

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI CREMONA
COMUNE DI MADIGNANO



Piano di Governo del Territorio
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA

RELAZIONE GEOLOGICA DI PIANO

INDICE:

1. INTRODUZIONE	Pg 3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	Pg 3
3. CARATTERISTICHE CLIMATICHE	Pg 4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E PEDOLOGICO	Pg 11
5. IDROGRAFIA SUPERFICIALE	Pg 24
6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI	Pg 27
7. SITUAZIONE IDROGEOLOGICA LOCALE	Pg 32
8. BILANCIO IDRICO	Pg 34
9. POZZI IDRICI PUBBLICI E PRIVATI	Pg 36
10. PIEZOMETRIA DELLA FALDA SUPERFICIALE	Pg 37
11. VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE	Pg 38
12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	Pg 41
13. SINTESI DEGLI ELEMENTI VALUTATIVI TERRITORIALI	Pg 41
14. VINCOLI ESISTENTI	Pg 42
15. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO	Pg 61
16. FATTIBILITA' GEOLOGICA	Pg 73

1. INTRODUZIONE

La LR n° 12 del 11-03-2005 "*Legge per il Governo del Territorio*" e la DGR n°8/1566 del 22-12-2005 "*Criteri ed indizi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*" e sue successive modifiche richiedono periodicamente la revisione dello studio geologico già a corredo del vigente PGT comunale.

Per quanto riguarda il Comune di Madignano è stato originariamente redatto dal Dott. Geol. Bassi Giovanni nel marzo 2009 ed approvato con Deliberazione della Giunta Comunale in data 28/12/2009.

Il presente studio, redatto in conformità al disposto normativo sopra richiamato, ha previsto le seguenti fasi:

- Esame critico del precedente studio;
- Analisi dei dati disponibili in bibliografia;
- Analisi della cartografia disponibile;
- Rilievo ed acquisizione dati in sito;
- Analisi dei dati relativi ad indagini geognostiche eseguite sul territorio comunale;
- Sintesi degli elementi ambientali raccolti;
- Definizione della pericolosità sismica locale;
- Attribuzione alle diverse parti di territorio delle classi di fattibilità geologica per le azioni di piano e definizione delle relative prescrizioni geologiche.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio del Comune di Madignano si colloca nell'ambito della media pianura cremonese in posizione adiacente al fiume Serio. Esso si estende su un'area di circa 10,76 Km² confinando a Nord-Est ed Est con il Comune di Izano, a Nord-Ovest ed a Nord con il Comune di Crema, ad Ovest con il Comune di Ripalta Cremasca, a Sud con il Comune di Castelleone ed infine con il Comune di Ripalta Arpina lungo il suo confine meridionale.

La morfologia è pianeggiante, l'elevazione massima (76 m s.l.m.) è situata in corrispondenza dell'estremità settentrionale del territorio comunale, mentre quella minima (64 m s.l.m.) in quella meridionale, al confine con il Comune di Castelleone. Il gradiente topografico ha direzione NW-SE e risulta pari al 3‰.

Da Est verso Ovest l'andamento altimetrico (inizialmente abbastanza regolare) viene interrotto dal rialzo morfologico sul quale è posto il centro abitato di Ripalta Vecchia, per poi degradare repentinamente in corrispondenza della valle fluviale occupata dal fiume Serio.

L'abitato di Madignano si concentra nella parte centro-settentrionale del territorio, con un nucleo abitativo secondario costituito dalla frazione di Ripalta Vecchia (porzione Nord-Ovest del territorio comunale). Nella restante parte sono ubicati esclusivamente centri isolati a bassa densità abitativa.

La maggior concentrazione di attività industriali e produttive si sviluppa lungo l'asse viario dell'ex S.S. n° 145, in corrispondenza sia della periferia Nord del centro abitato di Madignano che verso Sud in località Oriolo, vicino al confine con il Comune di Castelleone.

3. CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Le principali fonti di dati relative al clima, relativamente al territorio del Comune di Madignano e zone limitrofe sono:

- Dati delle stazioni termo-pluviometriche di Cremona nel periodo 1985-1994 e di Milano nel periodo 1985-1991;
- Serie di precipitazioni giornaliere riferite alla rete meteo ARPA per il periodo 1997-2007, relativamente alla stazione meteorologica di Rivolta d'Adda;
- Coefficienti pluviometrici relativi al territorio del Comune di Madignano, disponibili sul sito Internet dell'Arpa e così riassumibili:

- Piovosità media per località: 1026 mm/anno;
- Coefficienti pluviometrici:
 - A1 – Coefficiente pluviometrico orario: 27.54
 - N – Coefficiente di scala: 0.2807
 - GEV – Parametro alpha: 0.2797
 - GEV – Parametro kappa: -0.0521
 - GEV – Parametro epsilon: 0.8231

I dati disponibili possono essere riassunti come nelle tabelle che seguono:

- Precipitazioni medie mensili (Cremona);

Anno	Millimetri
1985	790
1986	635
1987	786
1988	633
1989	508
1990	805
1991	714
1992	800
1993	775
1994	956

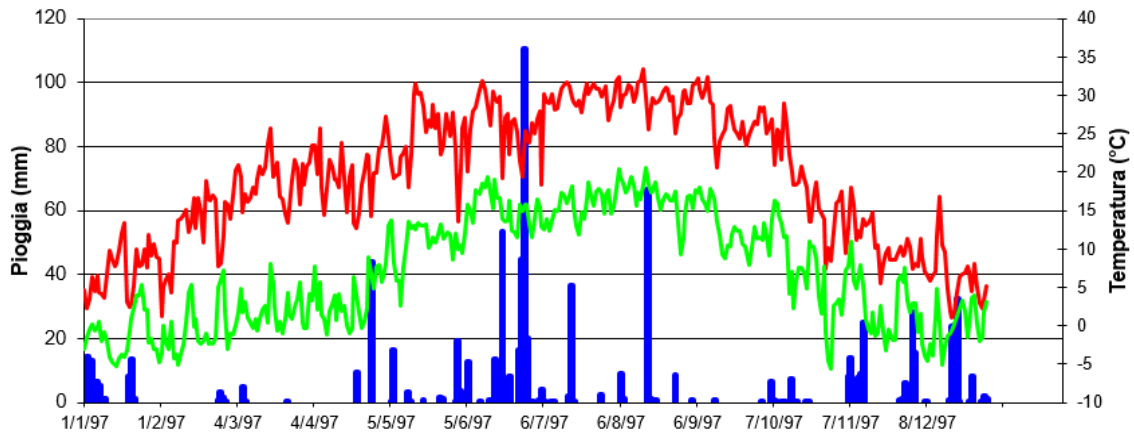
- Temperature medie mensili (Cremona);

Anno	Temperatura (°C)		
	Massima	Minima	Media
1985	32.5	-16	12
1986	31.5	-6.5	13.3
1987	33	-11	12.9
1988	33.6	-5	13.8
1989	32	-4	12.5
1990	32.5	-5	13.5
1991	32	-11	12.9
1992	33.2	-4.5	13.8
1993	32.5	-6	13
1994	36.2	-4.4	14.3

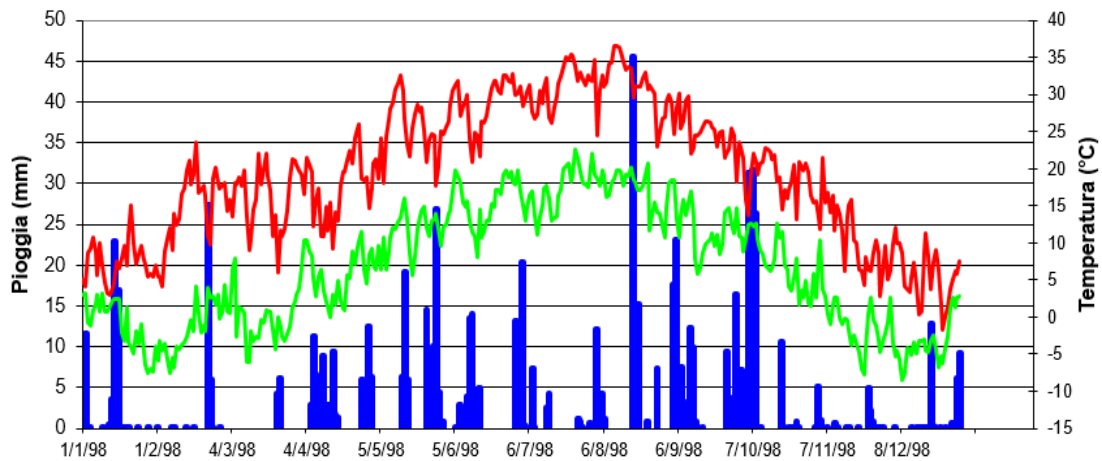
- Direzione e velocità del vento (Milano)

Anno	Percentuale su totale annuo							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1985	4	5	17	17	9	30	9	7
1986	22	7	13	13	12	17	8	8
1987	26	13	13	12	14	10	7	5
1988	29	10	16	13	13	9	6	3
1989	21	13	15	15	18	11	4	3
1990	16	10	13	16	17	15	4	9
1991	17	10	15	19	17	11	5	7

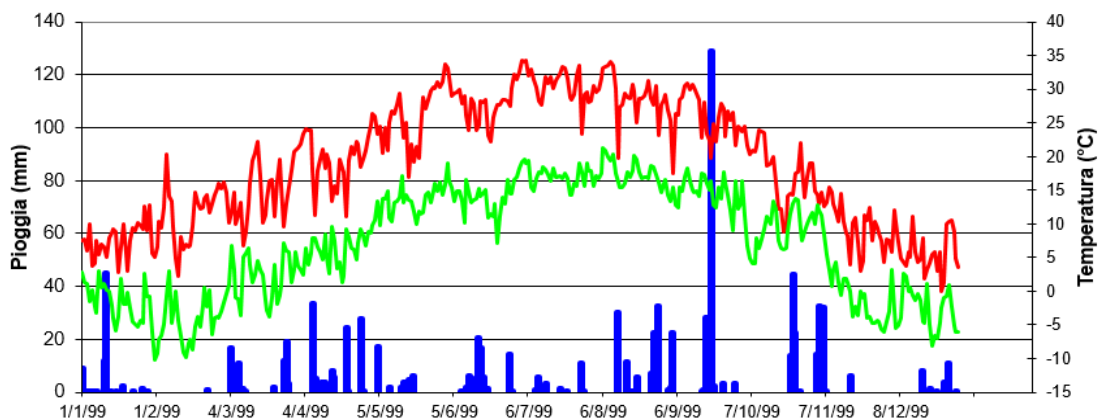
Precipitazioni giornaliere riferite alla rete meteo ARPA:



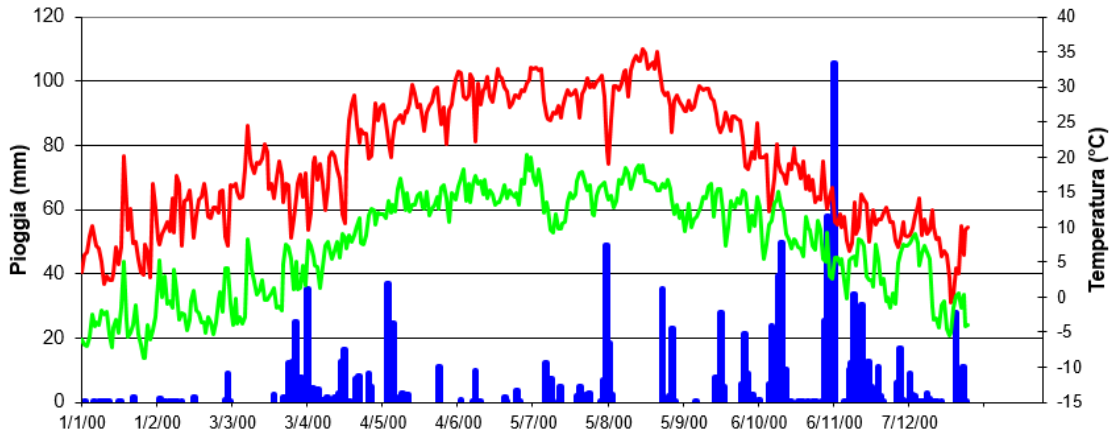
Precipitazioni giornaliere anno 1997



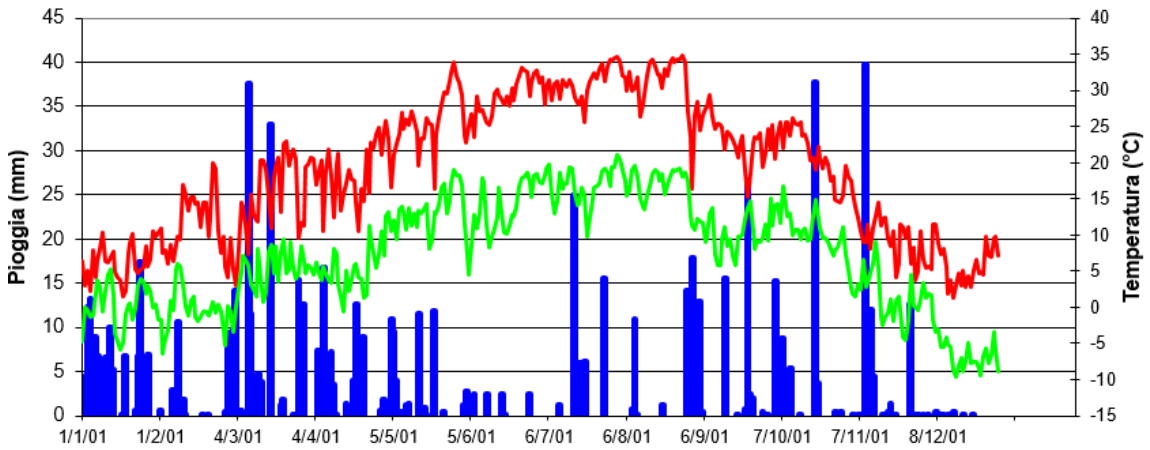
Precipitazioni giornaliere anno 1998



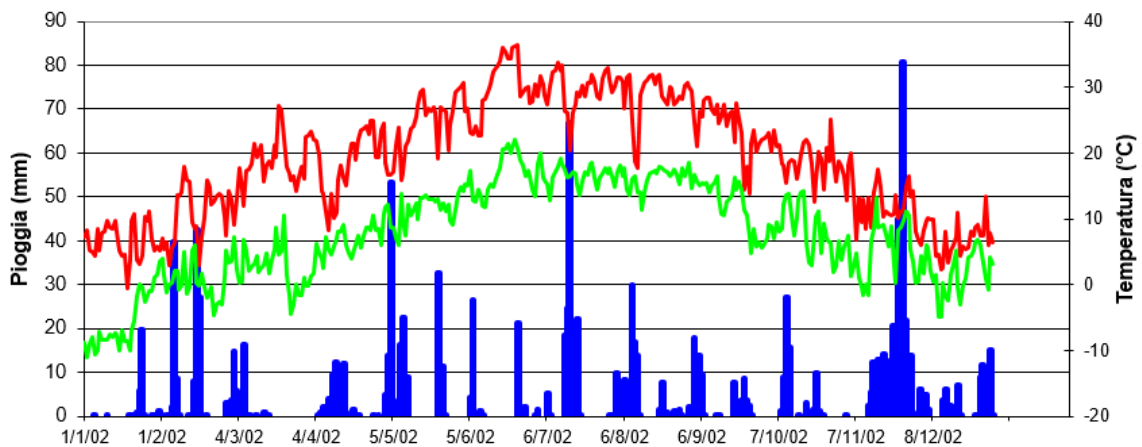
Precipitazioni giornaliere anno 1999



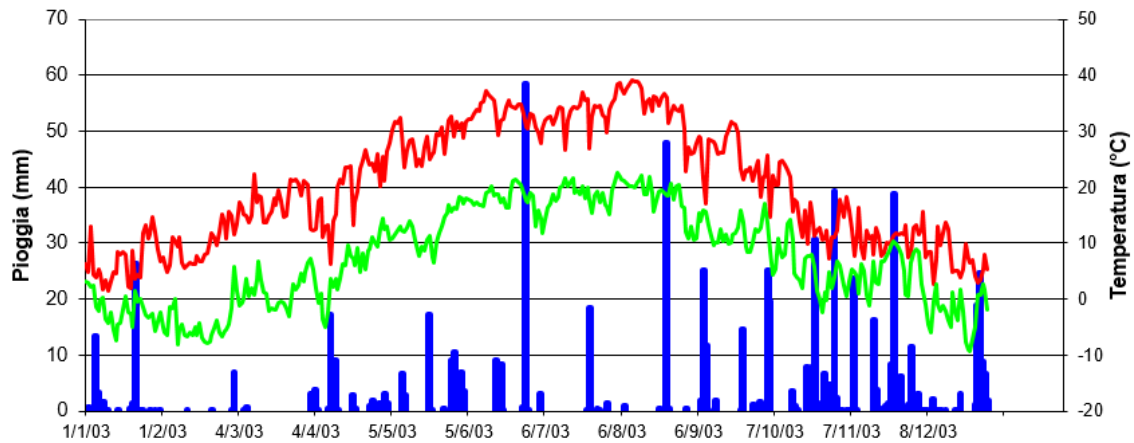
Precipitazioni giornaliere anno 2000



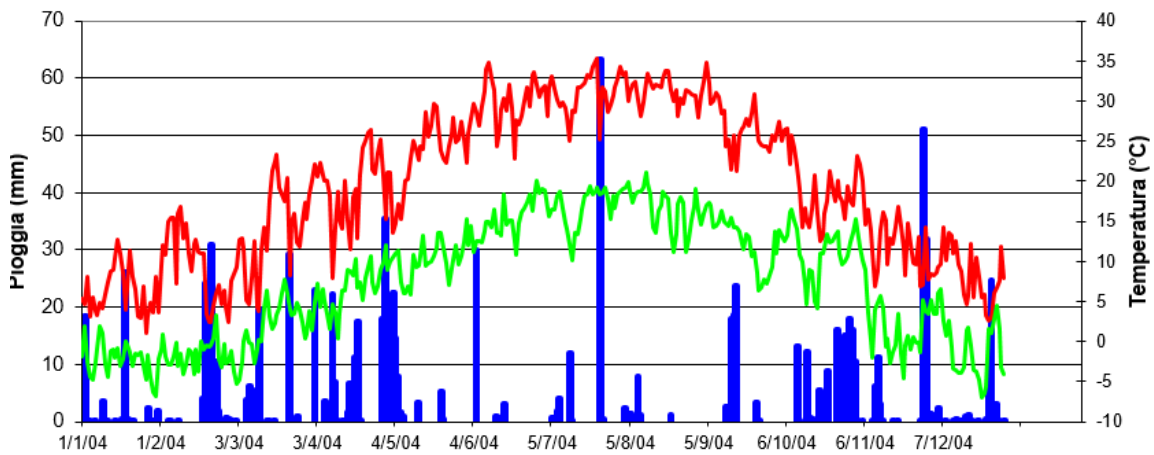
Precipitazioni giornaliere anno 2001



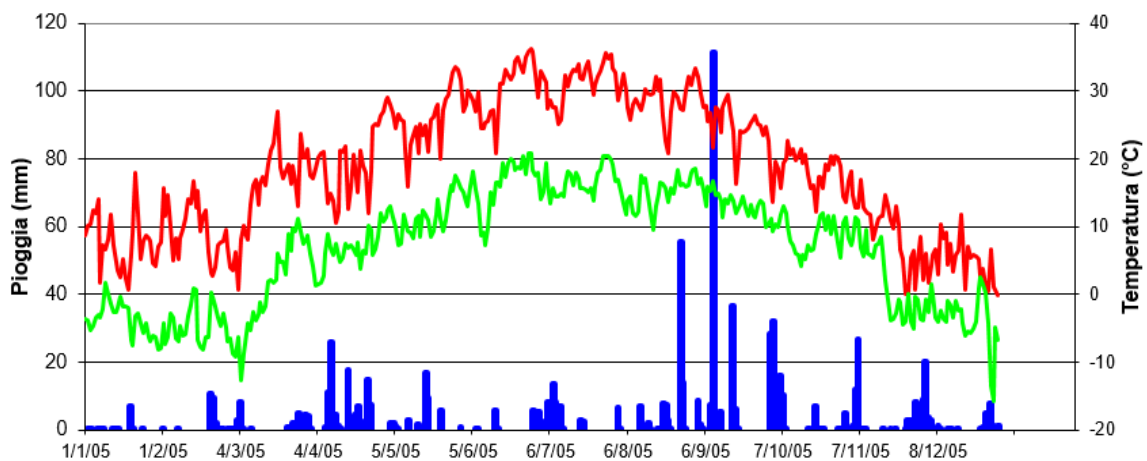
Precipitazioni giornaliere anno 2002



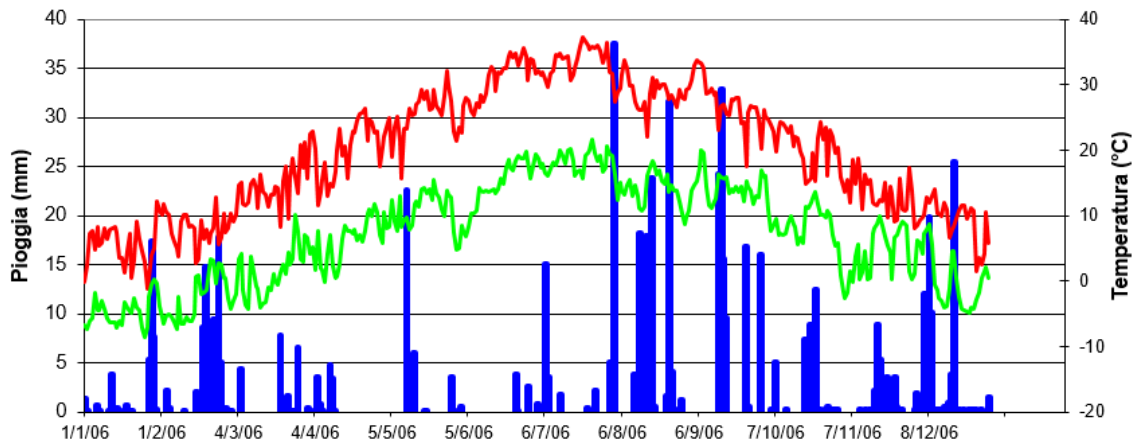
Precipitazioni giornaliere anno 2003



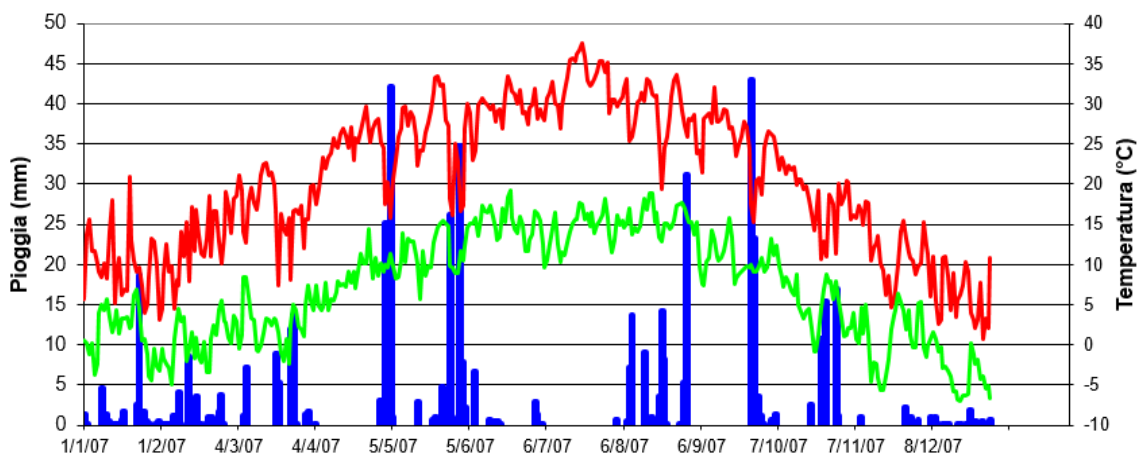
Precipitazioni giornaliere anno 2004



Precipitazioni giornaliere anno 2005



Precipitazioni giornaliere anno 2006



Precipitazioni giornaliere anno 2007

L'analisi delle varie serie di dati sopra elencate porta ad esprimere le seguenti conclusioni:

- Le precipitazioni manifestano la distribuzione tipica della Pianura Padana, con due massimi pluviometrici in autunno ed in primavera e con precipitazioni modeste nella stagione estiva ad esclusione del massimo relativo del mese di agosto;
- In generale le precipitazioni sono di intensità relativamente modesta, soprattutto se confrontate con i valori dell'evapotraspirazione potenziale (calcolati con la metodologia proposta da Thornthwaite), che rappresentano le quantità di umidità del suolo sia in forma di acqua evaporata dal terreno che d'acqua traspirata dalla vegetazione e/o dalle colture agrarie. A questo proposito, le quantità di acqua persa per evapotraspirazione raggiungono valori molto elevati nella stagione estiva, proprio quando le piogge sono di minima quantità;

- Per quanto riguarda le temperature dell'aria il valore medio annuale è pari a 13,9 °C con il valore minimo corrispondente al mese di gennaio e quello massimo al mese di luglio;
- Per quanto riguarda i venti, la zona in argomento è caratterizzata da correnti prevalentemente di bassa intensità (inferiore a 2 m/s per il 90% del tempo) con lunghi periodi di calma. La direzione dei venti prevalenti è da Ovest-Nordovest ed Est-Sudest. In particolare, durante la stagione invernale sono prevalenti i venti da Ovest mentre in estate ed autunno quelli da Est.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E PEDOLOGICO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un punto di vista geologico, l'area si inquadra nel contesto della "media pianura idromorfa", caratterizzata dalla presenza di unità alluvionali sabbioso-ghiaiose (anche se notevolmente variabili da zona a zona, come sarà illustrato in dettaglio nel seguito), a grado di idromorfia (intendendo con questo termine la interazione dei litotipi con le acque superficiali e/o di falda e le trasformazioni ed alterazioni che ne conseguono) da medio ad elevato.

UNITÀ GEOLOGICHE PRINCIPALI

Secondo quanto riportato dalle Note Illustrative del Foglio n° 46 "Treviglio" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, il territorio comunale può essere suddiviso in due "domini" geologici principali (vedasi anche Tavola n°1, in allegato):

DEPOSITI FLUVIOGLACIALI

Sono costituiti da terreni (principalmente localizzati ad Est dell'allineamento Nord-Sud che passa in corrispondenza della carrozzabile che da Crema va a Ripalta Arpina passando per Ripalta Vecchia ed il Santuario in località Marzale) appartenenti all'Unità litostratigrafica denominata "*Diluvium Recente Auct.*" e che comprende depositi di natura ghiaioso - sabbioso -argillosa costituenti il livello principale della pianura, di età pleistocenica. Tali depositi mostrano una variabilità litologica notevole, passando da termini più francamente

ghiaioso-sabbiosi nella parte settentrionale della provincia di Cremona a termini argilloso - sabbiosi nelle porzioni più meridionali. La distribuzione topografica dei singoli litotipi è quella di una serie di corpi a forma grosso modo lenticolare e dimensioni estremamente variabili, che danno luogo a variazioni litologiche anche repentine. Nel comune di Madignano tale unità è principalmente rappresentata da sabbie più o meno ghiaiose, a cui si accompagnano di frequente lenticelle metriche di terreni fini ("torbe") caratterizzate da granulometria decisamente inferiore e caratteristiche geotecniche scadenti.

DEPOSITI FLUVIALI

Nella porzione più occidentale del territorio comunale sono presenti due unità litologiche geneticamente legate ai corsi d'acqua principali (nella fattispecie il fiume Serio):

Alluvioni recenti

Sotto questa denominazione sono raggruppati i terreni solo occasionalmente interessati da fenomeni di esondazione del fiume, in concomitanza con eventi di piena eccezionali. Da un punto di vista litologico si tratta di depositi prevalentemente ghiaioso – sabbiosi, a grado di evoluzione (inteso come alterazione dei litotipi originari) genericamente molto basso. Anche in questo caso, come nell'unità fluvioglaciale di cui sopra si è parlato, possono darsi frequentemente repentine variazioni litologiche, geneticamente legate a strutture fluviali relitte (paleoalvei, meandri abbandonati, etc...).

Alluvioni attuali

Tali terreni costituiscono le parti più prossime al corso attuale del fiume Serio. Anche se litologicamente simili all'unità precedente (sabbie ghiaiose e ghiaie s.s.), se ne differenziano per il fatto di essere interessate frequentemente da fenomeni di esondazione (con formazione di zone di erosione e/o di deposizione fluviale attive) e per un grado di evoluzione litologica ancora minore (scarsa presenza od assenza di suoli di alterazione superficiale, ridotta o nulla trasformazione dei litotipi originari).

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico del territorio comunale di Madignano è il risultato sia degli eventi glaciali e fluvioglaciali di età quaternaria che di quelli tipicamente alluvionali di età molto più recente, legati alle divagazioni del fiume Serio.

Possiamo pertanto individuare:

- Delle zone di "alto" geomorfologico, legate agli eventi glaciali e fluvioglaciali che hanno interessato tutto l'areale padano in età quaternaria. Esse occupano una ristretta fascia ad andamento Nord-Sud sul quale è impostato l'abitato di Ripalta Vecchia e la strada di collegamento tra detta località ed il comune di Ripalta Arpina e sul quale è presente il santuario del Marzale (FERRARI, 2022). Tali terreni riaffiorano poi nella porzione più occidentale del territorio comunale (sempre con andamento grosso modo Nord-Sud), lungo l'asse viario dell'ex SS 415 in località Oriolo.

In tutte e due i casi il passaggio è caratterizzato da evidenti scarpate morfologiche, in alcuni punti con dislivelli anche di diversi metri e caratterizzate da una notevole continuità strutturale.

- Una zona relativamente più ribassata in posizione grosso modo centrale all'interno del territorio comunale, occupata dalla valle fluviale relitta del c.d. "Serio Morto" (FERRARI, 2022), entro cui il fiume scorreva fino all'età medievale. Tale area è caratterizzata da un andamento morfologico ed altimetrico relativamente uniforme;

- Una zona occidentale occupata dall'alveo del fiume Serio attuale, caratterizzata da un livello piano altimetrico decisamente ribassato rispetto al resto del territorio e ad andamento marcatamente Nord-Sud.

INQUADRAMENTO PEDOLOGICO

Da un punto di vista pedologico, secondo quanto pubblicato da ERSAL (*"I suoli del cremasco"*, 2002) il territorio del Comune di Madignano può essere suddiviso nelle seguenti unità fisiografiche:

- **LQ:** Porzione centrale della pianura con inclusi elementi di idromorfia, riconducibili all'emergenza delle risorgive e/o alla presenza di una falda sub-superficiale caratterizzata da variabile presenza di scheletro nel suolo e da pietrosità in superficie ("media pianura idromorfa");
- **LF:** Porzione meridionale della pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili, per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme. È costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo ("bassa pianura sabbiosa");
- **V-VT:** Valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili rappresentanti il reticolo idrografico olocenico. Occupano superfici terrazzate, costituite da "alluvioni antiche e medie", delimitate da scarpate d'erosione e variamente rilevate rispetto alle pianure alluvionali (Olocene antico).
- **VA:** Pianure alluvionali inondabili con dinamiche prevalentemente deposizionali, costituite da sedimenti recenti ed attuali;

A livello di maggior dettaglio, sempre secondo la pubblicazione (*ERSAL, 2002*, cit.) di riferimento possiamo individuare le seguenti unità cartografiche.

SISTEMA LQ

- **Unità LQ4:** Superfici modali stabili meglio conservate con morfologia sub-pianeggiante ed ondulata, dotate di drenaggio da mediocre o buono.
 - **Sottounità LQ4.1:** Si tratta di aree stabili, interessate da fenomeni idromorfici di lieve intensità a carico degli orizzonti profondi o molto profondi.
 - **Unità cartografica 20-BCU1:** suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura moderatamente fine, reazione sub-alcalina in superficie ed

alcalina in profondità, saturazione alta, moderatamente calcarei in superficie e molto calcarei in profondità, drenaggio da medio a lento.

Classificazione USDA: AQUIC HAPLUSTALFS FINE SILTY, MIXED, MESIC.

Capacità d'uso dei suoli: II ws (causa tessitura orizzonte superficiale, drenaggio).

Attitudine allo spandimento dei liquami: moderatamente adatti (causa falda).

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: moderatamente adatti (causa falda).

Capacità qualitativa delle acque profonde: elevata.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: moderata.

Valore naturalistico: basso.

SISTEMA LF

- **Unità LF2:** superficie modale stabile pianeggiante o lievemente ondulata, intermedia tra le aree più rialzate (dossi) e quelle depresse (conche e paleoalvei).
 - **Sottounità LF1.1:** aree ondulate o subpianeggianti di forma generalmente allungata, lievemente rialzate e con tracce di erosione idrica superficiale. Comprendono aree rialzate di alcuni metri rispetto al livello fondamentale della pianura, delimitate a tratti da scarpate erosive.
 - **Unità cartografica 25-TCS1:** suoli molto profondi, a scheletro assente, tessitura media, reazione subacida in superficie e subalcalina in profondità, saturazione in superficie ed alta in profondità, non calcarei, drenaggio buono.
Classificazione USDA: TYPIC HAPLUSTALFS FINE SILTY, MIXED, MESIC.
Classe di capacità d'uso: I.
Attitudine allo spandimento dei liquami: adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: moderatamente adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: moderata.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso

- **Unità cartografica 26-GLZ1:** suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura media, reazione subacida, saturazione bassa, non calcarei, drenaggio buono.

Classificazione USDA: ULTIC HAPLUSTALFS FINE, LOAMY, SILTY, MIXED, MESIC.

Classe di capacità d'uso: II s.

Attitudine allo spandimento dei liquami: adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: moderatamente adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: moderata.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

- **Unità cartografica 27-GMO2:** suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura moderatamente grossolana. Reazione neutra in superficie e subalcalina in profondità, saturazione alta, non calcarei, drenaggio buono.

Classificazione USDA: TYPIC HAPLUSTALFS COARSE, LOAMY, SILTY, MIXED, MESIC.

Classe di capacità d'uso: II s.

Attitudine allo spandimento dei liquami: poco adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: non adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: moderata.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

- **Unità LF3:** Depressioni di forma subcircolare a drenaggio mediocre o lento, con problemi di smaltimento esterno delle acque, talora con evidenze di fossi scolanti e baulature dei campi.
 - **Sottounità LF 3.1:** superfici pianeggianti lievemente depresse rispetto alle circostanti, caratterizzate da un fitto reticolo idrografico e da una marcata idromorfia per falda in prossimità del piano di campagna, costituite da depositi di granulometria varia.
 - **Unità cartografica 29 GLR 1:** suoli da moderatamente profondi a profondi delimitati da falda o gley, scheletro da assente a scarso, tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, reazione subalcalina, saturazione alta, non calcarei, drenaggio lento. Classificazione USDA: AQUIC HAPLUSTALFS FINE, LOAMY, MIXED, MESIC.
Classe di capacità d'uso: III w.
Attitudine allo spandimento dei liquami: poco adatti.
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: non adatti.
Capacità qualitativa delle acque profonde: bassa.
Capacità qualitativa delle acque superficiali: moderata.
Valore naturalistico: basso.

- **Unità LF5:** superfici limitrofe ai principali solchi vallivi, poco ribassate rispetto alla pianura, penetrate da antiche divagazioni di corsi d'acqua, delimitate da orli di terrazzo discontinui o raccordate alla superficie modale, talora dotate di pendenze molto basse.
 - **Sottounità LF5.1:** superfici per lo più sub pianeggianti, poste al margine del livello fondamentale della pianura in posizione altimetrica ribassata, non delimitate da dislivelli evidenti, con substrato sabbioso liberamente drenante.
 - **Unità cartografica 31-TDO 1:** suoli profondi, scheletro da scarso a frequente, tessitura da moderatamente grossolana a grossolana,

reazione subacida in superficie e neutra in profondità, saturazione alta, calcarei, drenaggio buono.

Classificazione USDA: TYPIC HAPLUSTALFS COARSE, LOAMY, MIXED, MESIC.

Classe di capacità d'uso: II s.

Attitudine allo spandimento dei liquami: moderatamente adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: non adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: bassa.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

SISTEMA V-VT

- **Unità VT1:** terrazzi fluviali stabili, delimitati da scarpate erosive evidenti a morfologia pianeggiante ed ondulata, comprendenti antiche linee di drenaggio (paleoalvei) lievemente ribassate ed affrancate dall'idrografia.
 - **Sottounità VT 1.1:** superfici stabili pianeggianti e lievemente ondulate, interessate da un reticolo superficiale non attivo, ma che dà luogo a modesti deflussi occasionali con substrati sabbiosi, sabbioso-limosi, ghiaiosi.
 - **Unità cartografica 32-PAO 1:** suoli moderatamente profondi, limitati da substrato scheletrico, scheletro assente, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione alcalina, saturazione alta, calcarei, drenaggio buono.
Classificazione USDA: AQUIC HAPLUSTALFS FINE, LOAMY OVER SANDY-SKELETAL, MIXED, MESIC.
Classe di capacità d'uso: II s.
Attitudine allo spandimento dei liquami: moderatamente adatti.
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: moderatamente adatti.
Capacità qualitativa delle acque profonde: moderata.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

- **Unità cartografica 35-ISG 2:** suoli moderatamente profondi, limitati da substrato sabbioso o scheletrico, scheletro da comune ad abbondante, tessitura da media a grossolana, reazione subalcalina, saturazione alta, calcarei, drenaggio buono.

Classificazione USDA: AQUIC HAPLUSTALFS FINE, LOAMY OVER SANDY-SKELETAL, MIXED, MESIC.

Classe di capacità d'uso: II s.

Attitudine allo spandimento dei liquami: moderatamente adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: moderatamente adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: moderata.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

- **Unità VT4:** superfici variamente inclinate corrispondenti alle scarpate erosive che delimitano i solchi vallivi (terrazzi fluviali), sovente modellati dall'intervento antropico. Comprendono le vallecole dei corsi d'acqua minori (anche a carattere torrentizio) che formano incisioni a fondo acuto, nell'ambito dei rilievi morenici, dei terrazzi antichi e del livello fondamentale della pianura in corrispondenza dei livelli morfo altimetrici più consistenti.

- **Sottounità VT 4.1:** superfici moderatamente acclivi appartenenti alle incisioni torrentizie a fondo acuto del livello fondamentale della pianura, tributari e della valle dell'Adda.

- **Unità cartografica 38-GBA 1:** Suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura da moderatamente grossolana a grossolana, reazione da subalcalina ad alcalina, saturazione alta, scarsamente calcarei, drenaggio moderatamente rapido.

Classe di capacità d'uso: II s.

Attitudine allo spandimento dei liquami: poco adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: non adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: bassa.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

SISTEMA VA

- **Unità VA 8:** superfici sub pianeggianti corrispondenti alle pianure alluvionali delle valli più incise, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui sono generalmente separate da gradini morfologici. Appartengono a tratti medio-alti dei fiumi dove dominano pattern intrecciati, rettilinei e sinuosi.
 - **Sottounità VA 8.1:** aree stabili, talora idromorfe, ubicate alle maggiori quote rispetto all'asta fluviale. Comprendono le zone di maggior quota altimetrica della valle del Serio Morto.
 - **Unità cartografica 39-RTA 1:** suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura da moderatamente fine a media. Reazione subalcalina in superficie ed alcalina in profondità. Saturazione alta, molto calcarei, drenaggio mediocre.
Classificazione USDA: FLUVENTIC USTORECHPTS, FINE SILTY MIXED, MESIC.
Classe di capacità d'uso: II ws.
Attitudine allo spandimento dei liquami: moderatamente adatti.
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: adatti.
Capacità qualitativa delle acque profonde: elevata.
Capacità qualitativa delle acque superficiali: moderato.
Valore naturalistico: basso.

- **Unità cartografica 40- RTAI-FLN 1**

Complesso di:

Suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura da moderatamente fine a media, reazione subalcalina in superficie ed alcalina in profondità, saturazione alta, molto calcarei, drenaggio mediocre.

Suoli da moderatamente profondi limitati da falda o gley, scheletro da assente a scarso, tessitura da media a grossolana, reazione subalcalina, saturazione alta, scarsamente calcarei, drenaggio lento.

Classificazione USDA: FLUVENTIC USTORECHPTS, FINE SILTY MIXED, MESIC & AQUIC USTIFLUVENT, COARSE, LOAMY MIXED (CALCAREOUS), MESIC.

Classe di capacità d'uso: II ws - IIIw.

Attitudine allo spandimento dei liquami: adatti – poco adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: adatti – poco adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: elevata - bassa.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: moderata.

Valore naturalistico: basso.

- **Sottounità VA 8.2:** aree altamente stabili, non od eccezionalmente inondabili con evidenze di rimaneggiamento fluviale, talora con idromorfia.

- **Unità cartografica 44 CFN 1:** suoli moderatamente profondi, limitati da substrato sabbioso, scheletro comune, tessitura da media a grossolana, reazione alcalina, saturazione alta, moderatamente calcarei in superficie e calcarei in profondità, drenaggio buono.

Classificazione USDA: TYPIC HAPLUSTALFS FINE, LOAMY OVER SANDY, MIXED, MESIC.

Classe di capacità d'uso: II s.

Attitudine allo spandimento dei liquami: adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: moderatamente adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: moderata.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

- **Sottounità VA 8.3:** aree a moderato rischio d'inondazione ed idromorfia evidente, poco rilevate rispetto a letto fluviale ed alle aree ad esso limitrofe. Comprende anche le parti idromorfe della piana del Serio Morto.

- **Unità cartografica 46 FLN 1:** suoli da moderatamente profondi a profondi, limitati da falda o gley, scheletro da assente a scarso, tessitura da media a grossolana, reazione subalcalina, saturazione alta, scarsamente calcarei, drenaggio lento.

Classificazione USDA: AQUIC USTIFLUVENTS, COARSE-LOAMY, MIXED (CALCAREOUS), MESIC.

Classe di capacità d'uso: III w.

Attitudine allo spandimento dei liquami: poco adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: poco adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: bassa.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: moderata.

Valore naturalistico: basso.

- **Unità cartografica 48 CFC 1- ERI 3:** complesso di:
suoli molto profondi, scheletro da assente a comune, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione subalcalina in superficie ed alcalina in profondità, drenaggio buono
suoli sottili limitati da substrato scheletrico, scheletro abbondante, tessitura grossolana, reazione subalcalina in superficie ed alcalina in profondità, saturazione alta, moderatamente calcarei, drenaggio da rapito a moderatamente rapido.

Classificazione USDA: FLUVENTIC USTORECHPTS, COARSE-LOAMY, MIXED, MESIC & TYPIC USTORTHENTS SANDY-SKELETAL, MIXED MESIC.

Classe di capacità d'uso: II w – IV s.

Attitudine allo spandimento dei liquami: moderatamente adatti.

Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione: moderatamente adatti – non adatti.

Capacità qualitativa delle acque profonde: moderatamente bassa.

Capacità qualitativa delle acque superficiali: elevata.

Valore naturalistico: basso.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico il territorio del comune di Madignano è conseguente all'evoluzione geologica dello stesso, come più sopra delineata.

Abbiamo pertanto un complesso di terrazzi geomorfologici nella porzione centrale, legati al sistema di paleo-alveo del Serio Morto e che si innalzano generalmente di poco rispetto all'andamento medio del piano di campagna. Tale sistema risulta confinato ad Est dal tracciato dell'ex SS591 e ad Ovest dalla carrozzabile che da Ripalta Vecchia porta verso Nord a Crema e verso Sud a Ripalta Arpina, passando per il Santuario del Marzale.

Sovrapposto parzialmente a questo abbiamo il lineamento morfologico più recente, legato al corso attuale del fiume Serio, dove il dislivello topografico diventa ben più apprezzabile (raggiungendo mediamente 5 ÷ 6 metri dalla quota della strada). Tale elemento si sviluppa senza soluzione di continuità lungo il confine occidentale del territorio comunale.

Gli elementi riportati nella tavola 1 sono stati desunti dalla letteratura (Studio geologico di PGT previgente, PTCP della Provincia di Cremona, basi dati vettoriale della Regione Lombardia) e successivamente verificati sul terreno.

5. IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il comune di Madignano (come accade frequentemente nella pianura padana) è interessato dalla presenza di una diffusa rete idrografica, costituita da corsi d'acqua sia di origine naturale sia artificiale e che ha subito in alcuni casi importanti modifiche e variazioni, le quali ne hanno modificato pesantemente l'andamento e l'assetto plano altimetrico.

I corsi d'acqua principali presenti sul territorio comunale sono i seguenti:

- Fiume Serio
- Roggia Serio Morto
- Roggia Pallavicina
- Roggia Babbiona
- Roggia Borromea
- Roggia Archetta
- Scolo Traversino – Fosso Fuga
- Roggia Boccaletto
- Scolo Pomida

Di questi solo il fiume Serio presenta una qualche caratteristica di naturalità, essendo comunque stato dotato in fasi successive di un notevole apparato di difese arginali che ne hanno sostanzialmente stabilizzato l'alveo e dal quale fuoriesce solo in occasione di piene aventi frequenza variabile. La rappresentazione delle aree esondabili (riportate graficamente nella tavola 7) è stata predisposta dalla competente Autorità di Bacino ed in pratica interessa un'area completamente priva di insediamenti antropici ed attività produttive, se si fa eccezione per un piccolissimo areale a Nord dell'abitato di Ripalta Vecchia dove alcuni edifici sono stati realizzati all'interno della fascia fluviale B e quindi potenzialmente soggetti a fenomeni alluvionali.

Per il resto si tratta di corsi d'acqua di prevalente origine antropica e/o regolati a monte (in alcuni casi di notevole antichità – vedasi DONATI DE' CONTI, 1873; FERRARI, 2022) e che quindi non presentano alcuna criticità idraulica rilevante.

Per una descrizione dettagliata dei corsi d'acqua sopra elencati si rimanda allo Studio per la definizione del reticolo idrico minore predisposto dal comune di Madignano od alla copiosa letteratura disponibile (BASSI, 1983 LE ACQUE DI SUPERFICIE DELLA PROVINCIA DI CREMONA, DONATI DE' CONTI 1873, PROVINCIA DI CREMONA 2023 - ATLANTE AMBIENTALE).

AREE ESONDABILI

Una perimetrazione del rischio di esondabilità è stata operata, facendo seguito a quanto disposto dalla legge sulla difesa del suolo (Legge n° 183 del 18 maggio 1989 "*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*") da parte dell'Autorità di Bacino del fiume Po anche per quanto riguarda il fiume Serio e più nello specifico per il territorio in esame. Pertanto, nel presente studio, si è utilizzata tale zonazione "di primo approccio", verificandola sul terreno principalmente sulla base di criteri geomorfologici (presenza di arginature o dislivelli topografici derivanti da terrazzi morfologici, comparazione delle quote topografiche). Il risultato è riportato nella tavola n°3.

Tale perimetrazione individua tre "fasce fluviali" (A, B e C) a suscettibilità idraulica progressivamente decrescente, entro le quali si è ritenuto di dover regolamentare sia le destinazioni d'uso del territorio che il tipo di interventi ammissibili. Essa è stata realizzata tramite la simulazione di "idrogrammi sintetici di piena" su cui non ci si sofferma in questa sede, ma che sono ampiamente illustrati nella letteratura specializzata (vedi ad. es. MAIONE e BRATH, 1998).

Quello che è significativo in questa sede sono i "valori di soglia" utilizzati per tale delimitazione e precisamente:

- **Fascia fluviale A:** area potenzialmente esondabile in caso di piena ordinaria. Tempo di ritorno pari a 10 anni.
- **Fascia fluviale B:** area potenzialmente esondabile nel caso di piena eccezionale. Tempo di ritorno pari a 200 anni.
- **Fascia fluviale C:** area potenzialmente esondabile nel caso di piena catastrofica (assunta con un tempo di ritorno pari o superiore a 500 anni).

Per ulteriori particolari sulle modalità di perimetrazione delle fasce fluviali si rimanda alla documentazione tecnica riportata sul sito istituzionale dell’Autorità di Bacino.

La perimetrazione viene aggiornata periodicamente dall’Autorità di Bacino stessa e le relative cartografie aggiornate sul sito istituzionale.

La cartografia dell’attuale perimetrazione vigente è stata trasposta graficamente nella tavola n° 7, allegata al presente studio.

Tali fasce, come detto in precedenza, comportano una serie di limitazioni d’uso, qui di seguito sommariamente descritte.

Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

Nella Fascia A viene perseguito 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.

Fascia di esondazione (Fascia B)

Nella Fascia B viene perseguito l’obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell’invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione ed al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

Nella Fascia C il Piano persegue l’obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria (da parte delle Regioni o delle Province territorialmente competenti) di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni emanate dall’Autorità di Bacino.

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI

È noto come la Pianura Padana sia particolarmente ricca di acque (sia superficiali che sotterranee) utilizzate a vario titolo fin dai tempi più remoti.

È altrettanto noto come la consistente produzione agricola (che ne fa il maggior distretto agro-zootecnico a livello nazionale) sia vincolata in modo imprescindibile alla disponibilità di risorsa idrica per uso irriguo e zootecnico, così come gli agglomerati urbani e quelli industriali richiedono acqua per gli usi potabili e produttivi.

Gran parte di tale fabbisogno viene derivato dal sottosuolo tramite perforazioni, che in alcuni casi arrivano a diverse centinaia di metri e che vanno ad interessare una serie di "acquiferi" tra di loro variamente sovrapposti.

In particolare, in questa sede verrà illustrata in dettaglio la struttura idrogeologica della Provincia di Cremona che tuttavia non può essere considerata isolatamente rispetto ai territori circostanti.

Tale area risulta inoltre particolarmente interessante in quanto è stata oggetto, in tempi relativamente recenti, di uno studio promosso dalla amministrazione Provinciale, volto a stabilirne un «modello» ed un conseguente "regolamento" di gestione, per un suo uso sostenibile a medio-lungo termine.

Sulla base dei dati relativi a parecchie migliaia di pozzi e perforazioni di cui si dispone, possiamo suddividere il sottosuolo in una serie di acquiferi, tra di loro separati da orizzonti meno permeabili. Tali acquiferi hanno spessori e potenzialità tra loro molto diverse e subiscono un'analogia variazione anche in senso areale.

Possiamo pertanto individuare:

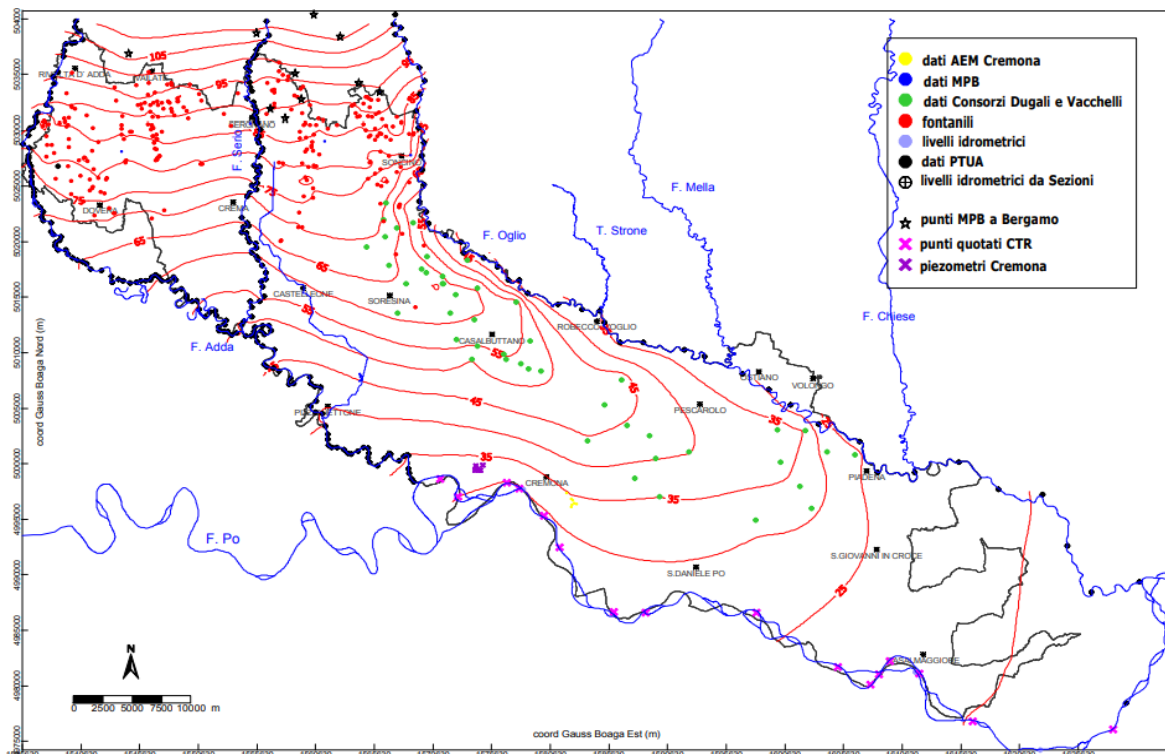
- Un acquifero superficiale (c.d. "prima falda");
- Un acquifero intermedio;
- Un acquifero profondo.

La quota alla quale sono presenti acque salmastre si aggira attorno ai 500 metri e costituisce il limite idrogeologico entro il quale è possibile reperire acque adatte per il consumo umano.

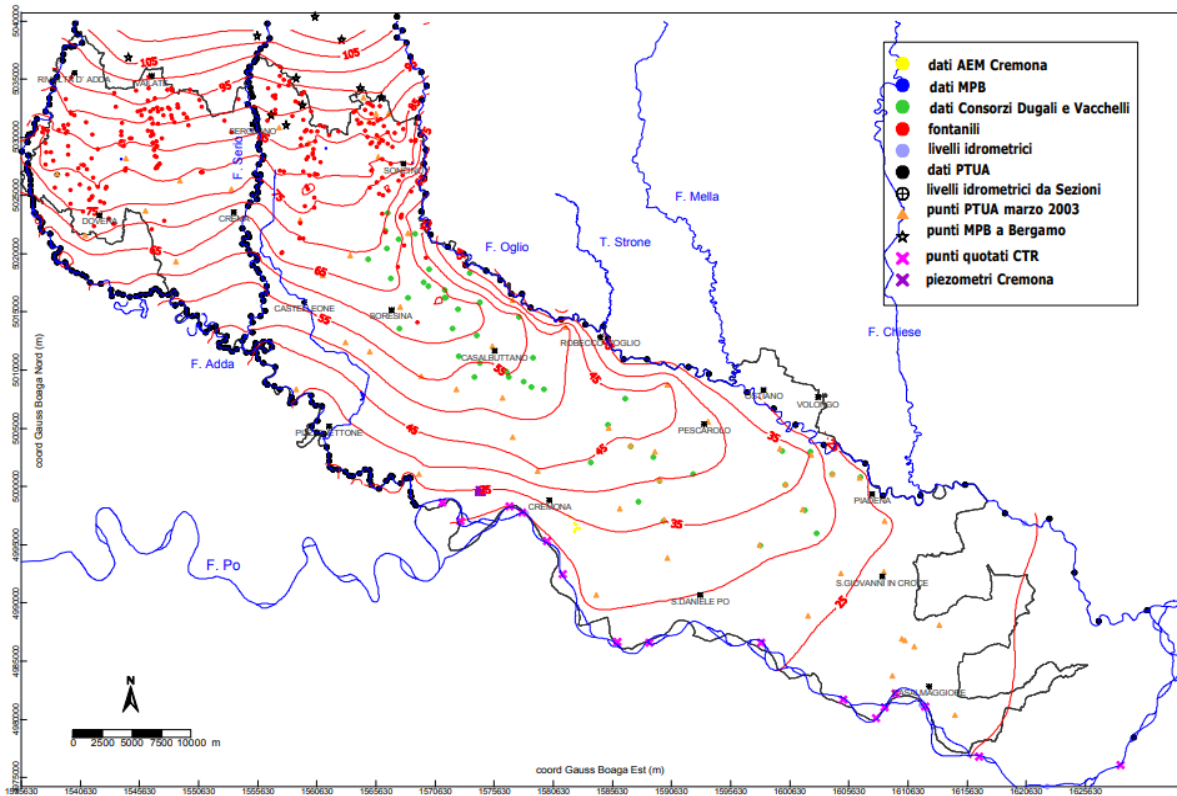
Esistono due tipi principali di acquiferi:

- Acquifero freatico (o non confinato). Il livello dell'acqua è in equilibrio con la pressione atmosferica e l'acquifero è limitato solo inferiormente da uno strato impermeabile;
- Acquifero artesiano (o confinato): la falda è in pressione ed il livello può raggiungere e superare il piano di campagna. L'acquifero è delimitato sia superiormente che inferiormente da strati impermeabili.

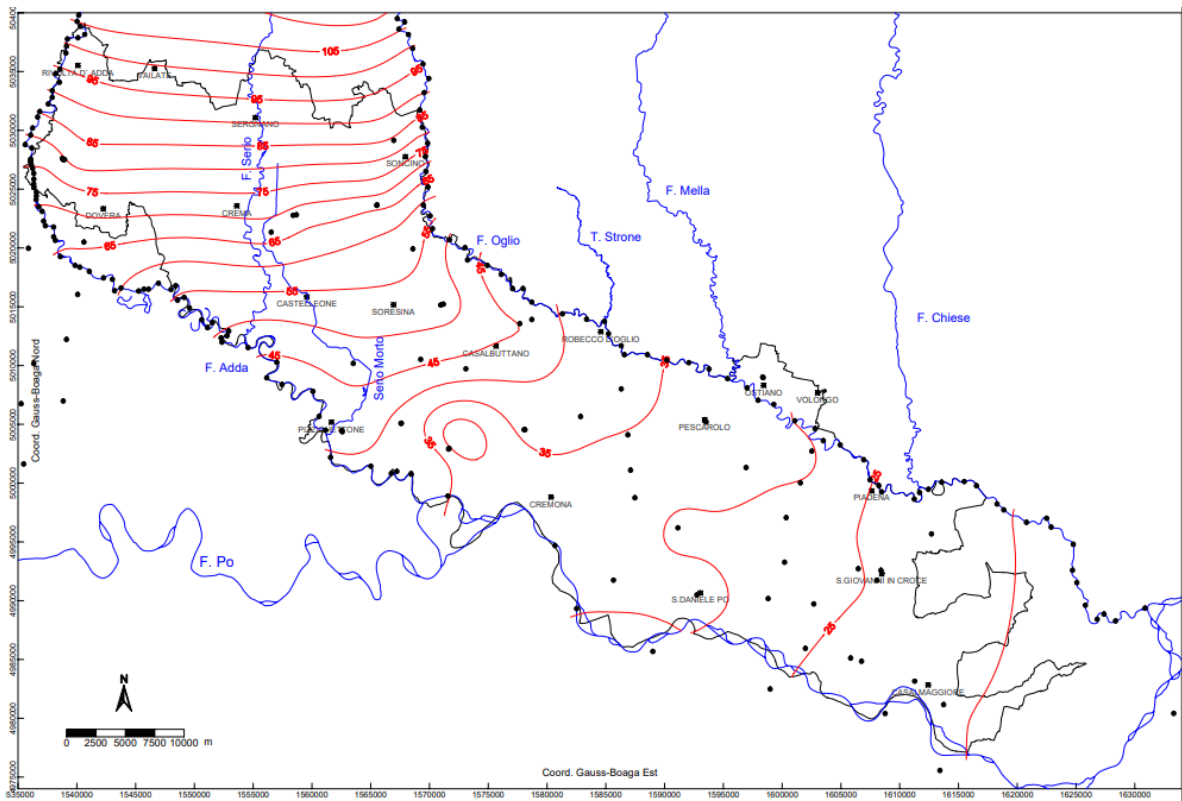
La Provincia di Cremona (PROVINCIA DI CREMONA ATLANTE AMBIENTALE, 2023) ha pubblicato mappe con la ricostruzione del livello piezometrico del primo e del secondo acquifero, sulla base di campagne di misura effettuate su di un elevato numero di pozzi a caratteristiche note.



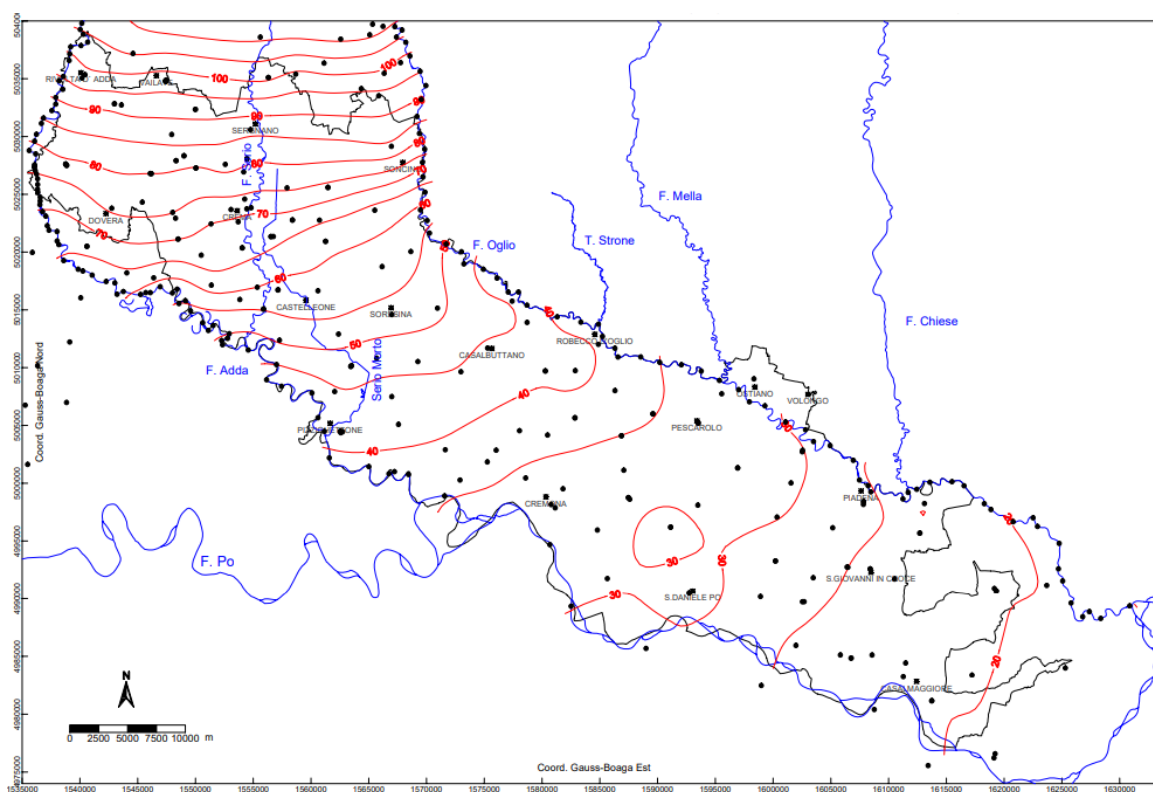
Curve isopiezometriche dell'acquifero freatico (stagione estiva; equidistanza 5 m)



Curve isopiezometriche dell'acquifero freatico (stagione invernale; equidistanza 5 m)



Curve isopiezometriche dell'acquifero semiconfinato (stagione estiva; equidistanza 5 m)



Curve isopiezometriche dell'acquifero semiconfinato (stagione invernale; equidistanza 5 m)

La Regione Lombardia nel 2006 (e successivamente nel 2016) ha redatto il "Piano di tutela delle Acque" (PTUA), come strumento di gestione della risorsa idrica a livello regionale.

Tale Piano prevede:

- La definizione di 4 gruppi acquiferi (A, B, C e D);
- Le regole d'uso delle risorse idriche "tradizionali" e "pregiate", dove per queste ultime vige l'obbligo di essere utilizzate esclusivamente a scopo potabile;
- L'utilizzo dell'acquifero più superficiale per una molteplicità di scopi (irrigazione, usi industriali, condizionamento e riscaldamento di edifici);
- Il monitoraggio quali-quantitativo degli acquiferi.

Relativamente alla Provincia di Cremona, il PTUA del 2006 è stato integrato e revisionato nel 2007 sulla scorta del modello idrogeologico provinciale sopra richiamato, poi sostanzialmente riconfermato in quello del 2016.

Infatti, nel 2007 la Provincia di Cremona ha promosso la predisposizione di un “modello idrogeologico” del suo territorio, al fine di:

- Fornire un bilancio afflussi-deflussi a livello globale;
- Consentire la definizione corretta (a revisione del PTUA regionale) della quota di base degli acquiferi principali presenti sul territorio provinciale;
- Verificare a scala di dettaglio le zone in crisi per eccesso di prelievo e consentire l’adozione di adeguate strategie di gestione della risorsa idrica.

Questo modello ha portato anche alla formulazione di “scenari” ipotetici nei quali è stata simulata:

- L’ assenza di metodi di irrigazione “a scorrimento”;
- L’uso efficiente della risorsa idrica.

Paradossalmente, una delle conclusioni principali a cui è giunta l’applicazione del modello, sopra richiamato è stata che il quadro ambientale “tradizionale” (e quindi anche l’esistenza stessa di un diffuso sistema di fontanili, tipico della pianura padana) è sostenuto fondamentalmente dalla presenza di una capillare rete irrigua superficiale e dell’irrigazione tradizionale “a scorrimento”, che permette in ultima analisi la ricarica dell’acquifero più superficiale.

È evidente come la disponibilità della risorsa idrica per i diversi usi (potabile, industriale, agricolo, etc..) sia legata ad una corretta gestione della domanda, che deve essere commisurata sia alla capacità di ricarica dei diversi acquiferi che alle loro caratteristiche qualitative.

Questo ha portato, dopo un periodo di eccesso di prelievo nel periodo compreso tra il 1950 ed il 1990, ad una stabilizzazione della quantità di acqua prelevata (in particolare per gli usi industriali) ed in alcuni casi (ad es. area di Milano) ad una inversione di tendenza.

Attualmente, sia la Regione Lombardia (con il PTUA) che le singole amministrazioni provinciali hanno emanato degli strumenti normativi (in particolare la Provincia di Cremona)

che hanno permesso di fare un bilancio tra prelievi e capacità degli acquiferi, in modo tale da consentirne la gestione a lungo termine.

È evidente (in particolare per la Provincia di Cremona) la stretta connessione tra il quadro ambientale e l'attività antropica, che non sempre risultano in contrasto tra di loro, come già sopra sottolineato.

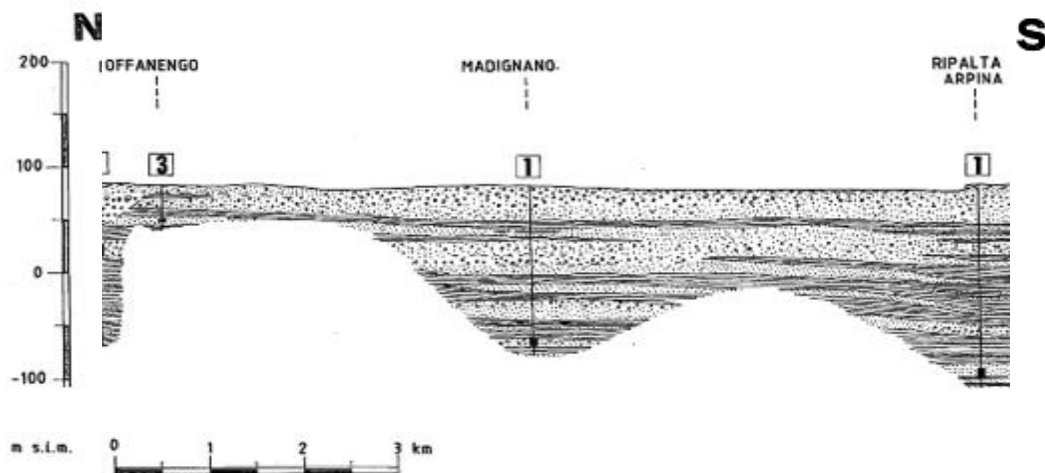
7. SITUAZIONE IDROGEOLOGICA LOCALE

Nell'insieme la zona oggetto di indagine è caratterizzata da una sequenza di acquiferi sovrapposti, tipica delle aree di pianura, di seguito sommariamente descritta.

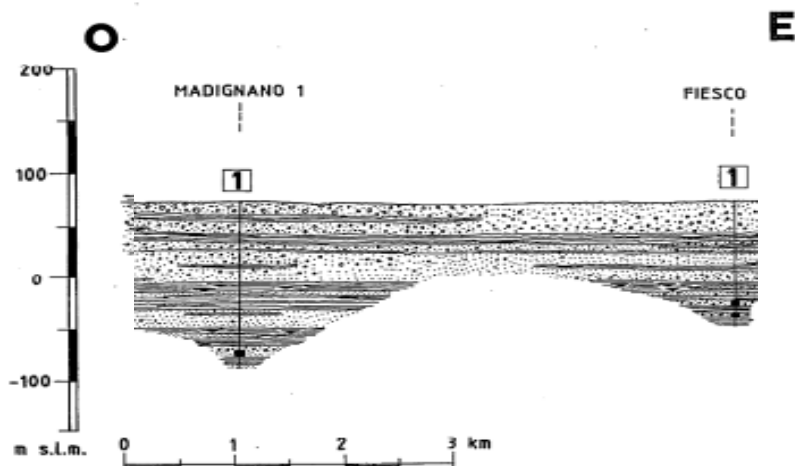
Procedendo dal p.c. verso il basso, possiamo distinguere le seguenti litologie:

- da m -0 a m -80 circa da p.c., sabbie e ghiaie sabbiose caratterizzate da permeabilità elevata (pari a circa 3×10^{-5} m/s). Questo strato è generalmente la sede della falda freatica la cui superficie è posta (relativamente all'area in esame) a circa -2.0 metri da p.c., risentendo in ogni caso di escursioni in relazione all'andamento delle precipitazioni atmosferiche e degli apporti irrigui. Ad una quota compresa tra -30 m da p.c. e -50 m da p.c. è presente (a livello locale) una lente di materiale relativamente poco permeabile (limi e limi sabbiosi) a scarsa persistenza laterale, che suddivide il precedente in due acquiferi, intercomunicanti tra di loro a grande scala;
- da m -80 a m -100 da p.c. argille più o meno limose pressoché impermeabili. Questo orizzonte rappresenta a livello locale il letto della falda freatica, separandola dalle sottostanti falde artesiane;
- da m -100 fino a m -120 circa da p.c., sabbie medie con ghiaietto mediamente permeabili, che costituiscono un acquifero artesiano di buone potenzialità, sfruttato a scopo idropotabile dai pozzi di servizio dell'acquedotto consortile.

L'assesto idrogeologico a grande scala è evidenziato nelle sezioni idrogeologiche esemplificative riportate sul sito istituzionale della Provincia di Cremona (ATLANTE AMBIENTALE – PROVINCIA DI CREMONA, 2023).



Sezione idrogeologica N-S del comune di Madignano



Sezione idrogeologica O-E del comune di Madignano

8. BILANCIO IDRICO DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE

Come in precedenza riportato già la Regione Lombardia con l'entrata in vigore del Piano Regionale di Tutela ed Uso della Acque (PTUA) nel 2006 ha operato un primo bilancio idrico a livello quantitativo ed un monitoraggio delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque appartenenti ai diversi gruppi acquiferi.

Successivamente la Provincia di Cremona (in occasione dello studio di revisione del PTUA per il territorio di propria competenza) ha rivisto nel dettaglio tale bilancio idrico, suddividendo i comuni del territorio cremonese in diverse categorie.

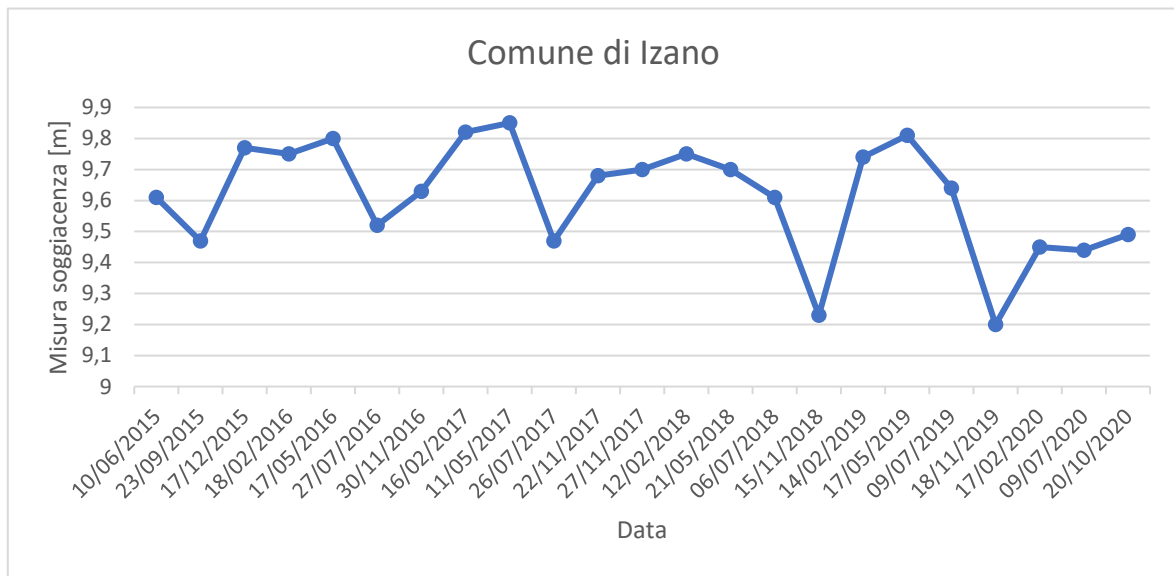
Nello specifico il comune di Madignano appartiene al settore denominato **SERIO**, dove si assiste ad un significativo squilibrio tra prelievi attuati e volumi idrici prelevabili in condizioni di sostenibilità, per cui nuove concessioni vengono definite ammissibili solo prevedendo efficaci azioni di ricarica artificiale della falda.

Nuove concessioni di derivazione relative a pozzi con portata di concessione superiore o uguale a 10 l/s (per acque sotterranee poste al di sopra della superficie di separazione tra la porzione superficiale e quella profonda del sistema acquifero come definite nel PTUA vigente) ed a 1 l/s (per acque sotterranee poste al di sotto della superficie di separazione tra la porzione superficiale e quella profonda del sistema acquifero come sopra definite) da realizzarsi nel Comune di Madignano sono sostenibili, a condizione che il concessionario attui un prelievo con modalità e tempistica (approvate contestualmente al rilascio della concessione) che consentano la ricarica della falda. Per derivazioni la cui portata superi i limiti sopra richiamati dovrà essere installato almeno un piezometro dotato di misuratore automatico del livello idrico, che consenta di controllare la risposta nel tempo della falda allo scopo di monitorare l'andamento tendenziale del livello freatico dei vari acquiferi.

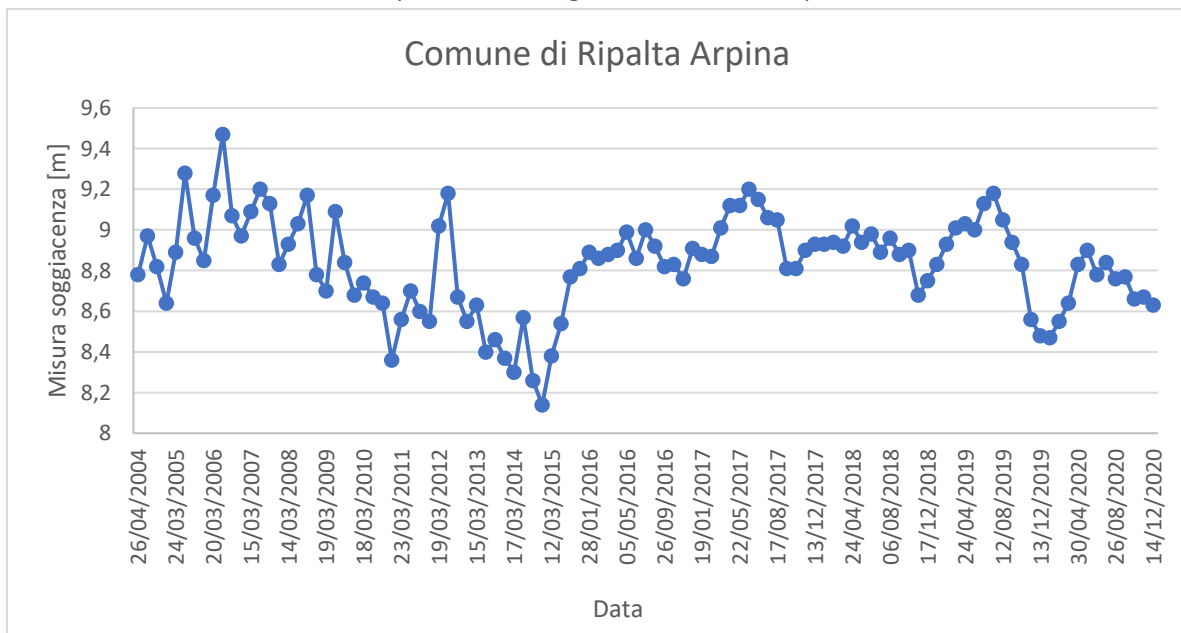
La Regione Lombardia ha predisposto una rete di piezometri di monitoraggio, che periodicamente sono oggetto di misure del livello freatico.

Qui di seguito viene riportato l'andamento grafico del livello freatico relativo all'acquifero più superficiale realizzato utilizzando le serie misurate nei vicini comuni di Izano (dal 2015 al 2020) e di Ripalta Arpina (dal 2004 al 2020) in mancanza di punti di controllo presenti sul territorio indagato.

Come si può vedere l'andamento del livello piezometrico negli anni oggetto di monitoraggio risulta sostanzialmente stabile, con un acquifero in equilibrio tra prelievi e ricarica.



Andamento del livello piezometrico negli anni 2005 ÷ 2020 per il comune di Izano



Andamento del livello piezometrico negli anni 2004 ÷ 2020 per il comune di Ripalta Arpina

9. POZZI PUBBLICI E PRIVATI

È stato fatto (sulla base dei dati gentilmente forniti dall'Ufficio Derivazioni della Provincia di Cremona) un censimento dei pozzi dotati di concessione presenti sul territorio del comune di Madignano, graficamente riportati nella tavola n° 4 allegata al presente studio.

Solamente di alcuni è stato possibile reperire la stratigrafia ed i relativi dati tecnico-costruttivi (che sono stati riportati nelle schede dell'Allegato A) mentre dei restanti è nota esclusivamente la posizione, in quanto trattasi di strutture estrattive in genere molto vecchie e quindi prive presso gli archivi provinciali di gran parte delle informazioni salienti.

Un esame dei dati relativi ai pozzi di cui si dispone di informazioni indica che:

- USI: l'uso prevalente (75%) è quello igienico sanitario, legato alle zone (quali ad esempio la zona industriale in località Oriolo) prive di collegamento alla rete di acquedotto consortile. I restanti usi (potabile, irriguo, antincendio) sono del tutto sporadici e legati a situazioni particolari.
- PROFONDITA': anche in questo caso si ha la netta prevalenza di pozzi a moderata profondità (20 ÷ 30 metri), che vanno ad interessare solo l'acquifero più superficiale. Solo in alcuni casi è stata intercettata la falda intermedia (55 ÷ 65 metri) o quella profonda (155 ÷ 160 metri). Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva dei dati reperiti presso l'Ufficio Derivazioni della Provincia di Cremona, relativamente alle utenze idriche.

Id pratica	Profondità	Uso
CR03125822008	/	Igienico
CR03125822008	/	Igienico
CR03125822008	/	Antincendio
CR03130852008	35	Irriguo
CR03183312011	20	Igienico
CR0338132004	30	Igienico
CR0338132004	55	Igienico
CR0340442005	155	Pubblico
CR0340442005	160	Pubblico
CR0342202003	18	/
CR0342202003	22	Igienico
CR0346432006	51	Altro
CR0349872007	20	/
CR0351002007	62	Igienico
CR0110341994	30	Igienico
CR0349872007	20	/
CR03125822008	22	Igienico

10. PIEZOMETRIA DELLA FALDA SUPERFICIALE

Allo scopo di ricavare l'andamento della superficie piezometrica relativa all'acquifero più superficiale (in quanto più direttamente interferente con i potenziali interventi sul territorio) si è proceduto come segue:

- recupero presso la competente Provincia di Cremona dei dati relativi alle concessioni di derivazione presenti sul territorio comunale;
- esecuzione di sopralluoghi per la verifica delle caratteristiche dei singoli pozzi;
- esecuzione (quando possibile) di misure di livello all'interno dei pozzi con freatimetro portatile (precisione 0.5 cm);
- esecuzione di misure di livello in corrispondenza dei punti di venuta a giorno della falda freatica (es. zone umide, fontanili, laghi di cava, ecc...);
- quotatura dei punti di misura mediante apparecchiatura GPS per il calcolo della superficie di interpolazione;

- la superficie così calcolata è stata trasposta in una tavola (Carta idrogeologica, n° 3) in forma di isoipse quotate.

L'esame dei risultati mostra chiaramente come l'andamento freatico del territorio comunale possa essere interpretato come derivante dalla sovrapposizione di due andamenti principali:

- un gradiente regionale ad andamento N-S, tipico della provincia cremonese in generale (vedasi anche PROVINCIA DI CREMONA, ATLANTE AMBIENTALE 2023). Esso occupa la parte settentrionale ed orientale del territorio di Madignano.
- un andamento marcatamente NE-SW in direzione della valle del fiume Serio, che riflette l'effetto drenante di tale corso d'acqua nei confronti dell'acquifero più superficiale. Questo si apprezza chiaramente nel settore di territorio posto più ad Ovest, ma la cui influenza si avverte già nella parte centrale, dove l'orientazione delle linee isopiezometriche subisce un'evidente e progressiva distorsione rispetto al gradiente regionale sopra evidenziato.

11. VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE

Allo scopo di fornire una valutazione globale del grado di vulnerabilità idrogeologica della falda freatica sull'intero territorio comunale, (da intendersi come "la suscettibilità delle acque sotterranee a subire un peggioramento della loro qualità a causa dell'inquinamento prodotto da attività antropiche" (BACHMAT e COLLIN 1987)), si è provveduto a combinare i dati di soggiacenza (determinati con la procedura esposta in precedenza) con quelli relativi alle caratteristiche geologiche dei terreni rilevati.

A questo scopo, si è utilizzato il sistema di valutazione parametrica G.O.D. (FOSTER, 1987; FOSTER e HIRATA, 1988 a cui si rimanda per una descrizione dettagliata della metodologia) per il calcolo del relativo indice di vulnerabilità.

Si è preferito tale metodo, in quanto presenta una serie di vantaggi:

- relativa semplicità operativa;
- i dati richiesti sono generalmente di facile reperibilità (tipo di acquifero, litologia della zona insatura, soggiacenza della falda) e disponibili in buon numero per quanto attiene all'area in esame;
- i risultati ottenibili sono relativamente accurati, anche se non viene considerato il possibile effetto di attenuazione del suolo (CIVITA, 1994). Per ovviare a tale inconveniente si è inserito come ulteriore parametro di valutazione la capacità di scambio cationico dei suoli (desunta dalle tabelle analitiche pubblicate sugli studi di carattere pedologico di cui si è parlato in precedenza), distinta qualitativamente in tre categorie (alta, media e bassa). Questo ha permesso di adattare il metodo utilizzato al caso specifico ed allo stesso tempo consentire una valutazione "speditiva" del grado di vulnerabilità del territorio, considerata più confacente allo scopo che ci si prefigge nel presente studio, rispetto ad altri metodi parametrici più complessi (ad es. DRASTIC, per una cui illustrazione dettagliata si rimanda a CIVITA, 1994, *cit.*) ma nei quali l'elevato numero di parametri richiesti spesso non è disponibile o noto solamente in modo approssimativo.

Pertanto, per ogni punto dell'area investigata, sono stati ricavati i valori dei quattro parametri di ingresso:

- tipo di falda acquifera (freatica, non confinata);
- litologia dell'insaturo (inteso come porzione di terreno compresa tra la superficie ed il pelo libero della falda), desunta dai dati di letteratura e dalle indagini geotecniche di cui si dispone relativamente al territorio in esame, che hanno mostrato una litologia relativamente monotona (sabbie e ghiaie), almeno per quanto attiene alle caratteristiche granulometriche dei costituenti;
- tipo di suolo (ricavato dalla pubblicazione ERSAL di riferimento) e relativa capacità di scambio cationico;
- soggiacenza della falda (ricavata dalla Carta Idrogeologica).

Sulla base di tali parametri, è stato calcolato il relativo valore di “*Vulnerabilità Intrinseca dell’acquifero*” e da questo una carta ad isoipse di eguale “Classe di vulnerabilità” (FOSTER e HIRATA, 1988).

Tali curve individuano una serie di zone, caratterizzate da diversa suscettibilità all’inquinamento della falda freatica sottostante e precisamente (vedi Tavola n°4):

- una zona (caratterizzata da valori di soggiacenza compresi tra -5 e -6 metri da p.c.), a cui si accompagnano suoli di tipo “fluvioglaciale” ed ai quali è stato attribuito un grado intermedio di vulnerabilità. In tale area sussistono solo modeste limitazioni all’uso ed allo spandimento di liquami e reflui zootecnici, data la profondità relativamente elevata falda freatica e le buone caratteristiche di protezione (intesa come capacità di assorbimento di potenziali inquinanti) dei suoli soprastanti;
- una serie di aree (localizzate sia in prossimità del fiume Serio che delle zone di risorgenza dei fontanili) in cui la vulnerabilità idrogeologica è alta, sia a causa della limitata soggiacenza che della scarsa capacità di protezione dei suoli. In queste aree è consigliabile uno stretto controllo sull’uso dei reflui zootecnici, in ragione della loro possibile ripercussione negativa sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee;
- una zona, posta in adiacenza all’asta fluviale del Serio, contraddistinta da vulnerabilità molto elevata, sia a causa della falda subaffiorante che delle caratteristiche intrinseche dei terreni di copertura (scarsa ed assente presenza di suoli), che si riflettono in una immediata interazione dei potenziali inquinanti con le acque di falda e/o superficiali. In tali zone è perlomeno sconsigliabile lo spandimento di reflui zootecnici o dei fanghi di depurazione.

Il territorio comunale ricade nelle Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola, individuate ai sensi dell’art. 92 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ricomprese nel Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia, approvato con D.G.R. 31 luglio 2017 n. X/6990, con successive integrazioni cartografiche. In tali ambiti si applicano le

disposizioni del Programma d’Azione regionale vigente per le Zone Vulnerabili ai Nitrati, che disciplina l’utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, dei digestati e dei fertilizzanti contenenti azoto, al fine di prevenire la contaminazione delle acque superficiali e sotterranee e di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale del PTUA. Pertanto, ogni attività agricola, zootecnica o intervento che comporti produzione, stoccaggio, trattamento o spandimento di matrici contenenti azoto dovrà essere esercitato nel rigoroso rispetto delle limitazioni, dei periodi di divieto, delle distanze di rispetto, delle modalità di distribuzione e degli adempimenti tecnico-amministrativi previsti dalla normativa regionale di settore, con particolare riferimento alla corretta gestione degli stoccaggi, alla predisposizione della comunicazione nitrati e del piano di utilizzazione agronomica ove dovuti, nonché al limite massimo di apporto di azoto da effluenti zootecnici pari a **170 kg/ha** per anno nelle zone vulnerabili. Restano in ogni caso da escludere le trasformazioni d’uso e gli interventi suscettibili di incrementare il rischio di lisciviazione dei nitrati o di compromettere la qualità della falda e dei corpi idrici superficiali.

Nel complesso appare quindi come il territorio in esame risulti caratterizzato da un grado di vulnerabilità nel complesso elevato, in accordo con i dati di letteratura (ad es. ASSOCIAZIONE CREMONA AMBIENTE, 1992; ATLANTE AMBIENTALE PROVINCIA DI CREMONA, 2023).

12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Allo scopo di fornire una prima caratterizzazione da un punto di vista geotecnico del territorio in argomento sono stati reperiti i risultati di indagini geotecniche pregresse, eseguite dallo scrivente sul territorio comunale. La posizione delle indagini è riportata nella tavola 5 ed i diagrammi relativi alle prove (principalmente indagini penetrometriche di tipo dinamico DPSH) allegati alla presente relazione (vedasi Allegato B).

Con l'eccezione dei primi metri di terreno di alterazione si tratta in generale di materiale sabbioso e sabbioso-ghiaioso nel complesso ben addensato, con buone caratteristiche geotecniche.

Solo nella zona centrale (parte Sud dell'abitato di Madignano fino al confine con il comune di Castelleone) sono presenti consistenti spessori di terreni limosi e torbosi con scadenti caratteristiche geotecniche e che possono costituire una potenziale problematica in ordine alla possibilità realizzativa di interventi edilizi.

13. SINTESI DEGLI ELEMENTI VALUTATIVI TERRITORIALI

Riassumendo gli elementi di rilevanza ambientale fino ad ora individuati, possiamo affermare quanto segue:

- Da un punto di vista geologico i terreni presenti nel territorio del comune di Madignano sono di tipo sabbioso-ghiaioso, con limitate zone caratterizzate da torbe e limi torbosi o scadenti caratteristiche geotecniche.
- La soggiacenza della falda superficiale è generalmente limitata a 2÷3 metri dal p.c., ma essa si approfondisce in modo sensibile avvicinandosi al terrazzo morfologico principale che segna il passaggio alla valle del corso del fiume Serio rispetto alla pianura posta più ad Est. Di conseguenza la vulnerabilità idrogeologica del primo acquifero è generalmente compresa tra un valore "alto" ed "elevato", anche se la presenza in superficie di suoli aventi caratteristiche pedologiche adatte costituisce un elemento di protezione non trascurabile.
- I pozzi presenti sul territorio comunale emungono quasi tutti dall'acquifero più superficiale, se si eccettuano quelli dell'acquedotto consortile.
- I corsi d'acqua presenti sul territorio sono quasi tutti di origine antropica o comunque pesantemente rettificati ed arginati. Solo il fiume Serio possiede delle zone di esondazione di apprezzabile entità, ma che si sviluppano in zone praticamente disabitate e quindi prive di insediamenti antropici significativi.

14. VINCOLI ESISTENTI

SINTESI VINCOLI COMUNALI

Sul territorio del comune di Madignano (come riportato graficamente nella tavola n° 7) sono presenti i seguenti elementi di vincolo, derivanti dalle norme sovra ordinate nazionali, regionali e provinciali:

- **Zona di tutela assoluta delle captazioni idropotabili** (D.Lgs 152/2006). Estesa per un raggio di 10 metri dalla testata dei pozzi a servizio dell'acquedotto consortile.

In questa area sono vietati:

- La dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- L'accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- Lo spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- La dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- Le aree cimiteriali;
- L'apertura di cave che possano essere in connessione idrogeologica con la falda;
- L'apertura di pozzi, ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano;
- La gestione di rifiuti;
- Lo stoccaggio di sostanze chimiche pericolose e di sostanze radioattive;
- I centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- I pozzi perdenti;
- Il pascolo e la stabulazione del bestiame.

Per gli insediamenti o le attività preesistenti (ad eccezione delle aree cimiteriali) sono adottate le misure per il loro allontanamento ed in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

- **Fascia di rispetto dei terrazzi geomorfologici**, estesa per 10 metri dal ciglio della scarpata, come disposto dall'art 16 delle Norme Tecniche del Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico della Provincia di Cremona.

In queste aree sono vietati interventi e trasformazioni che alterino i caratteri morfologici, paesaggistici e naturalistici di tali elementi tutelati. Si ritengono inaccettabili gli interventi di urbanizzazione e di nuova edificazione per una fascia di 10 metri in entrambe le direzioni dall'orlo di tali scarpate, mentre sono consentiti (per gli edifici esistenti) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di ristrutturazione edilizia, di restauro, di risanamento conservativo e di adeguamento funzionale. Gli eventuali ampliamenti devono svilupparsi nella direzione opposta all'orlo di scarpata.

Sono consentiti quegli interventi di natura non edificatoria (quali ad esempio attività di cava, di piscicoltura e/o pesca sportiva, le bonifiche agricole o comunque gli interventi estrattivi in fondi agricoli), che non portino alla perdita dei riferimenti significativi del disegno territoriale originario ed al complessivo peggioramento dei caratteri naturali della vegetazione esistente.

La possibilità di effettuare interventi e trasformazioni che alterino tali elementi è ammissibile solamente per la realizzazione di opere di interesse pubblico non altrove ubicabili, a fronte di interventi di parziale compensazione naturalistica, da definire sulla base delle caratteristiche del territorio, alla natura dell'intervento ed ai criteri di sostenibilità previsti dal PTCP vigente ed in particolare all'Appendice D "*Individuazione dei contenuti minimi dei PGT sugli aspetti sovracomunali*".

Nel caso in cui dovessero essere riscontrate delle difformità alla scala del singolo intervento tra quanto previsto a livello cartografico e quanto rilevabile, dovrà essere fornita una relazione puntuale ad opera di un tecnico abilitato (Geologo), che giustifichi la rimodulazione e/o la cancellazione del vincolo.

- Fascia di rispetto dei fontanili, estesa per 50 metri attorno al capofonte e per i primi 200 metri di canale, come disposto dall'art. 16 delle Norme Tecniche del Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico della Provincia di Cremona.

In queste aree non sono consentite opere di urbanizzazione e di nuova edificazione per un raggio di 50 metri dalla testa del fontanile e su entrambi i lati lungo i primi 200 metri dell'asta, ad esclusione (per gli edifici esistenti) degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di ristrutturazione edilizia, di restauro, di risanamento conservativo e di adeguamento funzionale. Gli eventuali ampliamenti potranno essere effettuati esclusivamente nella direzione opposta rispetto a quella della testa del fontanile. Non è ammesso comunque prevedere urbanizzazioni che isolino completamente l'elemento di tutela. Di conseguenza è vietata l'edificazione lungo tutti i lati (anche se vengono mantenute le distanze di tutela previste) onde mantenerne la percezione visiva attraverso un cono ottico oltre che la continuità ecologica nell'intorno di 300 metri dal capofonte.

Non sono altresì consentite azioni ed interventi che possano compromettere o ridurre le risorse idriche superficiali e sotterranee, in particolare le alterazioni del sistema idraulico del capofonte e del relativo microambiente, ad eccezione delle normali operazioni di manutenzione.

In linea generale dovranno essere tenute in considerazione le seguenti indicazioni programmatiche:

- Dovranno essere promosse tutte le azioni atte a mantenere in efficienza la funzionalità idraulica, irrigua e produttiva dei singoli fontanili, nel rispetto del loro valore ambientale, ecologico, naturalistico, storico, paesaggistico, ricreativo e didattico, in ossequio anche a quanto previsto dal D.lgs. 152/2006;
- Le fasce vegetali cresciute attorno al capofonte ed ai primi 200 metri dall'asta o canale defluente dovranno essere mantenute nel migliore stato di conservazione (anche con funzione di fasce tampone), ristabilendone la continuità fisica e ripristinando o sostituendo le eventuali utilizzazioni legnose con specie arboreo-

arbustive autoctone adatte alla stagionalità dei siti, applicando anche gli incentivi o le specifiche misure previste dalla normativa vigente;

- Gli eventuali progetti di riqualificazione, ristrutturazione o restauro dei fontanili (abbandonati, degradati, interrati od in altro modo compromessi) dovranno tendere al ripristino dei caratteri tradizionali e tipici dei fontanili della zona, ponendo particolare attenzione anche alla scelta dei materiali da impiegare nei lavori richiesti e delle modalità di utilizzo degli stessi;

- Il consolidamento delle sponde potrà essere attuato esclusivamente con interventi di ingegneria naturalistica e limitando le opere di sostegno (come palizzate, fascinate ed eventualmente palificate) ai soli punti di effettiva necessità;

- Per il rispetto della funzionalità ecologica del fontanile, le operazioni di spurgo dovranno prevedere il mantenimento delle "isole" di vegetazione emersa e sommersa, (anche in adiacenza alle rive) quali luogo di rifugio e di riproduzione per la fauna acquatica. L'eventuale pulizia del fondo dovrà essere limitata alla sola asportazione dei sedimenti superficiali più fini (principalmente organici), senza interessare gli strati sottostanti.

- Fasce fluviali A, B e C per il fiume Serio, come previsto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) predisposto dall'Autorità di Bacino del fiume Po. Tali aree sono potenzialmente soggette a fenomeni di esondazione e pertanto sono assoggettate dalle seguenti disposizioni normative che comportano una serie di limitazioni d'uso, qui di seguito descritte.

Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

1) Nella Fascia A viene perseguito l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza idraulica 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.

2) Nella Fascia A sono vietate:

- a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale ed edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti (se esistenti), nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n° 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, lettera l;
- c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, lettera m;
- d) le coltivazioni erbacee non permanenti ed arboree (fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone) per una ampiezza di almeno 10 m dal ciglio della sponda, al fine di assicurare il mantenimento od il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e di riduzione della velocità della corrente. Tale divieto è disciplinato dalla Regione territorialmente competente, nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi del D. Lgs. n° 152/2006 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n° 523;
- e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- f) il deposito a cielo aperto (ancorché provvisorio) di materiali di qualsiasi genere.

3) Sono per contro consentiti:

- a) i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;

- b) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati ed alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c) le occupazioni temporanee che non riducano la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d) i prelievi manuali di ciottoli (senza taglio di vegetazione) per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;
- e) la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;
- f) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione, da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;
- g) il miglioramento fondiario, limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;
- h) il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identifichino come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- i) il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, lettera m, del D.lgs. 5 febbraio 1997, n° 22;
- l) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.lgs. 5 febbraio 1997, n° 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D. Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza dovranno essere effettuate le operazioni di messa in

sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del Suddetto Decreto Legislativo;

m) l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

4) Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare od autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A.

5) Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento od il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Fascia di esondazione (Fascia B)

1) Nella Fascia B viene perseguito l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione ed al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2) Nella Fascia B sono vietati:

a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile od una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n° 22, fatto salvo quanto previsto al precedente punto, comma 3, lettera l relativamente alla fascia fluviale A;

c) interventi o strutture in presenza di argini che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi od abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

3) Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente punto, comma 3 per la fascia fluviale A:

- a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione ed ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;
- b) gli impianti di trattamento d'acque reflue (qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce), nonché gli ampliamenti e la messa in sicurezza di quelli esistenti. I relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti dall'art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis delle Norme Tecniche di attuazione del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico);
- c) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- d) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni del D.lgs. 152/2006 e successive modifiche e integrazioni;
- e) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali, così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale. I relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis delle NTA del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico).

4) Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento od il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

- 1) Nella Fascia C il Piano 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 presente Piano.
- 2) I Programmi di previsione e prevenzione ed i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.
- 3) In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n°225, è affidato alle Province (sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n°142) di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta ed alla elaborazione dei dati interessanti la Protezione Civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli Organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n°225.
- 4) Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in Fascia C.
- 5) Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*" nelle tavole grafiche predisposte dall'Autorità di Bacino competente (per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989) i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato del suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e (al fine di minimizzare le stesse) ad applicare anche parzialmente

fino alla avvenuta realizzazione delle opere gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, lettera b, del D.L. n°279/2000 convertito (con modificazioni) in L. 365/2000.

- **Aree adiacenti ai corsi d'acqua soggette a vincolo idrogeologico** ai sensi del RD n° 523/1904 per un'estensione di 10 metri dalle sponde, ridotta a 5 metri per i tratti compresi nei centri abitati o tombinati. Per tali aree la norma prevede un elenco di attività vietate, consentite o soggette ad autorizzazione preventiva così riassumibili:

- **Attività soggette a semplice nulla osta:**

Le attività consentite, soggette a semplice nulla osta, sono quelle che utilizzano la zona di argine pubblico esclusivamente per la viabilità pubblica o privata. È necessario verificare in questo caso che non siano introdotte alterazioni al regime dell'alveo (art. 59 R.D. n° 523/1904).

Sono inoltre consentite le seguenti attività:

- interventi di manutenzione dell'alveo intesi come rimozione di tutto ciò che ostacola il regolare deflusso delle piene, rimozione dei rifiuti solidi o di materiale non naturale e delle ramaglie trasportate dalla corrente;
- taglio di vegetazione arbustiva ed arborea a rischio di sradicamento;
- interventi di ripristino della capacità idraulica nei tratti canalizzati ed in corrispondenza delle opere di attraversamento, taglio di vegetazione arbustiva ed arborea, pulizia dell'alveo a seguito dell'accumulo di materiale solido che ostacoli il regolare deflusso, protezione delle fondazioni delle pile dai fenomeni di scalzamento;
- pulizia dei tratti tombinati, con eliminazione dei materiali litoidi e vegetali ostacolanti o parzializzanti il regolare deflusso delle acque;
- mantenimento/manutenzione delle sponde ed argini mediante taglio delle ramaglie per l'alleggerimento della copertura vegetale, al fine di evitare l'ostruzione dell'alveo per crollo e di consentire la formazione di sottobosco;
- cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree coltivate;

- interventi di manutenzione delle sponde, dei versanti direttamente correlati agli alvei e delle opere di consolidamento per il mantenimento delle condizioni di stabilità e di protezione del suolo da fenomeni di erosione accelerata, tramite interventi di ingegneria naturalistica;
- interventi di rinaturazione, intesi come ripristino ed ampliamento delle aree a vegetazione spontanea autoctona.

- Attività soggette a specifico permesso o autorizzazione

Sono le attività previste dagli art.97 e 98 del R.D. n° 523/1904 ed in particolare:

- la formazione di pennelli, chiuse ed opere similari all'interno dell'alveo dei fiumi e delle rogge allo scopo di facilitare l'accesso e l'esercizio dei porti natanti e dei ponti di barche;
- la formazione di ripari a difesa delle sponde che si avanzano entro gli alvei, oltre le linee che fissano la normale larghezza;
- i dissodamenti dei terreni boscati e cespugliati laterali ai fiumi e corsi d'acqua a distanza inferiore a 10 metri dal ciglio di sponda (od in alternativa dalla linea a cui giungono le acque in regime ordinario), ferme restando le disposizioni di cui all'art.95 R.D. 523/1904;
- le piantagioni dei territori soggetti ad esondazione, quando si trovino di fronte ad un abitato minacciato da fenomeni di erosione, ovvero in un territorio esposto al pericolo di disalveamenti;
- la formazione di rilevati di salita o discesa sul corpo degli argini, allo scopo di garantire accesso a beni, abbeveratoi, guadi e passaggi di fiumi e corsi d'acqua;
- la ricostruzione (anche senza variazione di posizione e di forma) delle chiuse stabili e degli incili delle derivazioni, di ponti, ponti-canali, botti sotterranee ed opere similari esistenti negli alvei dei fiumi e corsi d'acqua, scolatori pubblici e canali demaniali;
- l'estrazione di ciottoli, ghiaia, sabbia ed altre materie del letto dei fiumi, corsi d'acqua e canali, fatti salvi i casi previsti dalla normativa vigente;

- nuove costruzioni nell'alveo dei corsi d'acqua od altre opere stabili, finalizzate alla derivazione da ponti, ponti-canali e botti sotterranee, ivi comprese le modifiche di quelle già esistenti;
- la costruzione di nuove chiaviche di scolo che intersechino gli argini e la demolizione delle esistenti.

- Attività consentite:

- ripristino di protezioni spondali e/o di difesa in alveo deteriorate;
- ripristino e manutenzione di reti di scolo e di drenaggio superficiale;
- realizzazione di recinzioni discontinue e non permanenti, con modalità tali da garantire l'accessibilità al corso d'acqua;
- realizzazione di nuovi attraversamenti infrastrutturali che non comportino ostacolo al normale deflusso delle acque e comunque corredati da uno studio di compatibilità idraulica per portate con tempi di ritorno 100 anni;
- livellamento di terreni esclusivamente a fini agricoli.

- Attività vietate

Le attività vietate sono quelle previste nell'art. 96 R.D. n° 523/1904 e nello specifico riguardano le seguenti tipologie di opere:

- la formazione di pescaie, chiuse, pietraie ed altre opere per l'esercizio della pesca con le quali si alteri il corso naturale delle acque, quando non già autorizzate mediante apposita concessione;
- le piantagioni che si inoltrino entro l'alveo dei fiumi e corsi d'acqua in modo tale da restringere la sezione e creare ostacolo al libero deflusso delle acque;
- lo sradicamento e/o la distruzione delle ceppaie degli alberi che sostengono le rive dei corsi d'acqua per una distanza orizzontale non inferiore e a 10 metri dalla linea a cui arrivano di norma le acque. Questa prescrizione vale solo per il reticolo primario, mentre per quello secondario la proibizione è relativa esclusivamente alla vegetazione presente sulle sponde dei corsi d'acqua;

- la piantagione di essenze vegetali sulle sponde e sugli argini dei corsi d'acqua ad una distanza inferiore a 4 metri dal ciglio di sponda stesso, nonché i movimenti di terreno;
- lo scavo di terreno e la realizzazione di edifici a meno di 10 metri dal ciglio di sponda degli argini. Tale distanza può essere ridotta fino a 5 metri in zone individuate come urbanizzate od urbanizzabili all'interno del Piano di Governo del Territorio;
- qualunque opera od attività che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e le caratteristiche prestazionali a cui sono destinati gli argini, sponde, loro accessori e relativi manufatti attinenti (ad es. opere di regolazione idraulica);
- variazioni ed alterazioni delle difese di sponde ed argini dei corsi d'acqua ed ai manufatti attinenti;
- il pascolo e la permanenza di bestiame sugli argini, scarpate e sponde dei corsi d'acqua;
- l'apertura di cave, fontanili e la terebrazione di pozzi ad una distanza tale da recare danno o diminuzione delle acque scorrenti o che costituiscano indebita sottrazione di acque;
- qualunque opera in alveo o sulle sponde dei corsi d'acqua, tale che possa nuocere alla sicurezza ed all'esercizio dei porti natanti e dei ponti di barche;
- lo stabilimento di molini natanti e/o pontoni galleggianti nei corsi d'acqua.

È vietata la copertura dei corsi d'acqua, ai sensi del D. Lgs. n° 152/2006, a meno che non sia imposta da ragioni di tutela della pubblica incolumità. In ogni caso la proposta dovrà essere corredata da studio idraulico-geologico che ne attesti la compatibilità ed il corretto dimensionamento nei confronti delle portate scorrenti nello specifico tratto di corso d'acqua interessato.

Inoltre, non sono consentiti, entro una fascia di 10 metri dalle sponde come sopra definite (ridotta a 5 metri nelle zone urbanizzate od urbanizzabili individuate nel Piano di Governo del Territorio), ai sensi del R.D. n° 523/1904:

- la realizzazione di strutture trasversali (recinzioni permanenti e continue, muretti di contenimento) che possano ridurre od ostacolare il deflusso delle acque;
- la realizzazione di strutture interrato (box, cantine, ecc...), in quanto a rischio di allagamento;
- la realizzazione di pozzi disperdenti, serbatoi sopra terra ed interrati di carburante;
- l'effettuazione di scavi e riporti, se non finalizzati al mantenimento e miglioramento del regime idrico locale;
- i nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché ampliamento degli impianti esistenti, fatto salvo l'adeguamento degli stessi alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali;
- i nuovi impianti di smaltimento, recupero e raccolta rifiuti;
- la realizzazione di pozzi idrici.

- **Geositi**, definiti come aree oggetto di tutela ai sensi dal Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico della Provincia di Cremona.

In particolare, nel comune di Madignano risultano presenti i seguenti geositi:

N° geosito Rif. All. f	Rif. Num. PTPR repertori	Geosito	Localizzazione	Valore prevalente da PPR	Art. normativa PPR	Giudizio tecnico espresso	Lvl di tutela da Art. 16 comma 1
3	Non presente	Dosso di Izano - Offanengo	Madignano	Non presente	Non presente	Geomorfologico	1
6	Non presente	Valle relitta del fiume Serio e Torbiera	Madignano	Non presente	Non presente	Geomorfologico Sedimentologico	1;3

Per queste aree si applicano i divieti e le salvaguardie di carattere generale previsti dal Piano Paesaggistico Provinciale, che possono essere riassunte come segue:

- La Regione riconosce il valore paesaggistico dei geositi quali località, area o territorio dove sia possibile definire un interesse geologico e/o geomorfologico per la

conservazione associabile ad un valore scientifico, ai fini della comprensione dei processi geologici in atto e/o nei termini dell'esemplarità didattica riferita alla dinamica del nostro pianeta, alla ricostruzione dell'evoluzione biologica e delle fluttuazioni climatiche durante il passato geologico, come alla costruzione della conformazione geomorfologica attuale e della percezione sociale consolidata di un territorio, correlata alle sue specificità naturalistiche e geologiche.

- I geositi di prevalente interesse geografico, geomorfologico, paesistico, naturalistico, idrogeologico e sedimentologico sono oggetto di attenta e specifica salvaguardia, al fine di preservarne la specifica conformazione e connotazione. Sono pertanto da escludersi tutti gli interventi che possano alterarne o comprometterne l'integrità e la riconoscibilità, causando sbancamenti o movimenti di terra che ne modificano in modo permanente l'assetto geomorfologico, nonché l'introduzione di elementi di interferenza visuale e/o la cancellazione dei caratteri specifici. Le Province ed i Parchi territorialmente competenti promuovono la valorizzazione museale e/o didattica dei siti suddetti (anche tramite la proposta di geoparchi), in sinergia con la definizione delle reti di percorsi e di itinerari di fruizione paesaggistica del proprio territorio.

- I geositi di prevalente interesse geologico-stratigrafico, geominerario, geologico-strutturale, vulcanologico e petrografico devono essere salvaguardati nelle loro potenzialità scientifiche e didattiche, garantendo l'accessibilità e la visibilità delle esposizioni esistenti. Sono pertanto da escludersi gli interventi sullo stato dei luoghi che possano nascondere alla vista le esposizioni od impedire di fatto la possibilità di accedervi e visitarli. Le Province ed i Parchi territorialmente competenti individuano le eventuali azioni di valorizzazione museale e/o didattica dei siti suddetti, anche in sinergia con la definizione delle reti di percorsi e degli itinerari di fruizione paesaggistica del proprio territorio.

- I geositi di prevalente interesse paleontologico (fatte salve eventuali disposizioni vigenti in forza della Parte II del D. Lgs. 42/2004) e mineralogico rivestono rilevante valore scientifico. Sono pertanto oggetto di assoluto divieto di manomissione e

richiedono la predisposizione di efficaci misure di limitazione all'accesso e di vigilanza per garantirne l'integrità, impedendo sottrazioni di materiale che possano depauperarne il valore. La loro più precisa localizzazione cartografica e l'apposizione di segnaletica informativa e didattica è assolutamente subordinata all'effettiva messa in atto delle azioni di controllo suddette da parte degli enti locali e dei gestori dei siti (fatte salve situazioni motivatamente escluse), in quanto non a rischio di compromissione dello specifico valore scientifico.

Nel caso specifico per quanto riguarda i geositi presenti sul territorio del comune di Madignano:

- Il "Dosso di Izano – Offanengo" rientra totalmente in classe di tutela 1. Esso infatti presenta un livello percettivo medio basso e quindi scarsamente fruibile dal punto di vista didattico - culturale. Peraltro, sono presenti elementi di significatività (quali fontanili storici e valorizzati) nonché alcune scarpate di sufficiente entità tali da definirne l'emergenza, che giustificano locali gradi di attenzione leggermente superiori (tutela 2 per le scarpate).
- Il geosito della "Valle del Serio" è stato inserito in parte in livello di tutela 1, (con grado di tutela "basso"), in parte in livello di tutela 2 (con grado di tutela "medio"), in parte in livello di tutela 3 (con grado di tutela "alto").

- **Zone umide** – si tratta di paludi, bodri, lanche, morte e laghetti di cava rinaturalizzati, anche di nuova formazione – non compresi negli areali di elevato pregio naturalistico e faunistico di cui ai punti 5 e 6 dell'art. 14, ai punti 1, 2 e 4 dell'art. 15 ed al punto 5 del PTCP, poiché costituiscono biotopi di elevato interesse ecologico e naturalistico e come tali non possono essere alterati o distrutti.

Per un intorno di 50 metri non sono consentiti interventi di carattere edificatorio ed interventi di trasformazione o di manomissione dirette ed indirette, ad esclusione (per gli edifici esistenti) degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di ristrutturazione edilizia, di restauro, di risanamento conservativo e di adeguamento funzionale e le strutture di servizio connesse alle attività agricole e ricreativo-sportive. Gli eventuali ampliamenti

potranno essere effettuati esclusivamente nella direzione opposta a quella delle zone umide. In ogni caso non è ammesso prevedere urbanizzazioni che isolino completamente l'elemento di tutela, ovvero è vietata l'edificazione lungo tutti i lati (anche se viene mantenuta la distanza di tutela prevista dei 50 metri), onde mantenerne la percezione visiva attraverso un cono ottico, oltre che la continuità ecologica.

Non sono inoltre consentite opere di bonifica per fini agricoli (o comunque interventi estrattivi in fondi agricoli) o per la sistemazione altimetrica del terreno in un intorno di 10 metri dall'elemento oggetto di tutela.

Sono infine consentite le attività agricole e ricreative compatibili con tali aree.

In linea generale saranno, inoltre, tenute in considerazione le seguenti indicazioni programmatiche:

- Dovranno essere promosse tutte le azioni atte a mantenere in efficienza la funzionalità idraulica, irrigua e produttiva dei singoli fontanili, nel rispetto del loro valore ambientale, ecologico, naturalistico, storico, paesaggistico, ricreativo e didattico, in ossequio anche a quanto previsto dal D.lgs. 152/2006;
- La vegetazione spontanea prodottasi nei corpi d'acqua e sui terreni di ripa soggetti a periodiche sommersioni, le torbiere, le sorgenti e le praterie naturali non possono essere danneggiati o distrutti, fatti salvi gli interventi autorizzati ai sensi dell'art.5 della L.R. 31.3.2008 n°10;
- Le fasce vegetali cresciute attorno alle zone umide dovranno essere mantenute nel migliore stato di conservazione (anche con funzione di fasce tampone), ristabilendone la continuità fisica e ripristinando o sostituendo le eventuali utilizzazioni legnose con specie arboreo-arbustive autoctone adatte alla stagionalità dei siti, applicando anche gli incentivi o le specifiche misure previste dalla normativa vigente;
- Gli eventuali progetti di riqualificazione, ristrutturazione o restauro dei fontanili (abbandonati, degradati, interrati od in altro modo compromessi) dovranno tendere al ripristino dei caratteri tradizionali e tipici dei fontanili della zona, ponendo

particolare attenzione anche alla scelta dei materiali da impiegare nei lavori richiesti e delle modalità di utilizzo degli stessi.

- Le aree di pregio naturalistico coincidenti con gli elementi costitutivi della rete ecologica, indicati nella Carta delle tutele e delle salvaguardie, come definite dal PTCP Provinciale e non comprese negli elementi di elevato pregio naturalistico e faunistico di cui ai punti 1 e 2 dell'art. 14, ai punti 1,2 e 4 dell'art. 15 ed ai punti 1 e 4 del PTCP, poiché costituiscono elementi di interesse prioritario per il mantenimento e la costruzione della rete ecologica provinciale. Gli elementi costitutivi della rete ecologica a cui l'allegato 2 del PTCP si articolano in:

a) reti verdi provinciali di primo e secondo livello: quali elementi verdi lineari chiamati a svolgere un ruolo di connessione, contribuendo a mettere a sistema gli elementi della struttura primaria e degli areali di cui al punto b), e di cui ai punti 1 e 2 dell'art.14 ai punti 1,2 e 4 dell'art. 15 ed appoggiandosi prioritariamente a percorsi di valorizzazione paesaggistica, elementi dell'idrografia superficiale naturale ed artificiale del territorio, contermini alle infrastrutture della mobilità ed ai corridoi tecnologici;

b) areali o corridoi potenziali di primo e secondo livello: quali ambiti significativi con caratteristiche di naturalità diffusa e correlata agli specifici equipaggiamenti verdi, nonché ambiti di specifica connotazione paesaggistica ed elevata potenzialità di fruizione della fauna, con riferimento anche a situazioni di verde urbano e periurbano maggiormente incidenti.

Per aree di pregio naturalistico coincidenti con gli elementi costitutivi della rete ecologica di primo e secondo livello e sino ad un intorno di 20 metri, non è consentita alcuna nuova espansione urbana ed industriale, né sono consentiti interventi di carattere edificatorio, ad esclusione (per gli edifici esistenti e per le opere di urbanizzazione primaria) degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di ristrutturazione edilizia, di restauro, di risanamento conservativo e di adeguamento funzionale. L'eventuale ampliamento dovrà essere effettuato in via prioritaria nella

direzione opposta a quella dell'area tutelata e (solo nel caso in cui questo non risultasse possibile) l'ampliamento stesso potrà avvenire in altre direzioni.

Per quanto riguarda le reti verdi provinciali, se coincidenti con fiumi o canali semi-artificiali la fascia di rispetto deve essere considerata dalla sponda esterna, mentre se gli elementi di tutela risultano tombinati od interrati non deve essere considerata alcuna fascia di rispetto. Per quanto riguarda gli areali non è ammesso comunque prevedere urbanizzazioni che isolino completamente l'elemento di tutela. È vietata l'edificazione lungo tutti i lati (anche se viene mantenuta la distanza di tutela prevista dei 20 metri) onde mantenerne la percezione visiva attraverso un cono ottico oltre la continuità ecologica.

Qualora un areale risulti parzialmente intercluso od a contatto con un'area urbanizzata consolidata (ma mantenga un collegamento con aree libere da urbanizzazione limitatamente alla parte a contatto con l'urbanizzato esistente) la fascia esistente dei 20 metri non deve essere considerata.

15. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

INQUADRAMENTO SISMICO

L'analisi della sismicità (intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti avvenuti nel tempo in una determinata area) costituisce il primo tassello negli studi di valutazione della pericolosità sismica di base. Infatti, trattandosi di modelli probabilistici, le caratteristiche sismo-tettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica registrate in passato consentono la messa a punto di modelli che descrivano l'attività sismica futura e dunque permettano di stimare i livelli di accelerazione attesi.

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9, che individua aree omogenee caratterizzate da sorgenti in grado di generare terremoti e da una distribuzione spaziale uniforme degli eventi sismici il territorio di Madignano ed un suo significativo intorno non rientrano in alcuna delle

zone sismogenetiche (per “zona sismogenetica” si intende la presenza di strutture geologiche in grado di generare terremoti, le cosiddette “faglie capaci”).

Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall’Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità risulta che l’area di Madignano è stata caratterizzata da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata \leq VI grado.

Dal catalogo DBMI15 - database utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) aggiornato al maggio 2015 (a cura di M. LOCATI *et al.*) - sono state estrapolate le osservazioni macrosismiche relative al comune di interesse tramite risultati strumentali.

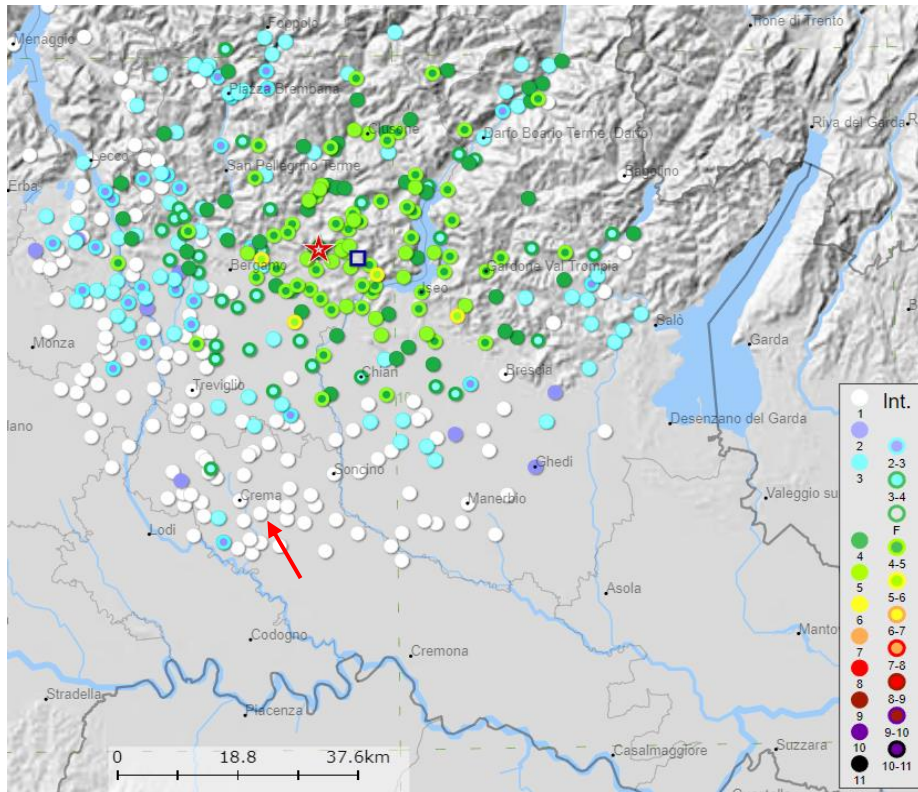
Per territorio in esame le località epicentrali per eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti/danni (osservazioni macrosismiche) provengono da zone appartenenti alle province limitrofe (Bresciano, Bergamasco) come evidenziato nelle due tavole riportate di seguito, tratte dal CPTI15 presente sul sito Internet dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

1995 ottobre 29 13:00:27.69
Lago d'Iseo

EqID 19951029_1300_000

	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.723	9.849		5-6	4.35 ± 0.08		Wmim	32.5
□ Macro	45.709	9.927	bx0	5-6	4.35 ± 0.10		bxn	
◇ Instr	45.723	9.849	CSTI1.1		4.36 ± 0.15		Pry_mlmsmb	32.5

PlaceID	Località	Sc	Lat	Lon	Int
IT_11305	Iecco		45.853	9.393	NF
IT_16279	Leno		45.366	10.219	NF
IT_13275	Liscate		45.481	9.407	NF
IT_16293	Lograto		45.483	10.056	NF
IT_16346	Maclodio		45.476	10.043	NF
IT_18917	Madignano		45.343	9.726	NF
IT_16351	Mairano		45.449	10.080	NF
IT_16375	Manerbio		45.354	10.140	NF
IT_11367	Margno		46.031	9.380	NF
IT_13372	Masate		45.567	9.464	NF
IT_11390	Menaggio		46.021	9.237	NF
IT_11442	Missaglia		45.708	9.336	NF

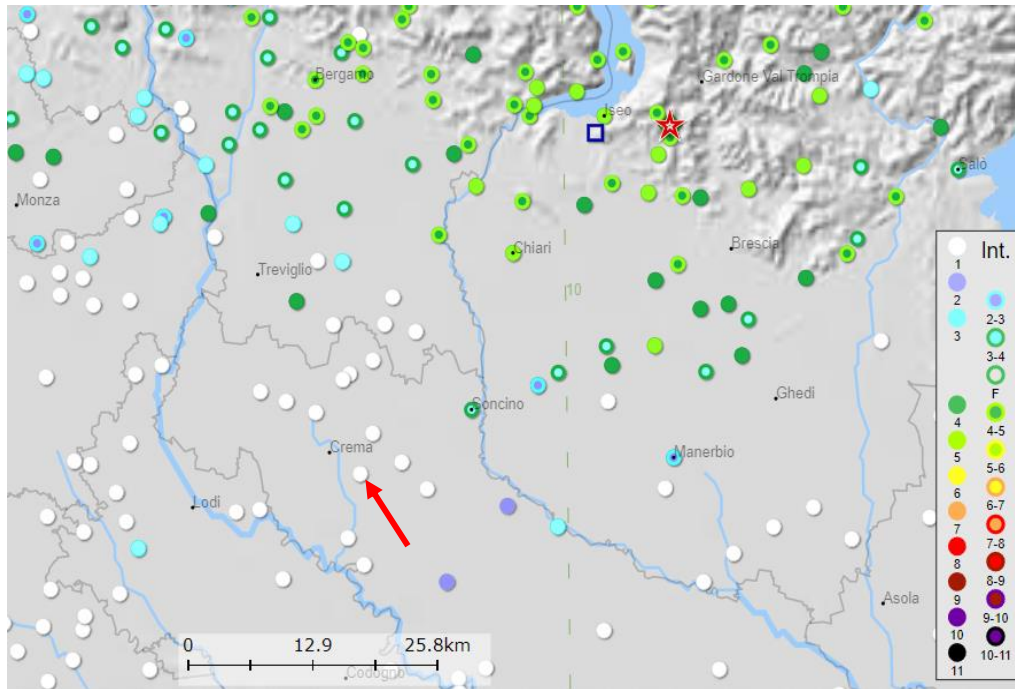


2002 novembre 13 10:48:03.19
Franciacorta

EqID 20021113_1048_000

	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.650	10.141		5	4.21 ± 0.07		InsO	10.0
□ Macro	45.644	10.042	bx0	5	4.43 ± 0.10		bxn	
◇ Instr	45.650	10.141	ISC		4.21 ± 0.07		MwMT	10.0

PlaceID	Località	Sc	Lat	Lon	Int
IT_17636	Lungavilla		45.042	9.081	NF
IT_11349	Lurago d'Erba		45.751	9.221	NF
IT_13334	Maccastorna		45.147	9.854	NF
IT_04375	Macugnaga (Staffa)	MS	45.967	7.968	NF
IT_18917	Madignano		45.343	9.726	NF
IT_16350	Magasa		45.781	10.617	NF
IT_01332	Maglione		45.346	8.014	NF
IT_13363	Maleo		45.168	9.764	NF
IT_24692	Malo		45.657	11.405	NF
IT_21589	Malosco		46.435	11.145	NF
IT_24717	Marano Vicentino		45.692	11.430	NF



La “Carta della Pericolosità Sismica” del territorio nazionale riporta il valore dell’accelerazione orizzontale massima (A_g) che ha la probabilità di essere superata almeno una volta nei prossimi 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) e per la quale il territorio del Comune di Madignano ricade in **zona 3**.

I parametri sismici significativi previsti dalla norma per le diverse zone sismiche sono sinteticamente riportati nella tabella seguente.

ZONA SISMICA	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (A_G/G)	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (A_G/G)
1	>0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	<0.05	0.05

ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

L'analisi della pericolosità sismica locale è basata sui contenuti della Deliberazione di Giunta Regionale 30 novembre 2011 – n. IX/2616 "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374", pubblicata sul BURL n. 50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012.

In sostanza la D.G.R. afferma che le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (effetti locali) possono influenzare (in occasione di eventi sismici) la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi che devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti. Da qui la necessità di giungere ad una corretta identificazione della categoria sismica a cui appartiene il terreno presente in una determinata area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente si distinguono due grandi gruppi di effetti locali:

- quelli di sito o di amplificazione sismica locale;
- quelli dovuti ad instabilità (la descrizione di questi ultimi viene tralasciata, perché non pertinente al territorio indagato).

Gli *effetti di sito* o di *amplificazione sismica locale* interessano tutti tipi di terreno in quanto inducono modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento, relativo ad una formazione rocciosa di base chiamata "bedrock"), può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il *bedrock* stesso, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Essi si distinguono in due gruppi, che possono essere anche contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- **effetti di amplificazione topografica**, si verificano quando le condizioni locali siano rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale. Tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo, a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto. Se l'irregolarità topografica è rappresentata dal substrato roccioso (*bedrock*, senza la presenza al tetto di terreno) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- **effetti di amplificazione litologica**: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, etc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura. A livello pratico questo comporta il fatto che un sisma della medesima intensità strumentale (registrata in corrispondenza del *bedrock*) possa in realtà caratterizzarsi nel suo percorso verso la superficie per effetti più o meno distruttivi, a seconda che l'evento sismico subisca più o meno effetti di amplificazione locale.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale. Secondo l'O.P.C.M. n. 3274/2003 il comune di Madignano è classificato in zona sismica 3 come già sottolineato in precedenza. Tale Ordinanza è in vigore dal 23 ottobre 2005 per gli aspetti inerenti alla classificazione sismica,

e di tale classificazione la Regione Lombardia ha preso atto con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003.

Dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14 gennaio 2008 "*Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni*", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005. Successivamente il D.M. è stato aggiornato per alcuni aspetti con il Decreto del 17 gennaio 2018 "*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*".

ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Nell'Allegato 5 della Suddetta D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 è riportata la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008, dal D.M 17.01.2018, dalla D.G.R. n. 14964 del 7.11.2003 e dal D.D.U.O. n. 19904 del 21.11.2003. Essa si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio-Pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, disponibile sul Portale istituzionale della Regione Lombardia (www.regione.lombardia.it) nella sezione Territorio e urbanistica – Difesa del Territorio – Componente geologica nella pianificazione.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale, di seguito definiti. Si specifica a questo proposito che, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'Allegato B al citato Decreto Ministeriale.

La Suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'OPCM 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento da attuare in fase pianificatoria. I livelli di approfondimento sono come di seguito definiti:

- **1° livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) che di dati di letteratura. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della “*Carta della pericolosità sismica locale*”, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli eventuali scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni-tipo, riportate nella Tabella 1 dell’Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL) di cui alla tabella seguente:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari 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 fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

- **2° livello:** prevede una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi per gli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, in grado di fornire una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del **Fattore di Amplificazione** (Fa). L’applicazione del 2° livello consente l’individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa: calcolato superiore ai valori di soglia forniti dal Politecnico di Milano) per ogni comune della Lombardia. Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello ovvero, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore. Il 2° livello è obbligatorio (per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3), negli scenari PSL individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni

sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al D.D.U.O. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici. Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello. Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali, atti a garantire la sicurezza dell'edificio in progetto.

- **3° livello:** prevede la definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini ed analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello, la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati (rese disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia), il cui utilizzo è dettagliato nell'Allegato 5 della D.G.R. di riferimento. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1e Z2) per tutte le tipologie di edifici nelle zone sismiche 2 e 3, mentre in zona sismica 4 solo nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al D.D.U.O. n. 19904 del 21 novembre 2003. Nel caso di sovrapposizione di più scenari

sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che (per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative) siano considerate inedificabili, fermi restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica. Le aree a pericolosità sismica locale individuate devono essere riportate nella carta di fattibilità con appositi retini "trasparenti", distinguendo quelle con Fa maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare (in fase di progettazione) lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 17 gennaio 2018, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, ferma restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la categoria di suolo superiore.

RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA LOCALE

Analisi di 1° livello: L'esame dei caratteri geomorfologici, litostratigrafici, idrografici, idrogeologici, idraulici e geotecnici relativi al territorio comunale di Madignano ha permesso di evidenziare sulla CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 6) gli scenari di pericolosità sismica locale.

In pratica tutto il territorio comunale rientra nello scenario z4a "*zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*", che implica effetti di amplificazioni litologica e geometrica.

Sulla stessa CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE in scala 1:10.000 (TAV. 6) sono stati evidenziati con appositi retini gli scenari di PSL (suddetti z4a), ovvero eventuali zone critiche da un punto di vista della risposta sismica ed in particolare:

- presenza di materiali potenzialmente soggetti a liquefazione sismica, nei quali si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo. Per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per

terreni granulari fini (sabbiosi) saturi d'acqua sono possibili fluimenti, colamenti parziali o generalizzati a causa di fenomeni di liquefazione;

- presenza di materiali potenzialmente soggetti a fenomeni di amplificazione litologica, che si verificano quando particolari litologie (prevalentemente di tipo sedimentario) possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente, modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Analisi di 2° livello: L'analisi di 2° livello consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi per l'area in oggetto e si concretizza nella stima della risposta sismica dei terreni in termini di *Fattore di amplificazione* (Fa). Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati (validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche) e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

La valutazione del fattore Fa, tenuto conto delle caratteristiche dell'area in esame (zona sub-pianeggiante), viene condotta per uno scenario suscettibile di amplificazione di tipo litologico o stratigrafico. In pratica viene "quantificato" l'effetto delle condizioni litostratigrafiche locali in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate da un terremoto. La procedura prevede il confronto del valore di Fa caratteristico del sito rispetto al valore di Fa caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita. Tale valore (detto "di soglia") è contenuto in un apposito elenco redatto dalla Regione Lombardia, come illustrato nel seguito.

Il procedimento per la determinazione dei valori di Fa si riferisce a quanto contenuto ed indicato nell'Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616.

Per il comune di Madignano, i valori di Fa di soglia riferiti all'intervallo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D e E) sono i seguenti, mutuandoli dai valori forniti dalla Regione Lombardia nelle pubblicazioni sopra citate:

COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia			
		B	C	D	E
MADIGNANO	0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,1	3,0
MADIGNANO	0.1 – 0.5	1,4	1,8	2,2	1,9

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 stima degli effetti litologici specifici (Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) prevede l'impiego di abachi di riferimento e richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori ≥ 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche.

Questo consente la predisposizione di un modello geofisico-geotecnico del sottosuolo e l'identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Nella stima e valutazione dell'attendibilità degli effetti litologici propri dell'area in esame, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio Vs con la profondità riveste un ruolo di fondamentale importanza. Per tale ragione, i terreni sono stati classificati sulla base del valore delle Vs30, misurato direttamente con specifiche indagini geofisiche attraverso l'esecuzione di linee sismiche e riportate nella relazione geologica allegata al PGT previgente (BASSI, 2009)

Sono state effettuate 2 prove sismiche mediante microtremori, localizzate nella zona Ovest (MAD-1), presso Madignanello e una nella zona a Sud di Madignano lungo la SP ex SS415 (MAD-2). La metodologia applicata prevede la definizione del modello geofisico delle Vs30 e la rilevazione della velocità delle onde di taglio (onde S) nel sottosuolo, per definire i fattori di amplificazione sismica locale (Fa) relativa ai due periodi caratteristici 0.1 ÷ 0.5 (edifici bassi e rigidi), e >0.5s (edifici alti ed elastici).

La tabella seguente riassume i risultati di tali prove. In essa sono sintetizzati i valori di Vs30 (velocità media delle Vs nei primi 30 m), il tipo di suolo di fondazione, il periodo proprio del sito (T) calcolato dalle Vs ed i valori calcolati del Fattore di Amplificazione (Fa) per le due tipologie di edifici: 0.1 ÷ 0.5 s e > 0.5 s. Nell'ultima riga sono riportati i valori di soglia (di riferimento) forniti dalla Regione Lombardia per l'area in esame.

Linea	Vs ₃₀	Terreno di fondazione	Periodo (Tp)	Fa (T=01-0.5 s)	Fa (T>0.5 s)
Mad -1	297	C	0.89	1.0	1.8
Mad - 2	267	C	0.98	1.0	1.7
Fa di riferimento Regione Lombardia – Comune di Madignano				1.8	2.4

In tutti gli stendimenti non è stato possibile raggiungere il *bedrock* sismico (Vs = 800 m/s) a causa dei limiti intrinseci della metodologia di indagine che ha permesso di indagare solo sino circa 30 m di profondità. Inoltre, sono state riscontrate alcune inversioni di velocità corrispondenti al passaggio da litotipi sabbiosi a litotipi argillosi. Per questi motivi, utilizzando appositi gradienti è stato ricostruito l'andamento delle Vs fino al valore di 800 m/s (raggiunto rispettivamente a 90 e 70 m di profondità).

Sulla base della natura litostratigrafica dei terreni indagati e dell'andamento delle Vs con la profondità relativa al modello sismico ricostruito nei siti in esame, la scheda litologica di riferimento più pertinente (vedi Allegato 5 della D.G.R. già citata) è risultata essere quella denominata "litologia sabbiosa".

Resta sempre l'obbligo di definire l'azione sismica di progetto secondo quanto disposto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC, 2018, Cit.)

16. FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

In considerazione degli elementi precedentemente riportati ed in ottemperanza a quanto previsto dalla Delibera Regionale di riferimento, il territorio del Comune di Madignano può essere suddiviso in diverse **Classi di fattibilità geologica** (trasposte graficamente nella tavola n° 9 a cui si rimanda), dove con tale definizione si intendono delle porzioni omogenee (per caratteristiche e problematiche geologiche) di territorio, sottoposte a specifici vincoli di natura geologica, idrogeologica, geotecnica e/o sismica che ne condizionano le possibilità di utilizzo e ne descrivono puntualmente le criticità e gli elementi da valutare in ordine ad una loro eventuale trasformazione urbanistica.

Pertanto, sono state definite le seguenti classi di fattibilità:

- Classe 1 – Fattibilità geologica senza particolari limitazioni

Zone quali non sussistono specifiche controindicazioni di carattere geologico relativamente all'urbanizzazione od alla modifica di destinazione d'uso delle particelle. In queste aree il terreno possiede buone caratteristiche geotecniche e la presenza della falda idrica è tale da non interferire con il suolo ed il primo sottosuolo. Tale classe di fattibilità non è presente sul territorio in esame.

- Classe 2 – Fattibilità geologica con modeste limitazioni

Zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, in particolare per quanto riguarda la soggiacenza non elevata della falda freatica (-2 ÷ -5 metri da p.c.). Per gli interventi edilizi sono necessari approfondimenti di carattere geologico-tecnico ed idrogeologico in fase esecutiva sulla base delle norme vigenti, finalizzati alla realizzazione di opere di fondazione ed uso del suolo e del sottosuolo (ad es. sistema fognario e di regimazione degli scarichi), che tengano conto delle condizioni rilevate.

- Classe 3 – Fattibilità geologica con consistenti limitazioni

Zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate. In queste aree l'edificazione non può in alcun modo prescindere dall'acquisizione dei dati di cui sopra, che debbono essere i presupposti per una corretta progettazione. Sono individuabili le seguenti sottocategorie:

Classe 3A - Zona di rispetto dei fontanili. In questa zona (estesa per un raggio di metri 50 all'intorno dei capifonte e per i primi 200 metri di asta, in accordo con il vigente P.T.C.P. della Provincia di Cremona) viene perseguito l'obiettivo di salvaguardare i capifonte dei fontanili individuati sul territorio comunale e l'assetto della falda freatica. Pertanto, in questa zona non sono consentite:

- La realizzazione di opere di urbanizzazione e nuova edificazione;
- La terebrazione di nuove strutture estrattive;
- La realizzazione di scarichi fognari con dispersione al suolo;
- La realizzazione di vasche per reflui zootecnici o di serbatoi interrati.

Per gli interventi non ricadenti nelle precedenti categorie, dovranno essere eseguite idonee indagini di tipo geologico ed idrogeologico ai sensi delle vigenti norme, redatte da Professionista abilitato, che attestino l'assenza di impatti sul recettore soggetto a tutela.

Classe 3B - Zona con falda subaffiorante. In questa zona sono state evidenziate consistenti limitazioni, legate alla ridotta soggiacenza della falda freatica (inferiore a -2 m da p.c.). Pertanto, in caso di edificazione che preveda la formazione di piani interrati o parzialmente interrati dovrà essere puntualmente verificata la soggiacenza delle acque sotterranee, secondo quanto prescritto dalle leggi e regolamenti vigenti. Nel caso in cui (nonostante

le indagini preliminari sito-specifiche abbiano puntualmente confermato la potenziale interferenza tra il livello di falda e le opere in progetto) si decida comunque la realizzazione di opere al di sotto di tale quota, il richiedente ed il Progettista dovranno sottoscrivere apposita dichiarazione di responsabilità, nel quale attesta di avere adeguatamente tenuto in conto di tale problematica.

Classe 3C - Zona esondabile per piene eccezionali. In questa zona sono state evidenziate consistenti limitazioni legate alla potenziale esondabilità in occasione di piene fluviali aventi carattere straordinario od eccezionale (tempo di ritorno pari o superiore a 200 anni). In questa area, oltre a quanto già prescritto dagli articoli 30, 31, 32, 38, 39 e 41 e dall'allegato 1 della D.G.R. n°7/7365 dell'11-12-2001 "*Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico*", relativamente alle fasce fluviali, non sono consentiti:

- La formazione di piani interrati;
- La realizzazione di vasche per reflui zootecnici e serbatoi interrati.

Eventuali deroghe ai punti a) e b) potranno essere concesse esclusivamente a fronte della predisposizione di un apposito studio di tipo idraulico ed idrogeologico (redatto da Professionista abilitato), che individui le soluzioni ottimali per mantenere le condizioni di sicurezza nei confronti della piena di riferimento.

Classe 3D - Zona con caratteristiche geotecniche scadenti. In queste aree è stata evidenziata la diffusa presenza di terreni aventi caratteristiche geotecniche mediocri (torbe, limi ed argille organiche, etc...). Pertanto, gli interventi di nuova edificazione in questa zona non potranno in alcun modo prescindere dalla preventiva esecuzione di dettagliate indagini geologiche e geotecniche volte a determinare:

- Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione;
- I cedimenti attesi o potenziali;
- La soggiacenza delle acque di falda e la loro escursione su base annuale.

Classe 3E - Zona di rispetto dei corsi d'acqua superficiali. In questa zona sono state evidenziate consistenti limitazioni, legate alla vicinanza dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico minore così come definito ai sensi della D.G.R. 25 gennaio 2002 n°7/7868 e successive modificazioni. In questa zona, oltre a quanto previsto dallo studio di identificazione del reticolo idrico minore da parte dell'Autorità comunale, valgono i vincoli disposti dall'art. 96 del R.D. 25 luglio 1904 n°523 fino ad una distanza di metri 10 dall'argine.

Classe 4 – Fattibilità geologica con gravi limitazioni. In questa zona, l'alta pericolosità/vulnerabilità individuata comporta gravi limitazioni relativamente alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree. In queste aree non è consentita la nuova edificazione, se non per opere tese al consolidamento od alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della legge n°457/1978 e sempre che tali interventi siano compresi tra quelli ammessi dal P.A.I. per la fascia fluviale di appartenenza. Si dovranno inoltre fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e per i nuclei abitati esistenti. Quando non sia strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Per gli orli di scarpata morfologica (individuati cartograficamente nella tavola n°1 allegata al presente Studio) valgono le salvaguardie previste dall'art. 16 comma 4 del vigente P.T.C.P. della Provincia di Cremona, che vietano lo sbancamento e l'alterazione dello stato dei luoghi per un'estensione di metri 10 sia a monte che a valle dell'orlo di scarpata.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'Autorità Comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica redatta ai sensi delle norme vigenti che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Nel complesso, il territorio comunale si è mostrato in media come a "fattibilità geologica con modeste limitazioni", anche se con alcune importanti eccezioni.

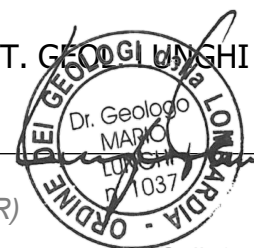
Tali limitazioni, sulla base di quanto esposto in precedenza, sono dovute essenzialmente a:

- Pericolo accentuato di esondazione (aree adiacenti al corso del fiume Serio e/o comunque poste ad Ovest del terrazzo morfologico principale).
- Elevata vulnerabilità idrogeologica, condizionata a sua volta dalla presenza di suoli poco "ricettivi" (zone di origine fluviale) o dalla falda freatica sub-affiorante (zone di risorgenza dei fontanili, zone depresse).

La presenza di uno o di entrambe questi fattori limitanti può condizionare fortemente le possibilità di modificare la destinazione d'uso di porzioni di territorio comunale, arrivando in alcuni casi ad imporre il divieto di alterare lo "status quo" (classe a fattibilità con gravi limitazioni).

Crema (CR), 06/03/2026

DOTT. GEOL. LUNGI MARIO



BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAZIONE CREMONA AMBIENTE (1992) – Studio idrogeologico della provincia di Cremona.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1999) – Progetto di piano stralcio per l’assetto idrogeologico (P.A.I.).
- PROVINCIA DI CREMONA ATLANTE AMBIENTALE, 2023.
- BASSI, RELAZIONE GEOLOGICA DI PIANO, (2009).
- CESTARI (1990) – Prove geotecniche in sito.
- CIVITA (1994) – Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento: teoria & pratica.
- DONATI DE’ CONTI (1873), Idrologia storica delle due rogge Archetta e Borromea.
- ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO (2002) – I suoli della pianura cremasca.
- FERRARI - UBERTI (1979) – I fontanili del territorio cremasco. Sorgenti di acque perenni e loro uso in questa parte di Lombardia.
- FERRARI (2022), Il Marzale, il fiume Serio e le vicende di un tratto territoriale antico e ricco di storia.
- FOSTER (1987) Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Atti Int. Conf. Vulnerability of Soil and Grounwaters to pollutants. RIVM Proc. and Int. 38, 68-86.
- FOSTER - HIRATA (1988) Groundwater pollution risk assessment. A Methodology using available data. Pan American Center for Sanit. Engin and Envir. Scienc.
- ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA (1994) – Statistiche meteorologiche. Anni 1984-1991.
- MAIONE – BRATH (1998) – La difesa idraulica dei territori fortemente antropizzati. Atti corso DIIARS Milano.
- PROVINCIA DI BERGAMO (1998) – Carta idrogeologica e dei principali elementi di impatto ambientale della fascia dei fontanili compresa tra i fiumi Adda e Oglio.
- BASSI (1983) – Le acque di superficie del territorio cremasco.

- PROVINCIA DI CREMONA (1994) – Aspetti idrogeologici del problema della presenza di azoto ammoniacale nelle acque sotterranee della provincia di Cremona.
- PROVINCIA DI CREMONA (1996) – Contributo allo studio delle acque della provincia di Cremona.
- PROVINCIA DI CREMONA (1997) – Carta delle componenti geo-ambientali del territorio cremasco.
- PROVINCIA DI CREMONA (1998) – Catalogo dei suoli cremonesi. Quaderno agro-ambientale n°3.
- PROVINCIA DI CREMONA (2005) – I fontanili della provincia di Cremona.
- PROVINCIA DI CREMONA (2010) – Atlante Ambientale – Sito Internet della Provincia di Cremona.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) – Foglio n°46 (Treviglio). Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1992) Keys to soil taxonomy.