (sabbie e ghiaie) rispetto alle terre a grana fine (limi e argille).

Quest'ultime, infatti, oltre a presentare mediamente minori valori di capacità portante sono soggette, a parità di carichi applicati, a cedimenti di maggior consistenza.

Per tali motivi, nel presente studio, nel definire gli ambiti di pericolosità che debbono costituire la legenda della Carta di sintesi (cfr. par. 2), in accordo con quanto prescritto dalle direttive citate nel par. 3, quali aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche, sono state indicate:

- *Aree con depositi superficiali limoso-argillosi*: corrispondono alle classi, “terreni prevalentemente argillosi” e “terreni prevalentemente limosi e limoso-sabbiosi” dell'elaborato CG.1.3 (cfr. par. 5.1.2.3) che affiorano nella maggior parte del territorio comunale. In essi sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso (cfr. par. 2).

5.2. Caratteri pedologici

Per le informazioni relative agli aspetti più specificamente pedologici, si è operato suddividendo il territorio in classi a caratteristiche omogenee.

A riguardo, nel presente studio si è fatto riferimento alla cartografia pedologica in scala 1:50.000, prodotta dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e Foreste (ERSAF) consultabile nel SIT regionale.

5.2.1. Classificazione dei suoli

Come raffigurato nello stralcio riportato in Fig. 9, in Comune di Marcaria, si riconoscono due realtà paesaggistiche tra loro ben diversificate, appartenenti a due sottosistemi, i quali a loro volta appartengono a due sistemi distinti. Nei seguenti paragrafi vengono descritte queste due realtà paesaggistiche.

- Sistema L – Piana proglaciale

Costituisce il livello fondamentale della pianura, formatasi per riempimento alluvionale durante l'ultima glaciazione (würmiana). I suoli affioranti nell'area di studio appartengono al seguente sottosistema:

- Sottosistema LS

Settore distale della piana proglaciale, inciso da un reticolo idrografico permanente di tipo meandriforme. Presenta superfici stabili, costituite da sedimenti di origine fluviale a granulometria medio-fine. Costituisce il tratto più meridionale della piana würmiana, detta anche bassa pianura sabbiosa.

- Sistema V – Valli alluvionali

Comprende i suoli depositi in valli alluvionali, corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua, attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico. I suoli affioranti nell'area di studio appartengono al seguente sottosistema:

- Sottosistema VI

Rappresenta piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti o attuali (Olocene recente e attuale).

Come è possibile osservare da Fig. 9 il territorio del comune di Marcara è principalmente costituito da suoli appartenenti al sottosistema LS, che corrispondono al livello fondamentale della pianura, mentre suoli appartenenti al sottosistema VA si trovano in corrispondenza dei principali terrazzi fluviali.

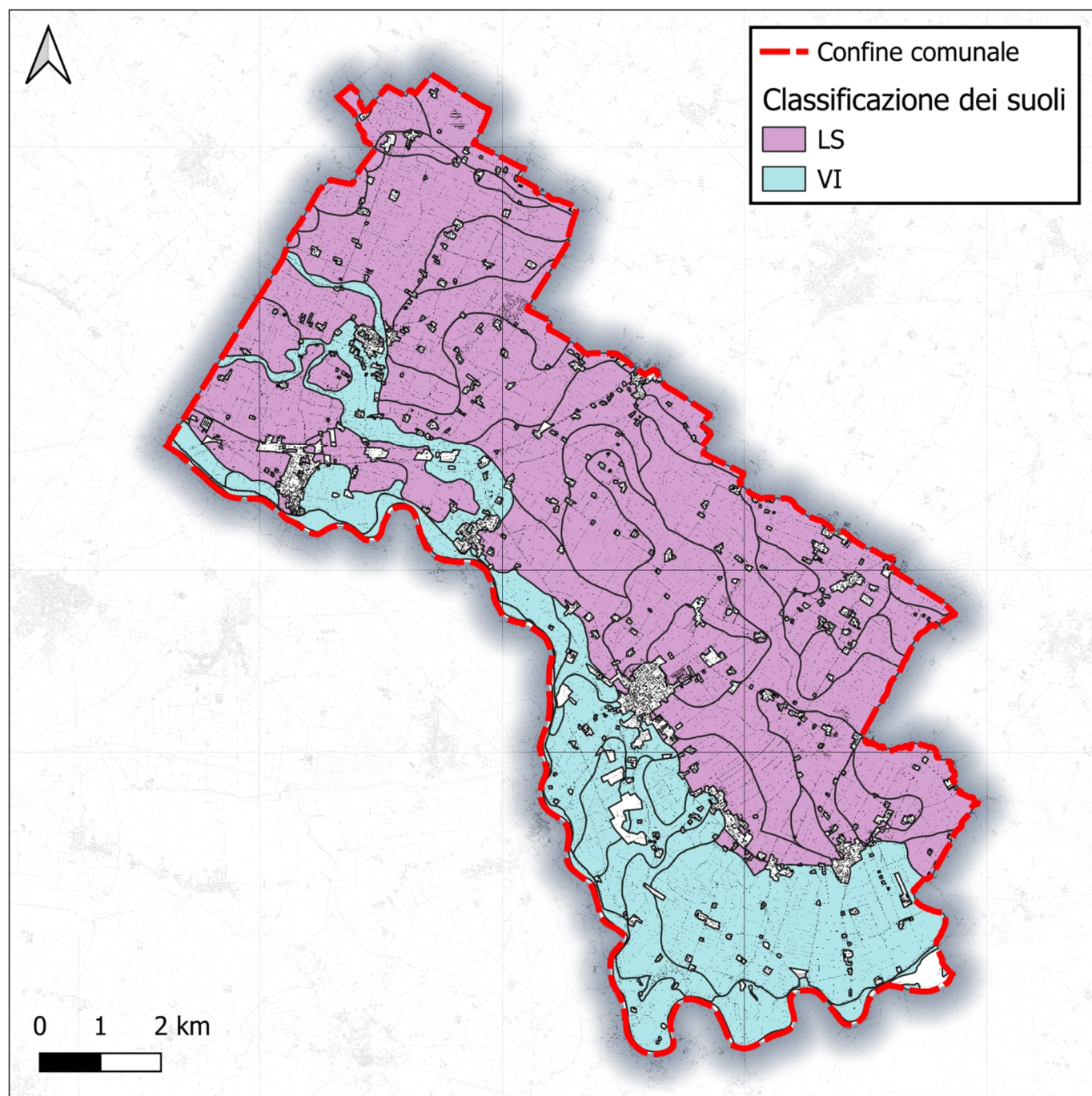


FIG. 9 – CARTA DELLA CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI

5.2.2. Capacità d'uso dei suoli

La definizione della capacità d'uso dei differenti suoli e i relativi codici assegnati, si riferiscono alle norme della “Land Capability Classification” (Klingebiel, Montgomery, U.S.D.A. 1961).

Il concetto guida della Land Capability non si riferisce unicamente alle proprietà fisiche del suolo, che determinano la sua attitudine più o meno ampia nella scelta delle diverse colture, quanto alle limitazioni da questo presentate nei confronti di un

uso agricolo generico; limitazioni che derivano anche dalla qualità del suolo, ma soprattutto dalle caratteristiche dell'ambiente in cui questo è inserito. Ciò significa che la limitazione costituita dalla scarsa produttività di un territorio, legata a precisi parametri di fertilità chimica del suolo (pH, sostanze organiche, salinità, saturazione in basi) viene messa in relazione ai requisiti del paesaggio fisico (morfologia, clima, vegetazione, etc.), che fanno assumere alla stessa limitazione un grado di intensità differente a seconda che tali requisiti siano permanentemente sfavorevoli o meno, ad esempio: pendenza, rocciosità, aridità, degrado vegetazionale, etc.

La classificazione si realizza suddividendo il territorio in due livelli di definizione: classi e sottoclassi; ogni classe indica per quali attività antropiche si addice ad essere utilizzato un determinato suolo e con che modalità ed intensità.

I parametri utilizzati per definire le classi e le sottoclassi sono i seguenti:

- Profondità utile: esprime la profondità del volume di suolo esplorabile dalle radici delle piante.
- Tessitura Superficiale – Ap: esprime le situazioni di tessitura dell'orizzonte superficiale che limitano la lavorabilità dei suoli agricoli.
- Scheletro – Ap: esprime il contenuto di scheletro (ghiaie, ciottoli e pietre) nell'orizzonte superficiale considerato limitante per le lavorazioni e l'approfondimento radicale.
- Pietrosità e rocciosità superficiale: esprime il contenuto di pietre con diametro > 7.5 cm (le pietre con dimensioni inferiori a 7.5 cm non ostacolano l'utilizzo delle macchine) e la classe di ingombro degli affioramenti rocciosi presenti alla superficie del suolo.
- Fertilità – Ap: intesa come fertilità chimica legata a caratteri del suolo solo in parte modificabili mediante l'apporto di correttivi e/o ammendanti. In particolare, si considerano: pH, C.S.C. e TSB valutati nell'orizzonte superficiale, CaCO₃ totale come valore medio ponderato nel primo metro di suolo.
- Drenaggio: con tale termine si intende l'attitudine del suolo a smaltire l'acqua che contiene in eccesso; la presenza di falde poco profonde condiziona negativamente tale possibilità. D'altra parte, tale carattere fornisce utili indicazioni sulla capacità del suolo a trattenere l'acqua di pioggia e/o di irrigazione (ad es. drenaggio mod. rapido e rapido). Esprime le classi di drenaggio considerate limitanti per gli usi agro-silvo-pastorali.
- Inondabilità: viene indicata la frequenza dell'evento e la sua durata. Esprime le classi di inondabilità considerate limitanti per gli usi agro-silvo-pastorali.
- Limitazioni climatiche: esprime le classi di limitazioni climatiche capaci di condizionare la gamma delle colture praticabili o di determinare un fabbisogno o un numero maggiore delle stesse pratiche colturali richieste in altre parti della pianura.
- Pendenza media: esprime le classi di pendenza che possono predisporre il suolo ai fenomeni erosivi.
- Erosione: le definizioni presenti nello schema esprimono la suscettività all'erosione idrica superficiale e di massa (espressa come profonda); la percentuale indica la superficie dell'unità cartografica interessata da fenomeni erosivi. Esprime la suscettività all'erosione idrica superficiale e di massa, intesa come percentuale della superficie dell'UC soggetta a fenomeni erosivi.
- AWC: esprime i contenuti d'acqua che determinano limitazioni per le colture e richiedono pertanto apporti idrici per evitare stress alle piante.

Da questi parametri sono state definite otto classi d'uso dei suoli:

Suoli adatti all'agricoltura

- Classe I: suoli che presentano pochissimi fattori limitanti il loro uso e che sono quindi utilizzabili per tutte le colture;
- Classe II: suoli che presentano moderate limitazioni che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative;

- Classe III: suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative;
- Classe IV: suoli che presentano limitazioni molto severe, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione.

Suoli adatti al pascolo e alla forestazione

- Classe V: suoli che pur non mostrando fenomeni di erosione, presentano tuttavia altre limitazioni difficilmente eliminabili tali da restringere l'uso al pascolo o alla forestazione o come habitat naturale;
- Classe VI: suoli che presentano limitazioni severe, tali da renderle inadatte alla coltivazione e da restringere l'uso, seppur con qualche ostacolo, al pascolo, alla forestazione o come habitat naturale;
- Classe VII: suoli che presentano limitazioni severissime, tali da mostrare difficoltà anche per l'uso silvo pastorale.
- Suoli inadatti ad utilizzazioni agro-silvo-pastorali
- Classe VIII: suoli che presentano limitazioni tali da precludere qualsiasi uso agro-silvo-pastorale e che, pertanto, possono venire adibiti a fini creativi, estetici, naturalistici, o come zona di raccolta delle acque. In questa classe rientrano anche zone calanchive e gli affioramenti di roccia.

Le relative sottoclassi individuano il tipo di limitazione:

- c = limitazioni legate alle sfavorevoli condizioni climatiche;
- e = limitazioni legate al rischio di erosione;
- s = limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo;
- w = limitazioni legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo.

Nella seguente Tab. 3 è mostrato un modello interpretativo, nel quale vengono descritte le caratteristiche e i valori dei parametri sopra elencati, per ciascuna delle classi individuate.

Classi di Capacità d'uso	Prof. utile (cm)	Tessitura Orizz Superf (1)	Scheletro Or. Superficiale	Pietrosità(2) e Rocciosità	Fertilità or. superficiale (3)	Drenaggio	Rischio inondazione	Lim. Climatiche	Pend. (%)	Erosione	AWC(4) (cm)
I	>100	(A+L) < 70% A < 35% L < 60% S < 85%	≤15	P ≤0.1 R ≤2	5.5 < pH < 8.5 TSB > 50% CSC > 10meq CaCO ₃ ≤ 25%	buono	assente	assenti < 200 m	≤2	assente	> 100
II	61-100	(A+L) ≥ 70% 35 ≤ A < 50% L < 60% S < 85%	16-35	0.1 < P ≤ 3 R ≤2	4.5 ≤ pH ≤ 5.5 35 < TSB ≤ 50% 5 < TSB ≤ 10 meq CaCO ₃ > 25%	mediocre mod. rapido	lieve (< 1v / 10 anni durata < 2gg)	lievi 200 -300 m	2.1-8	assente	idem
III	25-60	A ≥ 50 S ≥ 85 L ≥ 60	36-70	idem	pH >8. 4 o pH <4.5 TSB ≤35% CSC ≤5meq	rapido lento	moderato (1v /5-10 anni durata > 2gg)	moderate 300 - 700 m	8.1-15	debole	51 - 100
IV	25-60	idem	idem	3 < P ≤ 15 R ≤2	idem	molto lento	alto (> 1v / 5 anni durata > 7gg)	idem	15.1-25	moderata	≤ 50
V	<25	idem	>70	16 < P ≤ 50 2 < R ≤ 25	idem	impedito	molto alto (golene aperte)	idem	≤2	assente	idem
VI	idem	idem	idem	16 < P ≤ 50 2 < R ≤ 25	idem	idem	idem	forti 700-2300 m	25.1-45	moderata	idem
VII	idem	idem	idem	16 < P ≤ 50 25 < R ≤ 50	idem	idem	idem	molto forti >2300 m	45.1-100	forte	idem
VIII	idem	idem	idem	P >50 R >50	idem	paludi	idem	idem	>100	molto forte	idem

Sotto Classi	s (5)	s	s	s	s	w (6)	w	c	e	e	s
Tipo di Limit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

(1) è sufficiente una condizione

(2) Considerare solo la pietrosità maggiore o uguale a 7.5 cm.

(3) pH, TSB e CSC riferiti all'orizzonte superficiale; CaCO₃ al primo m di suolo (media ponderata); è sufficiente una condizione

(4) Da valutare riferendosi al primo metro di suolo o alla profondità utile se inferiore a 1 metro; l'AWC non si considera se il drenaggio è lento. molto lento o impedito

(5) Quando la profondità utile è limitata esclusivamente dalla falda (orizzonte idromorfo) indicare la sottoclasse w.

(6) Quando la limitazione è dovuta a drenaggio rapido o moderatamente rapido. indicare la sottoclasse s

TAB. 3 – DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI CAPACITÀ D'USO DEL SUOLO

Nella seguente Fig. 10, sono rappresentate le classi, e le relative sottoclassi, di capacità d'uso dei suoli presenti nel Comune di Marcaria: 2s, 2w, 2ws, 2ws-2s, 3s, 3w, 4s, 5w.

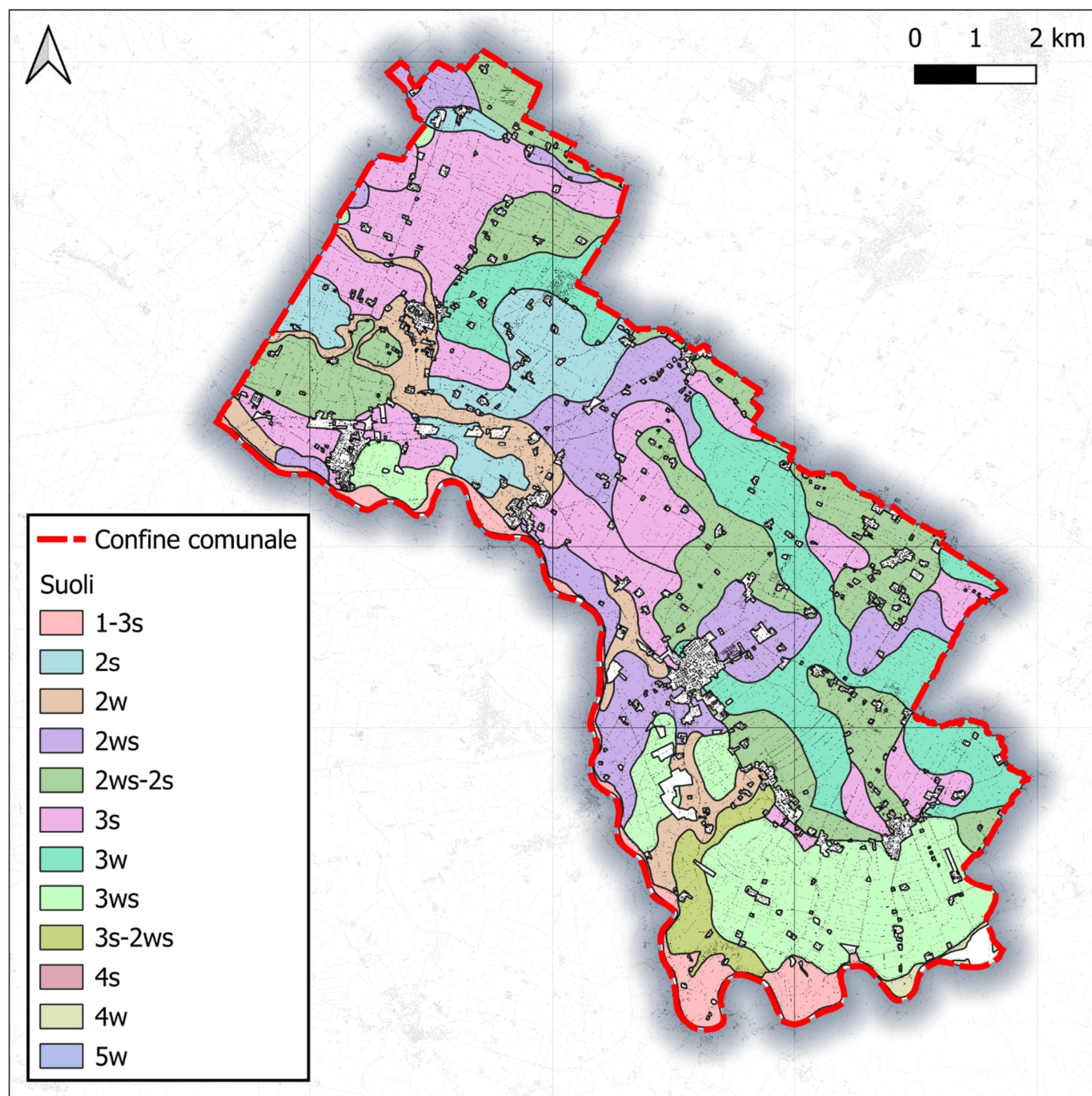


FIG. 10 – CARTA DELLA CAPACITÀ D'USO DEI SUOLI

5.2.3. Attitudine dei suoli allo spandimento agronomico dei liquami

Questa voce riguarda la definizione della classe di attitudine potenziale dei suoli per lo spandimento dei liquami (PUA), di origine zootecnica, determinata attraverso la definizione di parametri valutativi, coi quali è stato costruito un modello interpretativo dove vengono definite le caratteristiche di ciascuna classe individuata.

I parametri inseriti nello schema di valutazione, con il quale è stato possibile distinguere diverse classi, sono i seguenti:

- Inondabilità: costituisce un pericolo d'inquinamento diretto del corso d'acqua.
- Pendenza media: è responsabile del ruscellamento superficiale che si verifica quando lo spandimento precede una pioggia o l'irrigazione.
- Profondità della falda: la presenza della falda entro i primi 100 cm indagati, aumenta i rischi di inquinamento della stessa, soprattutto se il suolo è costituito da materiali tendenzialmente grossolani.
- Permeabilità: condiziona la percolazione. Suoli con permeabilità bassa contrastano efficacemente il passaggio in profondità degli inquinanti.
- Gruppo idrologico: è una valutazione sintetica del comportamento idrologico del suolo, in particolare della tendenza potenziale ad ostacolare la penetrazione delle acque nel suolo e originare scorrimenti (=runoff) in superficie.
- Granulometria: condiziona la permeabilità e il drenaggio del suolo e quindi la velocità di percolazione in profondità degli inquinanti.

A seconda della diversa incidenza e valori di questi parametri è stato possibile identificare le seguenti classi di suoli:

- S1 Suoli adatti, senza limitazioni: su tali suoli la gestione dei liquami zootecnici può generalmente avvenire, secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola, senza particolari ostacoli.
- S2 Suoli adatti, con lievi limitazioni: tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli nella gestione dei liquami zootecnici.
- S3 Suoli adatti, con moderate limitazioni: tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei liquami zootecnici.
- N Suoli non adatti: tali suoli presentano caratteristiche e qualità tali da sconsigliare l'uso di reflui non strutturati e tali, comunque, da rendere di norma delicate le pratiche di fertilizzazione in genere.

Per ogni classe possono essere definite diverse sottoclassi che richiamano, con un suffisso, alcune indicazioni gestionali, sulla base dei criteri di seguito riportati, corredati dalle descrizioni delle modalità con posso influire sull'attitudine dei liquami:

- Pietrosità (p): le pietre di grandi dimensioni (>7,5 cm) possono creare problemi al movimento dei mezzi per lo spandimento; in generale la pietrosità determina una riduzione della porosità del suolo, accompagnata da una minore capacità di "digestione" della sostanza organica, ed un aumento del ruscellamento superficiale.
- Drenaggio (d): Il drenaggio esprime la rapidità con cui l'acqua non trattenuta è rimossa dal suolo, per percolazione profonda, scorrimento superficiale o ipodermico. Esso è correlato alla frequenza e durata dello stato di saturazione anche parziale di un suolo, che dipende da proprietà intrinseche al profilo, come porosità, permeabilità, drenaggio interno, e dall'entità e distribuzione annuale delle precipitazioni, dalla presenza e durata del manto nevoso o di eventuali strati ghiacciati, dalla durata del periodo di disgelo, dalle caratteristiche geometriche del polypedon inteso come configurazione superficiale e pendenza, dalla presenza di falda e dalla posizione del suolo nel paesaggio.
- Tessitura del primo metro (t): costituisce il parametro che più di ogni altro influisce sulla permeabilità e quindi sul rischio di percolazione nella falda di sostanze inquinanti.

I suoli che hanno drenaggio lento e, soprattutto, molto lento (suffisso "d") possono, dopo piogge prolungate e/o intense, principalmente nel periodo autunno-invernale e primaverile, denotare difficoltà nello smaltimento delle acque in eccesso e ristagni superficiali: il verificarsi di tali condizioni, oltre ad aumentare i rischi di perdite di azoto, può causare ostacoli (in particolare per i suoli in cui i suffissi "d" si accompagnano ai suffissi "t") all'accesso ai terreni delle macchine agricole, alla distribuzione dei reflui e all'esecuzione delle successive lavorazioni.

Nella seguente Tab. 4 viene riportato il modello interpretativo dove viene illustrato quali valori ed intervalli dei parametri scelti definiscono le diverse classi di attitudine dei suoli allo spandimento dei liquami.

CLASSI DI ATTITUDINE	FATTORI LIMITANTI LA CAPACITÀ DEI SUOLI AD ACCETTARE REFLUI ZOOTECNICI						
	Perm. classi	Prof. falda cm	Granulom. 1°m classi	Inondabilità classi	Gruppo idr. classi	Pend %	
S1	moderata mod. bassa bassa molto bassa	>100	tutte le altre	assente	A e B C se perm <5	≤5	
S2	mod. rapida	>75 e ≤100	FGR-SKF	lieve moderata	C se perm ≥5	>5 e ≤10	
S3	rapida	>50 e ≤75	SAB-FRM-SKS	alta	D	>10 e ≤15	
N	–	≤50	–	molto alta	–	>15	

TAB. 4 – DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI ATTITUDINE DEI SUOLI AD ACCETTARE REFLUI ZOOTECNICI

I suoli che presentano limitazioni (classi S2 e S3) richiedono, con intensità crescente passando dalla classe S2 alla classe S3, attenzioni specifiche che devono essere valutate, anche a seguito di approfondimenti effettuati a livello aziendale, in dipendenza delle caratteristiche e delle qualità dei suoli e dei reflui utilizzati, al fine di evitare la lisciviazione dei nitrati verso le falde sotterranee e/o il ruscellamento verso la rete idrica superficiale e di mettere, in generale, le colture nelle condizioni ottimali per assicurare un'alta efficienza nell'asportazione dell'azoto apportato al suolo. Esse possono comprendere, a seconda dei casi, attenzioni ai volumi distribuiti, ai tempi di distribuzione (frazionamento), alla tempestività e alle modalità di interrimento e lavorazione dei terreni liquamati, alla definizione di più efficaci piani colturali, alla attenta gestione della fertilizzazione minerale complementare e dell'irrigazione, ecc.

Come è possibile osservare nella seguente Fig. 11, la maggior parte del settore centro settentrionale del territorio comunale di Marcara si trova in classe S1 e S2. Nel settore meridionale predomina invece la classe S3.

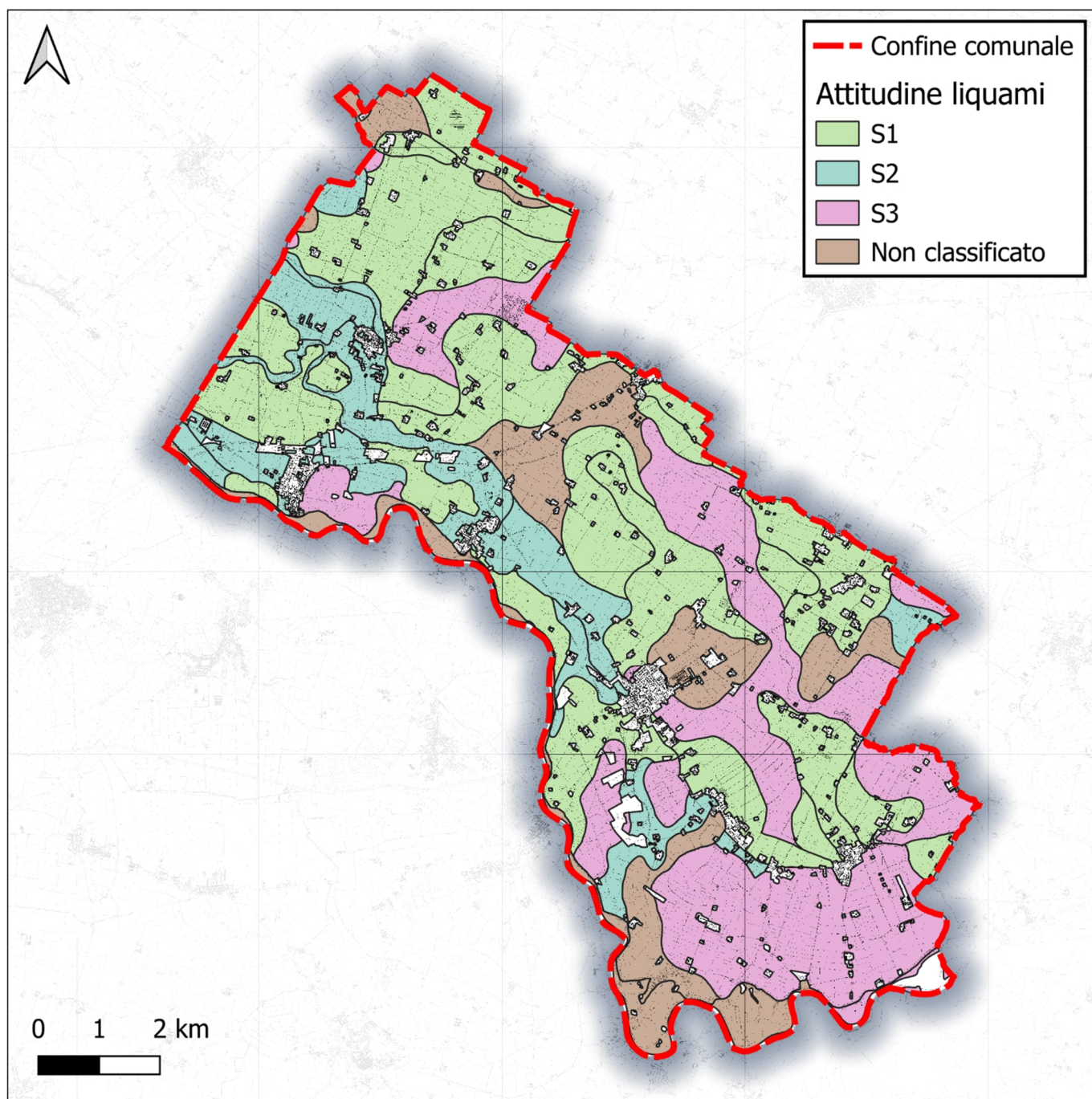


FIG. 11 – CARTA DELLA ATTITUDINE DEI SUOLI ALLO SPANDIMENTO AGRONOMICO DEI LIQUAMI

5.2.4. Attitudine dei suoli allo spandimento dei fanghi di depurazione urbana

Questa voce riguarda la definizione della classe di attitudine potenziale dei suoli ad accettare fanghi di depurazione urbana, determinata tenendo conto di diversi parametri, coi quali è stato costruito un modello interpretativo riportato più sotto.

I parametri utilizzati per effettuare la valutazione delle classi sono i seguenti:

- pH in acqua: influenza la mobilità dei metalli pesanti nel suolo, crescente al decrescere del pH. (media ponderata 1°m).
- C.S.C.: influenza la capacità delle particelle del suolo di adsorbire composti potenzialmente inquinanti.
- Granulometria: condiziona la permeabilità e il drenaggio del suolo e quindi la velocità di percolazione in profondità degli inquinanti.
- Profondità della falda: la presenza della falda entro i primi 100 cm indagati, aumenta i rischi di inquinamento della stessa, soprattutto se il suolo è costituito da materiali tendenzialmente grossolani.
- Drenaggio: Il drenaggio esprime la rapidità con cui l'acqua non trattenuta è rimossa dal suolo, per percolazione profonda, scorrimento superficiale o ipodermico. Esso è correlato alla frequenza e durata dello stato di saturazione anche parziale di un suolo, che dipende da proprietà intrinseche al profilo, come porosità, permeabilità, drenaggio interno, e dall'entità e distribuzione annuale delle precipitazioni, dalla presenza e durata del manto nevoso o di eventuali strati ghiacciati, dalla durata del periodo di disgelo, dalle caratteristiche geometriche del polypedon inteso come configurazione superficiale e pendenza, dalla presenza di falda e dalla posizione del suolo nel paesaggio.
- Inondabilità: costituisce un pericolo d'inquinamento diretto del corso d'acqua. Si considerano esenti da limitazione soltanto i suoli con rischio di inondazione assente.
- Pendenza: è responsabile del ruscellamento superficiale che si verifica quando lo spandimento precede una pioggia o l'irrigazione.

A seconda della diversa incidenza e valori di questi parametri è stato possibile identificare le seguenti classi di suoli:

- S1 Suoli adatti, senza limitazioni: su tali suoli la gestione dei fanghi di depurazione urbana può generalmente avvenire, secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola, senza particolari ostacoli.
- S2 Suoli adatti, con lievi limitazioni: tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione.
- S3 Suoli adatti, con moderate limitazioni: tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione.
- N Suoli non adatti: tali suoli presentano caratteristiche e qualità tali da sconsigliare l'uso di fanghi e tali, comunque, da rendere di norma delicate le pratiche di fertilizzazione in genere.

Nella seguente Tab. 5 viene riportato il modello interpretativo secondo il quale sono state definite le caratteristiche per ciascuna classe di suolo.

CLASSI DI ATTITUDINE	FATTORI LIMITANTI LA CAPACITÀ DEI SUOLI AD ACCETTARE FANGHI DI DEPURAZIONE URBANA						
	Drenaggio classi	Prof. falda cm	Granulom. 1°m classi	Inondabilità classi	pH _{H₂O} (*)	CSC (*)	Pend %
S1	3-4	>100	AFI-AMF-LFI-FFI-LGR-FRA Classi "over" (compreso over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia AFI, AMF o LFI	1	>7.5	>15	≤5
S2	5-2	>75 e ≤100	FGR-SKA Classi "over" (compreso over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia FFI o LGR	2	≤7.5 ≥6.0	>15	>5 e ≤10
S3	6	>50 e ≤75	SKF-SAB Classi "over" (compreso over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia FFI o LGR	3	<6.0 ≥5.0	≤15 e ≥8	>10 e ≤15
N	1 7	≤50	SKS-FRM Classi "over" in cui il 1° termine sia SAB, SKS o FRM	4-5	<5	<8	>15

(*) da valutare entro i primi 50 cm di suolo

TAB. 5 – DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI ATTITUDINE DEI SUOLI AD ACCETTARE FANGHI DI DEPURAZIONE URBANA

La distribuzione di queste classi di suoli nel territorio comunale di Marcaria è raffigurata nella seguente Fig. 12. Come si può osservare la maggior parte dei suoli ricadono in classe S1 e, in misura leggermente minore, in classe S2. Suoli inadatti allo spandimento (classe S3) si trovano per lo più presso l'alveo del fiume Oglio.

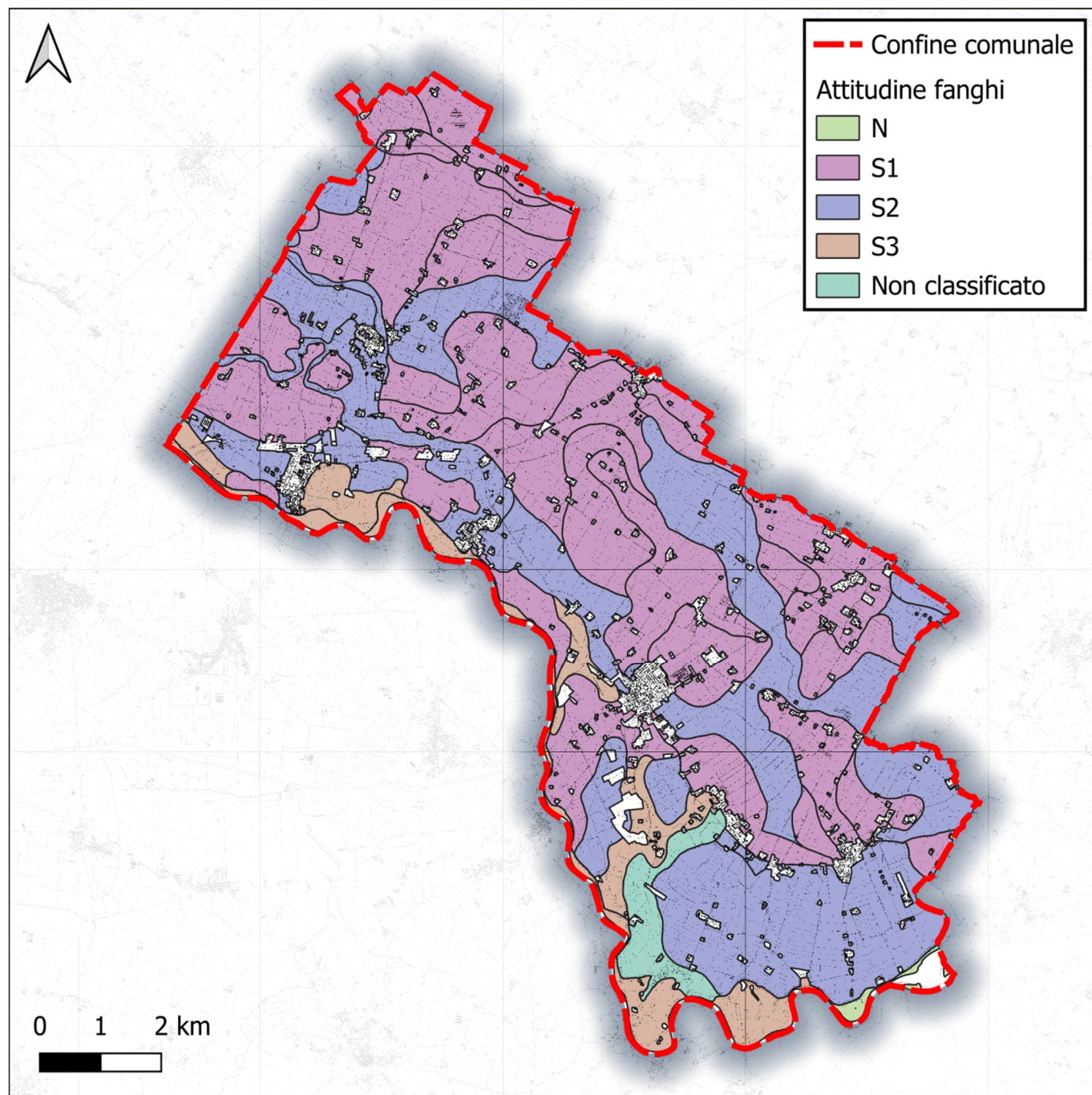


FIG. 12 – CARTA DELLA ATTITUDINE DEI SUOLI ALLO SPANDIMENTO AGRONOMICO DEI FANGHI DI DEPURAZIONE URBANA

5.2.5. Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee

Questa voce riguarda la definizione della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee, determinata secondo il modello interpretativo riportato più sotto.

Il rischio di contaminazione delle acque sotterranee profonde è dovuto essenzialmente alla migrazione dei nitrati presenti nei liquami, che non vengono trattiene dal potere assorbente del suolo.

La definizione della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee consente di valutare il grado di vulnerabilità del territorio in termini di rischio di inquinamento dell'acquifero sotterraneo.

Di seguito vengono riportati i parametri in base ai quali è stato possibile costruire il modello interpretativo e definire le diverse classi di suoli:

- permeabilità: condiziona la percolazione. Suoli con permeabilità bassa contrastano efficacemente il passaggio in profondità degli inquinanti.
- profondità endosaturazione: è un indicatore di "pericolo", soprattutto se associata a suoli con percolazione rapida. In generale la presenza di condizioni idromorfe per endosaturazione aumenta il rischio di percolazione ed inquinamento delle acque profonde.
- classe granulometrica: condiziona la permeabilità e il drenaggio del suolo e quindi la velocità di percolazione in profondità degli inquinanti.
- modificatori chimici (pH e CSC): al di sopra di una soglia limite si considera che il pH e la CSC possano contrastare efficacemente il movimento in profondità dei composti inquinanti e bloccarli nel suolo.

Le classi individuate, che esprimono la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee, sono tre:

- E: elevata capacità protettiva;
- M: moderata capacità protettiva;
- B: bassa capacità protettiva.

Nella seguente Tab. 6 viene riportato il modello interpretativo secondo il quale sono state definite le caratteristiche per ciascuna classe di suoli.

CLASSI DI ATTITUDINE		FATTORI LIMITANTI LA CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI			
NOMI	CODICI	PERMEABILITÀ	PROFONDITÀ FALDA	CLASSE GRANULOMETRICA	MODIFICATORI CHIMICI: pH in H ₂ O CSC in meq/100g(*)
ELEVATA	E	BASSA (Classi 4, 5, 6)	> 100 cm	AFI-AMF-LFI-FFI-LGR-FRA-SKA Tutte le classi "over" (comprese le over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia AFI, AMF o LFI	pH > 5.5 CSC > 10 (meq/100 g)
MODERATA	M	MODERATA (Classe 3)	50 - 100 cm (con perm. bassa)	FGR-SKF Tutte le classi "over" (comprese le over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia FFI o LGR	pH 4.5 - 5.5 CSC tra 5 - 10 (meq/100 g)
BASSA	B	ELEVATA (Classi 1, 2)	< 50 cm (con perm. bassa) < 100 cm (con perm. moderata)	SAB-SKS-FRM Classi "over" in cui il 1° termine sia SAB, SKS o FRM	pH < 4.5 CSC < 5 (meq/100 g)

(1)* Considerare il valore più alto tra quelli riscontrati entro 100 cm

TAB. 6 – DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI NEI CONFRONTI DELLE ACQUE SOTTERRALEE

Come si può osservare nella seguente Fig. 13, la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee è elevata o moderata in tutto il territorio comunale. L'unica area a capacità bassa è di dimensioni modeste e si trova nel settore meridionale, presso il fiume Oglio. Sono presenti anche numerosi suoli non classificati.

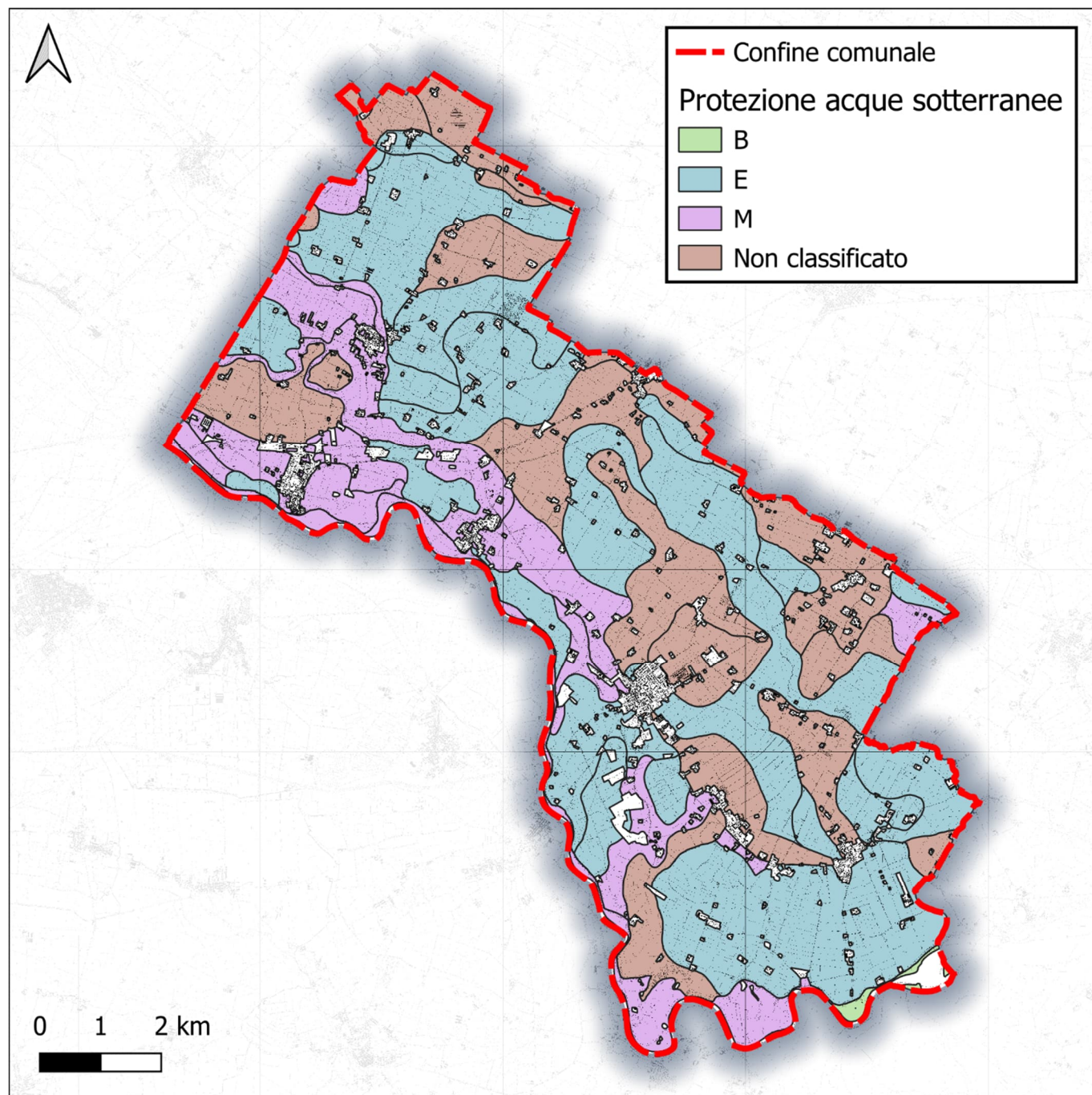


FIG. 13 – CARTA DELLA CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI NEI CONFRONTI DELLE ACQUE SOTTERRANEE

5.2.6. Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque superficiali

Questa voce riguarda la definizione della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque superficiali, determinata secondo il modello interpretativo riportato più sotto.

Il rischio di contaminazione per le acque superficiali deriva principalmente dallo scorrimento di liquami zootecnici, sulla superficie del suolo; le sostanze pericolose sono fosforo, materia organica, azoto ammoniacale ed i cloruri.

La definizione della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque superficiali consente di valutare il grado di vulnerabilità del territorio in termini di rischio di inquinamento dei corsi d'acqua superficiali.

Di seguito viene riportato l'elenco dei parametri in base ai quali è stato possibile definire le diverse classi di suoli.

- Gruppo idrologico: è una valutazione sintetica del comportamento idrologico del suolo, in particolare della tendenza potenziale ad ostacolare la penetrazione delle acque nel suolo e originare scorrimenti (=runoff) in superficie.
- Indice di runoff superficiale: è una valutazione qualitativa del runoff superficiale in base alla pendenza e alla permeabilità del suolo.
- Inondabilità: evidenzia il rischio di inquinamento diretto delle acque superficiali per sommersione.

In base ai diversi valori dei parametri sopra elencati è stato possibile definire tre classi di capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque superficiali:

- E: elevata capacità protettiva;
- M: moderata capacità protettiva;
- B: bassa capacità protettiva.

Nella seguente Tab. 7 viene riportato il modello interpretativo secondo il quale sono state definite le caratteristiche per ciascuna classe di suoli.

CLASSI DI ATTITUDINE		FATTORI LIMITANTI LA CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI		
NOMI	CODICI	GRUPPO IDROLOGICO	INDICE DI RUNOFF SUPERFICIALE	INONDABILITÀ
ELEVATA	E	A-B	t - mb	assente - lieve
MODERATA	M	C	b - m	moderata
BASSA	B	D	a - ma	alta - molto alta

TAB. 7 – DEFINIZIONE DELLE CLASSI CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI NEI CONFRONTI DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Come si può osservare nella seguente Fig. 14 il territorio comunale di Marcara presenta una capacità protettiva nei confronti delle acque superficiali bassa nella maggior parte del settore sud orientale e da moderata a elevata nel resto del territorio. Sono presenti anche diversi suoli non classificati.

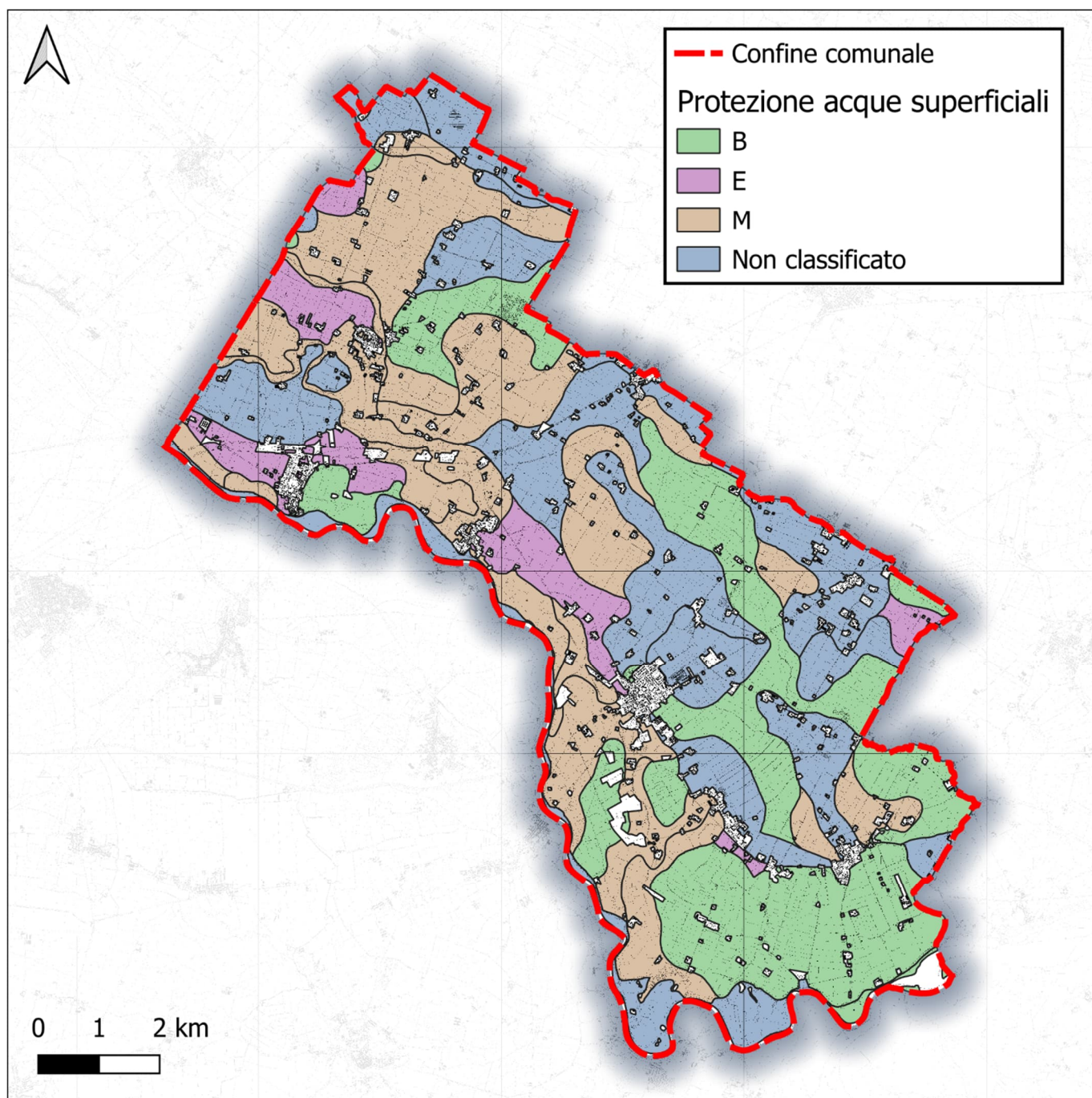


FIG. 14 – CARTA DELLA CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI NEI CONFRONTI DELLE ACQUE SUPERFICIALI

5.2.7. Valore naturalistico dei suoli

Questa voce riguarda la definizione della classe di valore naturalistico dei suoli, determinata secondo il modello interpretativo riportato più avanti.

L'interpretazione del valore naturalistico dei suoli può costituire un riferimento utile per caratterizzare in modo più completo i beni ambientali, integrando conoscenze pedologiche con conoscenze geomorfologiche, naturalistiche, floristiche,

paesaggistiche, geografiche, e per proporre strategie comuni per la loro valorizzazione e fruizione. Questa interpretazione propone una valutazione dell'interesse scientifico e della singolarità che le risorse pedologiche regionali manifestano dal punto di vista naturalistico, sia perché i suoli sono testimonianze viventi delle intense relazioni tra pedosfera e sistema delle acque, che hanno avuto un'importanza decisiva nell'evoluzione degli ecosistemi e dello stesso paesaggio della pianura padana, sia perché conservano paleosuoli del pleistocene medio-superiore, divenendo così parte dell'eredità culturale dell'umanità, sia perché sono caratterizzati da processi pedogenetici tipici di ambienti di formazioni particolari.

Le classi di suolo risultanti dal modello interpretativo e utilizzate per esprimere il valore naturalistico dei suoli sono le seguenti:

- B: basso;
- M: moderato;
- A: alto.

Nella seguente Tab. 8 viene riportato il modello interpretativo secondo il quale sono state definite le caratteristiche di valore naturalistico per ciascuna classe di suolo.

ALTO	MODERATO	BASSO
Suoli che appartengono ai grandi gruppi Frag- o Plinth- o ai sottogruppi Fragic o Plinthic degli Alfisols e Ultisols	Suoli che appartengono ai grandi gruppi Pale- o Rhod- degli Alfisols e Ultisols	ALTRI SUOLI
Suoli con orizzonte a fragipan , con plinthite o pseudo plinthite , con orizzonte glossico	Suoli che appartengono ai sottordini Aqu-	
Histosols e suoli che appartengono ai grandi gruppi Hist-	Suoli che appartengono al sottogruppo Argic degli Psamments	
Suoli che appartengono a un sottogruppo "Pachic humic" {ex Pachic o Cumulic Haplumbrepts}	Suoli con orizzonte argillico appartenenti a uno dei sottogruppi: psammentic, arenic, grossarenic	
Spodosols	Suoli che appartengono al sottogruppo petrocalcic dei GG Calciustepts, Calcixerepts, Calciusterts, Calcixererts, Haplusterts	
	Suoli con orizzonte umbrico {SG "humic" -ex Umbrepts} e Humults	
	Vertisols	

TAB. 8 – DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI VALORE NATURALISTICO DEI SUOLI

Nella seguente Fig. 15 viene riportata la distribuzione di queste classi di suolo nel territorio comunale di Marcaria. Si può osservare come il territorio in esame sia caratterizzato prevalentemente da suoli con basso valore naturalistico, ad eccezione di alcune aree di dimensioni importanti ubicate nel settore centro meridionale, che presentano un valore naturalistico moderato.

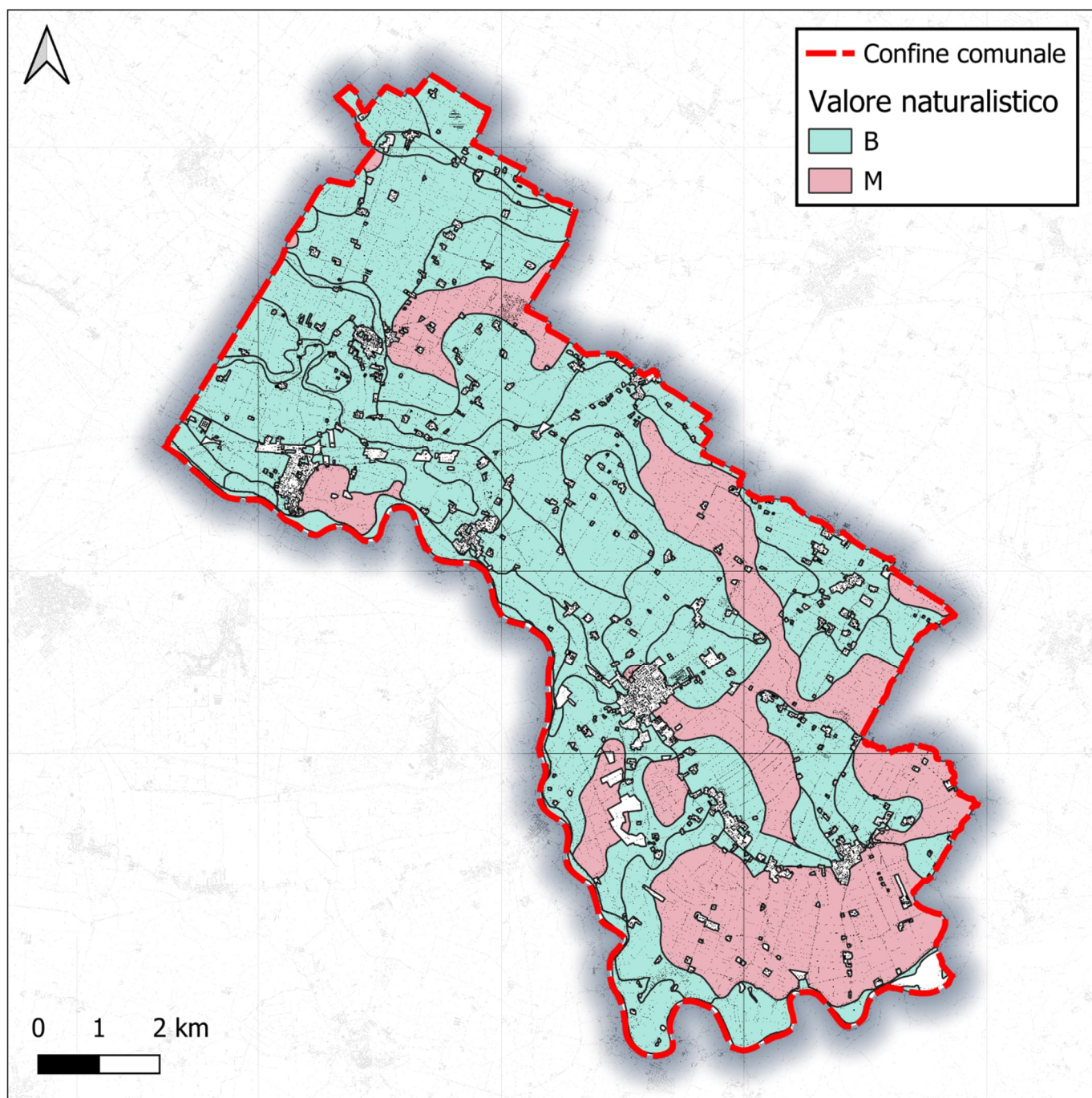


FIG. 15 – CARTA DEL VALORE NATURALISTICO DEI SUOLI

5.3. Caratteri geomorfologici

5.3.1. Quadro geomorfologico di riferimento

Il comune di Marcaria ricade nella Bassa Pianura mantovana, zona in cui le principali forme sono legate a processi dovuti all'azione delle acque superficiali, ovvero ai fenomeni di erosione, trasporto e deposito da parte dei corsi d'acqua, in particolare del sistema Oglio – Po.

Nel settore lombardo la pianura si è formata come *Sandur* proglaciale, cioè come un'entità continua, con lievi ma costanti variazioni delle caratteristiche topografiche, granulometriche, morfologiche e pedologiche (*sandur* prossimale, medio e distale).

La sua evoluzione è, pertanto, legata alla presenza di un imponente sistema glaciale che ha portato alla formazione del livello fondamentale della pianura successivamente inciso dai corsi d'acqua principali, da cui è separato da scarpate d'erosione, ben evidenti lungo il Mincio e discontinue lungo la fascia di meandreggiamento del Po.

Altri elementi molto importanti nel modellamento del territorio sono le strutture tettoniche che hanno condizionato la dinamica fluviale del Quaternario (vedi, in particolare, lo spostamento verso nord del fiume Po in corrispondenza della Dorsale Ferrarese).

Sempre sotto il profilo morfologico l'area in esame è da considerarsi integralmente antropizzata. Infatti, nei secoli, la comunità umana ha compiuto continue modifiche al territorio per renderlo compatibile all'insediamento e all'utilizzo agricolo.

L'aspetto più evidente di tale attività è la suddivisione del territorio attraverso una rete di collettori artificiali, pressoché ortogonali tra di loro, che consentono a periodi alterni lo scolo e la distribuzione irrigua delle acque.

Esigenze antropiche hanno portato all'edificazione di argini artificiali a fianco dei corsi d'acqua: sia del fiume Po, che dei suoi affluenti, che dei principali canali. Detti argini, per le aree di pianura extragolenali, hanno provocato una sorta di congelamento dello stato di fatto morfologico antecedente la loro realizzazione (con eccezione di quanto possa derivare dall'attività antropica), mentre l'attività morfodinamica fluviale resta attiva all'interno delle golene.

5.3.2. La Carta idro-geomorfologica

Lo studio geomorfologico ha consentito di riportare analiticamente le forme di erosione e di accumulo presenti nel territorio comunale, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati, stabilendone la sequenza cronologica e valutandone lo stato di attività.

Detto studio è stato svolto sulla base dei dati esistenti (desunti, principalmente, dal Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia (cfr. par. 2.1), in cui è contenuta una carta prodotta della rielaborazione e riorganizzazione, in chiave morfologica, delle informazioni raccolte nel corso dei rilevamenti eseguiti dall'ERSAL per la realizzazione della "Carta pedologica", oltre che dalla documentazione biblio-cartografica riguardante i più recenti studi geologici per la pianificazione territoriale) integrati da rilevamenti diretti di campagna e dall'interpretazione degli ortofotopiani della Regione Lombardia, forniti al comune di Marcaria per la redazione del P.G.T.

Le caratteristiche geomorfologiche individuate per il territorio in esame sono riportate, congiuntamente alle informazioni relative all'idrografia superficiale, in elaborato CG.1.5.

I principali elementi idrografici e morfologici identificati sono riportati nei seguenti paragrafi, rispettando la suddivisione adottata nella legenda della Carta idro-geomorfologica.

5.3.2.1. Altimetria

Inserito nel contesto della bassa pianura lombarda, il territorio comunale di Marcaria evidenzia una generale monotonia morfologica; risulta infatti sub pianeggiante con una generale debolissima pendenza da NW, dove si attesta su quote di circa 33 m s.l.m., verso SE, dove raggiunge valori di circa 19 m s.l.m.

Le isoipse con equidistanza di 1 m s.l.m. sono state tracciate estrapolate dai DTM (Digital Terrain Model) con risoluzione 5m reperibili dal SIT (cfr. cap. 2).

5.3.2.2. Idrografia

L'idrografia superficiale nel territorio comunale è rappresentata, oltre che dal fiume Po e dal fiume Oglio che, come già visto, delimita il Comune sui confini occidentale e meridionale, da una fitta rete di canali naturali e artificiali, realizzati per assicurare ai terreni agricoli un sufficiente e regolare drenaggio durante i periodi piovosi e un adeguato apporto idrico durante i mesi asciutti.

Nell'elaborato sono stati rappresentati quindi i principali corsi d'acqua che attraversano il territorio.

5.3.2.3. Forme fluviali e fluvioglaciali

Le forme più significative che interrompono la monotonia morfologica del territorio comunale sono rappresentate dalle scarpate fluviali che separano i terrazzi del fiume Oglio. Queste raggiungono un'altezza massima di circa 5 m, hanno andamento sinuoso e spesso sono alterate dall'attività antropica.

L'intero territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di paleoalvei; tra questi l'elemento morfologico più evidente è rappresentato dall'antico tracciato del fiume Oglio che lambisce, ad ovest, l'abitato di San Michele in Bosco.

Esso è evidenziato da orli di scarpata di altezza pari a 1÷2 m a delimitare un'incisione lungo la quale oggi si è impostato l'alveo del Tartaro Fabrezza.

5.3.2.4. Forme legate ad interventi antropici

Sempre sotto il profilo morfologico il Comune di Marcaria, come del resto l'intera Pianura Padana, è da considerarsi integralmente antropizzato.

Infatti, nei secoli, la comunità umana ha compiuto continue modifiche al territorio per renderlo compatibile all'insediamento e all'utilizzo agricolo.

Allo stato attuale si può affermare che, con eccezione degli alvei dei corsi d'acqua, in cui risulta ancora attiva l'azione morfodinamica fluviale, tutte le variazioni della forma della superficie topografica siano da imputare proprio all'attività antropica.

In carta sono state rappresentate:

- le porzioni di territorio urbanizzato;
- le principali infrastrutture, costituite dai rilevati delle strade provinciali e della rete ferroviaria;
- le arginature di contenimento dei fiumi Oglio e Po;
- le cave cessate;
- gli impianti di sollevamento.

In riferimento alle attività estrattive, si è verificato che il Piano Provinciale Cave vigente della Provincia di Mantova (adottato dal Consiglio Provinciale con Del. n. 49 del 20 settembre 2018 ed approvato dal Consiglio Regionale della Lombardia con Del. XI/1888 del 25 maggio 2021 e pubblicata sul B.U.R.L. n.32 del 3 giugno 2021) individua un unico ambito estrattivo nel Comune di Marcaria: si tratta di una cava a fossa sottofalda per l'estrazione di sabbia e ghiaia, avente un'area complessiva di 361.000 m², ubicata in località Boschina Mortizza, nell'area golendale del fiume Oglio all'interno del Parco regionale Oglio Sud. La destinazione finale è di tipo naturalistico.

Si tratta di una cava per opere pubbliche destinata a soddisfare i fabbisogni della Autostrada Cremona-Mantova.

5.4. Caratteri idrogeologici

5.4.1. Inquadramento idrogeologico

La pianura lombarda, in cui ricade il Comune di Marcaria, 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.

Nella presente relazione, per inquadrare tale tematica, si è fatto riferimento allo stato delle conoscenze descritto nell'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. Infatti, in fase di revisione del Programma, rispetto alla prima versione, approvata nel marzo 2006, si è ritenuto opportuno realizzare una serie di approfondimenti per la ricostruzione del modello concettuale della struttura idrogeologica dei settori di pianura e di fondovalle, attuata attraverso:

- la predisposizione di sezioni idrogeologiche longitudinali e trasversali;
- l'identificazione delle basi degli acquiferi freatici e delle idrostrutture profonde;
- l'analisi delle piezometrie storiche e di nuova elaborazione per l'identificazione dei principali spartiacque sotterranei e delle principali direzioni di flusso;
- l'analisi dei dati di nuova acquisizione e l'elaborazione di una proposta di ridefinizione dei corpi idrici sotterranei.

Ciò ha portato all'individuazione di:

- nuovi complessi e subcomplessi idrogeologici;
- nuovi corpi idrici definiti nei settori di pianura e di fondovalle;
- zone di ricarica per i corpi idrici sotterranei di pianura e fondovalle;
- zone di riserva per i corpi idrici sotterranei di pianura e fondovalle.

Considerato l'ambito territoriale d'interesse del presente studio, di seguito, ci si limiterà a descrivere solo il Complesso dei Depositi Quaternari che caratterizza l'intera pianura lombarda, oltre a tutti quei settori di raccordo tra la pianura stessa e gli edifici montuosi (cfr. Fig. 16).

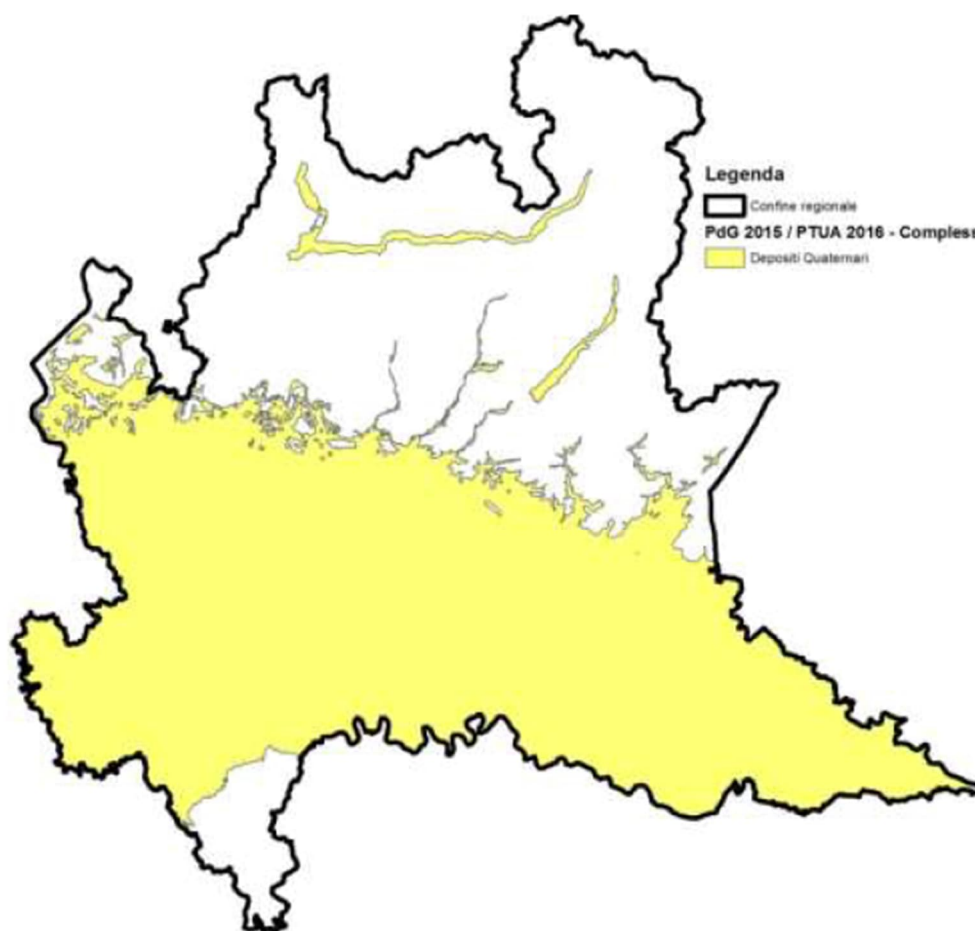


FIG. 16 – COMPLESSO DEI DEPOSITI QUATERNARI IDENTIFICATO NEL PTUA 2016

Il modello concettuale della struttura idrogeologica di tale Complesso, 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'acquitardo/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.

5.4.1.1. ISS - Idrostruttura Sotterranea Superficiale

L'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS) è costituita da uno o più corpi acquiferi caratterizzati da permeabilità da alta a media, sede dell'acquifero libero, localmente semiconfinato, i cui limiti coincidono con:

- la superficie topografica (*top*);
- la superficie di separazione dal subcomplesso sottostante, ovvero dall'ISP nell'Alta Pianura e dall'ISI in quella Media e Bassa (*bottom*);
- i confini delle idrostrutture di pianura.

In genere l'ISS costituisce il subcomplesso maggiormente vulnerabile da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, essendo posto in diretta comunicazione con la superficie topografica e con i corsi d'acqua superficiali che localmente ne riducono lo spessore complessivo.

L'idrostruttura costituisce un corpo idrico serbatoio attraverso cui i sottostanti subcomplessi (ISI e ISP) sono ricaricati/scaricati.

Come già indicato, in riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia - 2002), il limite di base dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale, viene fatto coincidere, nell'Alta Pianura, con quello del Gruppo acquifero B; mentre nella Media e Bassa Pianura, con quello del sottogruppo A1. Esso varia tra quote di +300 m s.l.m., nell'alta pianura lombarda, a -50 m s.l.m. in corrispondenza della bassa pianura mantovana.

L'idrostruttura superficiale è caratterizzata da spessori minimi (20÷30 m) in alcuni settori della bassa pianura (aree alla confluenza tra Po e Ticino, nel basso cremonese e nel medio bresciano) e da un ispessimento nell'alta pianura dove raggiunge

valori massimi superiori ai 100 m.

Questo subcomplesso è stato a sua volta suddiviso in 13 singoli corpi Idrici, differenziati gli uni dagli altri a seconda dell'ambito omogeneo in cui ricadono.

Il territorio comunale di Borgo Virgilio ricade in due corpi idrici differenti: la parte settentrionale, nel Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Bacino Oglio-Mincio, con codice GWBISMPOM, mentre, la parte meridionale nel Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura Bacino Po, con codice GWBISBPPO.

Entrambi i corpi idrici saranno trattati nel paragrafo 5.4.2.

5.4.1.2. ISI - Idrostruttura Sotterranea Intermedia

L'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi generalmente confinati, localmente semiconfinati, i cui limiti coincidono:

- con la base dell'ISS (top);
- con la superficie di separazione dal sottostante ISP (Idrostruttura sotterranea Profonda - bottom, corrispondente alla base del Gruppo Acquifero B);
- con i confini delle idrostrutture di pianura (limiti laterali).

L'ISI comprende corpi idrici di significativo interesse idrogeologico sia da un punto di vista quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta un serbatoio idrico per la Media e Bassa Pianura, che ha evidenziato condizioni di sostanziale equilibrio nel periodo in cui è stato indagato (1980 -2014) e che, in genere è meno vulnerabile alle contaminazioni idroveicolate.

Può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque in esso circolanti di origine naturale (presenza di Ferro, Manganese, Arsenico, Azoto Ammoniacale).

Questa idrostruttura comunica per drenanza con il soprastante subcomplesso del ISS in corrispondenza di paleovalvei e/o eteropie presenti all'interno dell'acquitarzo posto a separazione delle due idrostrutture.

In riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia - 2002), il limite di base dell'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) è posto in corrispondenza del limite basale del Gruppo acquifero B, nella media e bassa pianura lombarda. Mentre, l'unità risulta assente in buona parte dell'alta pianura a causa della chiusura laterale conseguente all'innalzamento del tetto dell'ISP.

Analogamente all'ISS, l'idrostruttura Sotterranea Intermedia è stata a sua volta suddivisa in 6 corpi idrici. Il territorio comunale di Marcara ricade in due corpi idrici differenti: la parte settentrionale, nel Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Mella-Oglio-Mincio, con codice GWBISIMPMOM, mentre, la parte meridionale, nel Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura Bacino Po, con codice GWBISBPPO. Corpi idrici che saranno sempre descritti nel paragrafo 5.4.2

5.4.2. Struttura degli acquiferi

Come anticipato nel paragrafo 5.4.1, i Corpi idrici sotterranei, individuati nel complesso idrogeologico dei Depositi Quaternari, che interessano l'area di studio, sono, dall'alto al basso, i seguenti:

- Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Bacino Oglio-Mincio, con codice GWBISMPOM, a nord, e Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura Bacino Po, con codice GWBISBPPO, a sud;
- Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Mella-Oglio-Mincio, con codice GWBISIMPMOM, a nord, e Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura Bacino Po, con codice GWBISBPPO, a sud;

Il Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Bacino Oglio Mincio si estende nel contesto morfologico della Media Pianura orientale lombarda, in corrispondenza dei comuni del settore meridionale della Provincia di Brescia e di una limitata porzione occidentale della Provincia di Mantova.

I confini del corpo idrico sono così rappresentati:

- limite con l'idrostruttura dell'Alta Pianura Oglio Mella a nord;
- limite con l'idrostruttura della bassa pianura Po a sud;
- fiume Oglio a ovest;
- anfiteatro morenico del Garda a est;
- fiume Mincio a sud-est.

L'idrostruttura è contenuta nella porzione superficiale del gruppo acquifero A (sottogruppo A1), in seno a depositi litologicamente costituiti da ghiaie sabbiose prevalenti a nord passanti a sabbie, sabbie limose verso a sud. La presenza di livelli e lenti argillose di spessore cospicuo (fino a circa 40 m) e discreta continuità areale conferiscono all'acquifero caratteristiche di falda da libera a semiconfinata.

Il limite inferiore dell'idrostruttura si attesta a quote comprese tra 80-90 m s.l.m. a nord e -20 m s.l.m. a sud ed è individuato dai livelli a bassa permeabilità del sottogruppo A2, la cui continuità risulta localmente interrotta determinando condizioni di ricarica da parte dell'acquifero in esame nei confronti delle strutture profonde.

L'acquifero è inoltre in rapporto di alimentazione con i principali corsi d'acqua (fiume Oglio, parte bassa del fiume Mella e Chiese, fiume Mincio) e nella porzione più settentrionale e centro orientale dell'unità (fascia dei fontanili).

Si riscontrano spessori minimi (20÷25 m) in corrispondenza delle piane alluvionali del Fiume Oglio, del Fiume Mella e del Fiume Mincio, per incisione della superficie topografica, e/o in corrispondenza delle culminazioni dell'Idrostruttura Profonda (es: Alto di Rezzato).

I massimi dell'unità (60 m circa) si rinvencono in corrispondenza degli alti morfologici morenici, posti a nord e est del territorio in esame.

Il Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura Bacino Po 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).

Il Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Mella - Oglio - Mincio è posizionato nella fascia di transizione tra la Media e Bassa Pianura della parte orientale della pianura lombarda, a comprendere i comuni del basso bresciano e del mantovano centrale. Si estende da quota 130 a 20 m s.l.m. ed è delimitato dai fiumi Mella e Oglio a ovest, dal contatto con l'ISI Media Pianura Ticino Mella, dall'anfiteatro morenico del Garda e dal confine regionale a est.

Si differenzia dai corpi idrici di Media Pianura situati più a ovest per il rapido assottigliamento delle intercalazioni limoso argillose all'interno dell'unità.

L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del gruppo acquifero A (sottogruppo A2) e del Gruppo Acquifero B. Le caratteristiche idrostratigrafiche dell'acquifero B sono ricostruibili, attraverso dati diretti, solo fino a una profondità di circa 150 m; al di sotto di tale quota sono disponibili solo i dati geofisici e stratigrafici delle esplorazioni petrolifere.

Contiene un acquifero multistrato, localmente monostrato, generalmente in equilibrio idraulico rispetto all'acquifero superficiale, con aree di sovrapposizione in corrispondenza dei corpi idrici principali.

Litologicamente i depositi appartenenti all'Unità A2 sono costituiti:

- sul limite occidentale da limi e argille localmente torbose plurimetrici intercalati a sabbie e sabbie ghiaiose;
- in posizione centrale da sabbie e ghiaie con sporadiche intercalazioni limoso argillose metriche;
- sul limite orientale da ghiaie e ghiaiose sabbie localmente cementate con intercalazioni plurimetriche di limi argillosi con torbe.

L'acquitarzo di separazione tra ISS e ISI presenta spessori massimi nel settore occidentale (plurimetrico tra Bagnolo Mella Gottolengo ed Isola Dovarese) mentre sul lato est del corpo idrico risulta discontinuo e spesso interrotto da depositi grossolani di piana fluvioglaciale (tra i comuni di Castiglione delle Stiviere e Volta Mantovana).

La base del corpo idrico è collocata a quote comprese tra -75 m s.l.m. a N e -580 m s.l.m. a sud-est e lo spessore presenta valori crescenti da 100 a 540 m all'approfondirsi dell'idrostruttura verso la bassa pianura del Po.

Il Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura Bacino Po si trova nel contesto morfologico della Bassa Pianura lombarda, in corrispondenza della piana alluvionale recente ed attuale del fiume Po, sviluppando sia in senso longitudinale, sia in destra sia in sinistra idrografica del settore occidentale del fiume Po, 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, e i suoi confini sono così identificati:

- a nord con le idrostrutture ISI della Medio-Bassa Pianura precedentemente descritte (Ticino-Adda, Adda-Mella-Oglio, Mella-Oglio-Mincio);
- a sud con l'alveo del Fiume Po nei settori centrali e orientali corrispondente al confine con l'Emilia-Romagna e con il limite della piana alluvionale recente ed attuale del fiume Po in destra idrografica nel settore occidentale.

Si differenzia dai corpi idrici di Media Pianura per la presenza dei canali di divagazione del paleo Po che interrompono la continuità dei depositi fini di piana di esondazione e consentono una comunicazione verticale degli acquiferi.

L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del Gruppo Acquifero A (sottogruppo A2) e del Gruppo Acquifero B.

Contiene un acquifero multistrato, localmente monostrato, generalmente in equilibrio idraulico o in lieve sovrappressione rispetto all'acquifero superficiale, con aree di significativa sovrappressione solo in corrispondenza della porzione più orientale del corpo idrico.

Litologicamente i depositi appartenenti all'Unità A2 sono costituiti:

- sul limite occidentale da sabbie e sabbie ghiaiose con locali intercalazioni limoso argillose spesso discontinue;
- in posizione centrale da limi e argille con intercalazioni di sabbie e sabbie ghiaiose;
- sul limite orientale da sabbie prevalenti con intercalazioni plurimetrie di limi argillosi con torbe, via via sempre più frequenti spostandosi verso est.

L'acquitardo di separazione tra ISS e ISI presenta spessori massimi (10÷15 m) nel settore centrale (tra Gussola e Viadana), mentre, sul lato est e ovest del corpo idrico è discontinuo e spesso interrotto da depositi medio grossolani di piana alluvionale (tra i comuni di Silvano pietra e Corano e tra i comuni di Pegognaga e San Benedetto Po).

La base del corpo idrico è collocata a quote comprese tra -50 m s.l.m. a nord e -580 m s.l.m. a sud-est e lo spessore presenta valori crescenti da 30 a 540 m all'approfondirsi dell'idrostruttura verso la bassa pianura del Po.

Ai fini del presente lavoro, risulta di particolare interesse esaminare la Sezione S6 Oglio – Mincio dell'Allegato 3 “Sezioni idrogeologiche” all'Elaborato 2 “Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del PTUA 2016”, che attraversa il Comune di Marcara nella porzione centro meridionale con andamento WE, passando per l'abitato di Campitello. Essa è riportata in stralcio in Fig. 18 mentre l'ubicazione è riportata in Fig. 17)

Nella sezione si può osservare come la base dell'ISS si mantenga a una quota assoluta di circa 20 m s.l.m. di 20÷60 m da piano campagna e come l'acquitardo superficiale presenti uno spessore sui 20 m in tutto il territorio comunale, con un leggero incremento spostandosi verso est.

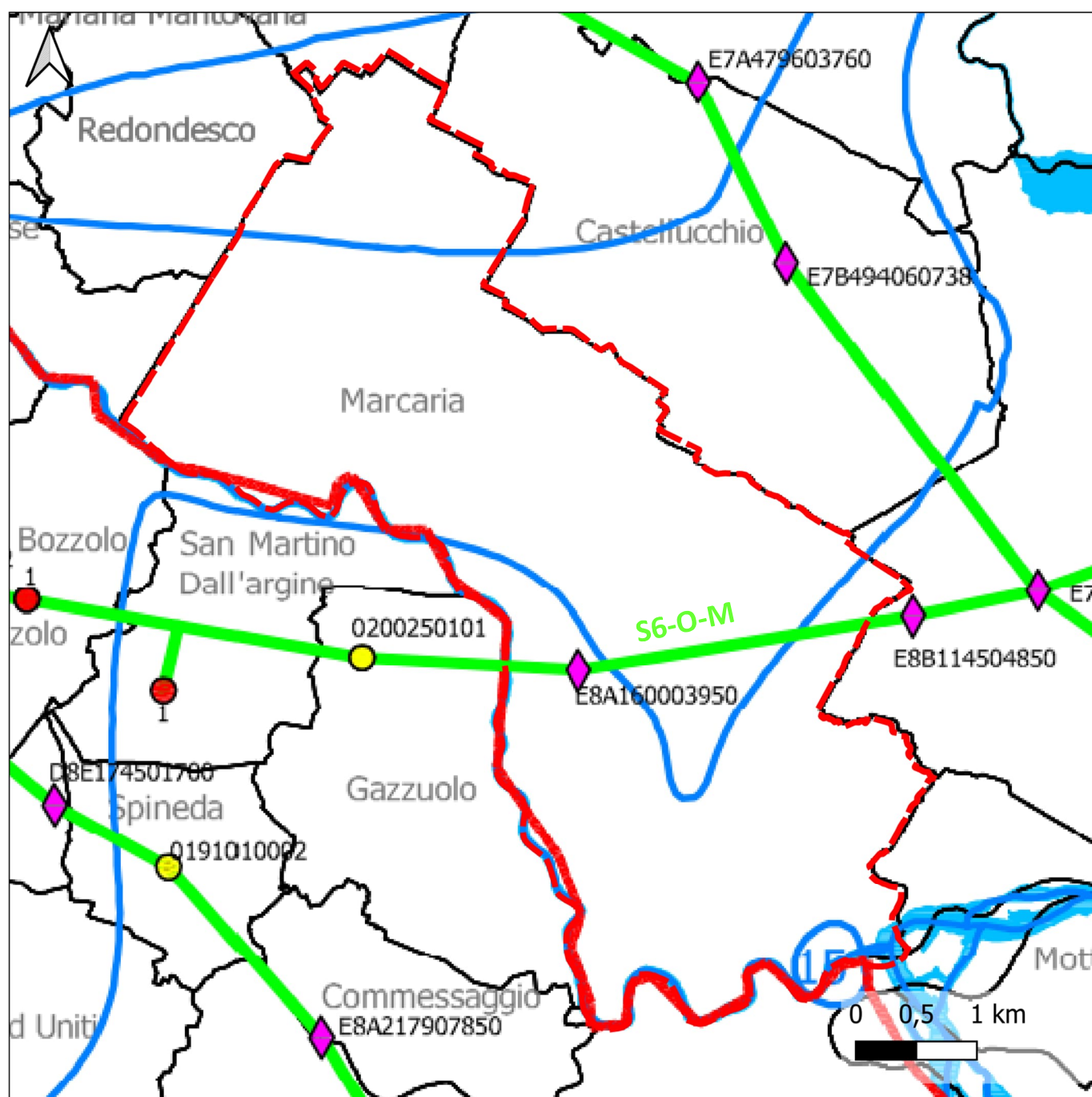


FIG. 17 – INQUADRAMENTO E TRACCIA DELLA SEZIONE IDROGEOLOGICA S6 – OM, ALLEGATO 3 ALL'ELABORATO 2 "CARATTERIZZAZIONE, MONITORAGGIO E CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI" DEL PTUA 2016, IN CORRISPONDENZA DEL COMUNE DI MARCARIA (MODIFICATO)

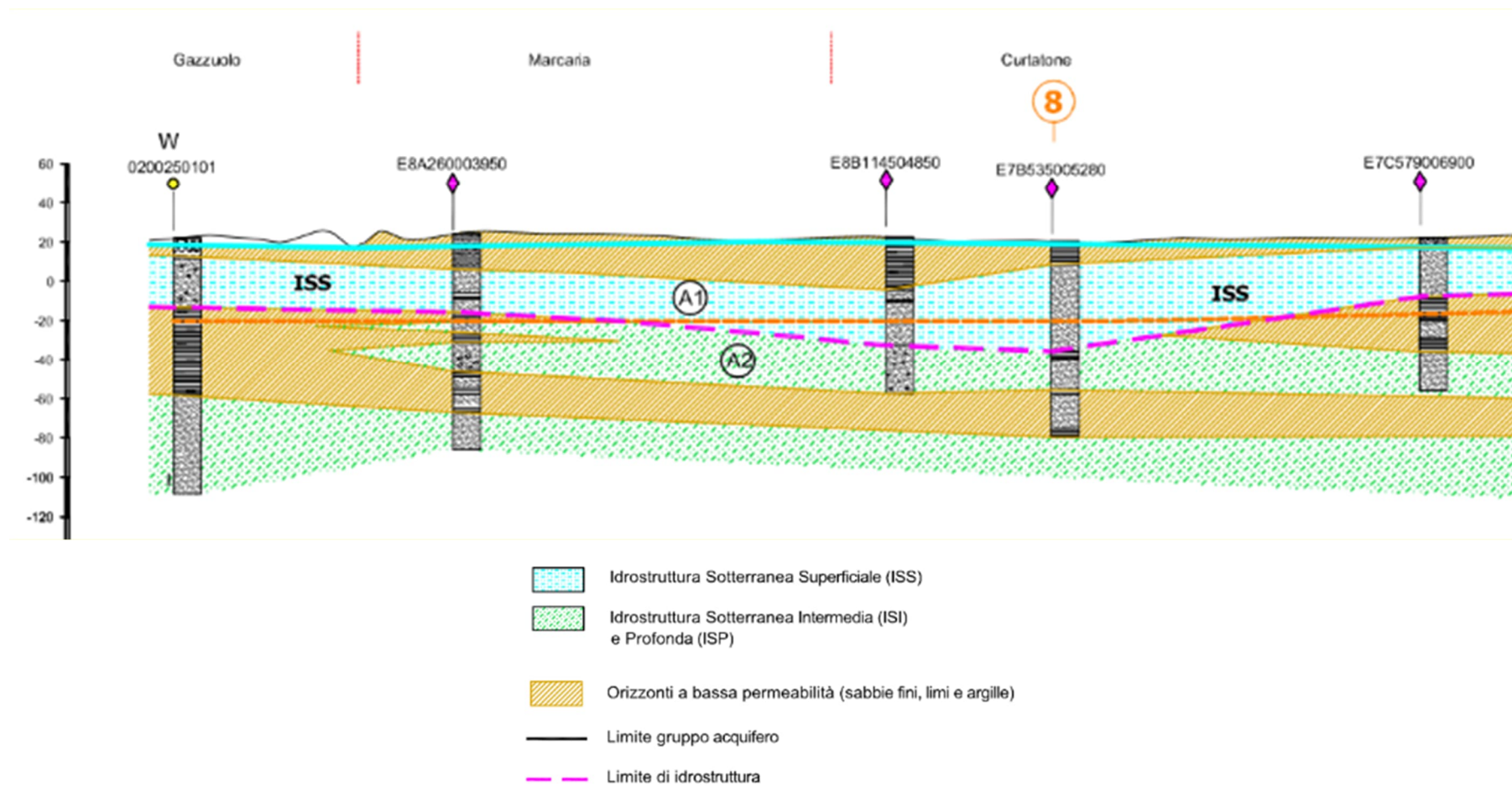


FIG. 18 – STRALCIO DELLA SEZIONE S6 O-M DALL'ALLEGATO 3 ALL'ELABORATO 2 "CARATTERIZZAZIONE, MONITORAGGIO E CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI" DEL PTUA 2016

5.4.3. Permeabilità dei depositi superficiali

La determinazione della permeabilità dei depositi superficiali fornisce le informazioni necessarie alla quantificazione dei meccanismi di ricarica legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché alla valutazione del grado di protezione degli acquiferi superficiali.

Poiché la definizione delle caratteristiche idrogeologiche è strettamente collegata alla granulometria dei terreni, alle classi litologiche definite nella Carta della litologia di superficie dell'elaborato CG.1.3 è stato attribuito un determinato valore di conducibilità idraulica.

L'associazione dei valori numerici alle classi litologiche si basa sul confronto con terreni consimili a permeabilità nota. A riguardo, nella seguente Fig. 19, è riportata la tabella che definisce i valori ed i limiti convenzionali fra il tipo granulometrico, formazione e grado di permeabilità, utilizzata anche nel presente studio per definire la permeabilità dei depositi rilevati.

$K (m/s)$														
GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia			Sabbia		Sabbia molto fine		Silt			Argilla		
	varia	Ghiaia grossa e media	Ghiaia e sabbia		Sabbia e argilla — Limi									
GRADI DI PERMEABILITA		ELEVATA					BASSA					NULLA		
TIPI DI FORMAZIONI		PERMEABILI					SEMI-PERMEABILI					IMPER.		

limiti convenzionali

FIG. 19 – VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (DA CASTANY, 1982)

Sono, così, state definite le seguenti tre classi di permeabilità riferite ai litotipi superficiali descritti nel paragrafo 5.1.2.3:

- Depositi ad elevata permeabilità:

Tale classe è stata attribuita cautelativamente ai depositi prevalentemente sabbiosi che normalmente sono associati a una permeabilità alta, con coefficiente k maggiore di 10^{-4} m/s. Va precisato, tuttavia, che, in tali depositi il valore della permeabilità è strettamente legato alla percentuale di matrice fine che, occupando i vuoti presenti tra gli elementi grossolani, determina una netta diminuzione della conducibilità idraulica e una notevole variabilità, sia in senso orizzontale che verticale.

- Depositi a bassa permeabilità:

Appartengono a questa classe i depositi prevalentemente argillosi e limosi, legati alla sedimentazione del carico solido di correnti con scarsa competenza, caratterizzati da una permeabilità media con coefficiente k compreso tra 10^{-9} m/s e 10^{-4} m/s. Questi terreni, generalmente, presentano un differente grado di permeabilità sia in senso orizzontale che verticale in relazione alla variabilità del rapporto sabbia/limo e alla presenza di sottili intercalazioni argillose. In superficie le caratteristiche di permeabilità possono essere alterate: ad esempio, la conducibilità idraulica può aumentare in seguito al rimaneggiamento dovuto alle normali pratiche agricole. Dal punto di vista idrogeologico sono comunque sede di una infiltrazione lenta.

- Depositi a permeabilità nulla:

Si tratta dei depositi prevalentemente argillosi e dei depositi prevalentemente argillosi e/o torbosi, legati a sedimentazione di acque praticamente ferme. Sono caratterizzati da coefficienti di permeabilità k molto bassi, inferiori a 10^{-9} m/s.

5.4.4. Dinamica delle acque sotterranee

Allo scopo di descrivere la dinamica delle acque che hanno sede nel territorio comunale di Marcara, innanzitutto viene

proposta un'analisi, ripresa dall'Elaborato 2 del PTUA 2016, a scala di corpi idrici, come definiti nei paragrafi 5.4.1 e 5.4.2.

In particolare, gli andamenti piezometrici rilevati in una campagna di misura del maggio 2014 vengono riproposti nelle seguenti figure:

- Fig. 20 relativamente al Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Oglio Mincio
- Fig. 21 relativamente al Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura Bacino Po
- Fig. 22 relativamente al Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Mella-Oglio-Mincio
- Fig. 23 relativamente al Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura Bacino Po

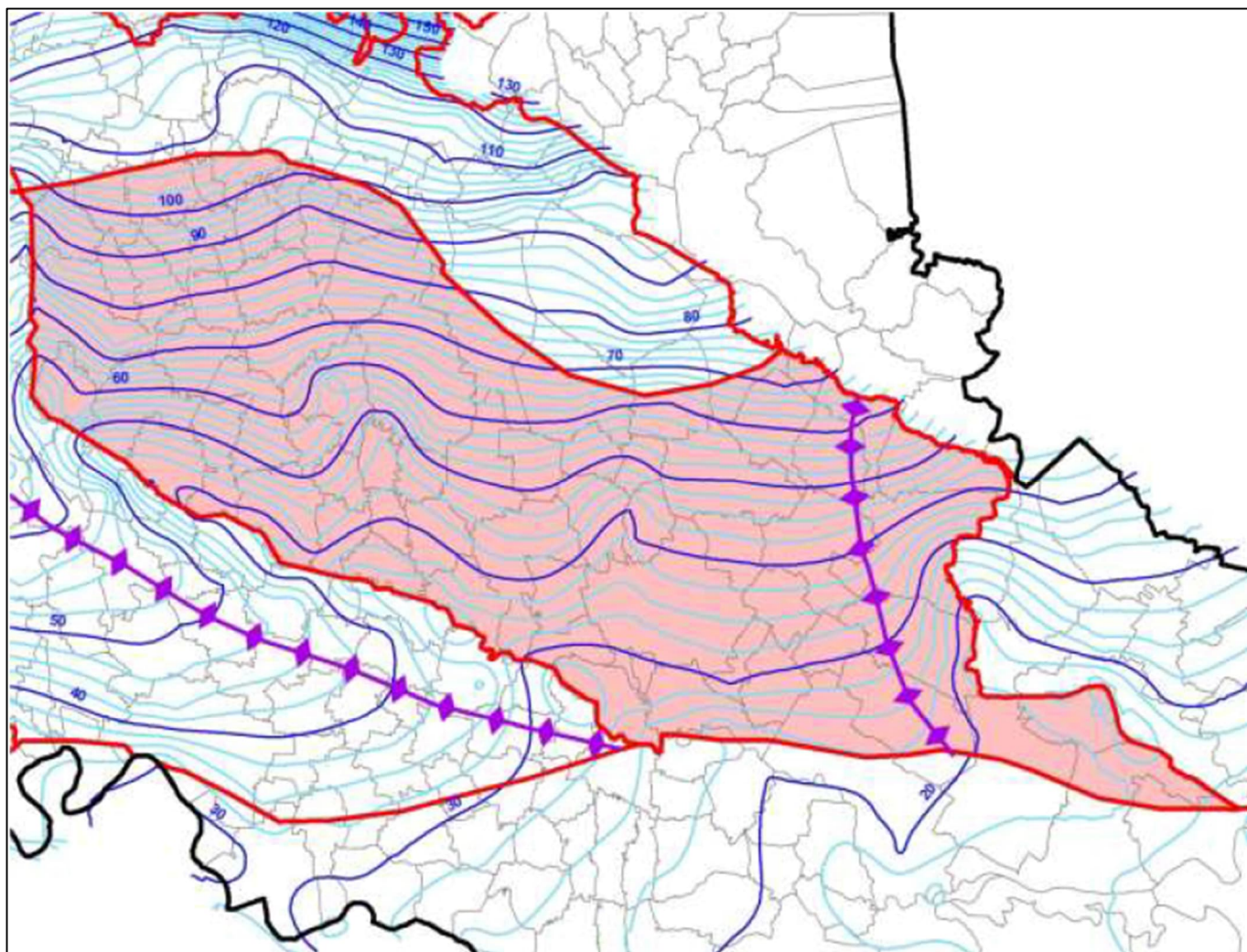


FIG. 20 - CORPI IDRICI SOTTERRANEI SUPERFICIALI DI MEDIA PIANURA OGLIO MINCIO (IN VIOLA I PRINCIPALI SPARTIACQUE SOTTERRANEI, IN BLU E AZZURRO LA PIEZOMETRIA DEL MAGGIO 2014, IN ROSSO I CONFINI DEI CORPI IDRICI DELL'IDROSTRUTTURA SOTTERRANEA SUPERFICIALE)

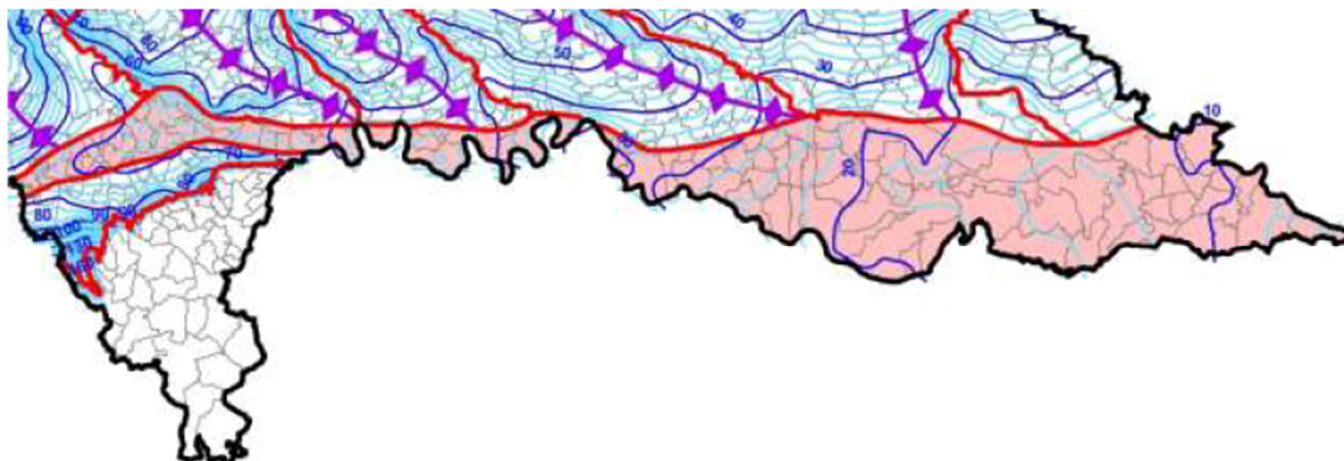


FIG. 21 - CORPI IDRICI SOTTERRANEI SUPERFICIALI DI BASSA PIANURA Po (IN VIOLA I PRINCIPALI SPARTIACQUE SOTTERRANEI, IN BLU E AZZURRO LA PIEZOMETRIA DEL MAGGIO 2014, IN ROSSO I CONFINI DEI CORPI IDRICI DELL'IDROSTRUTTURA SOTTERRANEA SUPERFICIALE)

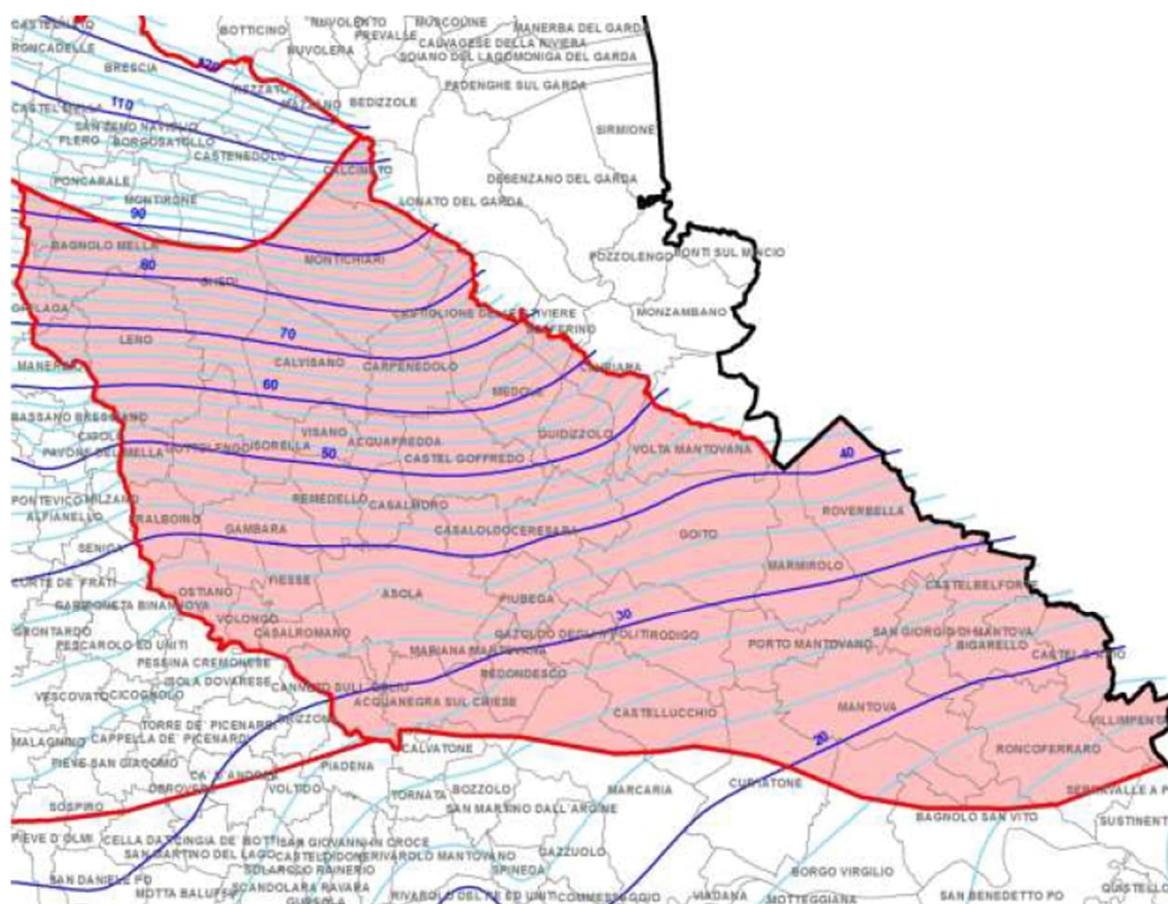


FIG. 22 - CORPO IDRICO SOTTERRANEO INTERMEDIO DI MEDIA PIANURA BACINO MELLA - OGlio MINCIO (IN BLU E AZZURRO LA PIEZOMETRIA DEL MAGGIO 2014; IN ROSSO I CONFINI DEI CORPI IDRICI DELL'IDROSTRUTTURA SOTTERRANEA INTERMEDIA)

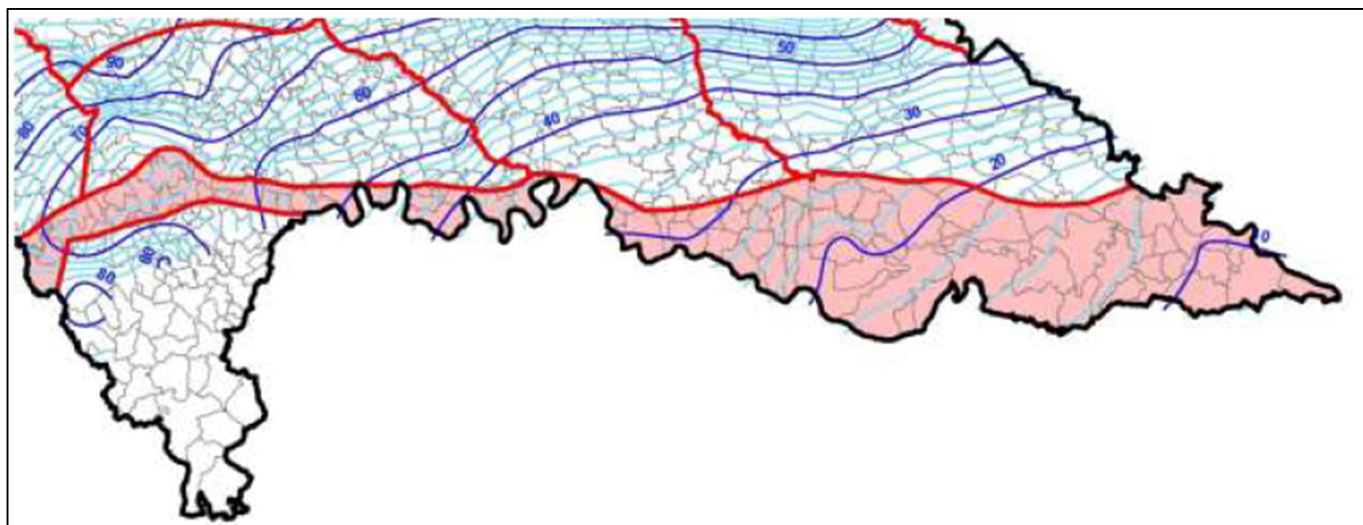


FIG. 23 - CORPO IDRICO SOTTERRANEO INTERMEDIO DI BASSA PIANURA BACINO PO (IN BLU E AZZURRO LA PIEZOMETRIA DEL MAGGIO 2014, IN ROSSO I CORPI IDRICI DELL'IDROSTRUTTURA SOTTERRANEA INTERMEDIA)

L'andamento piezometrico all'interno del Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Bacino Oglio-Mincio mostra la presenza di assi di drenaggio principali e secondari costituiti, da ovest a est, rispettivamente dai fiumi Oglio, Mella, Chiese e Mincio. Tra questi il Mella ed il Chiese sono da considerarsi assi secondari per l'entità dell'inflessione piezometrica.

È inoltre presente uno spartiacque idrogeologico principale posto ad ovest del Fiume Mincio, lungo la direttrice Guidizzolo Castellucchio, che divide l'ambito in due settori:

- settore orientale drenato dal F. Mincio;
- settore occidentale drenato dai fiumi Oglio, Mella e Chiese.

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.

La superficie piezometrica Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Mella-Oglio-Mincio, visibile in Fig. 22, è caratterizzata da un andamento radiale debolmente divergente con direzione di flusso SE e quote piezometriche comprese tra 100 e 20 m s.l.m.

Diversamente, la superficie piezometrica in corrispondenza del Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura Bacino Po è caratterizzata da un andamento radiale convergente verso l'asse del Fiume Po, con direzione di flusso E-SE e quote piezometriche comprese tra 72 e 8 m s.l.m..

5.4.5. Lineamenti idrogeologici locali

Limitando l'analisi al Comune di Marcaria si può, dunque, affermare che i corpi geologici che costituiscono l'acquifero più superficiale sono costituiti da sedimenti prevalentemente sabbiosi di origine alluvionale. Essi, come indicato nel paragrafo 5.4.2, costituiscono un'unità idrostratigrafica idraulicamente separata, almeno per buona parte della sua estensione, da quelle sottostanti, grazie alla presenza di un *aquitard* costituito da depositi a bassa permeabilità.

All'interno del serbatoio idrico, i livelli sabbiosi risultano discretamente amalgamati tra di loro, per cui il comportamento idraulico del flusso idrico sotterraneo risulta abbastanza omogeneo dalla base fino al tetto, ove l'acquifero risulta variamente compartimentato.

Per quanto riguarda le falde più profonde, esse sono contraddistinte da carichi idraulici leggermente più elevati.

Nella Carta idrogeologica dell'elaborato CG.1.6, innanzitutto, è stato rappresentato l'assetto della prima falda, mediante l'utilizzo di curve isopiezometriche ad ugual livello statico, corrispondente a rilievi effettuati nel maggio 2014. Il dato, disponibile sul servizio SIT (cfr. cap. 2.1) presenta un'equidistanza di 2.5 m. Per ottenere un maggior dettaglio, mediante la tecnica del conturaggio, sono state ricostruite curve isopiezometriche con equidistanza di 0.5 m s.l.m. Come si è potuto verificare nel corso di successive indagini, detto rilievo risulta particolarmente significativo, in quanto ha riguardato una situazione di alto piezometrico molto elevato che può essere assunta come il massimo livello raggiungibile dalla falda nell'area di studio.

L'andamento delle isopieze evidenzia, in accordo con le caratteristiche generali dell'unità idrogeologica del sistema Oglio Po, differenti direzioni di flusso, influenzate dall'assetto idrologico del territorio (cfr. 5.4.4). Infatti, si individuano due macrozone caratterizzate da differenti direzioni; la porzione settentrionale è caratterizzata da flusso generalmente diretto da nord a sud, mentre la porzione centro meridionale, presenta due tipi di flusso, uno diretto verso sud est e uno diretto verso sud ovest, divergendo da uno spartiacque sotterraneo che attraversa l'area con direzioni nord sud.

I gradienti della superficie piezometrica sono molto bassi: nell'ordine del 2÷6‰ nell'acquifero più superficiale.

I monitoraggi hanno evidenziato che, nell'ambito del territorio comunale di Marcaria, il livello della falda più superficiale raggiunge le massime quote sul livello del mare nel corso dei mesi maggio-giugno, mentre il periodo di magra è riferibile ai mesi dicembre-gennaio.

I regimi piezometrici risultano generalmente poco correlabili sia con quelli idrometrici che con quelli pluviometrici; fatto che induce a ritenere che l'alimentazione dell'intera unità idrogeologica sia da ricondurre principalmente agli apporti idrici forniti dai corpi acquiferi sotterranei dell'Alta Pianura.

I corsi d'acqua, tuttavia, costituiscono dei limiti a potenziale imposto ai cui livelli si deve sempre raccordare la superficie della falda.

Normalmente, nei periodi di abbassamento e di stazionarietà prolungata delle quote idrometriche, il fiume rappresenta un'asse di drenaggio: i livelli freatici sono costantemente ad una quota superiore ai livelli idrometrici, per cui si ha un flusso dalla falda al fiume.

Viceversa, in occasione degli eventi di piena, si assiste all'inversione del flusso: infatti, all'innalzamento dei livelli idrometrici corrispondono, a causa della perdita di carico indotta dalla filtrazione nelle sabbie, incrementi dei livelli freatici di ampiezza minore e sfasati nel tempo, in funzione della distanza dal corso d'acqua.

5.4.6. Vulnerabilità del primo acquifero

Nel presente studio è stata effettuata una valutazione della vulnerabilità idrogeologica intrinseca del primo acquifero per l'intero territorio comunale, dove per vulnerabilità intrinseca si intende l'insieme delle caratteristiche dei complessi idrogeologici che costituiscono la loro suscettività specifica ad ingerire e diffondere un inquinante idrico o idroveicolato.

Essa rappresenta certamente uno dei più importanti strumenti di protezione ambientale.

Con riferimento a quanto indicato nel D.Lgs. 258/2000 (Parte B III – Allegato 7 “Aspetti generali per la cartografia delle aree ove le acque sotterranee sono potenzialmente vulnerabili”) per la valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi si

considerano essenzialmente le caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi presenti e non quelle chemiodinamiche delle sostanze inquinanti.

Tra i possibili approcci alla valutazione e cartografia della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (metodi qualitativi, metodi parametrici e numerici), alla luce della disponibilità di dati, della scala di riferimento e della finalità dell'indagine si è optato per adottare un metodo qualitativo, che prevede la zonizzazione per aree omogenee, attraverso la tecnica della sovrapposizione cartografica.

In particolare, si è seguito (con alcune modifiche) il metodo elaborato dal GNDICI-CNR che valuta la vulnerabilità intrinseca, per intervalli preordinati e situazioni tipo, mediante la classificazione di alcune caratteristiche litostrutturali delle formazioni acquifere e delle condizioni di circolazione idrica sotterranea.

Alla luce della situazione idrostratigrafica dell'area in esame, precedentemente descritta, la definizione delle classi di vulnerabilità è stata effettuata facendo riferimento ai seguenti tre parametri:

- Litologia di superficie: per la definizione di questo parametro si è fatto riferimento alle caratteristiche della litologia di superficie e idrogeologiche;
- Profondità del tetto dell'acquifero: ovvero lo spessore metrico dei terreni di copertura a tessitura fine, quando presenti;
- Caratteristiche della falda: tiene conto della discriminazione spaziale tra le aree con falda affiorante e quelle con falda non affiorante.

I risultati dell'analisi sono stati rappresentati cartograficamente in elaborato CG.1.7.

La combinazione delle diverse suscettività all'inquinamento che caratterizzano la variabilità di ognuno dei fattori sopra richiamati, ha permesso di individuare, nel territorio comunale di Marcaria, n. 5 classi di vulnerabilità: estremamente elevata, elevata, alta, media e bassa. La vulnerabilità risulta, per la maggior parte del territorio comunale, da alta a moderata; situazione, del resto, immediatamente percepibile data la presenza non trascurabile di depositi di copertura a protezione dell'acquifero e la limitata soggiacenza della falda che caratterizza gran parte del territorio.

Si sono definite aree a vulnerabilità estremamente elevata solo in corrispondenza degli alvei dei fiumi Oglio e Po, dei principali corsi d'acqua e in generale di tutte le aree dove la falda risulta affiorante. Risulta, invece, a vulnerabilità bassa una limitata porzione delle fasce terrazzate dove si imposta il corso del Tartaro Fabrezza, nel settore nord-occidentale del territorio.

In elaborato sono rappresentate anche le isobate della superficie piezometrica in m s.l.m.

Inoltre, al fine di sviluppare il tema della vulnerabilità integrata, è stato verificato che nel territorio comunale di Marcaria non fossero presenti siti contaminati contenuti nell'Elenco dei siti contaminati della Regione Lombardia aggiornato al 31/12/2024, fonte Anagrafe e Gestione Integrata dei Siti Contaminati.

Non sono raffigurati pozzi ad uso acquedottistico, con relative zone di rispetto, in quanto assenti all'interno del territorio comunale.

5.5. Caratteri sismologici

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto, identificando il Comune di Marcaria in zona 4, cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, inferiori a $0,05 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

La Delibera X/2129 del 11/07/2014 della Regione Lombardia ha modificato tale classificazione, inserendo il Comune di Marcaria in zona 3, cioè con accelerazione compresa tra 0.05g e 0.15g (cfr. Fig. 24).

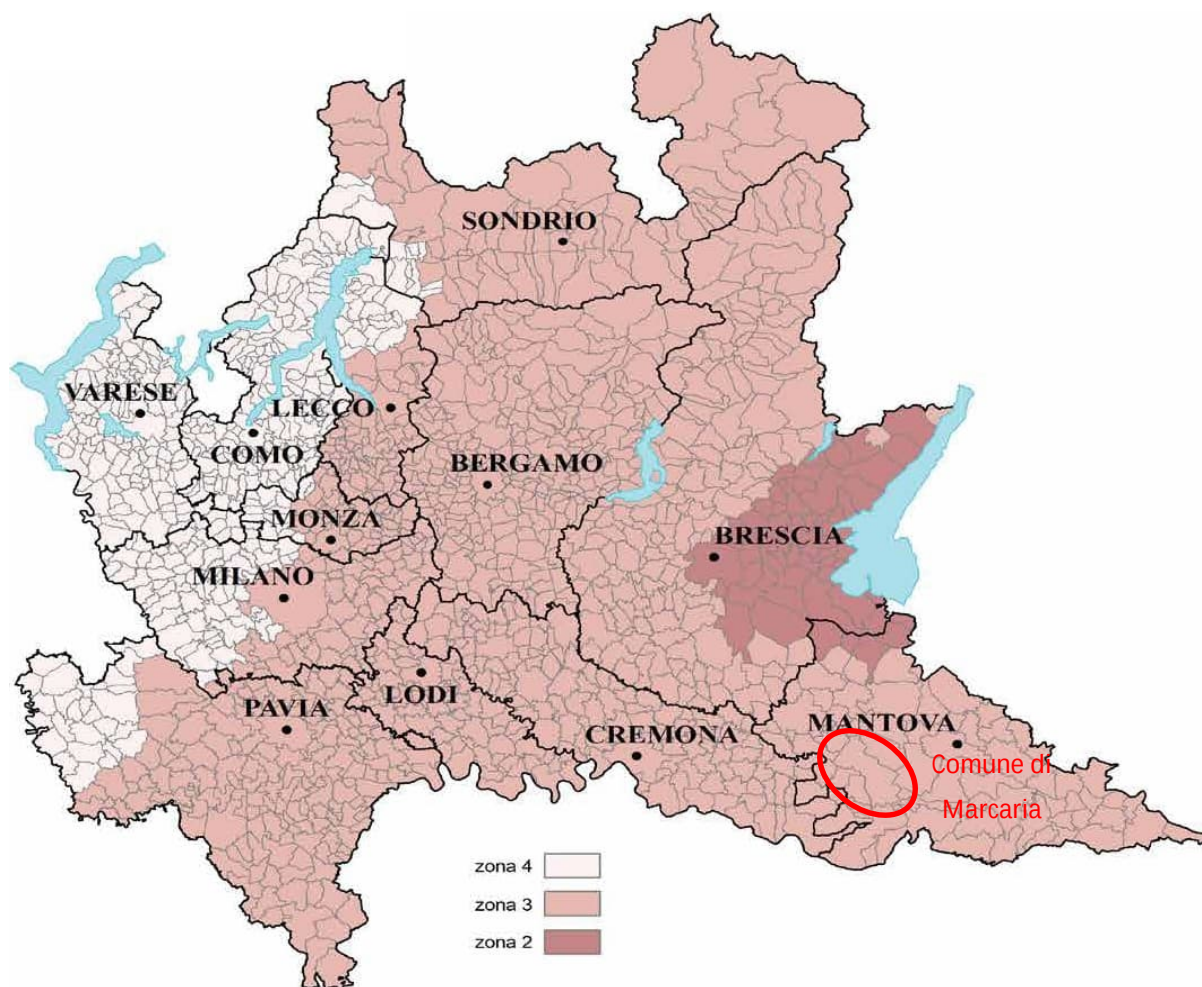


FIG. 24 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE LOMBARDIA (D.G.R. X/2129 DEL 2014)

Per la determinazione del rischio sismico nel territorio comunale di Marcaria si è fatto riferimento alle procedure descritte nell'allegato 5 della DGR 2616/2011 così come modificate dalle successive integrazioni (cfr. Cap. 3), che tengono conto delle avvenute modifiche in materia di norme tecniche per le costruzioni apportate dal DM 14 gennaio 2008³.

La metodologia di analisi prevede i seguenti tre livelli di approfondimento, con grado di dettaglio in ordine crescente (cfr. Fig. 25 che mostra il diagramma di flusso con illustrati i dati necessari e i percorsi da seguire):

- **I LIVELLO:** riconoscimento (sulla base di osservazioni geologiche, cartografia di inquadramento e di dati esistenti), classificazione e rappresentazione delle aree passibili di amplificazione sismica sulla Carta della Pericolosità sismica locale; è relativo alla fase pianificatoria ed è obbligatorio in tutte le zone sismiche;
- **II LIVELLO:** caratterizzazione semi-quantitativa del Fattore di Amplificazione (Fa) nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale e confronto con i valori di riferimento; è relativo alla fase pianificatoria negli ambiti a Pericolosità sismica locale Z3 e Z4 ed è obbligatorio, nelle zone sismiche 2 e 3, se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili, e nelle zone sismiche 4 (come il Comune di Marcaria), solo per edifici strategici e rilevanti (cfr. elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03);

³ Il DM 14 gennaio 2008 è stato sostituito dal DM 17 gennaio 2018, attualmente in vigore. Tuttavia, gli aggiornamenti non hanno comportato modifiche nell'ambito della pericolosità sismica locale

- III LIVELLO: caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite rispetto al 2° livello; è relativo alla fase progettuale nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato risulta maggiore del valore soglia comunale e nelle zone a Pericolosità sismica locale Z1, Z2 e Z5; è sempre obbligatorio nelle zone sismiche 2 e 3, solo per edifici strategici e rilevanti, nelle zone sismiche 4.

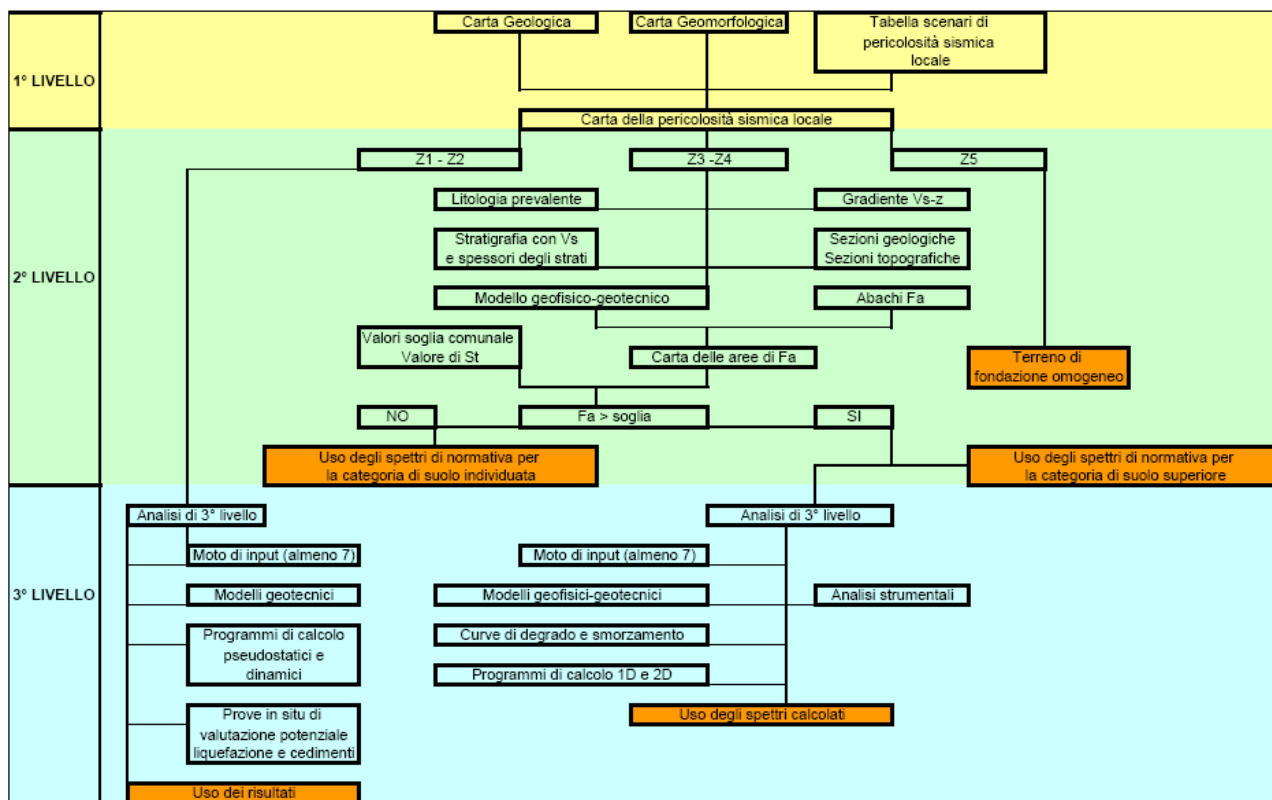


FIG. 25 – DIAGRAMMA DI FLUSSO DEI DATI NECESSARI E DEI PERCORSI DA SEGUIRE NEI TRE LIVELLI DI INDAGINE

La procedura fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

A riguardo, in nell'elaborato CG.2.1, sono state raffigurate sia le curve ad uguale accelerazione sismica, proprio con tempo di ritorno di 475 anni, riferite a suoli rigidi, sia i punti del reticolo di riferimento da cui sono state ricavate dette curve, riportati nella tabella 1 dell'Allegato B al D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"⁴.

5.5.1. Carta della pericolosità sismica locale

L'elaborato cartografico CG.2.1 rappresenta il primo elaborato della Componente Geologica a rientrare nel Piano delle Regole. In esso sono rappresentati i risultati delle analisi di pericolosità sismica esposti nei paragrafi seguenti.

⁴ L'Allegato A "Pericolosità Sismica", delle nuove Norme Tecniche stabilisce, infatti, che l'azione sismica debba essere valutata a partire dalla pericolosità di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica, funzione di tre parametri, uno dei quali è l'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_0).

5.5.1.1. Analisi di I livello

L'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo che costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento.

Essa utilizza un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti permettendo l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili.

Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento e nella redazione di un'apposita cartografia, rappresentata dalla Carta della pericolosità sismica locale dell'elaborato CG.2.1.

In detta tavola, derivata dalle precedenti carte di base, viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali definite nella tabella 1 dell'allegato 5 della direttiva, di seguito riportata in Tab. 9:

Sigla	Scenario pericolosità 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 particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali 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

TAB. 9 – SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (DA ALLEGATO 5 ALLA D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011, N. IX/2616)

Gli studi effettuati hanno evidenziato che in Comune di Marcara sono ovunque da attendersi amplificazioni litologiche, connesse con la presenza dello scenario Z4a: Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

Inoltre, sono presenti zone caratterizzate da depositi granulari fini saturi associabili a fenomeni di liquefazione (scenario Z2b). La presenza di tali granulometrie non può essere esclusa in nessuna porzione del territorio comunale: infatti, per quanto nella Carta geolitologica dell'elaborato CG.1.2 si sia cercato di effettuare una zonizzazione del territorio in relazione alle caratteristiche stratigrafiche e siano state cartografate aree in cui dominano i sedimenti coesivi fino ad oltre 10 m da piano campagna, tale zonizzazione, come già indicato, presenta dei limiti dovuti alla forte variabilità di facies dei depositi in esame rispetto al numero di verticali stratigrafiche conosciute e, quindi, in queste aree, si possono rinvenire anche corpi lenticolari sabbiosi.

Si ritiene comunque opportuno segnalare che i fenomeni di liquefazione siano da ritenersi molto improbabili e che non si ha memoria storica del verificarsi di tali fenomeni né nel territorio comunale di Marcaria né in altre aree con analoghe caratteristiche sedimentologiche che ricadono in zone sismiche Z4.

In conclusione, nella Carta della pericolosità sismica locale dell'elaborato CG.2.1, l'intero territorio comunale è stato classificato come nella seguente Tab. 10:

Sigla	Scenario di pericolosità sismica locale
Z2b	Zona con possibile presenza di depositi granulari fini saturi
Z4a	Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

TAB. 10 – TIPOLOGIA DEI DEPOSITI SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONE SISMICA PER MOTIVI STRATIGRAFICI

5.5.1.2. Analisi di II livello

L'analisi di secondo livello ha riguardato la valutazione per gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche litologiche, ossia la zona Z4a individuata nel precedente paragrafo.

Essa, per il Comune di Marcaria, che ricade in zona sismica 3, risulterebbe obbligatoria, solo per edifici strategici e rilevanti (cfr. elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03). Tuttavia, nel presente studio è stata estesa all'intero territorio comunale che si ritiene presenti caratteristiche litostratigrafiche e geofisiche sostanzialmente omogenee.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare, l'intervallo tra 0.1 – 0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5 – 1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico e identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Nel presente studio, per quanto concerne i dati litologici, stratigrafici e geofisici, in termini di valori di V_s , utilizzati nella procedura di II livello, si è fatto riferimento alle indagini geognostiche e stratigrafie di pozzi presenti nella banca dati del SIT (cfr. par. 2.1) e a n. 7 indagini HVSR eseguite dagli scriventi appositamente per questo studio. L'ubicazione di suddette prove è riportata nell'elaborato CG.2.1.

Alla luce delle caratteristiche litologiche e geotecniche presenti nel territorio comunale di Marcaria, tra le schede di riferimento attualmente disponibili, si è scelta quella per le litologie prevalentemente sabbiose (cfr. Fig. 26) in quanto risulta essere l'unica con un campo di validità dell'andamento delle V_s in funzione della profondità, compatibile con i dati risultati dalle indagini.

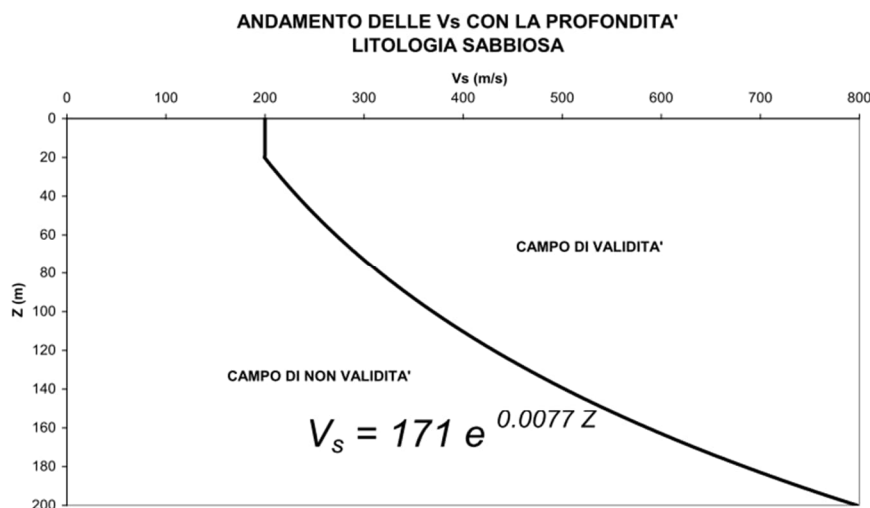


FIG. 26 – ANDAMENTO DELLE V_s IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER LA LITOLOGIA SABBIOSA

All'interno di questa scheda di valutazione si è poi scelta la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1–0.5 s e nell'intervallo 0.5–1.5 s, utilizzando la matrice riportata nella seguente Fig. 27.

		Profondità primo strato (m)																					
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA						
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA					
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

FIG. 27 – MATRICE UTILIZZATA PER DETERMINARE LA CURVA PER LA VALUTAZIONE DEL VALORE DI F_a PER LITOLOGIA SABBIOSA

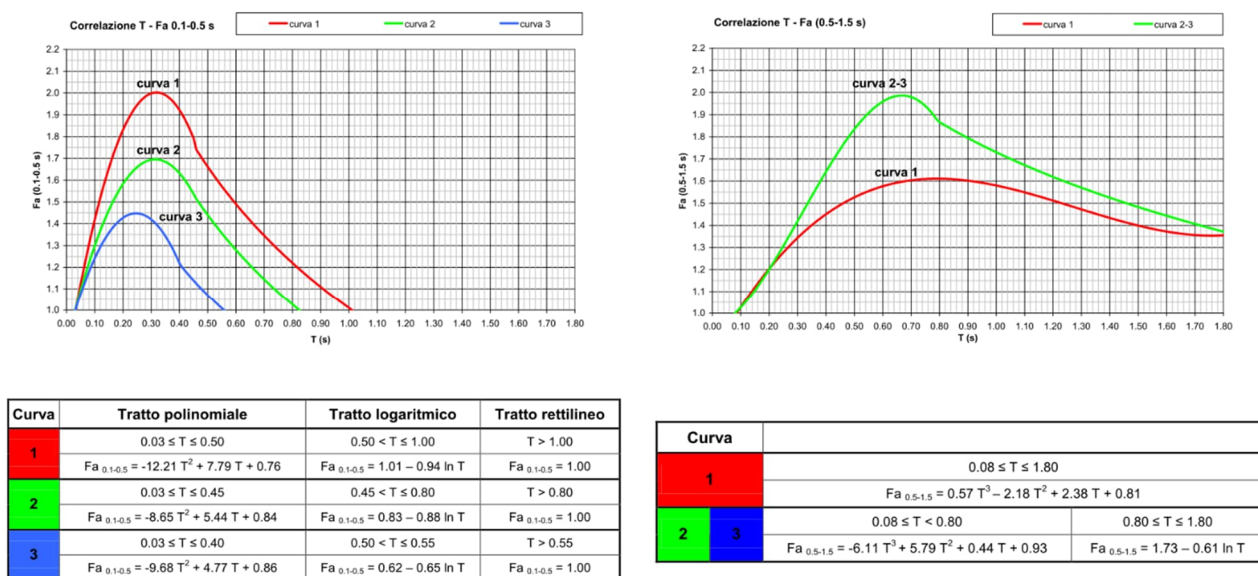
Per il territorio in esame, in funzione delle possibili differenti condizioni di profondità e di velocità V_s dello strato superficiale, sono state assunte le curve indicate nella seguente Tab. 11.

Codice	$V_{s,30}$ (m/s)	Periodo (s)	Curva	F_a 0.1–0.5 s	F_a 0.5–1.5 s
HVSR 1	294.68	0.93	1	1.08	1.60
HVSR 2	312.35	0.86	1	1.15	1.61

HVSR 3	289.26	1.09	1	1.00	1.55
HVSR 4	272.67	0.98	1	1.03	1.59
HVSR 5	283.91	1.05	1	1.00	1.57
HVSR 6	297.36	1.00	1	1.01	1.58

TAB. 11 – VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE CALCOLATI A PARTIRE DALLE PROVE HVSR

Dall'esame di tali curve (cfr. Fig. 28), si può osservare come i valori di F_a , indipendentemente dal periodo proprio del sito T (da calcolarsi considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s), risultino, nei due intervalli di periodo 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s, sempre inferiori a quelli calcolati, per la categoria di suolo C (categoria di suolo cui presumibilmente appartiene l'intero territorio comunale⁵).

FIG. 28 – CURVE RAPPRESENTANTI I VALORI DI F_a AL VARIARE DAL PERIODO PROPRIO DEL SITO T PER LITOLOGIA SABBIOSA

Infatti, per il Comune di Marcaria, i valori di soglia oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito, riportati nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls), sono quelli indicati nella seguente Tab. 12:

Intervallo	Categoria B	Categoria C	Categoria D	Categoria E
0.1 – 0.5 s	1.38	1.75	2.06	1.86
0.5 – 1.5 s	1.66	2.32	3.95	2.93

TAB. 12 – VALORI DI SOGLIA CALCOLATI PER IL COMUNE DI MARCARIA

⁵ Il D.M. del 17 gennaio 2018, definisce come appartenenti alla categoria C i 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.

Al fatto che i valori di Fa risultino inferiori ai valori di soglia corrispondenti consegue che il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e, quindi, si applica lo spettro previsto dalla normativa stessa.

5.5.1.3. Analisi di III livello

A seguito di quanto indicato in precedenza, stante le procedure descritte nell' "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 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566" approvato con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374, in Comune di Marcaria, in fase progettuale, si dovrà applicare il terzo livello solo per edifici strategici e rilevanti (cfr. elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) che potrebbero ricadere in zone con presenza di depositi granulari fini saturi, suscettibili di liquefazioni.

È inoltre opportuno segnalare che, come ricordato in una precedente nota, al punto 7.11.3.4.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al d.m. 17 gennaio 2018, è indicato che la verifica a liquefazione può essere omessa nel caso in cui le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risultino minori di 0.1 g.

Quanto alle aree suscettibili di amplificazioni sismiche litologiche (Z4a), che interessano l'intero territorio comunale, esse, come indicato nel paragrafo precedente, sono caratterizzate da un valore di Fa sempre inferiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del II livello. Conseguentemente, sarà sufficiente usare gli spettri di normativa per la categoria di suolo individuata senza ricorrere ad analisi di III livello.

6. Fase di sintesi

La fase di sintesi/valutazione prevede l'individuazione delle limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico. Come anticipato nelle premesse, tale fase ha portato alla redazione degli elaborati descritti nei successivi paragrafi.

6.1. Carta dei Vincoli

In detta carta, rappresentata in elaborato CG.2.2, sono stati distinti i seguenti vincoli:

6.1.1. Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89

Come vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 è stata raffigurata la delimitazione delle Fasce Fluviali ripresa dall'elaborato n. 8 del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con D.P.C.M. 24 maggio 2001; ovvero:

- Fascia A: Fascia di deflusso della piena, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" al Titolo II delle Norme di attuazione del P.A.I., ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.
- Fascia B: Fascia di esondazione, esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta;
- Fascia C: Area di inondazione per piena catastrofica, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato.

Nella fascia di deflusso della piena si *"persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra"*.

Nella fascia di esondazione si *"persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali"*.

Nell'area di inondazione per piena catastrofica si *"persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del P.A.I."*.

Dall'osservazione dell'elaborato si può osservare come nel Comune di Marcaria, la Fascia A relativa al fiume Oglio e al fiume Po coincida all'incirca con l'area golenale degli stessi. La Fascia C interessa invece i terrazzi fluviali dei fiumi Oglio e Po all'esterno dell'area golenale, e parte del livello fondamentale della pianura specialmente nella porzione sudorientale del territorio. In quest'ultimo caso, il grado di pericolosità è anche funzione dalle quote del piano campagna. Ne consegue la classificazione come "Area di inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti".

La Fascia B non è presente.

6.1.2. Vincoli di polizia idraulica

Il regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 stabilisce che *"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"*.

A riguardo, nell'elaborato CG.2.2, si sono distinti i seguenti elementi:

- Corsi d'acqua del reticolo idrico principale (RIP) in gestione a AIPO;
- Corsi d'acqua del reticolo idrico principale (RIP) in gestione a Regione Lombardia;
- Corsi d'acqua del reticolo idrico di bonifica (RIB) in gestione al consorzio di bonifica "Territori del Mincio";
- Corsi d'acqua del reticolo idrico minore (RIM).

Il r.d. 25 luglio 1904 impone inoltre che siano vincolate anche le opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua, quali le arginature.

Il Comune di Marcaria è dotato del Documento di Polizia Idraulica che regola il Reticolo Idrico Minore, a cui si rimanda per il dettaglio delle norme relative.

6.1.1. Zona di rispetto dei corsi d'acqua pubblici

I "Fiumi, torrenti e corsi d'acqua pubblici e relative sponde", conosciuti come "Vincolo 431/85, art. 1, lettera c)", sono oggi identificati dal D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della L. 6 luglio 2002, n. 137"

L'art. 142, comma 1, lettera c) del suddetto Decreto Legislativo definisce infatti come oggetto di tutela e valorizzazione per il loro interesse paesaggistico: "i fiumi, torrenti, ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con r.d. 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna".

Si ritiene importante sottolineare che il D.Lgs. 42/04 ricomprende i contenuti della legge 1497/39 (abrogata dal D. Lgs. 490/99), lasciando inalterate le tipologie di beni tutelati.

Nella norma di tutela di "fiumi, torrenti e corsi d'acqua pubblici e relative sponde" vengono tutelati non solo le sponde o il piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna, ma anche l'intero corso d'acqua.

La Regione Lombardia in attuazione dell'art. 1-quater della legge 431/85, ha individuato, con deliberazione della Giunta Regionale n. 4/12028 del 25 luglio 1986 e successive integrazioni, i corsi d'acqua pubblici lombardi aventi rilevanza paesaggistica e conseguentemente assoggettati a specifico vincolo ex art. 142, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 42/04, nonchè

quei corsi d'acqua, o tratti degli stessi, per i quali è stata dichiarata l'irrilevanza paesaggistica e che risultano pertanto esclusi dal suddetto vincolo.

Per l'esatta individuazione della fascia dei 150 metri del vincolo, si ritiene che, secondo quanto sostenuto anche da giurisprudenza di merito (Pretura di Cremona, 24 settembre 1990, pubblicata su Rivista Giuridica dell'Edilizia, 1991), "le fasce laterali ai fiumi, per la lunghezza di 150 metri, vanno calcolate con riferimento alla delimitazione effettiva del corso d'acqua, cioè a partire dal ciglio di sponda, o dal piede esterno dell'argine, quando quest'ultimo espliciti una funzione analoga alla sponda nel contenere le acque di piena ordinaria."

6.1.2. Geositi

Un geosito è un'area o una località che testimonia in modo esemplare gli eventi geologici e geomorfologici che hanno caratterizzato la storia di una regione e contribuito a definire i suoi paesaggi e che, come tale, deve essere valorizzata e preservata. Le sue caratteristiche esemplari lo rendono prezioso per valorizzare e promuovere il territorio, con positivi riflessi sulle attività educative, di turismo culturale e ricreative.

Tale categoria di tutela e valorizzazione del territorio è stata introdotta dal Piano Paesaggistico Regionale, approvato dalla Giunta Regionale con deliberazione 16 gennaio 2008, n. 8/6447 (cfr. art. 22 dell'articolato normativo di Piano).

Nell'allegato 14 alla d.g.r. del 30 novembre 2011 n. IX/2616, viene proposto un elenco dei geositi lombardi (che sostituisce quello di cui all'allegato 14 alla d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566).

Sulla base di tale elenco, in Comune di Marcaria ricade un geosito denominato "Torbiere di Marcaria", un'area di interesse regionale per motivi prettamente naturalistici (cui il citato art. 22 collega uno specifico dispositivo di tutela), ubicata presso l'abitato di Marcaria presso l'alveo del fiume Oglio. Esso si sovrappone con altre aree protette quali il Parco Regionale Oglio Sud e l'omonima Riserva Naturale.

6.1.3. Vincoli da Piano Cave della Provincia di Mantova

In riferimento alle attività estrattive, si è verificato che il Piano Provinciale Cave vigente della Provincia di Mantova (adottato dal Consiglio Provinciale con Del. n. 49 del 20 settembre 2018 ed approvato dal Consiglio Regionale della Lombardia con Del. XI/1888 del 25 maggio 2021 e pubblicata sul B.U.R.L. n.32 del 3 giugno 2021) individua un unico ambito estrattivo nel Comune di Marcaria: si tratta di una cava in progetto a fossa sottofalda per l'estrazione di sabbia e ghiaia, avente un'area complessiva di 361.000 m², ubicata in località Boschina Mortizza, nell'area golenale del fiume Oglio all'interno del Parco regionale Oglio Sud. La destinazione finale è di tipo naturalistico.

6.2. Integrazione – PAI – PGRA

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dal d.lgs. n. 49 del 2010, che dà 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.

Esso è stato predisposto a livello di distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare (PGRA-Po) e deve essere aggiornato ogni sei anni.

Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è stato definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

Successivamente, a dicembre 2019, la Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino, con deliberazione n. 7 del 20 dicembre 2019, ha adottato la revisione 2019 delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvione; mentre, in data 20 dicembre 2021, ha adottato all'unanimità il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni., infine approvato con d.p.c.m. in data 01 dicembre 2022.

Il PGRA contiene:

- la mappatura delle aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni per diversi tipi di reticolo idrografico;
- la stima del grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro le aree "allagabili";
- l'individuazione delle Aree a Rischio Potenziale Significativo di Alluvione (APSEFR)⁶;
- il quadro dell'organizzazione del sistema di protezione civile in materia di rischio alluvioni e una diagnosi delle principali criticità
- le misure necessarie per ridurre il rischio nelle fasi prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi (Dir 2007/60/CE).

Esso, in Lombardia, individua le aree allagabili e del rischio alluvioni per i seguenti "ambiti territoriali":

- Reticolo idrografico principale (RP): costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nelle principali valli montane e collinari;
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM): costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali;
- Reticolo idrografico secondario di pianura (RSP): costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana;
- Aree costiere lacuali (ACL): aree costiere dei grandi laghi alpini.

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità, caratterizzandone l'intensità, secondo gli scenari di:

- Pericolosità elevata (H o P3) per aree interessate da alluvioni frequenti
- Pericolosità media (M o P2) per aree interessate da alluvioni poco frequenti
- Pericolosità bassa (L o P1) per aree interessate da alluvioni rare

Dal punto di vista normativo, si segnala che, in data 10 settembre 2020, sono stati pubblicati i Decreti del Segretario Generale 291 e 292 del 10 settembre 2020, predisposti in adempimento a quanto previsto dalle Deliberazioni di CIP n.7 e 8 dello scorso dicembre 2019 e riguardanti l'applicazione delle disposizioni normative dei PAI alle aree interessate da inondazioni di nuova individuazione nell'ambito dell'aggiornamento delle mappe di dicembre 2019. Decreto 291, che al comma 1 dell'art. 1 stabilisce che:

- "Dal giorno successivo alla pubblicazione del presente Decreto sul sito web istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, in adempimento all'art. 6, comma 1 della Deliberazione CIP n. 8/2019, alle aree che potrebbero essere interessate da alluvioni oggetto di nuova individuazione nell'ambito dell'aggiornamento delle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del Distretto idrografico del fiume Po di cui alla Deliberazione CIP n. 7/2019 e ricadenti nel territorio del bacino idrografico del fiume Po si applicano, rispettivamente, le disposizioni di cui al Titolo Quinto delle NA del PAI del Po e le disposizioni di cui alla Parte Terza delle NA del PAI Delta, nonché le

⁶ In precedenza, definite Aree a Rischio Significativo (ARS)

disposizioni attuative di dette disposizioni approvate dalle Regioni ai sensi dell'art. 65 del D. Lgs. n. 152/2006 e s. m. e i.”

Dunque, esaminato il Titolo Quinto delle NA del PAI del Po, nell'allegato n° 1 alla deliberazione del Comitato Istituzionale dell'AdBPo n. 5 del 7/12/2016, si evince che:

- Per il Reticolo Principale di pianura (RP)
 - o nelle aree interessate da alluvioni frequenti (H-P3) vigono le limitazioni e le prescrizioni previste per la fascia A dal Titolo II delle NA del PAI.
 - o nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (M-P2) vigono le limitazioni e le prescrizioni previste per la fascia B dal Titolo II delle NA del PAI.
 - o 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.
- Per il Reticolo secondario di pianura (RSP)
 - o nelle aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, compete alle Regioni e agli Enti Locali, anche d'intesa con l'Autorità di bacino, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti.

Le aree allagabili individuate nelle mappe di pericolosità costituiscono integrazione delle fasce fluviali del PAI descritte in precedenza.

6.2.1. Recepimento da parte della Regione Lombardia - DGR 6738/2017

La Regione Lombardia, con la DRG X/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” ha dato attuazione alle indicazioni sopra riportate.

Per quanto riguarda il recepimento del PGRA nella pianificazione la DGR indica:

In particolare, nell'ambito delle procedure di propria competenza, le amministrazioni e gli enti pubblici:

- *prendono atto dei contenuti del PGRA, in particolare delle mappature della pericolosità e del rischio, delle informazioni associate - relative alle caratteristiche dell'alluvione potenziale - e della normativa vigente su tali aree, già presente nelle Norme di Attuazione del PAI così come approvato con DPCM 24 maggio 2001, introdotta dal nuovo Titolo V delle N.d.A. del PAI nonché dalle presenti disposizioni e ne tengono conto da subito in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori e in funzione dei loro successivi aggiornamenti e riesami;*
- *ne veicolano il più possibile la conoscenza presso i propri portatori di interesse e i cittadini.*

La DGR chiarisce, inoltre, che la Regione nell'individuazione del Reticolo secondario di pianura ha distinto il Reticolo Naturale da Reticolo Consortile, individuando la pericolosità con la seguente metodologia:

- per il reticolo Naturale:

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	Pericolosità da associare
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	P3/H
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	P2/M
Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	P2/M
Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica-bibliografica	P2/M o P3/H in base alle informazioni disponibili
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	P3/H
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	P3/H

- per il reticolo consortile

Le aree allagabili sul reticolo consortile sono state delimitate principalmente sulla base degli eventi storicamente accaduti. Sono stati considerati solo gli eventi verificatisi dal 1990 al 2012 (data di completamento della ricognizione), in quanto ritenuti maggiormente compatibili con l'attuale scenario di bonifica e di uso del suolo e solo gli allagamenti che possono risultare ripetibili. Pertanto, nel caso in cui, posteriormente agli eventi accaduti, siano stati eseguiti interventi volti alla risoluzione del problema, l'area allagata non è stata riportata nelle mappe oppure gli è stato attribuito uno scenario di frequenza inferiore.

In alcuni casi si sono riportate anche aree allagate in occasione di eventi antecedenti al periodo sopraindicato, in quanto ritenuti significativi.

Come si può constatare la Regione Lombardia ha scelto di non individuare aree con pericolosità P1 per il reticolo RSP.

6.2.1.1. Le normative del Reticolo secondario di pianura

Le norme relative a questo ambito sono differenziate tra reticolo naturale e reticolo consortile.

Reticolo naturale

In coerenza con le disposizioni vigenti di cui alla d.g.r. IX/2616/2011, per le aree classificate a pericolosità P3/H sussistono gravi limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso. Sono pertanto da applicare le limitazioni e prescrizioni relative alla classe 4 di fattibilità geologica.

Per le aree classificate a pericolosità P2/M, in coerenza con le disposizioni vigenti di cui alla d.g.r. IX/2616/2011 sussistono consistenti limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso per il superamento delle quali

potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Sono pertanto da applicare le limitazioni relative alla classe 3 di fattibilità geologica.

Reticolo consortile

Ad integrazione delle disposizioni vigenti di cui alla d.g.r. IX/2616/2011, che non considerano attualmente tali aree tra le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico da rappresentare nella carta di sintesi (e pertanto non danno indicazioni in merito alla classe di fattibilità geologica da assegnare) e date le caratteristiche delle alluvioni dovute ad esondazione del reticolo artificiale di bonifica, che, seppure caratterizzate da alta frequenza, presentano tiranti e velocità esigui, per le aree classificate a pericolosità P3/H e P2/M sul reticolo consortile, si ritiene che sussistano consistenti limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Sono pertanto da applicare le limitazioni relative alla classe 3 di fattibilità geologica.

Reticolo naturale e reticolo consortile – disposizioni comuni

Entro le aree P3/H e P2/M, laddove negli strumenti urbanistici non siano già vigenti norme equivalenti, o fino a quando il Comune non realizzi uno studio di approfondimento al livello locale, secondo le indicazioni fornite al successivo paragrafo 3.3.4. "Procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali" è necessario:

- *subordinare gli eventuali interventi edilizi alla realizzazione di uno studio di compatibilità idraulica, che l'Amministrazione comunale è tenuta ad acquisire in sede di rilascio del titolo edilizio. Tale studio è finalizzato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza);*
- *garantire l'applicazione di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare e non peggiorare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio;*
- *vietare la realizzazione di piani interrati o seminterrati non dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti edilizi;*
- *nei piani interrati o seminterrati, dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti edilizi, dimensionati sulla base degli esiti dello studio compatibilità idraulica, vietare un uso che preveda la presenza continuativa di persone;*
- *progettare e realizzare le trasformazioni consentite con modalità compatibili, senza danni significativi, con la sommersione periodica;*
- *progettare gli interventi in modo da favorire il deflusso/infiltrazione delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo, ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.*

6.2.1.2. Aggiornamento delle mappe PGRA – Terzo ciclo di pianificazione (2027 – 2033)

In attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del Decreto legislativo 49/2010, il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Distretto idrografico del fiume Po è soggetto a riesame e aggiornamento con cadenza sessennale.

Nell'ambito del terzo ciclo di pianificazione (2027-2033), la Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, con Deliberazione n. 10 del 18 dicembre 2025, ha preso atto dell'aggiornamento delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del distretto idrografico del fiume Po.

Con successiva Deliberazione n. 11, adottata nella medesima seduta, sono state inoltre definite misure temporanee di salvaguardia, demandando al Segretario Generale dell'Autorità di bacino i successivi adempimenti.

In attuazione di tali deliberazioni, con Decreto del Segretario Generale n. 4 del 19 gennaio 2026 è stata disposta la pubblicazione delle mappe aggiornate della pericolosità di alluvione sul geoportale istituzionale dell'Autorità di bacino, al fine di consentire la consultazione pubblica e la presentazione di eventuali osservazioni da parte dei soggetti interessati e delle Regioni territorialmente competenti.

Secondo quanto riportato nella relazione metodologica per l'aggiornamento delle mappe (Flood Hazard and Risk Maps – dicembre 2025), l'aggiornamento è stato effettuato sulla base di:

- nuovi studi idrologici e idraulici a scala distrettuale;
- aggiornamento dei modelli di simulazione delle piene;
- utilizzo di dati topografici e morfologici più recenti;
- integrazione degli effetti dei cambiamenti climatici nella valutazione del rischio;
- simulazioni di scenari di rottura arginale (defence failure) per i corsi d'acqua arginati.

Le mappe pubblicate rappresentano quindi un aggiornamento del quadro conoscitivo del rischio idraulico a scala distrettuale e costituiscono una fase intermedia del processo di revisione del PGRA che porterà alla successiva approvazione del piano aggiornato per il ciclo 2027-2033.

Allo stato attuale tali elaborati assumono valore conoscitivo e consultivo e non sostituiscono la pianificazione vigente; tuttavia, rappresentano un importante riferimento tecnico per le attività di pianificazione territoriale e per il successivo aggiornamento degli strumenti urbanistici.

6.2.2. Carta PAI-PGRA

Sulla base di quanto esposto risulta evidente che il Comune debba predisporre una carta delle aree di pericolosità PAI – PGRA, nel quale siano tracciati, alla scala dello strumento urbanistico e utilizzando la medesima base topografica, tutti gli elementi che derivano dal recepimento a scala comunale dei contenuti di:

- PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Deliberazione n. 18 del 26 aprile 2001, e approvato con DPCM del 24 maggio 2001)
- PGRA (Piano di Gestione Rischio Alluvioni nel bacino del fiume Po – PGRA) approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, e oggetto di aggiornamento approvato con d.p.c.m. in data 01 dicembre 2022.

Gli studi effettuati per il Documento semplificato del rischio idraulico (a cui si rimanda per maggior dettaglio) hanno, inoltre consentito di individuare ulteriori aree potenzialmente interessate da fenomeni di alluvione.

Nell'elaborato, pertanto, sono riportati i seguenti tematismi:

- Fasce fluviali del PAI:
tracciate alla scala dello strumento di pianificazione (già rappresentate nell'elaborato CG.2.2).

- Aree a potenziale rischio significativo di alluvione (APSFR):

Gran parte del territorio comunale ricade nell'APSFR denominata "Fiume Po da Torino al mare";

- Aree allagabili sui corsi d'acqua principali (RP):

nel Comune di Marcaria si presentano situazioni di rischio potenzialmente interessate da alluvioni da parte del reticolo principale, in particolare:

- o P1 – Scenario raro: corrispondente a gran parte del territorio comunale specialmente quella relativa al fiume Po, tanto che corrisponde alla sopracitata APSFR;
- o P3 – Scenario frequente: corrispondente all'incirca all'area golenale dei fiumi Oglio e Po.

A seguito dell'aggiornamento del terzo ciclo del PGRA, sono state individuate nuove aree potenzialmente interessate da rottura degli argini. In particolare:

- o quasi tutta l'area classificata a pericolosità P1 nella parte centro-meridionale del territorio comunale, nonché una parte non classificata, viene riclassificata pericolosità P2 per rottura arginale;
- o parte del territorio non classificato a ridosso dell'area P1 e della riclassificata P2, viene riclassificato a pericolosità P1 per rottura arginale.

L'Art. 8 della deliberazione del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino⁷. Indica che *"Per le aree M-P2 e H-P3 di cui al comma precedente (scenari di rottura e tracimazione arginale) non possono trovare applicazione le limitazioni e le prescrizioni stabilite dal titolo II delle Norme di Attuazione del PAI Po e del PAI Delta per le fasce B ed A, in quanto non adeguate né tecnicamente applicabili"*.

In assenza di tali indicazioni e delle nuove direttive in merito che la Regione Lombardia dovrà emanare, si ritengono già sufficientemente cautelative le norme tutela inserite dal presente studio nelle Norme geologiche di attuazione (Elaborato 2.6) relative sia alle aree RP P1 che alle aree denominate "Esondazioni rare non perimetrabili" del Reticolo Secondario di Pianura.

- Aree allagabili per esondazione del Reticolo Secondario di Pianura (RSP):

nel Comune di Marcaria sono state individuate varie situazioni di pericolosità connesse con alluvioni da parte del reticolo secondario di pianura, in particolare:

- P2 – Scenario poco frequente;
- P3 – Scenario frequente;
- Esondazioni rare non perimetrabili: pericolosità che è stata attribuita all'intero territorio comunale.

A seguito dell'aggiornamento del terzo ciclo del PGRA, l'intero territorio comunale è stato inserito nell'area P1 Scenario Raro, che coincide con le "Esondazioni rare non perimetrabili", già inserite nella carta del PGRA.

⁷ ART. 1 DELLA DELIBERAZIONE DELLA CONFERENZA ISTITUZIONALE PERMANENTE N 10/2025 DEL 18 DICEMBRE 2025. DISPOSIZIONI CONSEGUENTI ALLA PRESA D'ATTO DELLE MAPPE DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO DI ALLUVIONI RELATIVE AL TERZO CICLO SESSENNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (2027 - 2033) DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DEL FIUME PO, AI SENSI DELL'ART. 14, PAR. 2 DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE E DELL'ART. 12, COMMA 2 DEL D. LGS. N. 49/2010

6.3. Carta di sintesi

Come spiegato nella d.g.r. 2616/2011, la Carta di sintesi è uno strumento che ha lo scopo di rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che le genera.

Pertanto, tale carta risulta costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee, desunte dalla fase di analisi precedente, e in cui la sovrapposizione di più ambiti può determinare dei poligoni misti per pericolosità, determinata da differenti fattori limitanti.

Gli stessi criteri attuativi definiscono gli ambiti di pericolosità e vulnerabilità che costituiscono la legenda della Carta di sintesi stessa.

Nel presente studio, la Carta di sintesi, redatta per l'intero territorio, viene rappresentata nell'elaborato CG.2.4.

Alla luce dei risultati ottenuti nel corso dello studio, durante la fase di analisi, nella legenda di tale carta, sono state distinte le classi descritte di seguito.

- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
 - o *Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale*: ricadono in questa classe le porzioni di territorio che, in elaborato CG.1.7, erano state raffigurate ad elevato grado di vulnerabilità intrinseca del primo acquifero all'inquinamento. Tale ambito interessa ampie zone del Comune di Marcaria. Circa il grado di pericolosità è importante segnalare che l'elevata vulnerabilità dell'acquifero non comporta rischi per captazioni pubbliche ad uso idropotabile, assenti nelle zone in esame.
 - o *Aree con falda affiorante*: ricadono in questa classe le porzioni di territorio che, in elaborato CG.1.7, erano state raffigurate ad elevato grado di vulnerabilità intrinseca del primo acquifero all'inquinamento. Tale ambito interessa ampie zone del Comune di Marcaria. Circa il grado di pericolosità è importante segnalare che l'elevata vulnerabilità dell'acquifero non comporta rischi per captazioni pubbliche ad uso idropotabile, assenti nelle zone in esame.
 - o *Area a bassa soggiacenza della falda*: sono state inserite in questa classe le "aree a falda sub-affiorante" cartografate in elaborato CG.1.6 e coincidenti con le fasce terrazzate presenti all'interno del territorio comunale.
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
 - o *Fasce fluviali del PAI*: le fasce fluviali del PAI vengono riprese dagli elaborati CG.2.2 e CG.2.3, sulla base di quanto esposto nel par. 6.1.1.
 - o *Aree di pericolosità da PGRA*: le aree a rischio idraulico per esondazione dei reticoli idrici, contenute nel PGRA, vengono riprese dall'elaborato CG.2.3, dove sono rappresentate in base ai criteri esposti nel par. 6.2.2.
- Aree con caratteristiche geotecniche scadenti
 - o *Aree con depositi superficiali argilloso-torbosi*: Con riferimento a situazioni di pericolosità dal punto di vista geotecnico, buona parte dell'area che ricade all'interno della riserva naturale "Torbiere di Marcaria", ubicata immediatamente a est del Capoluogo, è stata cartografata come area con depositi superficiali argilloso-torbosi. Trattasi di informazioni riprese dall'elaborato CG.1.3 – Carta della litologia di superficie.

Questi terreni (come già indicato nel paragrafo 5.1.2.4) presentano, infatti, caratteristiche geotecniche scadenti tali da imporre consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

- o *Aree con depositi superficiali limoso-argillosi*: In questa classe sono state inserite le aree con “terreni prevalentemente argillosi” e quelle con “terreni prevalentemente limosi e limoso-sabbiosi” raffigurate in elaborato CG.1.3. Tali depositi, che occupano un'ampia percentuale del territorio comunale di Marcaria, non presentano caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti, ma, semplicemente, meritano un'analisi più attenta rispetto ai depositi granulari. Pertanto, tali aree andranno associate solo a modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

7. Fase di proposta

Come anticipato nelle premesse, la fase di proposta è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di piano.

Tale fase prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

7.1. Carta di fattibilità delle azioni di piano

La Carta di fattibilità delle azioni di piano dell'elaborato CG.2.5 è stata redatta alla scala 1:12.500. Essa è stata desunta a partire da elaborati prodotti nella fase di sintesi (cfr. Cap. 6), attribuendo a ciascun poligono individuato in esse un valore di classe di fattibilità, secondo le direttive contenute nella d.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Al mosaico della fattibilità sono poi state sovrapposte, come indicato nel paragrafo precedente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dagli studi di carattere sismico (cfr. par. 5.5) e indicate nella carta di pericolosità sismica locale dell'elaborato CG.2.1.

La carta di fattibilità è, dunque, una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio e deve essere utilizzata congiuntamente alle "norme geologiche di attuazione" (cfr. elaborato CG.2.6) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

Di seguito vengono riportati il procedimento di attribuzione della classe di fattibilità e la descrizione delle quattro classi di fattibilità in cui è stato suddiviso il territorio comunale, secondo la normativa sopracitata.

7.1.1. Attribuzione delle classi di fattibilità

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso due fasi:

1. nella prima fase, a ciascun poligono della carta di sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità/vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le prescrizioni di cui alla Tabella 1 della Deliberazione Giunta Regionale del 30 novembre 2011 – n. IX/2616.
2. successivamente in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito è stato aumentato o diminuito il valore della classe di fattibilità. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso risulta sempre compiutamente documentata e motivata con piena ed esplicita assunzione di responsabilità da parte del professionista, utilizzando la scheda di cui all'Allegato 15 ("Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi dell'art. 47, d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445") dell'aggiornamento sopracitato.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, deve essere attribuito il valore più alto di classe di fattibilità. La relativa normativa associata deve però contenere le prescrizioni che considerano la sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.

A riguardo, all'interno delle singole classi di fattibilità, sono state distinte porzioni di territorio in base alla caratteristica o alle caratteristiche che determinano le condizioni di pericolosità, ognuna delle quali è stata identificata, nella legenda dell'elaborato CG.2.5, con una sigla ovvero:

- lettera "I" ad indicare le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, in particolare:

- “Ia” per le aree ricadenti in Fascia A all'esterno dei centri edificati;
- “Ic” per le aree ricadenti in Fascia C, in questo caso:
 - “Icm” per le aree ricadenti in fascia C;
- “Is” per le aree esondabili della rete idrografica secondaria, a loro volta distinte in:
 - “Isa” per quelle a pericolosità alta (scenario frequente);
 - “Ism” per quelle a pericolosità bassa (scenario poco frequente);
- lettera “G” ad indicare le aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche; in particolare:
 - “Gat” per quelle con depositi superficiali argilloso-torbosi;
 - “Gla” per quelle con depositi superficiali limoso-argillosi;
- lettera “V” ad indicare le aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale;
- lettera “S” ad indicare le aree caratterizzate da bassa soggiacenza della falda;
- lettera “C” ad indicare le aree di cava cessata.

Si precisa che per la redazione della carta di fattibilità non sono state prese in considerazione le aree RP P2 e P1 e RSP P1 della relative all'“Aggiornamento delle mappe PGRA – Terzo ciclo di pianificazione (2027 – 2033)”, poiché, come già illustrato, le norme già previste per le restanti aree a pericolosità idraulica sono già sufficientemente cautelative anche nei confronti delle ulteriori pericolosità individuate.

7.2. Classi di fattibilità

Nel territorio del comune di Marcaria agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica, individuati nella fase di sintesi, sono state attribuite tutte e quattro le classi di fattibilità, con le relative sottoclassi di seguito descritte.

7.2.1. Classe 1 (Bianca) – Fattibilità senza particolari limitazioni

La classe 1, che comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso per le quali devono essere direttamente applicate le normative vigenti in materia di costruzioni, è presente principalmente in alcune aree nella porzione centrale del territorio e in un'area nella porzione nordoccidentale.

7.2.2. Classe 2 (Gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni

La classe 2 comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Comprende la maggior parte del territorio comunale al di fuori delle fasce terrazzate.

Le aree a classe di fattibilità 2 sono caratterizzate (non necessariamente in contemporanea) da:

- Icm – Area di inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti (Fascia C);

- S – Area a bassa soggiacenza della falda;
- Gla – Area con depositi superficiali limoso – argillosi.

Queste tre sottoclassi sono state declassate dalla Classe 3 (cfr. par. 7.2.3), a cui dovrebbero essere attribuite secondo la tabella riportata nella d.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011, dato che nelle aree con depositi superficiali prevalentemente limoso – argillosi le indagini geognostiche disponibili hanno evidenziato l'assenza di problematiche geotecniche particolarmente gravi.

Per le zone con bassa soggiacenza della falda si è considerato che il solo accorgimento tecnico di non realizzare locali interrati, in corrispondenza di tali aree, servirà a garantire sia la tutela delle acque sotterranee che la sicurezza delle nuove previsioni edificatorie nei confronti delle stesse.

Quanto alle aree in fascia C con battenti idrici modesti, il rischio idraulico risulta essere basso; pertanto, ci si limita a rimandare ad un'analisi successiva, da effettuarsi a corredo della progettazione edificatoria, lo studio di dettaglio delle caratteristiche morfologiche locali e la conseguente individuazione di specifici accorgimenti che consentano di limitare i disagi provocati da eventuali esondazioni.

Nell'elaborato CG2.6 "Norme geologiche di attuazione" sono indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori per gli ambiti assegnati a questa classe.

7.2.3. Classe 3 (Arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe 3 comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Ricadono in quest'area principalmente le fasce terrazzate dei fiumi Oglio e Po.

Le aree a classe di fattibilità 3 sono caratterizzate (non necessariamente in contemporanea) da:

- V – Area a rischio idrogeologico per elevata vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero superficiale;
- Isa – Area ad alto rischio idraulico per esondazione del reticolo idrografico secondario;
- Ism – Area a moderato rischio idraulico per esondazione del reticolo idrografico secondario;
- C – Area di cava cessata;
- Gat – Area con depositi superficiali argilloso-torbosi.

Quanto alle opere di mitigazione del rischio eventualmente da realizzare, alle specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto, e ai supplementi di indagine da effettuare per le previsioni urbanistiche ricadenti in classe 3, si rimanda, sempre, nell'elaborato CG2.6 "Norme geologiche di attuazione".

7.2.4. Classe 4 (Rosso) – Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. In tale classe deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Tale classe riguarda soprattutto l'area golenale dei fiumi Oglio e Po. Le aree in classe 4 sono caratterizzate da:

- la – Area di deflusso della piena all'esterno dei centri edificati (Fascia A).

Rientrano in classe 4 anche le aree caratterizzate da falda affiorante.

7.3. Ambiti di trasformazione, di completamento e di rigenerazione

Relativamente alle classi di fattibilità, in Tabella 7-1, è riportato l'elenco degli ambiti di trasformazione e rigenerazione e ne vengono sintetizzate le problematiche geologiche.

In tale tabella, infatti, oltre alla classe di fattibilità, attribuita come illustrato nel capitolo precedente, vengono riassunti gli elementi di pericolosità che hanno determinato l'attribuzione a tale classe. In tabella sono inoltre riportati la pericolosità sismica e la eventuale necessità di caratterizzazioni ambientali preliminari, obbligatorie per la modifica della trasformazione d'uso.

Per le aree la cui destinazione attuale è di tipo industriale o ad allevamento intensivo, nel caso di trasformazione ad area residenziale o verde pubblico, è prescritta una verifica analitica dei terreni e della falda a garanzia del rispetto dei limiti imposti dal D.lgs. 152/2006 (All. 5 al Titolo V – parte quarta). Di tale verifica dovrà esser redatta adeguata relazione ambientale a corredo del Piano Attuativo.

Ambito	Classe di fattibilità	Problematiche idrogeologiche	Pericolosità idraulica	Problematiche geotecniche	Pericolosità sismica		Verifiche ambientali
		S	lcm	Gla	Z2b	Z4a	
ATE 404	2			X	X	X	
ATE 405	2			X	X	X	
ATE 605	2	X	X	X	X	X	
ATE 606	1-2			X	X	X	
ATE 803	2		X	X	X	X	
ATR 301	2			X	X	X	
ATR 304	2			X	X	X	
ATR 501	1				X	X	
ATR 801	2		X		X	X	
ACE 354	2			X	X	X	
ACE 361	2			X	X	X	
ACE 554	2		X	X	X	X	
ACR 151	2			X	X	X	
ACR 152	2			X	X	X	
ACR 252	1				X	X	
ACR 254	2			X	X	X	
ACR 360	2			X	X	X	
ACR 452	2			X	X	X	
ACR 459	2			X	X	X	
ARU 357	2			X	X	X	X
ARU 460	2-4	X		X	X	X	X
ARU 656	1-2	X	X	X	X	X	X
ARU 658	2	X	X	X	X	X	X

TABELLA 7-1 – ELENCO DEGLI AMBITI DI TRASFORMAZIONE, DI COMPLETAMENTO E DI RIGENERAZIONE CON CLASSI DI FATTIBILITÀ E RELATIVE PROBLEMATICHE

Dal punto di vista della pericolosità sismica, tutti i nuovi ambiti, come, del resto, l'intero territorio del Comune di Marcara, risulta suscettibile di amplificazione stratigrafica (Z4a) e non può essere escluso che siano presenti caratteri predisponenti alla liquefazione (Z2b). In ogni caso, lo scenario Z2b deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

Di seguito si riportano nel dettaglio le prescrizioni di carattere geologico relative ai singoli ambiti.

7.3.1. ATE 404

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.2. ATE 405

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.3. ATE 605

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche idrauliche dovute al rischio inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti, da parte del reticolo principale. Per tale motivo la realizzazione ed opere che prevedano la posa di impianti al di sotto della quota del piano campagna attuale andrà valutata in fase di piano d'ambito in base alla valutazione di dettaglio delle caratteristiche morfologiche locali e la conseguente individuazione di specifici accorgimenti che consentano di limitare i disagi provocati da eventuali esondazioni.

L'ambito è interessato anche da problematiche idrogeologiche dovute alla bassa soggiacenza della falda e da problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.4. ATE 606

L'area risulta classificata in gran parte nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.5. ATE 803

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche idrauliche dovute al rischio inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti, da parte del reticolo principale. Per tale motivo la realizzazione ed opere che prevedano la posa di impianti al di sotto della quota del piano campagna attuale andrà valutata in fase di piano d'ambito in base alla valutazione di dettaglio delle caratteristiche morfologiche locali e la conseguente individuazione di specifici accorgimenti che consentano di limitare i disagi provocati da eventuali esondazioni.

L'ambito è interessato anche da problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.6. ATR 301

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.7. ATR 304

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.8. ATR 501

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 1 senza limitazioni all'edificabilità.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.9. ATR 801

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche idrauliche dovute al rischio inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti, da parte del reticolo principale. Per tale motivo la realizzazione ed opere che prevedano la posa di impianti al di sotto della quota del piano campagna attuale andrà valutata in fase di piano d'ambito in base alla valutazione di dettaglio delle caratteristiche morfologiche locali e la conseguente individuazione di specifici accorgimenti che consentano di limitare i disagi provocati da eventuali esondazioni.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.10. ACE 354

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.11. ACE 361

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.12. ACE 554

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche idrauliche dovute al rischio inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti, da parte del reticolo principale. Per tale motivo la realizzazione ed opere che prevedano la posa di impianti al di sotto della quota del piano campagna attuale andrà valutata in fase di piano d'ambito in base alla valutazione di dettaglio delle caratteristiche morfologiche locali e la conseguente individuazione di specifici accorgimenti che consentano di limitare i disagi provocati da eventuali esondazioni.

L'ambito è interessato anche da problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.13. ACR 151

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.14. ACR 152

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.15. ACR 252

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 1 senza limitazioni all'edificabilità.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.16. ACR 254

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.17. ACR 360

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.18. ACR 452

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.19. ACR 459

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.20. ARU 357

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Trattandosi della rigenerazione di un'area industriale, è prescritta una verifica analitica dei terreni e della falda a garanzia del rispetto dei limiti imposti dal D.Lgs. 152/2006 (All. 5 al Titolo V – parte quarta). Di tale verifica dovrà esser redatta adeguata relazione ambientale.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.21. ARU 460

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche idrauliche dovute alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso-argillosi e, per una piccolissima porzione, per problematiche idrogeologiche dovute alla bassa soggiacenza della falda.

Trattandosi della rigenerazione di un'area a destinazione agricola con allevamenti, è prescritta una verifica analitica dei terreni e della falda a garanzia del rispetto dei limiti imposti dal D.Lgs. 152/2006 (All. 5 al Titolo V – parte quarta). Di tale verifica dovrà esser redatta adeguata relazione ambientale.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.22. ARU 656

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche idrauliche dovute al rischio inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti, da parte del reticolo principale. Per tale motivo la realizzazione ed opere che prevedano la posa di impianti al di sotto della quota del piano campagna attuale andrà valutata in fase di piano d'ambito in base alla valutazione di dettaglio delle caratteristiche morfologiche locali e la conseguente individuazione di specifici accorgimenti che consentano di limitare i disagi provocati da eventuali esondazioni.

L'ambito è interessato anche da problematiche idrogeologiche dovute alla bassa soggiacenza della falda e da problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Una piccolissima parte dell'ambito ricade in Classe di fattibilità geologica 1, senza limitazioni.

Trattandosi della rigenerazione di un'area industriale, è prescritta una verifica analitica dei terreni e della falda a garanzia del rispetto dei limiti imposti dal D.Lgs. 152/2006 (All. 5 al Titolo V – parte quarta). Di tale verifica dovrà esser redatta adeguata relazione ambientale.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

7.3.23. ARU 658

L'area risulta classificata nella Classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni all'edificabilità, per problematiche idrauliche dovute al rischio inondazione per piena catastrofica con battenti idrici modesti, da parte del reticolo principale. Per tale motivo la realizzazione ed opere che prevedano la posa di impianti al di sotto della quota del piano campagna attuale andrà valutata in fase di piano d'ambito in base alla valutazione di dettaglio delle caratteristiche morfologiche locali e la conseguente individuazione di specifici accorgimenti che consentano di limitare i disagi provocati da eventuali esondazioni.

Trattandosi della rigenerazione di un'area industriale, è prescritta una verifica analitica dei terreni e della falda a garanzia del rispetto dei limiti imposti dal D.Lgs. 152/2006 (All. 5 al Titolo V – parte quarta). Di tale verifica dovrà esser redatta adeguata relazione ambientale.

L'ambito è interessato anche da problematiche idrogeologiche dovute alla bassa soggiacenza della falda e da problematiche legate alla scarsa capacità geotecnica dei terreni limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le problematiche sismiche lo scenario Z2b (rischio di liquefazione) deve essere analizzato in fase di redazione del Piano Attuativo ai sensi della D.G.R n. 8/1566 del 2005 e s.m.i., con analisi di terzo livello.

