Comune di Ricengo

Provincia di Cremona

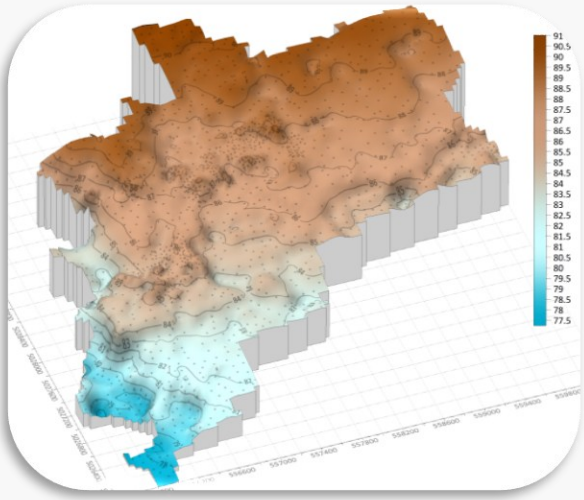
studio della componente geologica, idrogeologica e sismica

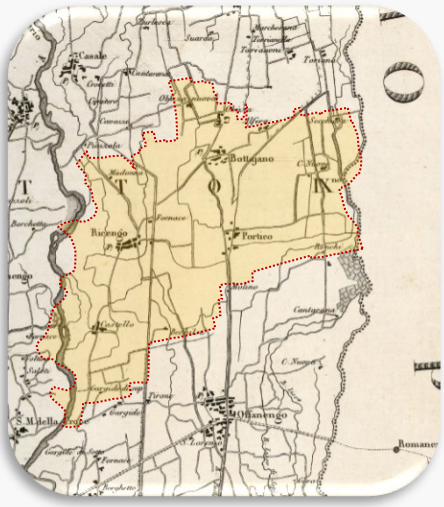
della variante generale al Piano di Governo del Territorio

Aggiornamento alle DGR 30 novembre 2011 - n. IX/2616 riguardante la componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, alla DGR del 30 marzo 2016 n. 5001 concernente le funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, al Piano di Tutela delle Acque (PTA) 2016, approvato con d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017, alla DGR 6738 del 19 giugno 2017 relativa all'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza ed al Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n.7 aggiornato con il n. 3 del 28 marzo 2025 sull'invarianza idraulica e idrologica.

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

giugno 2026







Rappresentazione 3D dell'altimetria del territorio vista da sud, stralcio della carta topografica della Provincia di Lodi e Crema del 1818 e riprese di paesaggi

Dott. Angelo Scotti geologo
via Giovanni Cairo 14 Codogno (Lo)
n° 763 OdG Lombardia; Cell 329.2124308
angelo.scotti.geol@gmail.com; angelo_scotti@pec.epap.it

Sindaco	
Segretario comunale	
ADOTTATO con delibera C.C.	
APPROVATO con delibera C.C.	
PUBBLICATO il	.....BURL n.....
REDATTO da	*Dott. Angelo Scotti*

Sommario

1 PREMESSA, PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI E SINTESI 3
2 FONTI E METODI DI INDAGINE 11
3 ASPETTI GEOMORFOLOGICI, LITOLOGIA DI SUPERFICIE E RETICOLO IDRICO 13
4 LINEAMENTI GEOLOGICO STRUTTURALI E ASPETTI SISMOLOGICI 29
4.1 Faglie Capaci nel database ITACA e Sorgenti Sismogenetiche Composite 32
5 ELEMENTI DI PEDOLOGIA 40
5.1 Processi genetici dei depositi 40
5.2 Sintesi delle caratteristiche pedologiche 41
5.3 Aspetti applicativi delle caratteristiche pedologiche 42
6 ELEMENTI DELL'IDROGRAFIA LOCALE 45
6.1 Informazioni aggiuntive sul reticolo idrografico 45
7 PERICOLOSITÀ E RISCHIO DI ALLUVIONI DEFINITI NEL PGRA 47
8 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI 61
8.1 Caratteristiche idrogeologiche generali 61
8.2 Caratteristiche dell'acquifero riferito nel PTUA 2006 66
8.3 Aggiornamento con gli elaborati PTUA 2016 69
8.3.1 Rappresentazione della falda freatica e di quella profonda 73
8.4 Sezioni idrogeologiche da PTUA 2016 75
9 INVARIANZA E DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE (RR 07/2017) 78
10 ASPETTI SISMOLOGICI E RISPOSTA SISMICA LOCALE 99
10.1 Riferimenti normativi e definizioni 99
11 DATI DELLE PROVE MASW E HVSR 104
11.1 Descrizione del metodo Masw 104
11.2 Elaborazione prova Masw 1 ed Hvsr 105
11.3 Elaborazione prova Masw 2 ed Hvsr 106
11.4 Esito delle misure 107
11.5 Classificazione del sottosuolo di fondazione 108
11.6 Misura dei rapporti spettrali HVSR (ipotesi di Nakamura) 108
11.6.1 Cenni metodologici 108
11.6.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione 109
11.6.3 Elaborazione ed analisi dei dati 109
12 STIMA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE 111
13 VALUTAZIONE EFFETTI SISMICI DI SITO: 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO 113
14 NORME GEOLOGICHE DI PIANO E CLASSI DI FATTIBILITÀ 118

1 Premessa, principali riferimenti normativi e sintesi

La presente relazione illustra l'esito dei rilievi e delle elaborazioni condotte in esecuzione all'incarico ricevuto con la determinazione del responsabile del Servizio n. 19 del 03.06.2022 CIG ZCD368B4E6, riguardante la definizione degli aspetti geologici, idrogeologici e sismici del territorio comunale che costituisce componete sostanziale del Piano di Governo del Territorio ai sensi della DGR 30 novembre 2011 - n. IX/2616.

Il documento, gli allegati e le tavole prodotte costituiscono principalmente un adeguamento alla normativa introdotta nei quindici anni circa trascorsi dall'approvazione dall'ultimo studio geologico di PGT ([1]), che comprendono la pubblicazione della citata DGR 2616/2011 che è il principale atto riguardante il settore e che definisci i "*criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio …*", l'aggiornamento della regolamentazione riguardante il rischio sismico con la DGR del 30 marzo 2016 n. 5001 che definisce le "*linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica*" nonché di norme nazionali costituite principalmente dal Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*" ed al quale è associata la circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

In merito agli interventi di **tutela idrogeologica** il principale atto normativo è costituito dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico del Po (**PGRA-Po**), approvato in una prima versione con il Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 27 ottobre 2016 e successivamente rivisto dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po e di nuovo promulgato con il **d.p.c.m. del 1° dicembre 2022**, nel rispetto del previsto aggiornamento sessennale. Di seguito il Segretario Generale dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po ha provveduto a effettuare modifiche alle aree allagabili previste nel Piano con atti emanati da aprile 2023 fino al più recente Decreto SG n. 61/2025 del 17-07-2025 riguardante il territorio lombardo (https://pai.adbpo.it/varianti-approvate-e-attuazioni-2/), che non hanno comportato modifiche del Piano nel territorio di Ricengo o aree limitrofe (l'ultima in Provincia di Cremona è in Decreto SG n. 100/2024 del 30-12-2024 e riguarda Bordolano e Dovera).

Strettamente connessa all'attuazione della prima versione del PGRA è stata l'approvazione da parte di Regione Lombardia della DGR 6738 del 19 giugno 2017 riguardante "*disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione* (PGRA) *nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza*,…". Nel punto 1.3 della norma si sottolinea che il "*Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.*" e che *"Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un **aggiornamento e integrazione** del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI…* contenendo … **1)** *la delimitazione delle aree allagabili su corsi d'acqua del **reticolo principale di pianura** e di fondovalle (**RP**) non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel PAI; aggiornano la delimitazione delle aree allagabili dei corsi d'acqua già interessati dalle delimitazioni delle fasce fluviali nel PAI e, **per i corsi d'acqua** Mella, Chiese e **Serio** la estendono verso monte;"* **2)** *"la delimitazione delle aree allagabili in ambiti (RSP e ACL) non considerati nel PAI"*, dove **RSP** è l'acronimo di **Reticolo Secondario di Pianura**, ossia di quella rete di corsi d'acqua secondari artificiali ampiamente presenti a Ricengo come evidenziato in

[1] La relazione illustrativa e le norme tecniche dello studio geologico del vigente PGT sono documenti in *,pdf che appaiono prodotti a settembre 2011, mentre tutte le tavole recano la data del 21/06/2010, sempre a firma del Dott. Geol. Mario Lunghi di Crema (Cr), n. 1037 Ordine Geologi Lombardia laboscarina@pec.it

Figura 1 ma che non presentano aree allagabili nel territorio comunale, mentre ACL indica le Aree Costiere e Lacuali di cui il territorio è del tutto privo.

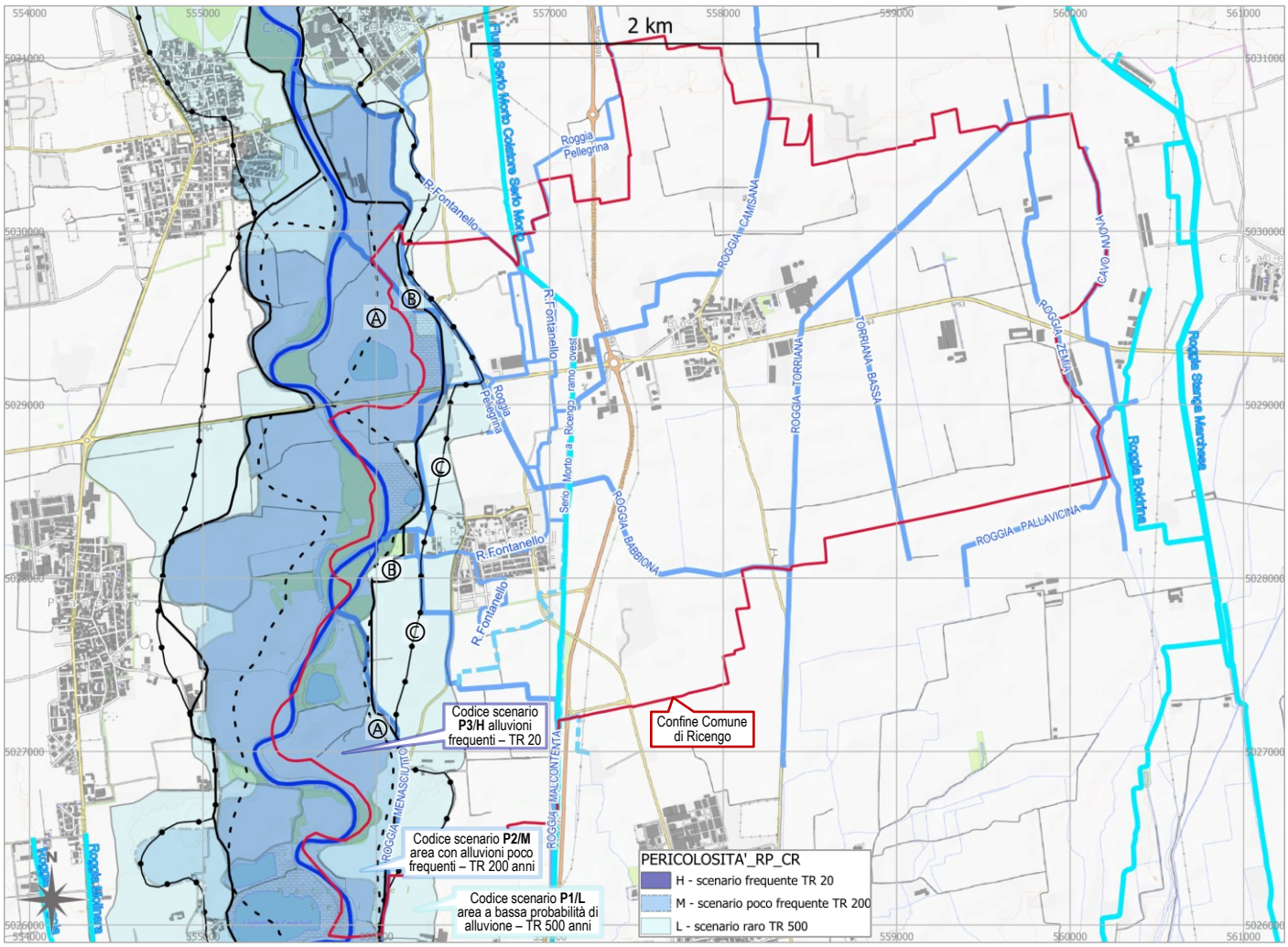


Figura 1: scala 1:40.000. Principale reticolo dei corsi d'acqua esistenti e aree individuate dal PAI e dal PGRA nel territorio comunale. In colore azzurro chiaro ( ) è riportato il reticolo dei corsi d'acqua gestiti dal Consorzio di Bonifica Dugali tratto dal Sistema Informativo Bonifica, Irrigazione e Territorio Rurale (SIBITER) il cui ultimo aggiornamento è del 22/02/2018. Nel territorio di Ricengo è presente esclusivamente il Colatore Serio Morto che supera il confine nord circa 260 m a sud della Cascina Gavazzi, si estende in direzione sud per circa 2.960 metri e supera il confine meridionale con Offanengo circa 300 m a NW dell'Azienda Agricola Becchinsù. I restanti corsi d'acqua riferiti nella mappa in colore azzurro scuro ( ) sono gestiti da consorzi irrigui di proprietà di privati. La figura riporta anche i limiti degli scenari di pericolosità definiti dal **PGRA** lungo il **fiume Serio** e relativa frequenza di accadimento espresse dai **T**empi di **R**itorno attesi (**P3/H**, **P2/M** e **P1/L**) e i limiti delle fasce Ⓐ, Ⓑ e Ⓒdel **PAI** tuttora vigenti.

Le superfici allagabili dalle piene del **fiume Serio** (**R**eticolo **P**rincipale), sono definite nel **PGRA** vigente ed illustrate in **Figura 1**. Considerandole solo quelle appartenenti al territorio comunale **(12.581.392 m^2)** sono:

P3/H – aree con alluvioni frequenti e TR di 20 anni = **972.444** m^2, pari al **7,73** % del territorio comunale

P2/M - aree con alluvioni poco frequenti e TR 200 anni = **1.240.213** m^2, pari al **9,86** % del territorio comunale

P1/L - aree con alluvioni rare con TR 500 anni = **2.280.853** m^2, pari al **18,13** % del territorio comunale.

Di seguito, come già nella **tavola 3/7** allegata, saranno riferite le velocità e le quote raggiunte dalle piene previste per tali scenari alluvionali dal PGRA vigente, ma il pericolo di insorgenza di tali fenomeni era già stato individuato in precedenza per l'area perifluviale mediante il **Piano per l'Assetto Idrogeologico** (**PAI**), approvato con il Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001. In tale progetto le modalità di

identificazione della pericolosità degli eventi alluvionali sono state elaborate con criteri differenti, fondandosi sull'individuazione della "*piena di riferimento*" definita come l'episodio alluvionale associato al **tempo di ritorno TR di 200 anni**, al quale si collega un preciso livello idrico locale.

Le Norme Tecniche di Attuazione del PAI, consultate con il testo vigente dal 17 aprile 2025 (https://pai.adbpo.it/wp-content/uploads/2025/05/NA_PAI-PO.pdf), che peraltro non ha modificato quello originario per gli articoli qui citati, definiscono con l'articolo **29** - ***fascia Ⓐ***, l'area maggiormente soggetta alle alluvioni, assumendo "*come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove* ***defluisce almeno l'80% di tale portata****. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere* ***minore o uguale a 0.4 m/s*** *(criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali)*. Essendo il fiume Serio nel tratto cremasco formato da un alveo unico, la definizione data è pienamente adottabile. La "***fascia Ⓑ***", definita con l'articolo **30** "*fascia di esondazione*" ha l'obiettivo di "***mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica***" e di "*conservazione e miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali…*", mentre la "***fascia Ⓒ***", definita con l'articolo **31** "*area di inondazione per piena catastrofica*", ha l'obiettivo di "*…integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante…programmi di previsione e prevenzione…"*, nonché mediante "*…Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni…* che*...investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B"*. Le Province sono incaricate di provvedere alla *"rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile…*", mentre gli "*…organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio… per le finalità ora menzionate*".

Gli articoli 29 e 30 precisano le attività vietate e quelle consentite nelle rispettive fasce, con dettagli che saranno riportati di seguito nel capitolo 14 riguardante le classi di fattibilità geologica.

Analogamente a quanto in precedenza riportato in merito alle aree allagabili definite da PGRA, le superfici del **PAI** individuate dalle fasce nel territorio comunale di Ricengo sono le seguenti:

- Ⓐ = **905.093**m^2, pari al **7,19** % del territorio comunale;
- Ⓑ = **1.227.594**m^2, pari al **9,76** % del territorio comunale
- Ⓒ = **1.771.603** m^2, pari al **14,08** % del territorio comunale.

Si evidenzia che la percentuale di territorio che ricade nella fascia Ⓐ è molto prossima a quella dall'area **H**, ma ci sono differenze ben visibili nella planimetria di **Figura 1** dove la superficie appartenente ad **H** è molto più estesa a nord dell'abitato di Ricengo rispetto a quella nella fascia Ⓐ. La fascia Ⓑ ha estensione quasi pari a quella dell'area **P2/M** ed è in buona parte sovrapponibile ad essa, mentre la fascia Ⓒ è inferiore di circa il 22 % rispetto all'area definita dalle alluvioni rare **P1/L**, in particolare per la maggiore estensione di queste ultime in prossimità dell'abitato di Ricengo e più a sud.

Per quanto riguarda **i rischi,** la versione vigente di tale parametro è riportata in sintesi nella Figura 2 nelle aree ricadenti nella classe di rischio **R4 - rischio molto elevato**, si evidenziano **4 elementi poligonali** presenti nel territorio comunale, che a partire da nord sono costituita da:

1) Area poco a est del lago di cava nella exclave del Comune di Sergnano, che in base ai documenti forniti dal Settore Ambiente e Territorio della Provincia di Cremona (comunicazione 8962 del 9.02.2026) è estesa per 22.502 m^2, costituendo circa il 33.9% della superficie dell'ex "Cava Cantù" (dal nome del titolare, Enrico Cantù), identificata

nel Catasto cave cessate dell'Ente con la sigla **CCR46**, autorizzata dalla Regione Lombardia nel 1982 e terminata nel 1984, che in base ai documenti consultati é sottoposta a recupero. L'area alla luce del sopralluogo eseguito nell'estate del 2025 non contiene edifici o strutture, ma solo alcuni accumuli di ghiaie e sabbie in parte ricoperti da vegetazione, e di conseguenza non paiono esserci le condizioni per l'inserimento della superficie nella **classe di rischio R4. Tale classe riguarda infatti aree dove è presente un'elevata esposizione a rischi di persone e beni, con potenziale perdita di vite umane, e tale giudizio permane immutato pur considerando l'area allagabile**, con modesto battente, a seguito di eventi con TR 20 anni come evidenziato in Figura 1 e nella tavola 3/7.

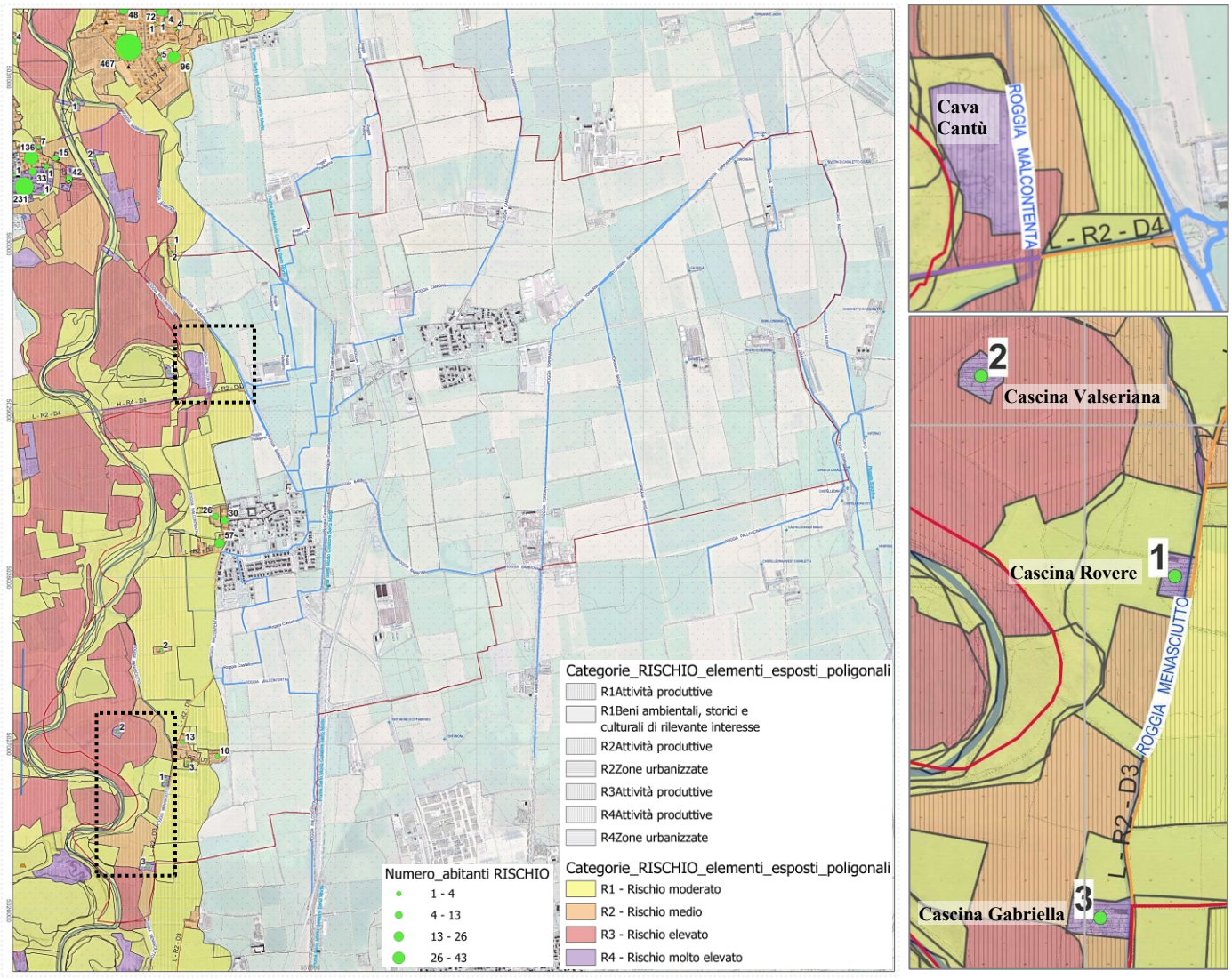


Figura 2: scala 1: 40.000 e a destra i dettagli in scala 1: 10.000 delle aree contenenti superfici collocate nella classe **R4.**

Poco a sud della superficie descritta, il PGRA indica la presenza di un **elemento lineare** collocato nella citata classe di rischio **R4**, formato da 130 metri del tratto più occidentale della **SP 64** in territorio di Ricengo, che presenta quote prossime a 88 m s.l.m. (Database Geo-Topografico (DBGT) di Regione Lombardia), **prossime a +2 metri** rispetto a quelle raggiunte dalle piene previste con TR 500 anni mostrate dai profili riferiti della tavola 3/7, sezioni da 42 a 44, dove è indicata una quota max di 86,27 m s.l.m. nella sezione più a monte. Anche in questo caso non paiono esserci le condizioni necessarie per il mantenimento della superficie nella **classe di rischio R4**.

2) Circa 2 Km più a sud del tratto di SP 64 sopra menzionato è presente l'area **R4** della **Cascina Valseriana** di 226 m^2, che ospita un noto centro educativo del Parco del Serio (Figura 2). In questo caso le quote topografiche fornite dal DBGT sono di **79,2 /79,6** m s.l.m. e durante le piene previste le quote del pelo libero si ipotizza siano quelle indicate dalla **sezione 37** (tavola 3/7), passante pochi metri a monte dell'area in esame: in particolare **79,67** m s.l.m. con TR 20 anni, **80,89** m s.l.m. con TR 200 anni e di **81,34** m s.l.m. con TR 500 anni. Il quadro delineato indica quindi un allagamento modesto nel primo caso con tiranti di 10 – 50 cm circa, mentre in caso di scenari poco frequenti o rari, come espressi nella legenda di **Figura 1**, i tiranti variano da 1,3 m a 2,15 m delineando una condizione di elevato pericolo. A tale proposito è opportuno riferite lo schema di Figura 3 concernete la zonazione della pericolosità, che individua il primo caso tra quelle a pericolosità da moderata ad elevata e le successive a pericolosità molto elevate.

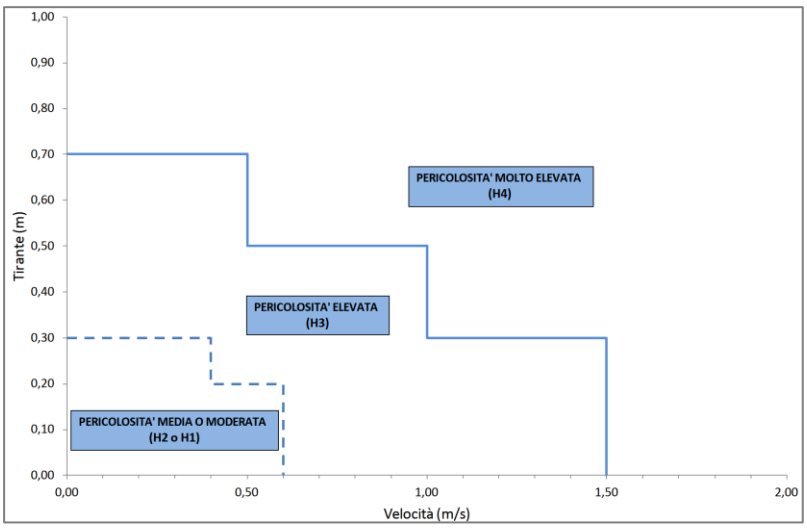


Figura 3: schema di zonazione della pericolosità delle aree esondabili espressa dall'allegato 4 alla D.G.R. IX/2626/2011

Per quanto concerne le velocità di flusso, le informazioni riferite nella tavola 3/7 indicano per la **sezione 37** velocità massime sempre prossime o superiori a 1 m/s, confermando la pericolosità sopra espressa.

Le condizioni previste per l'area della **Cascina Valseriana** avvalorano la sua collocazione nella **classe di rischio R4** e quindi la necessità che l'area sia posta in **classe 4 di fattibilità geologica**, dove sono previste le specifiche prescrizioni riferite nel capitolo 14.

3) Circa 400 m a SE della Cascina Valseriana è presenta l'area **R4** della **Cascina Rovere**, estesa per 209 m^2 su terreni che presentano quote topografiche **80.8 /81.1** m s.l.m. Durante le piene le quote del pelo libero previste sono quelle indicate dalla **sezione 36** (tavola 3/7), estesa fino a pochi metri ad ovest dell'area in esame: in particolare **78,95** m s.l.m. con TR 20 anni, **80,00** m s.l.m. con TR 200 anni e di **80,42** m s.l.m. con TR 500 anni.

Differentemente dal caso precedente le quote raggiunte dalle piene sono tutte significativamante inferiori a quella topografica, e pure nelle incertezze che possono accompagnare le misure topografiche e le stime delle quote dell'acqua durante gli episodi di piena, pare difficile considerare le condizioni descritte adeguate a collocare l'area nella classe di rischio **R4**, gravandola delle conseguenti prescrizioni. Poiché l'area si colloca in una superficie di pericolosità media (P2-M) ed all'esterno, sia pur di poco, dalla fascia A del PAI come mostrato nella **Figura 1** e nella tavola 3/7, una soluzione che pare allo scrivente ragionevole adottare potrebbe consistere nell'esecuzione di un rilievo topografico di adeguata precisione altimetrica, al fine di verificare la possibilità di escudere l'area stessa dall'attuale classe di rischio.

4) Circa 530 m a sud della Cascina Rovere, estesa per 298 m^2 su terreni che presentano quote topografiche **79,0 /79.5** m s.l.m., è presente l'area **R4** della **Cascina Gabriella**. Durante le piene previste le quote del pelo libero dell'acqua si prevede siano circa quelle indicate dalla **sezione 35** (tavola 3/7), passante circa 100 m a monte del

complesso di edifici in esame: in particolare **78,61** m s.l.m. con TR 20 anni, **79,81** m s.l.m. con TR 200 anni e di **80,42** m s.l.m. con TR 500 anni.

In questo caso le quote raggiunte dalle piene sono di poco inferiori a quella topografica nel caso degli eventi con TR 20, mentre sono di poco **superiori o nettamante superiori, fino a 1,42 metri,** negli episodi poco frequenti o rari. In questo caso la classe di rischio **R4** è certamente confermata e conseguentemente l'area è collocata nella **classe 4 di fattibilità geologica**.

Una sintetica rappresentazione della pericolosità e dei rischi nel tratto fluviale di Ricengo è riferita in Figura 4.

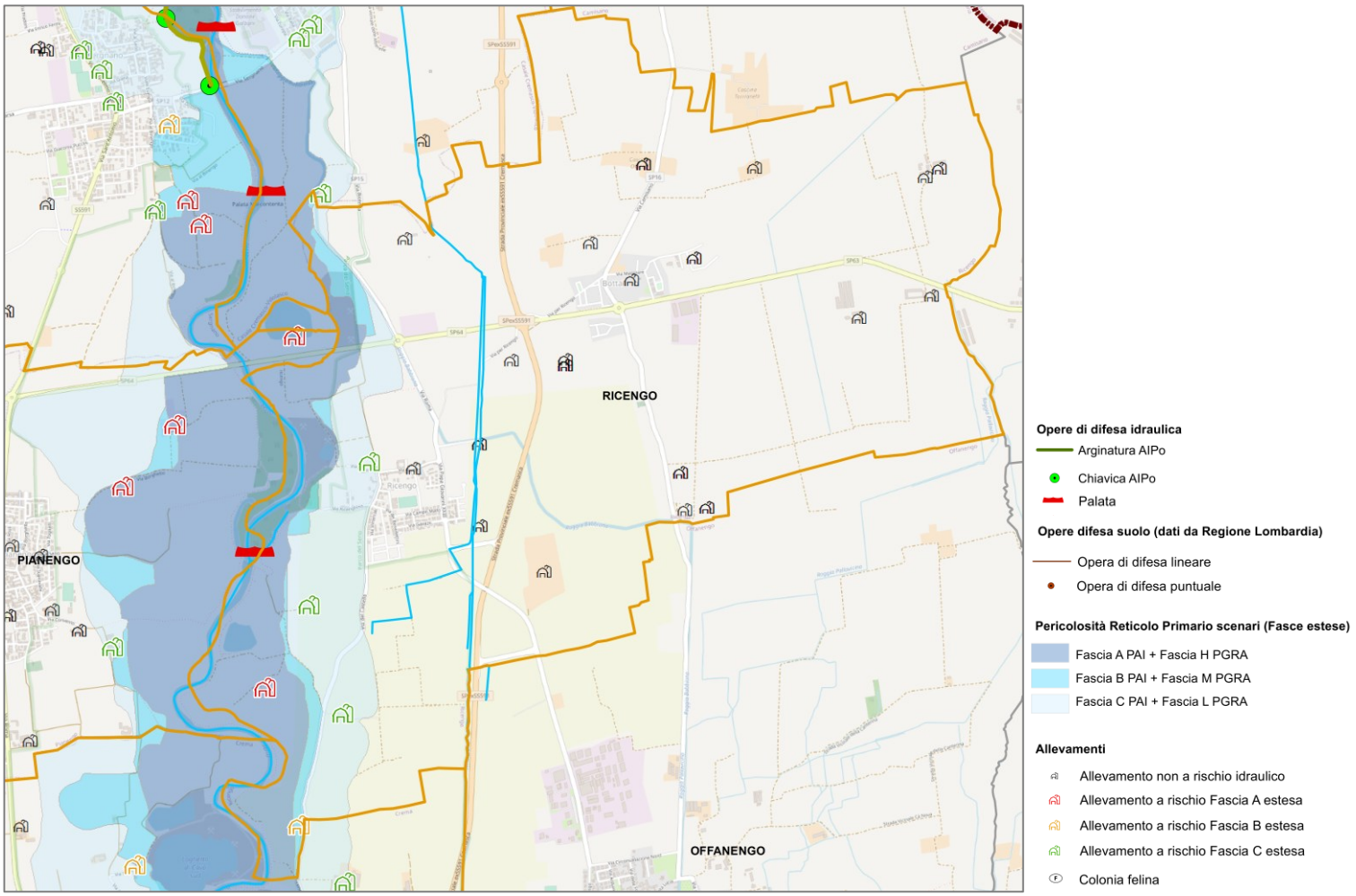


Figura 4: da **Provincia di Cremona** Settore Infrastrutture Stradali, Patrimonio ed Edilizia scolastica Servizio di Protezione Civile
Piano di Emergenza Provinciale per il rischio idraulico del Fiume Adda e Fiume Serio adottato con D.C.P. n° 35 del **20.12.2023**
Carta Allevamenti - 2 fiume Serio. Scala originaria 1:25.000, qui riprodotta in scala 1: 40.000.

Il documento mostra in particolare che in linea con le disposizioni regionali per l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico, definite da Regione Lombardia con la d.g.r. n. X/6738 del 19 giugno 2017 (rif. punto 3.1.4. "*Disposizioni per i corsi d'acqua già interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali*"), gli autori, anche in considerazione delle incertezze e delle approssimazioni che accompaganano le capacità di previsione dei fenomeni in esame, hanno considerato come perimetro soggetto agli eventi alluvionali con bassa, media e alta probabilità di verificarsi (tempi di ritorno indicativamante di 20, 200 e 500 anni), di volta in volta le superfici più estese risultanti dal confronto e sovrapposizione tra le perimetrazioni del PAI e del PGRA, così da porsi nella situazione maggiormente cautelativa.

Si rimanda ad una lettura ad esempio del documento "*Piano Provinciale di protezione civile relativo al rischio idraulico dei fiumi Adda e Serio*" scaricabile all'indirizzo Piano rischio idraulico fiumi Adda e Serio (anno 2023) - Provincia di Cremona, per comprendere i differenti criteri che hanno condotto all'individuazione delle fasce PAI prodotte nel 2001 e di quelli usati per la mappatura delle aree allagabili, classificate in base alla pericolosità e al rischio nel PGRA del 2016, che ai fini pratici si traducono nelle seguenti prescrizioni riferite nel citato § 3.1.4.:

a) nelle aree interessate da **alluvioni frequenti** (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la **Fascia A** dalle norme di cui al "*Titolo II – Norme per le fasce fluviali*", delle N.d.A. del PAI;

b) nelle aree interessate da **alluvioni poco frequenti** (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la **Fascia B** dalle norme del "*Titolo II – Norme per le fasce fluviali*", delle N.d.A. del PAI;

c) nelle aree interessate da **alluvioni rare** (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui all'art. 31 delle N.d.A. del PAI.

Quanto riferito conduce alle scelte della classe di fattibilità geologica adottate per l'area perifluviale.

A completamento di quanto in argomento si riferiscono in sintesi alcune considerazioni sull'area di Ricengo contenute nei tre scenari di rischio individuati per la gestione degli interventi di protezione di civile, definiti in base alle corrispondenti tre frequenze di alluvionamanto ipotizzate, frequenti, poco frequenti e rare.

Per le alluvioni frequenti *[(rif. Scenario 1) Fascia A del PAI/Scenario frequente (P3/H) del PGRA]* le aree potenzialmente interessate riguardano territori a valenza agricola (in prevalenza seminativi non irrigui e seminativi semplici irrigui, marginalmente colture da legno) dove è presente solo un piccolo allevamento (Cascina Valseriana già citata), tratti limitati della viabilità extra urbana e un tratto della S.P. 64, già considerata in precedenza.

Per le alluvioni poco frequenti *[(rif. Scenario 2) Fascia B del PAI/Scenario poco frequente (P2/M) del PGRA]* è indicato un lieve incremento delle aree allagabili e il coinvolgimento di alcuni insediamenti isolati: C.na Rovere, C.na Gabriella, già considerate in precedenza, e piccoli tratti della viabilità locale extra urbana.

Per le alluvioni rare *[(rif. Scenario 3) Fascia C del PAI/ Scenario raro (Pl/L) del PGRA]* si è considerata la loro estensione in una significativa porzione del territorio, comprendente Via al Serio, Via morti del Serio, Via Ricenghino, C.na Rovere, la loc. Castello e vari allevamenti, e possibili allagamenti in tratti della viabilità locale urbana ed extra urbana e lungo la S.P. 64.

Il piano **non individua** aree esposte a pericoli e rischi delle alluvioni prodotte dal **reticolo secondario**.

Un altro tema trattato dalle norme introdotte dopo l'approvazione del PGT vigente è costituito dal **Regolamento Regionale** 23 novembre 2017 - n. 7, aggiornato con il R.R. 19 aprile 2019 n. 8 e successivamente dal **n. 3 del 28 marzo 2025**, che riguarda i criteri e metodi da adottare nella progettazione di edifici e strutture e nella pianificazione per il **rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica**. La questione è trattata nel § 9 a pag. 78 e seguenti.

L'approvazione da parte di Regione Lombardia del nuovo **Piano di Tutela delle Acque (PTA)**, che ha lo scopo di regolamentare le risorse idriche della Regione attraverso la pianificazione della tutela qualitativa e quantitativa delle acque, costituisce un ulteriore atto di grande rilievo pratico per la gestione del territorio, che si compone del documento di indirizzo e del Programma di Tutela delle acque (**PTUA**) approvato con d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017. A momento è in fase di aggiornamento **la versione 2025** (DGR n. XII/5517 del 15 dicembre 2025) trasmessa al Ministero e all'Autorità di Bacino per il parere vincolante.

Si richiamano infine la DGR 2129/2014 contenente la nuova classificazione sismica regionale e la DGR 5001/2016 relativa ai criteri attuativi della L.R. 33/2015 in materia di costruzioni in zona sismica e relativa vigilanza, nelle quali si richiede che tra gli elementi di pericolosità geologica siano valutati i possibili effetti che particolari condizioni geologiche e geomorfologiche (condizioni locali) possono determinare in occasione di eventi sismici e la recente d.g.r. Lombardia n. XI/7564 del 15/12/2022 di integrazione della citata DGR 2616/2011 riguardante il tema degli sprofondamenti (Sinkhole), che per quanto noto sono assenti a Ricengo.

Le osservazioni sul terreno sono state svolte nel mese di ottobre e novembre 2024 per verificare l'eventuale esistenza di variazioni significative del paesaggio o la presenza di pericoli di carattere idrogeologico non segnalati sulle cartografie, senza riscontrare in nessuna parte del territorio aspetti problematici.

Per acquisire adeguate informazioni sul comportamento sismico dei terreni il 04 ottobre 2024 sono state eseguite **due indagini**, la prima circa 270 m a NNE e la seconda circa 1.200 m a NNE dalla sede comunale, utilizzando metodi di sismica attiva **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) e con registrazioni del microtremore sismico **HVSR** (*horizontal to vertical spectral ratio*) mediante Tromino ® il cui risultato è illustrato nel § 10. Gli esiti delle misure sismiche mostrano profili tra loro analoghi, con valori di $V_{s,eq,}$ entro i 30 metri dalla superficie sostanzialmente al limite tra i suoli di categoria **C** ($V_{s,eq}$ da 180 a 360 m/s depositi a grana grossa mediamente addensati o fini mediamente consistenti) e **B** ($V_{s,eq}$ da 360 a 360 m/s - rocce tenere, terreni a grana grossa molto addensati o fini molto consistenti). I profili mostrano la presenza di un intervallo di velocità relativamente elevata (V_s 510 m/s e 430 m/s rispettivamente) in uno strato di 13 - 16 m di spessore individuabile tra -9 /-22 m nella prova 1 e tra -4 e -19 m nella prova 2 dalla superficie, ben correlabile con un deposito di ghiaie con sabbie presente da -10,5 m fino a -16,5 m, passante a ghiaie grossolane con sabbia e ciottoli fino a -25,5 m, riferito nel profilo stratigrafico locale del pozzo 1 di Padania Acque (cod. 190790001) realizzato in posizione circa intermedia tra le prove MASW, come mostrato nei profili riferiti nella tavola 2B.

La raccolta della documentazione e le elaborazioni hanno consentito di confermare il quadro emerso nello studio precedente, rilevando **l'assenza di importanti problematiche di carattere geotecnico per la realizzazione d'interventi ordinari nelle aree urbane**. La presenza di sabbie sature a pochi metri dalla superficie ha richiesto di porre attenzione intorno alla valutazione del rischio di liquefazione dei terreni sotto le fondazioni in caso di eventi sismici. L'elaborazione delle indagini sismiche ha evidenziato, anche per quest' aspetto, il basso grado di pericolosità del territorio (§ 12 a pag. 111 e seguenti).

2 Fonti e metodi di indagine

Gran parte delle informazioni utilizzate sono state acquisite dai documenti disponibili nel Geoportale Regionale e scaricabili in particolare con il servizio Download Dati - Geoportale della Lombardia (regione.lombardia.it), nel sito di ARPA Lombardia SIDRO | Sistema Informativo Idrologico (arpalombardia.it), nel sito regionale delle procedure autorizzative riguardanti i settori Ambiente (AIA), Edilizia e Sismica, Energia (fonti energetiche rinnovabili (FER), sonde geotermiche), Commercio, Attività Produttive e Servizi, Mobilità Viewer Geografico - Procedure autorizzatorie (servizirl.it), in quello dell'AIPO Home - Geoportale AIPO (agenziapo.it), in quello del servizio geologico nazionale Geological Survey of Italy Portal | Portale del Servizio Geologico d'Italia (isprambiente.it), in quello del ministero dell'ambiente .:: Geoportale Nazionale ::. (minambiente.it) e dell'istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Modello di pericolosità sismica MPS04 (ingv.it) e DISS - Mapper (ingv.it). Per gli aspetti idrogeologici locali sono stati acquisiti i dati pubblicati nell'Atlante Ambientale della Provincia di Cremona, dove in particolare sono accessibili i risultati del "*modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona*"([2]) che descrivono il deflusso della falda freatica e contengono l'individuazione della quota di Base dell'acquifero Freatico Equivalente (BFE), che localmente indica un orizzonte a quote un poco differenti da quelle riportate dal documento PTUA 2016 di Regione Lombardia per la base del primo acquifero (**I**drostruttura **S**otterranea **S**uperficiale – **ISS**).

La rete idrografica e alcuni parametri irrigui e della gestione sono descritti principalmente nella Relazione Generale del Piano Comprensoriale di Bonifica, di Irrigazione e di Tutela del Territorio Rurale di luglio 2020 e nella Relazione del Piano di Classifica consortile di agosto 2022 e relativi allegati, elaborati dal **Consorzio di bonifica Dugali Naviglio Adda Serio**. Informazioni sulla cartografia storica sono state acquisite dal sito Ricerca - Ministero della cultura (beniculturali.it).

L'ARPA Regione Lombardia ha fornito nel sito Dati - ARPA Lombardia i dati delle misure di livello della prima falda (falda freatica) rilevate circa mensilmente con piezometri superficiali collocati nel corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Bacino Adda Oglio, indicato con l'acronimo **GWB ISS MPAO** (Ground Water Body Idro Struttura Superficiale Media Pianura Adda Oglio), nel rispetto di quanto previsto dal **Piano di Tutela ed Uso delle Acque 2016 di Regione Lombardia** (*Relazione generale PTUA 2017, § 6.2.2 Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei)*.

Il piezometro più prossimo al territorio di Ricengo è quello realizzato in via Vallarsa 9 nel Comune di **SERGNANO**, 2,95 Km a NNW del municipio di Ricengo con misure eseguite mensilmente dal 29 gennaio 2004 al 13 dicembre 2019 (le misure successive sono eseguite 2- 6 volte all'anno) per mezzo del pozzo codice PO019094NU0944 che presenta filtri da -36 a -42 m dal piano campagna, che l'Arpa ha interpretato essere un intervallo dove scorre la prima falda.

La direzione e il gradiente di flusso della falda freatica descritta dal citato *modello preliminare* ([2]) con la Tavola 4 – "*Piezometria di riferimento dell'acquifero freatico"* indica un valore di 1,8 ‰ in direzione sud nella parte nord est del territorio comunale, e in direzione SSW nella parte nord ovest. Il gradiente aumenta verso sud ovest a valori prossimi allo 2,4 ‰ come mostrato in Figura 5. La medesima rappresentazione è fornita nella tavola 2 allegata.

[2] C. Gandolfi, G. Ponzini, M. Giudici, B. Ortuani, A. Facchi, C. Vassena, C. Durante, L. Varola, M. Rienzner, D. Agostani, D. Ferrari. - [s.l] : null, 2007. Relazione illustrativa della definizione delle scale spaziale e temporale del modello di simulazione / C. Gandolfi, G. Ponzini, M. Giudici. - Milano : null, 2006 Apr. 2006
Si sottolinea che ai sensi della deliberazione del CONSIGLIO PROVINCIALE DI CREMONA del 20/07/2010, la Tav. 3 del PTUA regionale è sostituita per il territorio provinciale dalla Tavola 13 allegata della Relazione finale della ricerca sopra citata, determinando anche gli obblighi riferite nell'allegato 1 alla delibera stessa titolati "*Regolamento provinciale per l'applicazione del modello di flusso idrico sotterraneo della Provincia di Cremona in materia di uso delle acque*".

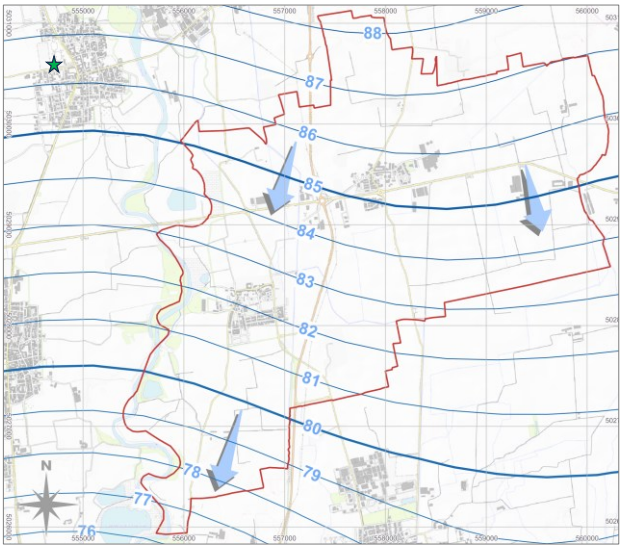


Figura 5: stralcio in scala 1: 75.000 ottenuta dai dati della Tavola 4 del modello preliminare ([2]). Le frecce azzurre indicano le direzioni locali di flusso.
★ Pozzo di ARPA codice PO019094NU0944 in falda freatica per le misura delle escursioni.

Un altro punto di misura periodica delle acque sotterranee di ARPA è il pozzo PO0190790U0001 di via Soncino (SP 63) a Ricengo, che capta le acque nel corpo idrico sotterraneo intermedio (ISI) di Media pianura Bacino Ticino - Mella indicata GWB ISI MPTM, con filtri posti tra 40 e 50 m dalla superficie come mostrato nella tavola 2B allegata. Lo scrivente trova poco convincente l'attribuzione di tale captazione al corpo intermedio, in ciò confortato dalle misure medie di soggiacenza che appaiono simili a quelle del pozzo di SERGNANO in falda freatica e in **evidente contrasto** con le isopiezometriche della falda profonda mostrate nella tavola 2/7 con le planimetrie in scala 1:30.000, che riportano i rilievi di maggio e settembre 2014 pubblicati nel PTUA del 2016. Tali documenti relativi all'acquifero ISI (idrostruttura Sotterranea Intermedia) individuato nelle sezioni e nella planimetria del PTUA, mostrano quote medie ed escursioni stagionali differenti da quelle misurate nella falda freatica, con potenziali soggiacenze di 1 – 3 metri nell'area del terrazzo pleistocenico e valori inferiori a 1 metro nell'area perifluviale del Serio in corrispondenza dei terrazzamenti olocenici.

L'esame del territorio è consistito nell'esecuzione sopralluoghi lungo i percorsi liberamente transitabili con automezzo e nella consultazione delle varie pubblicazioni riguardanti l'evoluzione geologica dell'area della pianura padana editi in prevalenza da AGIP-ENI, dall'Università Statale di Milano, da ISPRA e dalla Provincia Cremona di seguito citate quando necessario.

Altri documenti consultati:

G. Dossena, A. Veggiani, *Variazioni climatiche e trasformazioni ambientali in epoca storica nel Cremasco*: il Moso e il Lago Gerundo, «Insula Fulcheria», XIV (1984), pp. 27-42.

V. Ferrari, *Nuove ricerche e considerazioni sul "Mare Gerundo"*, «Insula Fulcheria», XIV (1984), pp. 9-26.

V. Ferrari, "*L'evoluzione del basso corso del fiume serio in epoca storica e le interconnessioni territoriali derivate*", «Insula Fulcheria», XXII (1992).

Marchetti M. (1992): Geomorfologia ed evoluzione recente della pianura padana centrale a nord del fiume Po. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Milano, sez. di Geologia e Paleontologia, Milano.

Consorzio di Miglioramento Fondiario di 2° grado Adda – Serio. *Progetto di fattibilità del Piano di Riordino Irriguo*, Crema CR, Art. 16 legge regionale 16 giugno 2003 n. 7, 28 febbraio 2005.

Autorità di Bacino del Fiume Po: "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda*". Montgomery Watson spa 2004-2005.

Comune di Sergnano: aggiornamento della componente geologica del Piano di Governo del Territorio realizzata nell'anno 2009 e di seguito parzialmente aggiornata nell'anno 2017 dal Dr. Geol. Giovanni Bassi – firma del Dr. Corrado Aletti n.900 dell'OdG Lombardia.

Comune di Pianengo: Studio geologico del territorio comunale aprile 2010 Dr. Geol. Giovanni Bassi. Assenza della relazione geologica nei documenti accessibili in PGTWEB.

Comune di Offanengo: Studio geologico del territorio comunale. In parte Studio Franzosi giugno 2000 e in parte Dr. Geol. Mattia Lucchi dicembre 2009.

Mauro Marchetti, Cesare Ravazzi, Massimiliano Deaddis, Mattia De Amicis, Giovanni Vezzoli, Andrea Zanchi *The last 40 ka evolution of the Central Po Plain between the Adda and Serio rivers*. Groupe français de géomorphologie. Géomorphologie : relief, processus, environnement, 2012, n° 2, p. 131-154

Comune di Camisano: Studio geologico del territorio comunale a cura di Dr. Geol. Luca Giorgi gennaio 2013.

Francesca Compiani: *la millenaria rete irrigua del comprensorio cremasco: evoluzione storica e prospettive future* 2004 Tesi di Master, Università degli Studi di Bergamo - Politecnico di Milano Relatore Prof. Ing. Claudio Gandolfi.

Valerio Ferrari: il "*Mare Gerundo*" tra mitografia letteraria e realtà geografica "Monografie di Pianura" n. 12 Cremona, 2022.

Museo della Civiltà Contadina Comune di Offanengo "*Né troppa, né troppo poca. La gestione dell'acqua irrigua nella campagna cremasca*", 2022.

2022 Valerio Ferrari, *Il Marzale, il fiume Serio e le vicende di un tratto territoriale antico e ricco di storia, Tessere di geostoria cremasca e dintorni* 1, Museo della civiltà contadina di Offanengo – Fantigrafica, (pp.21-22, 34 (n), 35, 36 (cartina), 38 (n.), 40 (n.), 46 (cartina), 51 (n.), 56).

3 Aspetti geomorfologici, litologia di superficie e reticolo idrico

Il territorio di Ricengo è sito nella porzione settentrionale della Provincia di Cremona, estendendosi per **12,56 Km²** in prossimità del limite meridionale della Provincia di Bergamo, il cui confine passa circa 4,5 Km a nord est dalla sede municipale e meno di 400 metri dall'estremità nord est del limite comunale. Ricengo si sviluppa nell'ampia fascia pianeggiante formata da depositi limoso sabbiosi würmiani (tardo pleistocene) interposta tra le valli oloceniche dei fiumi Oglio a est e Serio a ovest le cui scarpate, disposte con orientamento da nord a sud, s'individuano rispettivamente a circa 12.5 km a est e 350 -700 m a ovest della sede comunale, delimitando l'area irrigua di competenza del *Consorzio di Bonifica Dugali - Naviglio - Adda Serio* (DU.N.AS).

La superficie comunale è rappresentata nelle tavole C6C3 Camisano, C6C4 Offanengo e C6B4 Trescore Cremasco della CTR regionale in scala 1: 10.000, e 046 II-NO (Fontanella) Anno:1971, nonché 046 II-SO (Offanengo) Anno:1971, della Serie 25V, formato ED50 ritagliato ultima edizione, dell'I.G.M. in scala 1: 25.000.

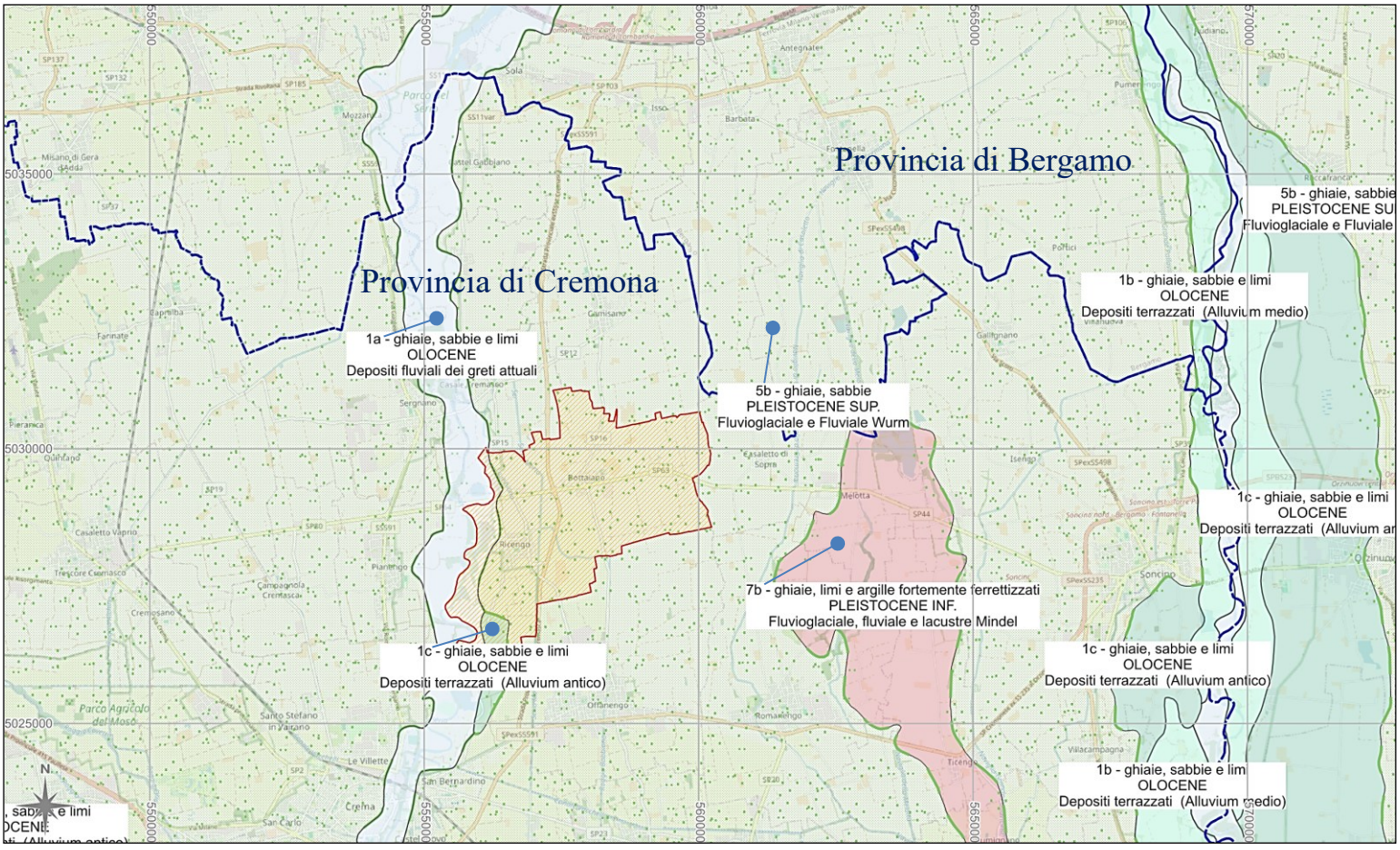


Figura 6: individuazione del territorio comunale nella "Carta Geologica della Lombardia" 1990, Servizio Geologico Nazionale – Univ. di Milano – Regione Lombardia – CNR, riprodotta in scala 1: 125.000 dall'originale in scala 1: 250.000.
1a: alluvioni attuali; **1b**: alluvioni terrazzate medie; **1c**: alluvioni terrazzate antiche; **5b**: **fluviale Würm, sabbie limose con ghiaietto**; **7b** fluvioglaciale, fluviale e lacustre Mindel: ghiaie, limi e argille fortemente ferrettizzate.

Il territorio comunale si estende per circa l'87 % della sua superficie nell'unità morfologica e stratigrafica denominata "*livello principale della pianura*" (**5b** in Figura 6) e nel Database Topografico Regionale (DBTR) presenta quote massime di 91,0 m s.l.m. all'estremità nord, presso il confine tra Casale Cremasco e Camisano, e minime di 77,6 m s.l.m., nei terreni tra via Ricengo e il laghetto di cava sud in Comune di Crema mostrato nella tavola 1 allegata. L'acclività minima dei terreni è di circa l'1,4 ‰ a nord e a est di Bottaiano e si mantiene su valori intorno al 2 ‰ fino al capoluogo. A ovest della strada

provinciale cremasca ex SS 591 la morfologia risente in modo inizialmente lieve ma progressivamente più marcato della depressione fluviale, con un lieve incremento del gradiente medio che mostra valori intorno al 2 ‰ e una rotazione in direzione SSW, almeno fino all'allineamento tra via Marconi e lo stabilimento Brembana S.p.A., dove da nord a sud e fino al ciglio delle scarpate che delimitano la valle fluviale, il gradiente incrementa fino a valori dell'10 ‰ o superiori e individua una direzione marcatamente verso SW.

La valle fluviale si estende per circa 1,25 Km^2 nel territorio amministrato da Ricengo, delineando una superficie pari al 10% circa dell'intero territorio comunale e presentando una ampiezza locale compresa tra 0,9 e 1,2 Km, che include porzioni di Sergnano, Pianengo e Crema. La morfologia a piccola scala è mostrata in **Figura 7**, tratta da un autorevole pubblicazione.

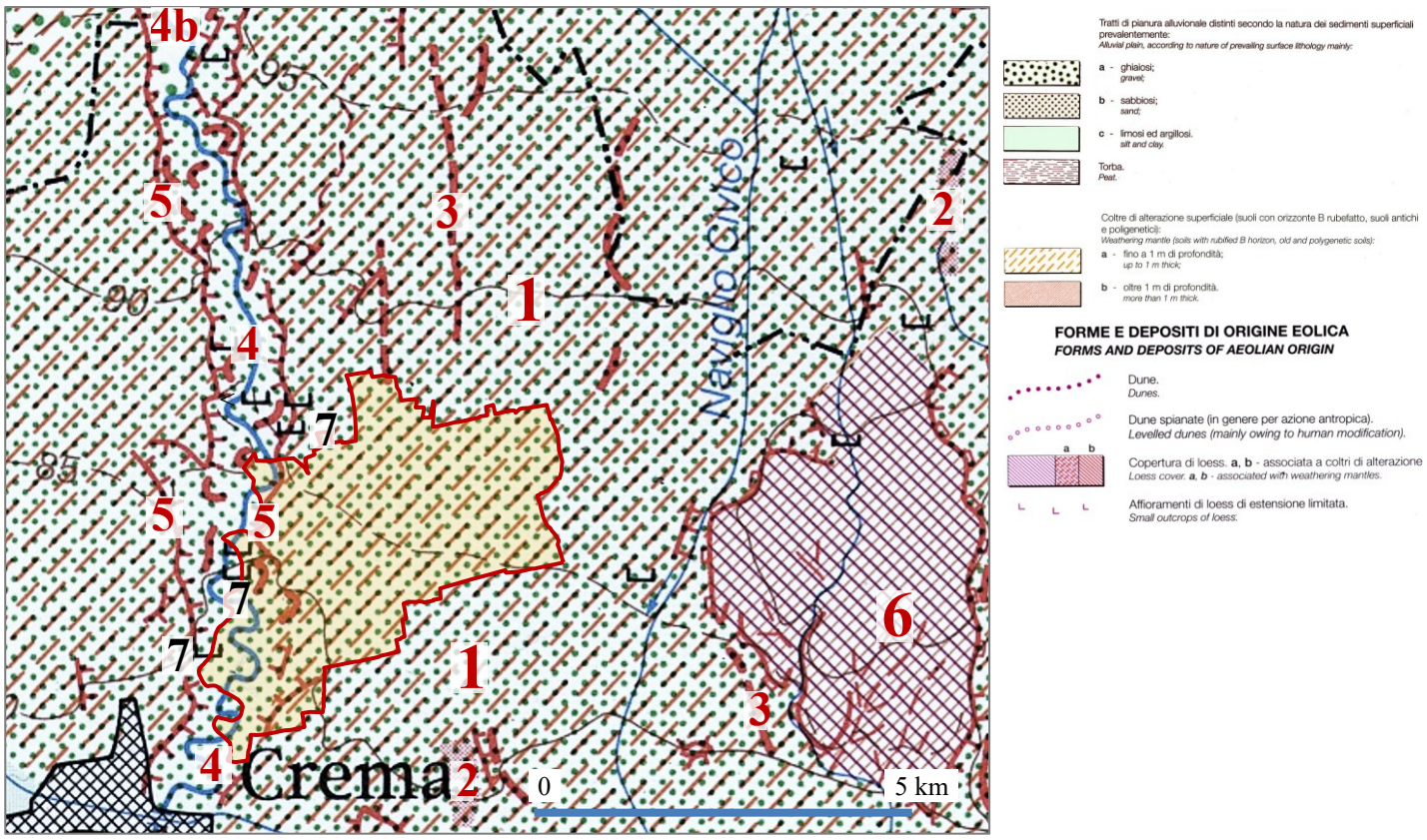
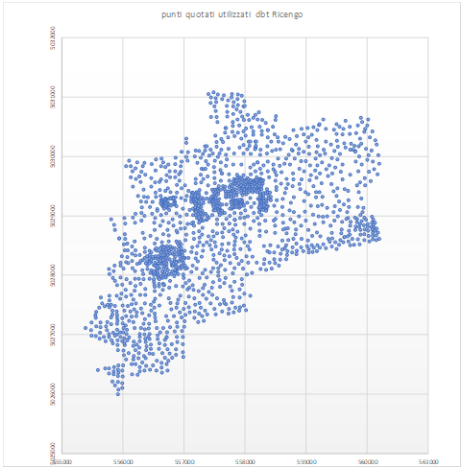


Figura 7: scala 1: 100.000 stralcio della "*Carta Geomorfologica della Pianura padana*", prodotta dal Ministero dell'Università e della ricerca scientifica e tecnologica, 1997, Ed. SELCA Firenze. Scala originaria 1:250.000. **Depositi superficiali**: **1** suoli antichi con coltre di alterazione superficiale estesa fino a 1 metro di profondità, indicato come "*livello fondamentale della pianura*", terrazzo tardo pleistocenico, (**5b** in Figura 6); **2** dossi fluviali poco pronunciati; **3** traccia di corso d'acqua estinto a livello di pianura o lievemente incassato, mal conservato (**3b** ben conservata); **4** depositi superficiali in prevalenza sabbiosi; (**4b** in prevalenza ghiaiosi); **5** scarpate di altezza < 5 metri; **6** copertura di loess con coltri di alterazione (Pianalto di Romanengo): **7** cave di piccole dimensioni.



Per definire i dettagli morfologici del territorio comunale è stata elaborata la carta altimetrica riferita nella **tavola 1** allegata impiegando **1578** punti quotati del territorio comunale riferiti al suolo, ai piedi dei manufatti ed alle strade presenti nel Database Topografico Regionale (DBTR) della Lombardia, come mostrato a fianco.

La distribuzione dei punti non è omogenea perché circa 153 punti, pari al 9,7 % delle misure, riguardano l'abitato di Ricengo, mentre 378, punti, pari al 24 % del totale, riguardano la frazione di Bottaiano. Tali aree sono in totale estese per circa 1,3 Km^2 pari circa al 8,2 % del territorio comunale. I restanti 1047 punti descrivono la morfologia dell'area agricola e di quella perifluviale intorno al Serio pari a circa 11,28 Km^2, pari a quasi il 90 % dell'intero territorio comunale. La carta altimetrica è basata quindi in gran parte su una densità di circa 93 punti quotati per Km^2, ottenuta impiegando il software **Surfer 30®** e usando come metodo di interpolazione Kriging con variogramma lineare. L'elaborazione con ***Qgis*** ha prodotto risultati graficamente meno soddisfacenti e non è quindi riproposta.

Secondo quanto riportato nella Relazione Generale del Dunas ([3]), il territorio del Consorzio di Bonifica è suddiviso in tre Unità Territoriale Omogenea (U.T.O.), il Dugali di 540 km², il Naviglio di 500 km² e l'Adda Serio di 620 km² che ospita interamente il territorio di Ricengo, di 1.255 ha di estensione (tabella 3 della relazione Generale). Il § 2.1.2 del documento citato riporta una descrizione degli schemi idraulici e delle ramificazioni delle rogge irrigue principali, riferite nella cartografia a piccola scala (1:200.000) nella "*Tav2.1_Tavola_generale_di_bonifica*" del Piano della Classifica DUNAS di agosto 2022, che mostra l'estensione delle **aree omogenee** tra cui l'**Adda Serio** dove si colloca il territorio di Ricengo**.**

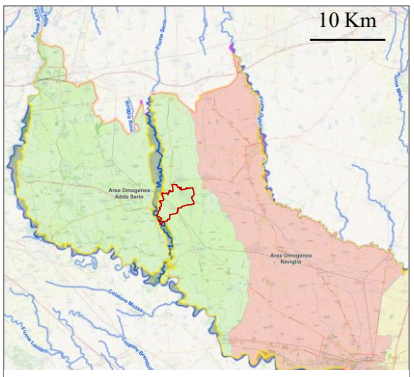


Figura 8: UTO scala 1: 1.000.000 e Ricengo

L'estensione delle aree omogenee sostanzialmente coincide con quella dei **distretti irrigui**, le cui dotazioni irrigue, rappresentate nelle Tavole 4A/B/C allegate al Piano Comprensoriale di Bonifica del DUNAS di giugno 2018, sono in media di **2,28 l/s per ettaro** nel distretto Adda Serio**,** superiori del 46 % rispetto a quelle del distretto del Naviglio e circa il doppio dei distretti di Antica irrigazione e Morbasco presenti all'estremità SE della Provincia.

La citata "*Tav2.1…*", nella versione in scala 1: 75.000, riporta anche i confini dei bacini nei quali è suddivisa l'area omogenea, che collocano quasi per intero il territorio di Ricengo nel bacino del Serio Morto, salvo per modeste porzioni che formano parte della golena del fiume Serio come rappresentato in Figura 12.

Nel paragrafo 4.1 del piano in esame ([3]), intitolato "*Caratteristiche del sistema di bonifica idraulica comprensoriale",* gli autori suddividono il territorio gestito dal DUNAS in tre zone denominate ALTA PIANURA Cremonese- Bergamasco, MEDIA PIANURA Cremonese-Lodigiano e BASSA PIANURA Cremonese- Mantovano. Pur in assenza di una specifica individuazione del perimetro di tali unità nel documento in esame pare ragionevole collocare Ricengo nella prima, non fosse altro che per la vicinanza del municipio dal confine con la provincia di Bergamo (4,3 Km a NE). Il documento definisce tale territorio come caratterizzato da quote del piano campagna comprese tra gli 80,00 e i 110,00 m s.l.m., pienamente compatibili con i valori estremi di Ricengo che sono risultati compresi tra 91 e 77,4 m s.l.m., e da pendenze che variano tra 0,070% e 0,085%, inferiori a quelle individuate a Ricengo ed illustrate nella Tavola 1, comprese principalmente tra 0,14 e 0,2 %. I **terreni** dell'area sono descritti nel documento del Consorzio come **sabbioso argillosi** con valori di **permeabilità alta** e la rete di bonifica con **densità di drenaggio media**, formato da **canali in terra a sezione precipuamente trapezia,** di varia dimensione, che convogliano le acque meteoriche nei fiumi Adda e Serio.

[3] Relazione Generale del "*Piano comprensoriale di bonifica, di irrigazione e di tutela del territorio rurale*" del Consorzio di Bonifica Dugali - Naviglio - Adda Serio di luglio 2020.

Tra i bacini relativi alla bonifica di questa parte di territorio, oltre alla roggia Mozzanica, al Tormo, al Cresmiero ed altri presenti ed ovest del fiume Serio, è indicato **bacino del Colatore Serio Morto, codice 111** del piano di classifica, che si considera esteso per 180 Km^2 dall'allineamento Camisano – Casale Cremasco fin circa a Pizzighettone e che secondi quanto riportato nella Tabella 60 del documento in esame presenta una densità di drenaggio di 0,63 Km per Km^2.

La descrizione fornita dal documento passa in seguito a definire con maggior dettaglio i **singoli bacini**, collocando in questo caso l'area generale di appartenenza dei bacini locali nel "DISTRETTO ADDA SERIO" (in luogo dalla zona ALTA PIANURA Cremonese- Bergamasco, non si comprende se corrispondente), per il quale è definito uno *schema rete colante bacino Serio Morto (cod. 111).*

Il corso d'acqua Serio Morto che percorre l'intero bacino sopra definito è indicato nella Tabella 66 "*Elenco dei canali rete colante bacino Serio Morto*" come primario, ha una lunghezza di 41,146 Km e svolge **funzione di bonifica**, risultando iscritto con il **numero 12** all'elenco delle Acque Pubbliche della Provincia di Cremona (Decreto Luogotenenziale 23 maggio 1918, in G. U. 3 settembre 1918 al n. 208) ([4]). Secondo l'Allegato C della DGR XII / 3668 del 16/12/2024, che è il più recente atto di riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia, prende il nome di "***Fiume Serio Morto Colatore Serio Morto***", svolge **funzione promiscua** ed appartiene al demanio idrico fluviale, la cui gestione è stata trasferita dal 2011 ai Consorzi di Bonifica.

Il nome e la funzione attribuita nella delibera regionale al corso d'acqua sicuramente non favorisce l'identificazione dell'oggetto, tenuto conto anche che il documento in esame riferisce che **lo schema idraulico distingue tre tratte: 1) la prima si origina dai fontanili attivi** tra Casale Cremasco - Vidolasco e Camisano e termina a sud tra Madignano a Ripalta Vecchia dopo un percorso di circa 14 Km;
2) **la seconda** si estende **a valle della prima** fino al recapito in Adda in Comune di **Pizzighettone** ed il corso d'acqua è denominato "***Colatore Serio Morto***";
3) **la terza** è costituita da un tratto rettilineo in parte canalizzato ed in parte in condotta, che da Castelleone si estende verso SW per 4,1 km circa sino allo scarico in Adda in Comune di Gombito.

Il tratto **1** è inizialmente alimentato da una decina circa di fontanili ed è formato da un canale a meandri di 25-50 m di raggio, di larghezza al ciglio di 4-6 metri, che si estende verso sud per circa 3,7 Km, terminando nel sottopasso della SP 12 presso la Cascina Calderara. Il corso d'acqua proseguire poi rettilineo per 1,4 Km in direzione SSE fino al **confine nord di Ricengo**, **superato il quale devia verso SE mantenendosi rettilineo per circa 450 metri e di seguito deviando verso sud**, restando sostanzialmente rettilineo **fino al confine con Offanengo circa 3 Km più a valle**, per proseguire nella medesima direzione ed entrare nel territorio di Crema e infine in quello di Madignano assumendo un andamento debolmente sinuoso.

Il percorso di tale corso d'acqua nel suo tratto immediatamente a valle del confine di Ricengo è descritto tra gli altri da un recente articolo di **Bruno Mori** "*Porta di Serio: un comune suburbano nell'Estimo del 1685*", pubblicato su Insula Fulcheria (2022, LII), che lo indica come parte "***del lunghissimo rettilineo manifestamente artificiale*** *che veniva chiamato Fossatum Vetus o Fossato Vetero e prima ancora fossatum Serij Morti (**1140**) e Fossatum Communis Cremae (**1216**). Dopo la curva di Vergonzana* [3,8 Km a sud del confine meridionale di Ricengo] *percorre un breve tratto ancora rettilineo, prima di **riversarsi nella valle relitta detta appunto del Serio Morto, valle dove fino a metà medioevo scorreva il Serio vivo**. Anche se scavato **probabilmente per risolvere situazioni di troppa abbondanza d'acque più a nord, il Fossato Vetero** fu presto usato per*

[4] Con il numero 5, nel medesimo atto, è indicato il fiume Serio.

alimentare delle rogge, alcune delle quali irrigavano il territorio di Porta di Serio (testimoniate da un documento del 1395 ([5])) e in gran parte esistono ancora oggi, anche se funzionano prevalentemente grazie ad acqua proveniente dal Serio vivo per il tramite della ***roggia Malcontenta, scavata già nel XIV secolo.***



Figura 9: scala 1: 25.000. *Catasto lombardo veneto, 1814.* Dettagli riportati in scala 1:8.000.

La Figura 9 riporta in scala 1: 25.000 una mappa dal *Catasto lombardo veneto. Censo stabile. Mappe originali 1814* (catasto napoleonico o primo rilievo originale, in scala 1: 2.000) scaricate dal sito ([6]), che evidenzia nella porzione occidentale del territorio comunale i percorsi rettilinei in particolare delle "*Roggia Serio Morto*", "*Roggia detta Babbiona*", "*Roggia*

[5] Nella nota riportata dall'autore dell'articolo il documento a cui fa riferimento è "*Instromento* [documento notarile o ufficiale che regolamenta la ripartizione delle acque di un canale] *di Divisione della Roggia. 1395", riprodotto nell'opuscolo settecentesco a stampa Sindici della Roggia Serio Morto contro Marazzi, Giavarina e Torre al laudo, conservato nella Biblioteca Comunale di Crema, segnatura (Cr) G/12.".*
[6] Documento tratto da https://www.archiviodigitale.icar.beniculturali.it/it/185/ricerca/detail/656092.

Menasciutto" e della "*Roggia Malcontenta*", nonché la presenza di altre rogge (*Castello, Fontanella, Grazida, Sangiovanna, Boscaiola*), e attesta l'antichità di almeno di due secoli della rete idrografica di quella porzione di territorio.

La valle relitta del Serio Morto citata in precedenza si sviluppa verso sud per altri 24 km, ed è percorsa dal colatore Serio Morto che è stato rettificato negli anni '30 per drenare le zone paludose dei terreni da San Bassano, circa 20 km a sud di Ricengo, a Pizzighettone fino al recapito in Adda, conservando le anse che formano tracce dell'antico alveo del fiume Serio.

Il documento denominato "*Progetto di fattibilità del Piano di Riordino Irriguo, 28 febbraio 2005*", prodotto dal Consorzio di Miglioramento Fondiario di 2° grado Adda – Serio, ente istituito nel 2003-2004 ma cessato dal 2012 avendo ceduto la struttura e le funzioni al DU.N.A.S, riporta utili descrizioni che non sono parse presenti nel *Piano comprensoriale di bonifica…(*nota[3]). In particolare, nel capitolo 3 "*Stato attuale del sistema di gestione delle acque superficiali"* al paragrafo 3.5 "*I comprensori irrigui, i soggetti gestori, l'organizzazione della dispensa*" si riporta quanto segue sui corsi d'acqua che interessano il territorio di Ricengo: [(-) = non indicato]

Consorzio Irriguo della **roggia Babbiona**, fra gli utenti di Offanengo, Izano e Madignano
- Fonte di approvvigionamento: **fiume Serio**.
- Portata di competenza: **2,8 m³/s.**
- Titolo di derivazione: Decreto Min. LL PP n. 7774 del 3 gennaio 1957.
- Soggetto gestore: **Consorzio di Roggia Babbiona** – **Consorzio di Irrigazione tra utenti**.
- Atto costituivo: atto di ricostituzione notaio Meneghezzi 8 maggio 1897 n. 7209.
- Statuto: allegato all'atto di ricostituzione.
- Organi di gestione: Assemblea, Consiglio, Presidente.
- Comprensorio irrigato: **ettari 1143**.
- Metodi di irrigazione: a scorrimento

Consorzio di irrigazione della **Roggia Serio Morto – Fossato Vetero**
- Fonte di approvvigionamento: fontanili nel territorio dei comuni di Castelgabbiano e Camisano.
- Portata di competenza: **0,688 m³/s.**
- Titolo di derivazione: Decreto 18 luglio 1931 n. 2790 rinnovato con Decreto n. 1357 del 10 ottobre 1990.
- Soggetto gestore: Consorzio del cavo irrigatore Serio Morto.
- Atto costituivo: origini antiche – verbale 6 settembre 1868, approvato dal Consiglio Prov. di Cremona e convalidato il 24 luglio 1940.
- Statuto: Regolamento del 24 novembre 1930.
- Comprensorio irrigato: **ettari 443.**
- Metodi di irrigazione: a scorrimento

Consorzio di irrigazione **rogge Zemia e Lissolo**, di Offanengo
- Fonte di approvvigionamento: fontanili in territorio dei comuni di Offanengo e **Ricengo**.
- Portata di competenza: **0,41 m³/s** (0,35 Zemia e 0,06 Lissolo).
- Titolo di derivazione: origini antiche - Zemia in corso di istruttoria. Lissolo con Decreto Min. LL PP dell' 8 luglio 1933 n. 2091.
- Soggetto gestore: Consorzio di Irrigazione delle rogge Zemia e Lissolo.
- Atto costituivo: Decreto 8 maggio 1964 Min. LL PP n. 6387. Statuto: allegato all'atto costitutivo.
- Comprensorio irrigato: **ettari 220** (156 Zemia e 64 Lissolo).
- Metodi di irrigazione: a scorrimento

Consorzio di irrigazione roggia **Menasciutto-Cerudella**
- Fonte di approvvigionamento: (-)
- Portata di competenza: (-)
- Titolo di derivazione: (-)
- Soggetto gestore: (-)
- Atto costituivo: 20 gennaio 1901
- Comprensorio irrigato: **ettari 263**

Consorzio di roggia di irrigazione **roggia Malcontenta**
- Fonte di approvvigionamento: (-)
- Portata di competenza: (-)
- Titolo di derivazione: (-)
- Soggetto gestore: (-)
- Atto costituivo: 11 settembre 1924 n. 4018 e n. 2671
- Comprensorio irrigato: **ettari 300**
- Metodi di irrigazione: (-)

Consorzio di **roggia Camisana**

- Fonte di approvvigionamento:
- Portata di competenza: (-)
- Titolo di derivazione: (-)
- Soggetto gestore: (-)
- Atto costituivo: (-)
- Comprensorio irrigato: **ettari 425**
- Metodi di irrigazione: (-)

Consorzio di **roggia Torriana Bassa**

- Fonte di approvvigionamento: (-)
- Portata di competenza: (-)
- Titolo di derivazione: (-)
- Soggetto gestore: (-)
- Atto costituivo: (-)
- Statuto:
- Comprensorio irrigato: **ettari 117**
- Metodi di irrigazione: (-)

Consorzio di **roggia Torriana Alta di Ricengo**

- Fonte di approvvigionamento: (-)
- Portata di competenza: (-)
- Titolo di derivazione: (-)
- Soggetto gestore: (-)
- Atto costituivo: (-)
- Statuto: (-)
- Comprensorio irrigato: **ettari 140**
- Metodi di irrigazione: (-)

Consorzio di Irrigazione roggia **Pellegrina di Ricengo**

- Fonte di approvvigionamento: (-)
- Portata di competenza: (-)
- Titolo di derivazione: (-)
- Soggetto gestore: (-)
- Atto costituivo: 16 settembre 1906
- Statuto: (-)
- Comprensorio irrigato: ettari **149**.32
- Metodi di irrigazione: (-)

Consorzio di **roggia Fontanello di Ricengo**

- Fonte di approvvigionamento: (-)
- Portata di competenza: (-)
- Titolo di derivazione: (-)
- Soggetto gestore: (-)
- Atto costituivo: 22 aprile 1928
- Statuto: (-)
- Comprensorio irrigato: **ettari 125**.23
- Metodi di irrigazione: (-)

A parte il Consorzio Roggia Serio Morto – Fossato Vetero le cui competenze sono passante al DUNAS nel 2002-2003, i restanti Consorzi risultano ad oggi presenti come **enti di diritto privato a base associativa.**

Secondo quanto riferito in un documento disponibile nell'archivio storico del Consorzio Irrigazioni Cremonesi https://www.cic.cr.it/documenti/archivio-storico ([7]), tra i soggetti che si occupano della gestione delle acque "*non tutti sono forniti di una legittimazione giuridica, anche se questa, ai sensi del Codice Civile sarebbe già valida purché sotto forma di atto scritto tra le parti partecipanti. Può infatti capitare, soprattutto nelle organizzazione più piccole (rogge che garantiscono la dispensa irrigua a poche aziende agricole), che la gestione dell'irrigazione si tramandi di generazione in generazione ed in accordo sufficientemente costante tra le parti in causa, senza che vi sia mai stata necessità di definire un documento scritto.*".

Sempre a cura di Bruno Mori, in collaborazione con Valeriano Manenti (studiosi indipendenti di storia locale) è stato pubblicato un volume ([8]) che aggiunge alcune informazioni a quanto sopra descritto. In particolare, si cita e si rappresenta tramite un link ([9]), la realizzazione di un grande fossato denominato *Novum*, che è tracciato provenire da nord est di Bottaiano e dirigersi da tale località verso sud fino a Portio dove recapita nella Babbiona, la quale in tale località devia il suo percorso da ovest verso est per proseguire in direzione di Offanengo a sud. Gli autori segnalano che il tratto a valle di Bottaiano è parallelo al *fossatum Serij Morti* e che tale corso d'acqua, per distinguerlo dal *Novum*, è stato quindi ridenominato *Fossatum Vetus*, nome ora italianizzato in Fossato Vetero o Vedro ([10]).

Gli autori riferiscono che il canale ora chiamato Babbiona è documentato per la prima volta nel 1303 come *Fossatum Novum* e che all'epoca della sua creazione non era alimentato dal Serio, ma convogliava acque sorgive e coli della zona di Camisano, mentre nel 1356 vi è la prima menzione di una *rozia nova* ([11]) derivata dal Serio. La roggia **Pallavicina** percorre nel

[7] *La millenaria rete irrigua del comprensorio cremasco: evoluzione storica e prospettive future*. Master di II livello progettazione e pianificazione del paesaggio/ambiente a.a. 2003/2004. Corsista: Francesca Compiani, Relatore Prof. Ing. Claudio Gandolfi. Bergamo, 26 novembre 2004. Università degli Studi di Bergamo Facoltà di Lettere e Filosofia Politecnico di Milano I Facoltà di Architettura.
[8] *Né troppa, né troppo poca. La gestione dell'acqua irrigua nella campagna cremasca.* Museo della Civiltà Contadina e Comune di Offanengo, Offanengo 2022.
[9] Idrografia di Offanengo secondo l'Estimo del 1685: https://umap.openstreetmap.fr/it/map/idrografia-di-offanengo-secondo-lestimo-del-1685_521148#14/45.387269/9.798174
[10] Nella tavola 3/7 la Babbiona nella località Portico è descritta riceve da nord la Roggia Torriana e non il *fossatum Novum.*
[11] Il termine significa roggia ed è la variante grafica e fonetica antica e dialettale della parola "Roggia", utilizzata nei secoli passati nei documenti storici e notarili in Lombardia. Canale di portata moderata.

territorio di Ricengo solo un tratto di circa 320 metri posto all'estremità est, ed è una delle più antiche derivazioni del Naviglio Civico di Cremona, comunque successiva alla Babbiona, attestata la prima volta da documenti del 1466. Gli autori ipotizzano una possibile funzione difensiva di tale roggia e della Babbiona per l'abitato di Offanengo.

Come detto nel corso del XIV secolo fu realizzata anche la roggia detta Malcontenta, che rialimenta il Serio Morto tra Ricengo e Offanengo, con acque del Serio vivo prelevate presso Casale Cremasco e Sergnano. Una ultima considerazione fornita dal testo citato riguarda l'ipotesi di esistenza di un probabile ramo del Serio che da Ghisalba (20 Km a nord) si spingeva verso sud passando da Martinengo, Romano (12 Km a nord), Fara, Isso (8 km a nord), Camisano (3 Km a nord), per entrare con due rami a Bottaiano e proseguire nell'area tra Offanengo e Romanengo, come mostrato nello schema semplificato di Figura 10.

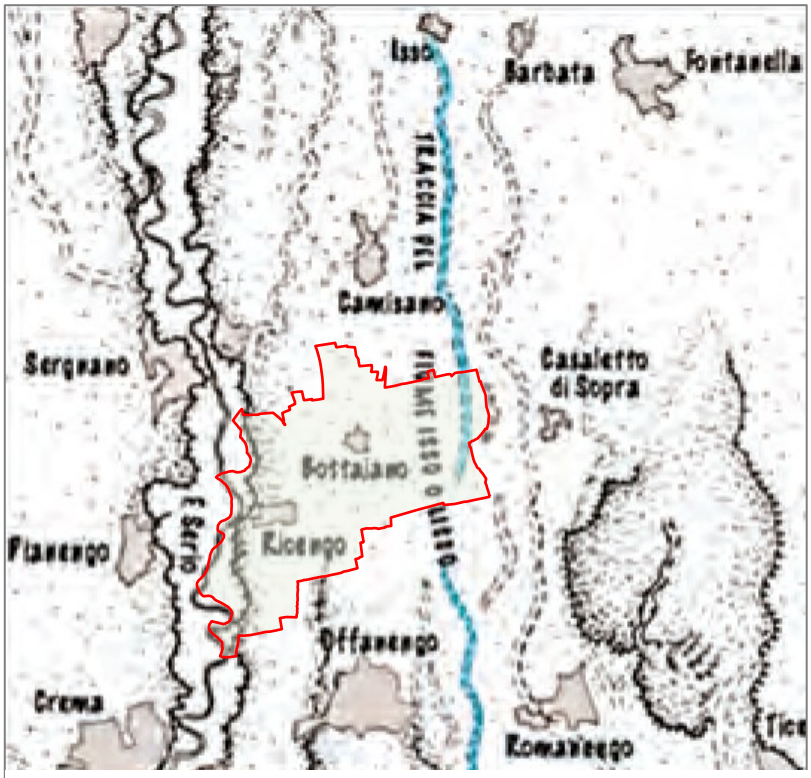


Figura 10: scala 1: 125.000, in Dossi e paleoalvei nella zona di Offanengo (da V. Ferrari, Il Marzale 2022) Il fiume Serio e le vicende di un tratto territoriale antico e ricco di storia. Tessere di geostoria cremasca e dintorni, Museo della civiltà contadina di Offanengo.

I principali documenti che citano il colatore Isso (o Lisso) sono presenti in pergamene medievali, tra le quale è citata la pergamena del 960 (Camisano), dove il corso d'acqua viene esplicitamente menzionato con il termine *fluvio Issio* o *fluvius Issio* e regola i diritti di pesca e la presenza di mulini lungo il suo tracciato nei pressi di Camisano ([12]).

Il quadro storico sopra definito descrive in modo discretamente affidabile alcuni aspetti del territorio e chiarisce potenziali equivoci sulla realizzazione del Roggia Serio Morto a Ricengo, che in alcuni documenti consultati è confusamente associato a interventi relativamente recenti o a processi naturali ([13]), quali la tettonica, i sovralluvionamenti e l'erosione fluviale che sono attivi poco più a sud di Crema, come riferito dal Ferrari nel 1988 ([13]) che così si esprime in merito: "*L'incertezza degli gli indizi geomorfologici e fisiografici che caratterizza invece l'area di presumibile influenza seriana alla latitudine di Crema, non consente ancora di trarre conclusioni attendibili circa i possibili tracciati fluviali antichi in tale precisa regione. Uno studio specifico sull'argomento non ha ancora visto la luce.*"

[12] Sicurezza ed insediamento in territorio cremasco nel X secolo: Camisano Marilena Casirani Insula Fulcheria, Crema 2000 XXX.
[13] Lodovico Dario Passeri, *Antichi alvei del fiume Serio a sud di Crema*, «Rend, Ist, Lomb. Se. Lett.», A,100 (1966), pp. 1148-1157.
G. Dossena, A. Veggiani, *Variazioni climatiche e trasformazioni ambientali in epoca storica nel Cremasco*: il Moso e il Lago Gerundo, «Insula Fulcheria», XIV (1984), pp. 27-42.
Valerio Ferrari, *Masano e la deviazione del fiume Serio: un malinteso storiografico?* Insula Fulcheria, rivista N. XVIII – 1988.
Valerio Ferrari, *L'evoluzione del basso corso del fiume Serio in epoca storica e le interconnessioni territoriali derivate*. Insula Fulcheria, rivista N. XXII – 1992.

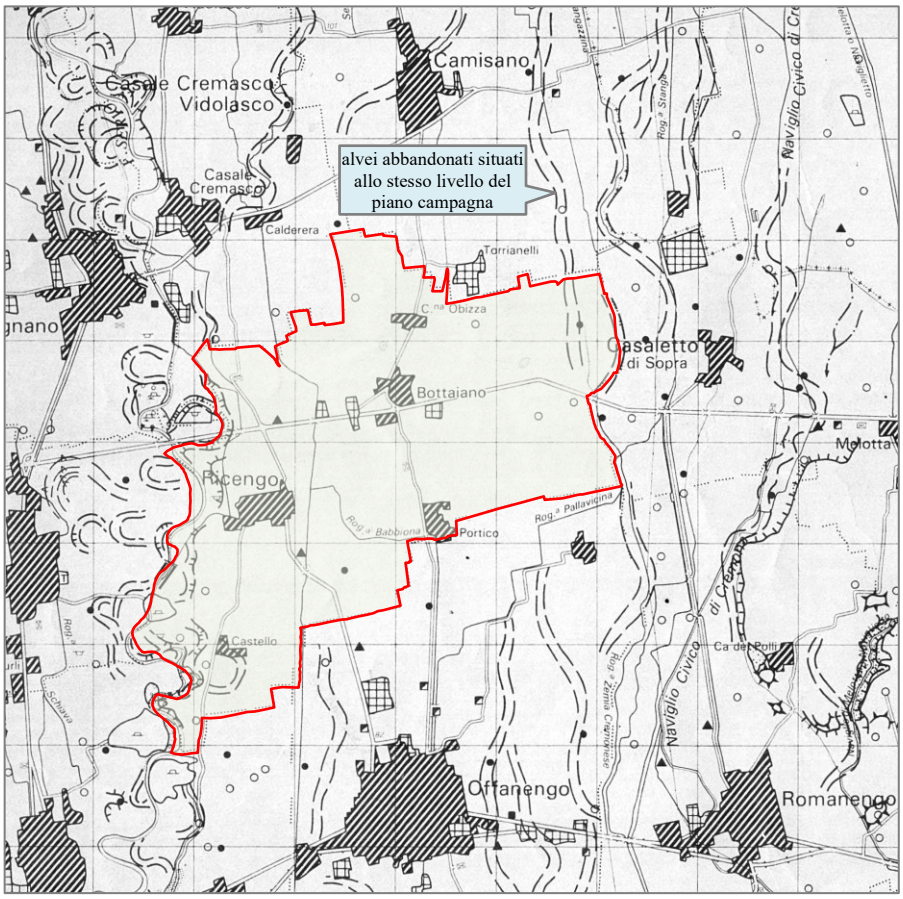


Figura 11: carta morfologica Lombardia Foglio C6 Crema–Treviglio, anno 1983. Originario in 50.000, riprodotta qui in scala 1: 75.000.

La ricostruzione offerta dal documento di Figura 10 segnala la presenza di alcuni alvei abbandonati situati allo stesso livello del piano campagna solo nella porzione orientale del territorio di Ricengo, che percorrono l'area a est di Camisano e si estendono a sud fino ai terreni tra Offanengo e Romanengo, solcata da numerose rogge. La planimetria di Figura 10 attribuisce i percorsi ad una traccia fluviale del **fiume Isso (o Lisso),** un piccolo corso d'acqua di notevole importanza storica e geomorfologica nel cremasco, essendo identificato come un'antica diramazione o **paleoalveo del fiume Serio**. Si osserva che nell'allegata tavola 1/7 riguardante la geomorfologia, **non vi sono evidenze nette di depressioni nell'area** indicata come alveo abbandonato circa all'estremità NE del territorio.

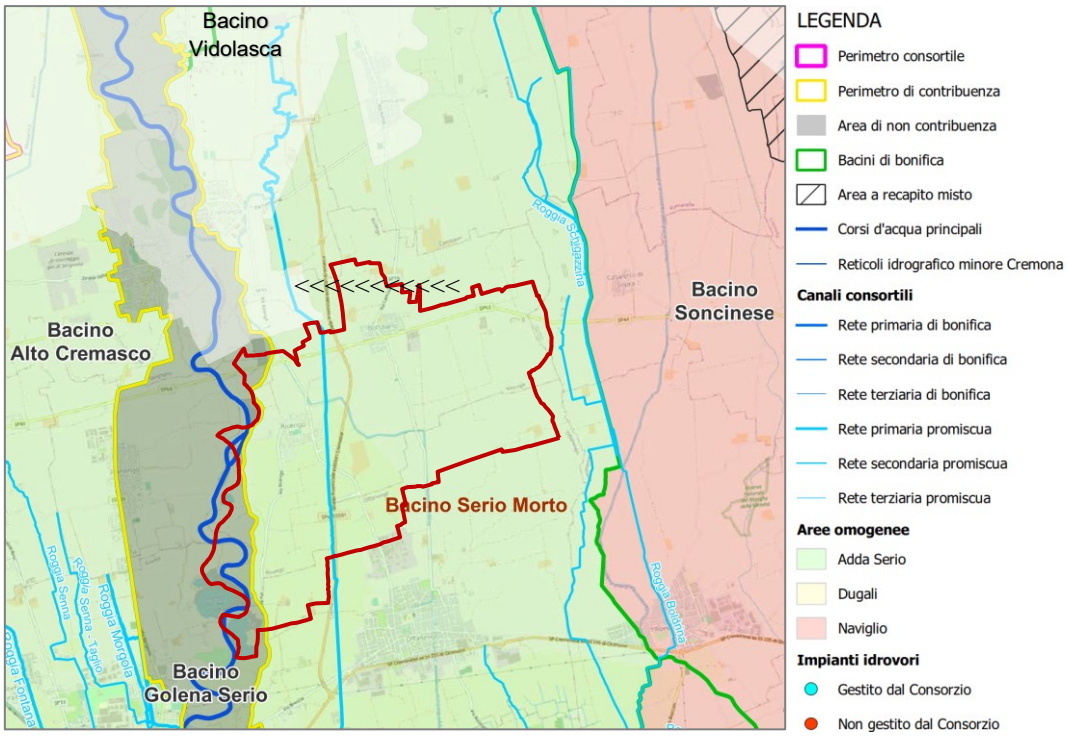


Figura 12: Ricengo nella *tavola generale di bonifica* 2.1– Piano della Classifica consortile DUNAS agosto 2022. Rappresentazione scala 1: 100.000. Nota: il perimetro comunale è ruotato di 4° in direzione antioraria per adattarlo al documento originario.

In merito alle portate disponibili il PTUA (Programma di Tutela e Uso delle Acque) di gennaio 2025, nell'elaborato 5 riporta con l'ALLEGATO 2 - ***Portate antropizzate*** *medie mensili e media annua, in chiusura ai corpi idrici lombardi* e con

l'ALLEGATO 3 - ***Portate naturalizzate*** *medie mensili e media annua, in chiusura ai corpi idrici lombardi*, indicazioni sulle portate del **fiume Serio** rilevate poco a valle del depuratore di Crema, e per il **colatore Serio Morto** rilevate all'estremità SW dell'abitato di Castelleone, nel punto di recapito del canale scaricatore in Adda che funge da **valvola di sfogo** per la gestione idraulica delle acque alte del bacino del Serio Morto.

Si definisce **portata antropizzata** il valore misurabile nelle **condizioni attuali di utilizzo** della risorsa idrica, mentre la **portata naturalizzata** rappresenta il valore di portata **naturale stimata** "*a partire da un dato misurato depurato dagli effetti antropici come ad esempio quelli dovuti ai prelievi ovvero a regolazione da parte di invasi o ad altri effetti*" (Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela e del Territorio e del Mare n. 30/2017).

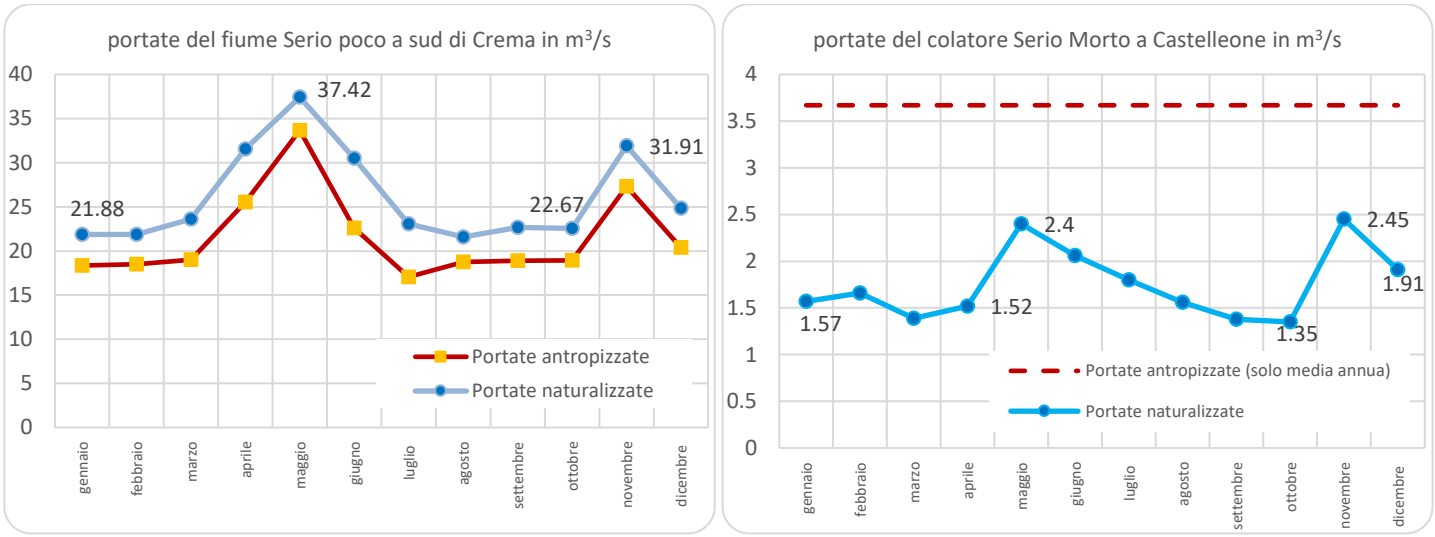


Figura 13: diagrammi delle portate del fiume Serio poco a sud di Crema (x=554428;y=5021366) e del colatore Serio Morto presso Castelleone (x=559497,y=5015385)

Secondo agli autori il metodo di calcolo e **l'intervallo temporale di riferimento** sono stati omogeneizzati e i dati delle portate di riferimento **sono riferiti al periodo di simulazione 2001-2015.** Le misure relative al **fiume Serio** sono state eseguite circa 8 Km a sud del centro del territorio di Ricengo e possono quindi ritenersi discretamente rappresentative del territorio in esame, mentre quelle del **colatore Serio Morto** sono rilevate circa 14 km a sud, ed anche per i più modesti valori di portata media, pare ragionevole che possano essere più significativamente influenzate da tale tragitto, tenuto conto che il canale svolge un ruolo promiscuo, sia di drenaggio che di distribuzione dell'acqua irrigua.

Si evidenzia una consistente differenza tra la portata indicata nel "*Progetto di fattibilità del Piano di Riordino Irriguo, 28 febbraio 2005*" riferito in precedenza e che indica 0,688 m^3/s per la Roggia Serio Morto – Fossato Vetero e quella riporta in Figura 13 che contiene valori 2-3 volte superiori. La ragione pare plausibilmente frutto dei complessi rapporti con la rete locale, che però non sono sufficientemente descritti nella documentazione disponibile.

La descrizione delle portate delle acque irrigue nel territorio di Ricengo è riportata nella Figura 14, che mostra valori da molto elevati ed elevati nell'area sud e sud est del territorio (da 2 e oltre 3 l/s per ettaro), valori medio alti e medi nella restante superficie (da 1 a 2 l/s per ettaro).

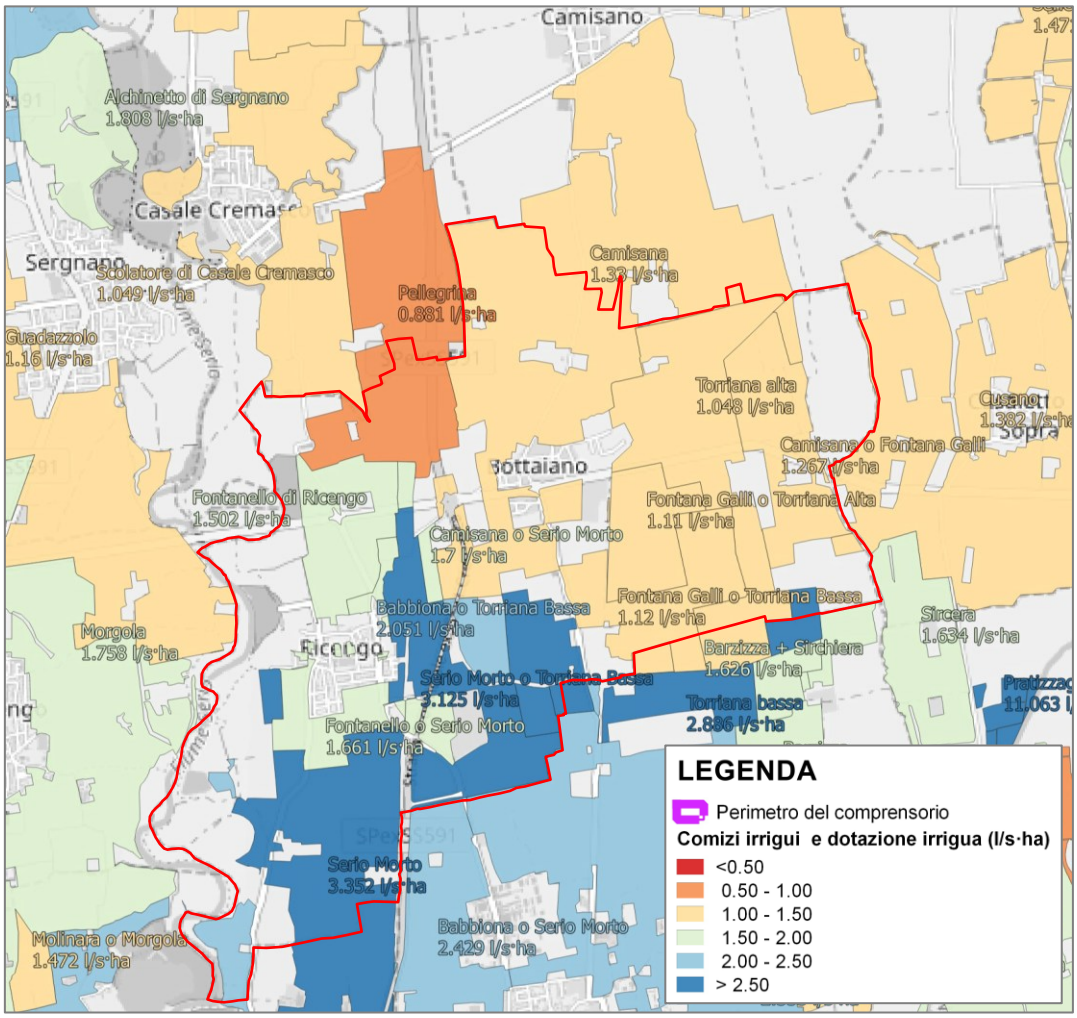


Figura 14: stralcio della tavola 4A "*Carta dei distretti irrigui con le relative dotazioni irrigue*" in scala 1:50.000 come l'originale. Piano Comprensoriale di Bonifica del DUNAS, ottobre 2018.

Per completare le informazioni generali sugli aspetti litologici e geomorfologici del territorio, di seguito si riporta con la Figura 15 uno stralcio della cartografia geologica ufficiale tuttora vigente, foglio 46 in scala 1: 100.000 pubblicata nel 1966 con note illustrative nel 1969, della legenda e una parte della sezione geologica riguardante le strutture profonde realizzata da AGIP spa in base ai dati delle esplorazioni petrolifere, estesa da NE di Camisano, passando per la località Portico di Ricengo, fino all'area poco a ovest di Offanengo.

Gran parte del territorio comunale ed il suo intorno secondo gli Autori della Carta del 1966 presenta in superficie **depositi sabbiosi con rara ghiaia e coperture limose nel primo metro**, rappresentazione litologia sostanzialmente riproposta nella più recente cartografia riferita in **Figura 7** e **Figura 16**. Nelle note illustrative di altri fogli della carta geologica circa coevi (Foglio 61 Cremona, capitolo VII geologia applicata, punto e) è precisato che in ogni tavoletta IGM, che nell'edizione a stampa allora utilizzata è di circa 91 Km^2, i campioni prelevati sono stati in numero da 30 a 45. Ciò significa che i campioni prelevati sono stati di 1 ogni 2 o 3 Kmq e che l'intero territorio comunale di Ricengo è stato rappresentato utilizzando da 6 a 4 campioni; i medesimi autori precisano inoltre che i prelievi sono stati fatti a partire dalla profondità di 30-40 cm per trascurare la parte superficiale del suolo agrario, estendendosi fino a 90-110 cm, quindi negli orizzonti B di alterazione e di accumulo dell'argilla spesso con struttura poliedrica o prismatica e C, orizzonte poco interessato dalla pedogenesi dove non vi sono segni dell'alterazione biologica. Pare ragionevole ritenere che circa gli stessi criteri siano stati impiegati per le aree alluvionali del foglio Treviglio.

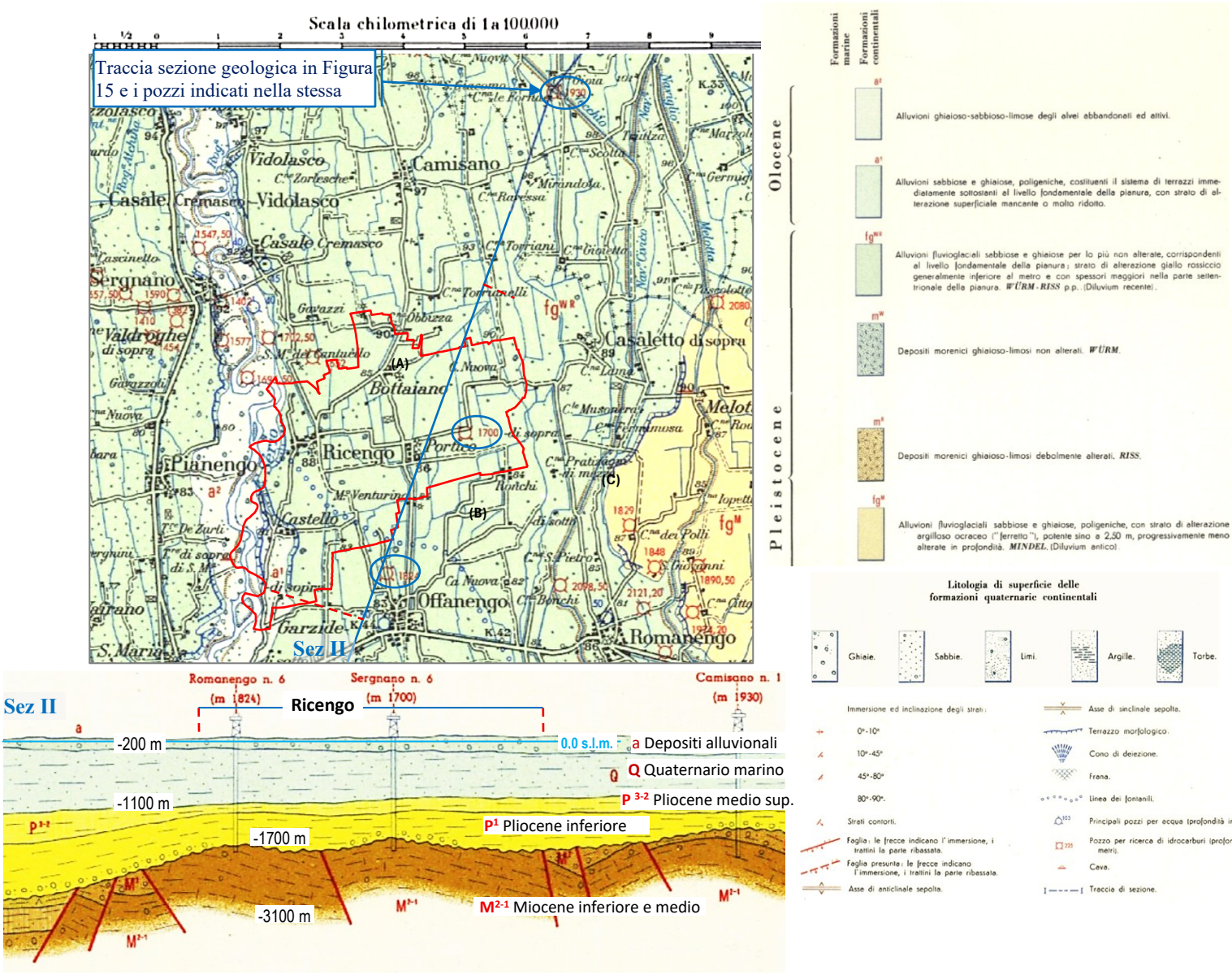


Figura 15: stralcio foglio geologico 46 Treviglio scala 1:100.000 (rilievi 1961-64 stampa 1966). In basso la sezione passante nel territorio.

L'esito è stato in seguito ripreso e approfondito nel territorio comunale con l'esecuzione da parte di ERSAL dei campionamenti per la redazione della Carta Pedologica della Lombardia scala 1: 50.000 (Scala di semidettaglio) fase 1, effettuati per la redazione del volume SSR 37 *Ente Regionale di Sviluppo Agricolo – i suoli della pianura cremasca (2002).* In tali occasioni le indagini sono state eseguite presumibilmente nel rispetto dei criteri definiti dalle norme generali del rilevamento ([14]), effettuando la media di **4 osservazioni** ogni **100 ha**, corrispondente in caso di Ricengo ad un numero totale di circa **48,** sicuramente molto più utile a rappresentare nei dettagli la litologia rispetto alle poche misure della carta geologica di Figura 15.

I dati acquisiti per la redazione della carta pedologica hanno consentito di elaborare una sintesi delle **caratteristiche litologiche del substrato pedologico**, rilevate con sondaggi effettuati fino alla profondità di 2 metri ([15]), alle quali sono stati uniti i dati sulla profondità del tetto del substrato dalla superficie, la presenza di carbonati, l'idromorfia e il grado di

[14] ERSAL (1986), Norme generali per il rilevamento e la compilazione della Carta Pedologica della Lombarda 1: 50.000, R. Rasio, Milano.
[15] Nel documento *Basi Ambientali della Pianura Banca Dati della Litologia* Versione1.0 Gennaio 2004, si precisa che "*La metodologia utilizzata deriva in forma semplificata da quella messa a punto per la realizzazione del progetto "Basi informative di pianura". Con Litologia Superficiale viene descritto il substrato roccioso coerente o non, che si trova al di sotto degli orizzonti pedogenizzati fino ad una profondità di 2 metri dal piano di campagna; a tale fine vengono considerati solo corpi rocciosi o depositi di spessore maggiore di 10 cm".*

alterazione dei clasti. Questi ultimi due parametri, riportati nei testi descrittivi dell'elaborato, non paiono essere presenti nella documentazione disponibile nel geoportale della Lombardia la cui cartografia è riferita in sintesi nella Figura 16, dove sono rese le descrizioni litologiche semplificate dei depositi collocati sotto il suolo, accorpate nelle seguenti unità .

G1 Unità formate da Ghiaie poco gradate (0-50 cm); Ghiaie poco gradate con sabbia (50-100 cm); Ghiaie limose con sabbia (50-100 cm); Sabbie poco gradate con ghiaia (50-100 cm);
S2 Unità formata da Sabbie poco gradate con limo e ghiaia (50 – 100 cm);
S3 Unità formate da Sabbie limose (50 – 100 cm / 100 -200 cm)
L4 Unità formata da Limi (100 - 200 cm)

che descrivono l'incremento da G1 a L4 della presenza degli strati di media e bassa permeabilità.

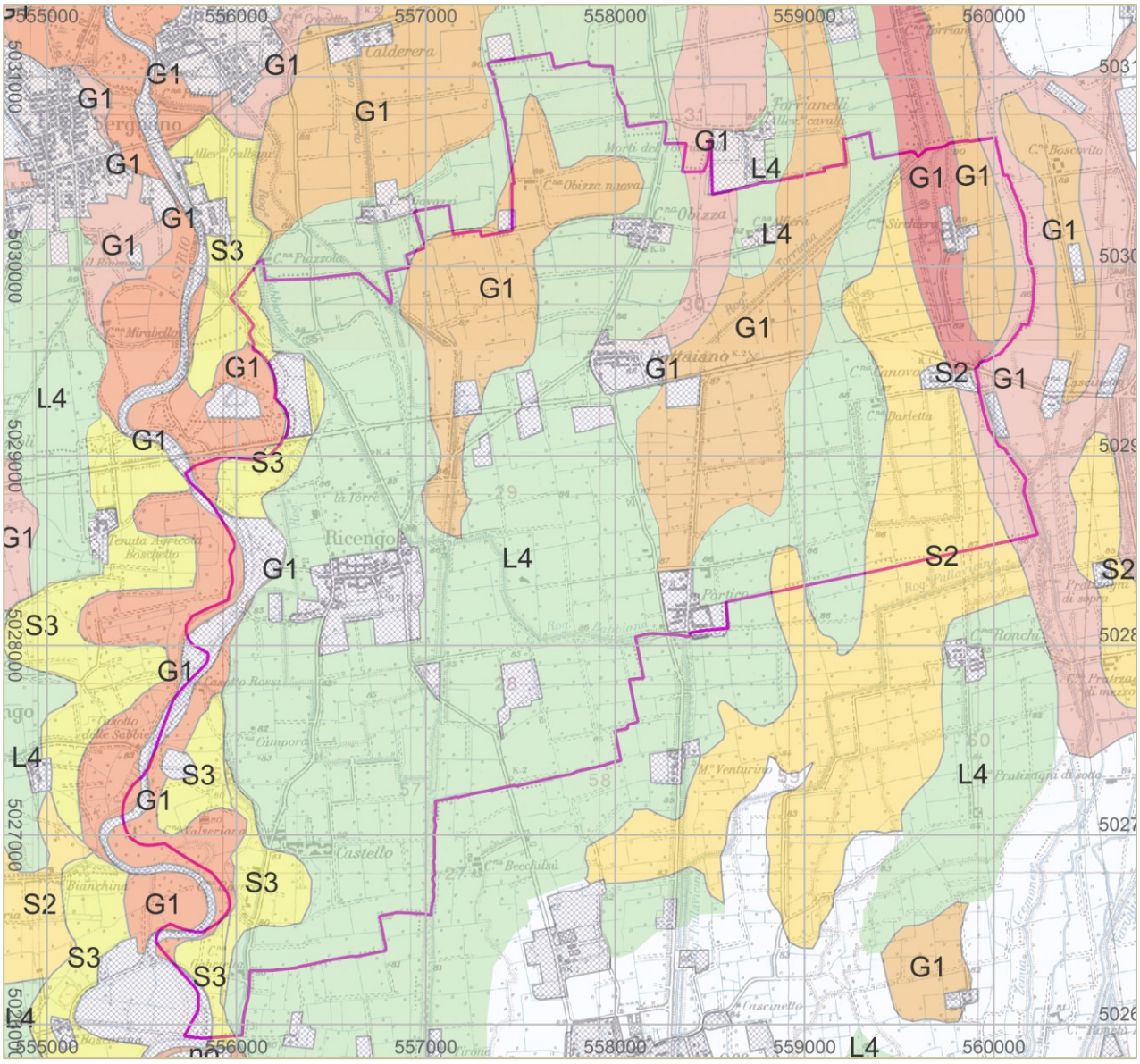


Figura 16: litologia del substrato superficiale del suolo in scala 1: 35.000. In amaranto il confine comunale. D:\REGIONE LOMBARDIA Pedologia + Litologia\Carta pedologica.qgz

A queste informazioni sono aggiunte le misure della distanza del tetto del substrato pedologico (orizzonte C) dalla superficie topografica, che in gran parte sono comprese tra **50 e 100 cm (suoli moderatamente profondi)**, ad esclusione dall'unità **G1** nel tratto che contorna il fiume Serio dove è affiorante **(suolo da assente a sottile**), di parte dell'unità sabbiosa sempre in prossimità del fiume e infine dell'unità **L4**, che ricopre circa il 60 % del territorio comunale, dove il substrato è sempre considerato **da profondo** (oltre i 100 cm) **a molto profondo** (oltre i 150 cm).

I depositi sono definiti **calcarei o molto calcari** in tutto il territorio comunale, ad esclusione del poligono collocato nell'unità S2 intorno e a sud della cascina Cà Nova, esteso fino al confine meridionale del territorio comunale, dove i depositi sono definiti **non calcarei**.

Le pedologia dell'area, ossia il suolo sovrastante il substrato in precedenza descritto, è sommariamente descritto qui di seguito, partendo dalla distribuzione delle unità individuate nella pubblicazione SSR 37 in precedenza citata e dalla Banca Dati Suoli LOSAN Banca Dati Suoli LOSAN :: Indice che consente l'accesso agli shp file alle descrizioni di dettaglio, di seguito limitate ai principali aspetti e solo per le **tre principali Unità cartografiche**, la Consociazione OFFANENGO franco argillosa (OFF1), la Consociazione ISENGO 1 franca (ISG1), la Consociazione CASCINA BECCHINSU' franco argillosa (BCU1).

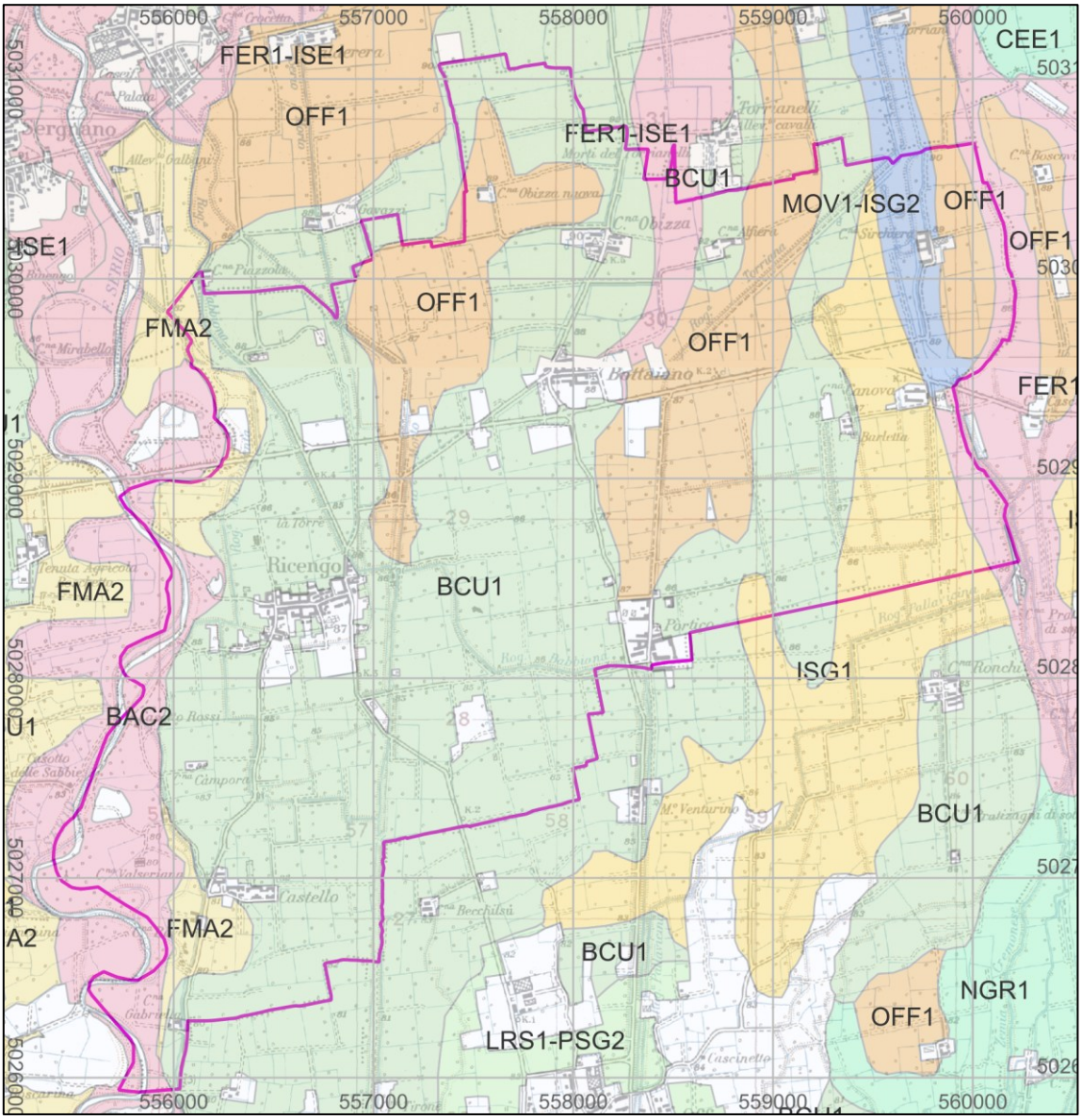
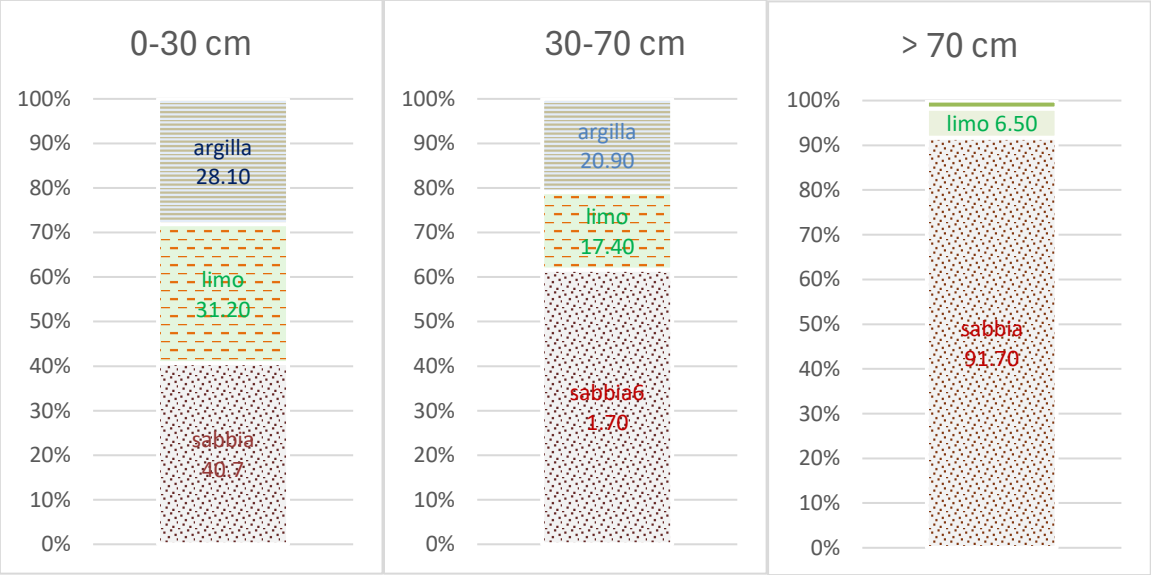


Figura 17: carta pedologica in scala 1: 35.000. In amaranto il confine comunale.

I suoli **OFF1** sono da poco profondi a moderatamente profondi limitati da scheletro e dalla falda, a tessitura moderatamente fine e scheletro da comune a frequente in superficie (30-45) ed abbondante in profondità, drenaggio da lento a mediocre e permeabilità moderata; AWC (Capacità di acqua disponibile) bassa; da moderatamente calcarei a calcarei. Classificazione USDA (KST 2006): loamy skeletal, mixed (calcareous), superactive, mesic, **Aquic Eutrudepts**. **Proprietà applicative**: adatti all'agricoltura, presentano severe limitazioni legate alla presenza di acqua nel profilo e

sono poco adatti allo spandimento di liquami zootecnici e allo spandimento di fanghi di depurazione. La capacità protettiva per le acque profonde è bassa.

La tessitura di questi suoli nei principali orizzonti individuati è fornita dalla seguente rappresentazione



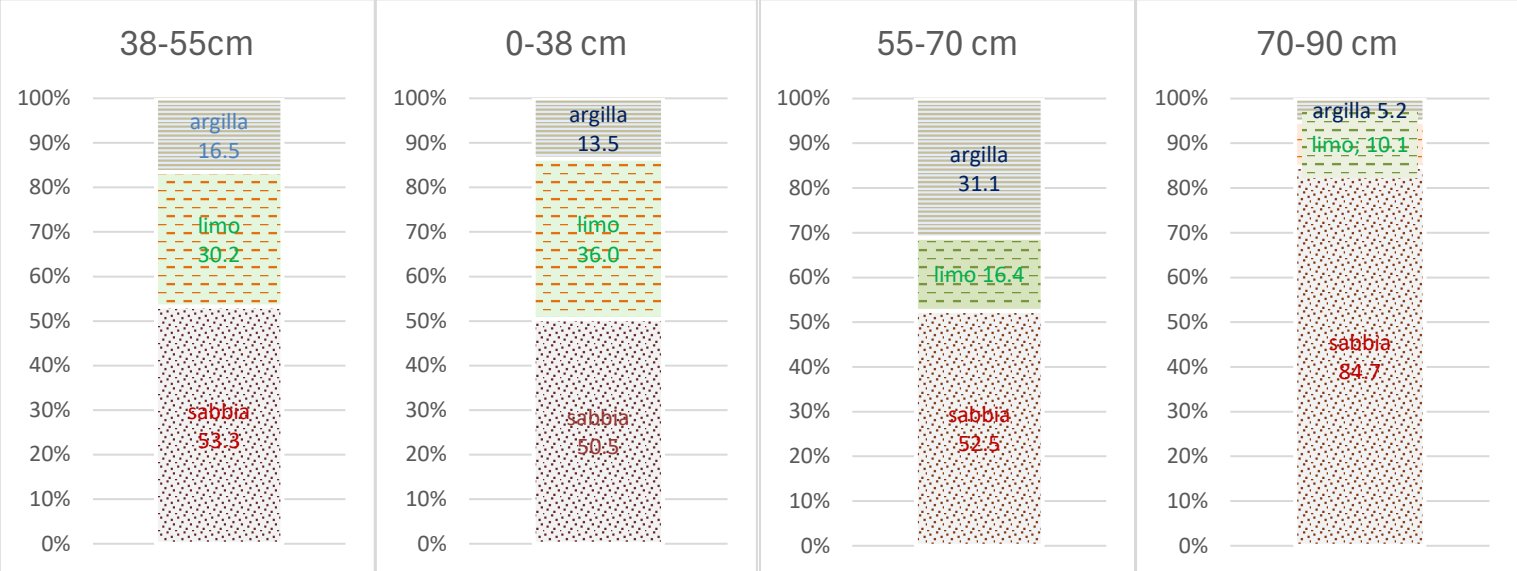
Nelle unità di paesaggio i suoli sono collocati nell'unità di sistema **L** (Piana proglaciale würmiana, esterna alle cerche costruite dalle morene frontali), sottosistema **LW**, settore intermedio della piana proglaciale, caratterizzato da un'idromorfia più o meno forte dovuta all'emergenza delle risorgive, chiamata anche **media pianura idromorfa o** "**fascia dei fontanili**". L'unità di paesaggio è la **LW1,** a morfolologia subpianeggiante od ondulata con fenomeni di idromorfia di lieve o moderata entità, formata da superfici in transizione dalla pianura ghiaiosa e quelle situate tra le principali linee di flusso e le zone più stabili, a drenaggio mediocre o lento.

I suoli **ISG1** sono moderatamente o poco profondi limitati da orizzonti idromorfi, a tessitura media, grossolana in profondità con scheletro comune; drenaggio lento, permeabilità moderatamente bassa; AWC moderata; da non calcarei a scarsamente calcarei in profondità. Classificazione USDA (KST 2006): fine loamy, mixed, active, mesic, **Aquic Hapludalfs.**

Proprietà applicative: i suoli ISG1, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate alla presenza di acqua nel profilo; sono poco adatti allo spandimento di liquami zootecnici e allo spandimento di fanghi di depurazione, hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e bassa per quelle superficiali,

La tessitura di questi suoli nei principali orizzonti individuati è fornita dalla rappresentazione che segue .

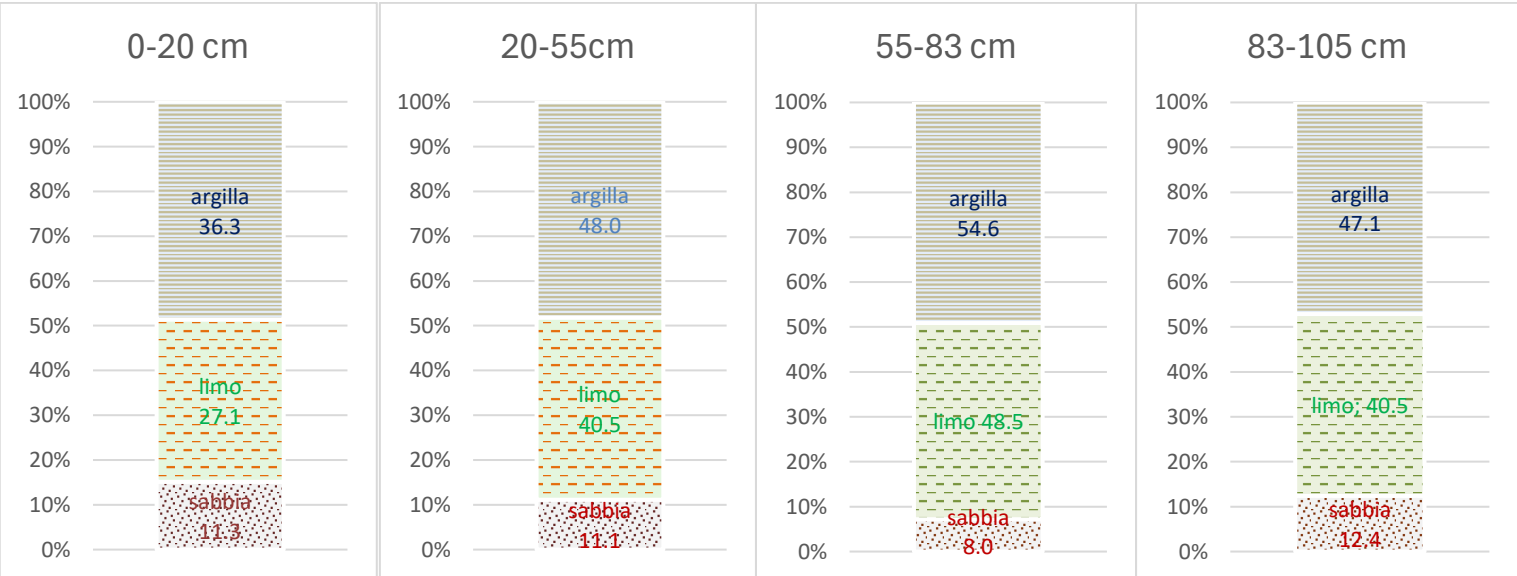
Nelle unità di paesaggio i suoli sono collocati nella medesima unità e sottosistema del suolo **OFF1.**



I suoli **BCU1** sono profondi su orizzonti fortemente calcarei e in falda, a tessitura moderatamente fine; drenaggio mediocre, permeabilità moderatamente bassa; AWC molto alta, da calcarei a molto calcarei in profondità. Classificazione USDA (KST 2006): fine silty, mixed, superactive, mesic, **Aquic Hapludalfs**

Proprietà applicative: adatti all'agricoltura, presentano moderate limitazioni legate alla presenza di acqua nel profilo sono molto adatti allo spandimento di liquami zootecnici e allo spandimento di fanghi di depurazione; hanno capacità protettiva elevata per le acque profonde e moderata per quelle superficiali.

La tessitura di questi suoli nei principali orizzonti individuati è fornita dalla rappresentazione che segue:



Nelle unità di paesaggio i suoli sono collocati nell'unità di sistema **L** (Piana proglaciale würmiana, esterna alle cerche costruite dalle morene frontali). La successiva definizione è qui di seguito riportata per completezza dal testo, ma non pare compatibile con la collocazione geografica e le evidenze morfologiche: sottositema LC, settore apicale della piana proglaciale o "piana pedemontana", addossata ai rilievi (montagna, apparati morenici e terrazzi antichi), chiamata anche alta pianura ghiaiosa. È formata dalla coalescenza dei conoidi alluvionali, a morfologia subpianeggiante o leggermente convessa, costituiti da sedimenti fluvioglaciali grossolani non alterati. Estese superfici a morfologia subpianeggiante, solcate da evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati e talvolta dolcemente ondulate in prossimità dei principali solchi vallivi. Sono costituite dai depositi di conoide e rappresentano gli ambienti più diffusi dell'alta pianura ghiaiosa. Comprendono le superfici ondulate o subpianeggianti di transizione ai principali sistemi fluviali, lievemente ribassate e delimitate da orli di terrazzi convergenti o raccordate in lieve pendenza nella direzione dei solchi vallivi.

4 Lineamenti geologico strutturali e aspetti sismologici

L'Italia è una provincia tettonica la cui attività sismica è collegata alla progressiva migrazione della placca africana verso quella europea, responsabile della formazione delle Alpi e degli Appennini e localmente contraddistinta da piegamenti e spinte contrapposte che convergono verso l'asse della Pianura Padana. Geologicamente quest'area coincide con l'avampaese di entrambe le catene e le rispettive avanfosse, che negli ultimi 5 milioni di anni hanno manifestato una costante subsidenza e alti tassi di sedimentazione.

I sedimenti alluvionali depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti provenienti dalle alpi meridionali e dall'appennino settentrionale, sono contrassegnati da uno spessore irregolare sviluppato fino a 7–8 km nella Pianura Padana orientale e da abbassamenti asimmetrici. Al di sotto dei depositi alluvionali e clastici cenozoici, la sequenza sedimentaria comprende carbonati mesozoici e un basamento cristallino essenzialmente formato da rocce metamorfiche erciniche (Paleozoico).

Il territorio di Ricengo si trova circa 26 km a SW dai primi rilievi delle Prealpi Lombarde dove affiorano i conglomerati miocenici del Monte Orfano a ovest di Brescia, e 55 Km a NNE dalle prime alture appenniniche formate dalle ghiaie e sabbie medio pleistoceniche del Subsintema di Agazzano a Rivergaro (Pc) .

Dal punto di vista geologico-strutturale la pianura è formata dal riempimento di una depressione detta di avampaese (*foreland*), che nel modello della tettonica a placche si considera geneticamente connessa al fronte di una catena montuosa in fase di sollevamento e che si caratterizza per elevati spessori di sedimenti (ghiaie, sabbie e limi) rilasciati nello spazio creato dalla subsidenza. L'evoluzione di questo meccanismo determina l'architettura deposizionale, cioè l'organizzazione degli strati sedimentari, che riflette le diverse fasi di sollevamento della catena e la contemporanea erosione della stessa, a sua volta influenzata dalle condizioni climatiche e dai relativi mutamenti .

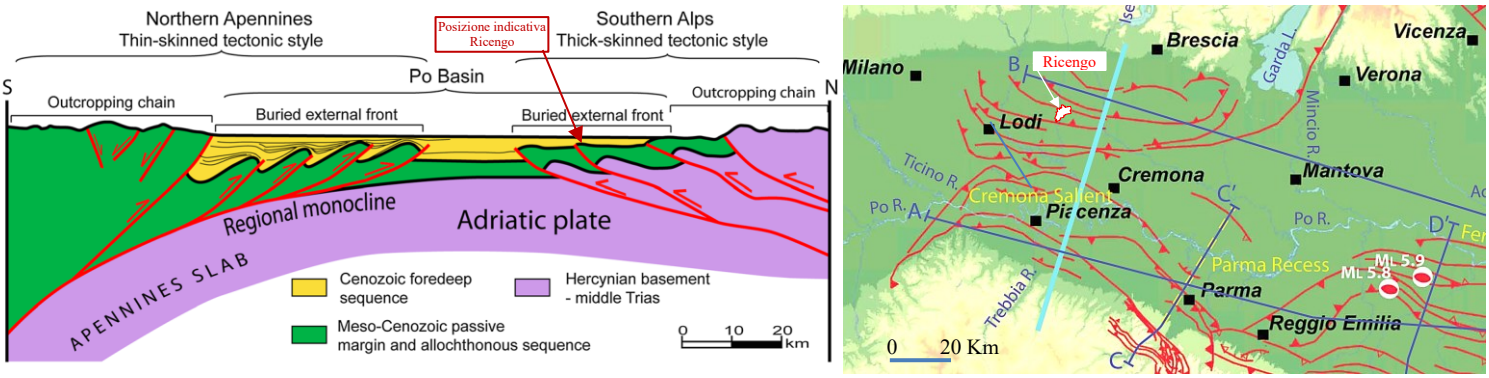


Figura 18: schema strutturale semplificato della pianura padana secondo una sezione S-N la cui traccia è riportata nella planimetria a destra con linea spessa celeste. Le **linee rosse** in entrambe le figure indicano i principali sovrascorrimenti (le punta delle linee indicano la direzione di spostamento), mappate dagli autori sulla base di reinterpretazione dei dati disponibili Tratte da *Livani, M., Scrocca, D., Arecco, P., & Doglioni, C. (2018). Structural and stratigraphic control on salient and recess development along a thrust belt:The Northern Apennines (Po Plain, Italy).Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123. https://doi.org/10.1002/2017JB015235*

Nota a commento dei termini indicati in figura

- Thin shinned = (tettonica di copertura o pellicolare) stile di deformazione che indica sovrascorrimenti che coinvolgono solo rocce di copertura (tipicamente rocce sedimentarie) e non quelle più antiche del basamento cristallino (metamorfiche o ignee). La condizione riguarda l'appennino.
- Thick-skinned = (tettonica di zoccolo) stile di deformazione dei sovrascorrimenti quando viene coinvolto anche il basamento. La condizione riguarda le Alpi.
- Outcropping chain = catena affiorante; Buried external front = fronte esterno sepolto (della catena).
- Cenozoic foredeep sequence = depositi di avanfossa formati nei bacini marini dall'inizio del cenozoico, ca. 66 Milioni di anni fa.
- Meso- cenozoic passive margin and allocthhonous sequence = depositi del margine continentale non interessato dalla subduzione durante la loro formazione entro il bacino oceanico e nella zona di piattaforma.
- Hercynian basamen - middle trias = Substrato in prevalenza metamorfico (scisti verdi, gneiss) dell'orogenesi ercinica ricoperto in modo non conforme da una successione vulcanica e vulcanoclastica del Permiano e da una successione carbonatica spessa (migliaia di metri) del Triassico.

Alla formazione della pianura, oltre all'erosione dei rilievi, concorrono le spinte tettoniche che causano lo spostamento di corpi rocciosi in direzione dell'asse della depressione e il piegamento dei depositi in via di formazione entro il bacino, mediante faglie e sovrascorrimenti in grado di produrre terremoti.

La **Figura 18** mostra schematicamente la subduzione della litosfera europea sotto le Alpi e della litosfera adriatica sotto gli Appennini, con polarità opposta rispetto al flusso del mantello sottostante che si ritiene avvenga "*verso est*" ([16]). La tettonica di spinta o tettonica contrazionale presente descrive strutture formate dall'accorciamento e dall'ispessimento della crosta o della litosfera e si concentra nelle aree a bassa topografia come l'asse della pianura, mentre la tettonica estensionale e la sismicità di maggiore magnitudo dovuta a fagliazione normale è localizzata preferenzialmente lungo la dorsale appenninica, dove lo strato crostale fragile è più spesso e il carico litostatico è massimo. La deformazione di 2-5 mm/anno in tutti gli ambienti tettonici italiani impedisce il verificarsi di grandi terremoti (Mw 8) presenti invece in altre aree del mondo dove i tassi di deformazione sono almeno un ordine di grandezza maggiori.

L'avampaese delle due catene montuose ospita sia le strutture sepolte del sud alpino, che hanno una direzione di movimento (vergenza) verso sud, sia quelle appenniniche, a vergenza settentrionale, che si fronteggiano nel sottosuolo lungo una fascia circa corrispondente all'asse padano.

La Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna ([17]) riporta una **sezione geologica orientata da NNE verso SSW** passante circa **15 Km a ovest di Ricengo** (Figura 19) dove è mostrata l'ampia successione miocenica che si sovrappone ai depositi marnoso argillosi dell'Oligocene e dell'Eocene, a loro volta presenti a copertura dei depositi carbonatici mesozoici. La sezione riferisce i dettagli delle **faglie inverse sepolte, ossia i sovrascorrimenti** riferiti nella parte sinistra della Figura 18, indicati con le linee rosse e triangoli con punta verso la parte che sovrascorre nella planimetria a destra.

Il sottosuolo padano è conosciuto principalmente tramite l'esplorazione petrolifera iniziata negli anni '20, ma solo nel secondo dopoguerra sono stati pubblicati i primi dati stratigrafici e strutturali (AGIP, 1959) che consentirono negli anni '60 di inserire le informazioni dei fogli di pianura della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 (Figura 15 a pag.24), limitatamente alle successioni porose del Messiniano-Pliocene (7.2-2.58 milioni di anni M.a.).

Sul finire del secolo scorso si effettuarono perforazioni più profonde nelle serie dei carbonati mesozoici (Malossa, 1979, Gaggiano, 1987 e Villafortuna-Trecate 2002), le cui informazioni assieme a quelle del Progetto Finalizzato Geodinamica (CNR 1976-1984), agli studi ENEL per la localizzazione delle centrali nucleari ed al progetto CARG per la nuova cartografia geologica d'Italia a scala 1: 50.000, diedero l'avvio a una lunga serie di studi e pubblicazioni sull'argomento, tra le quali due monografie sugli acquiferi padani (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998; Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP, 2002) descritti in seguito.

[16] Le considerazioni dei capoversi che seguono sono tratte con modifiche da "*Doglioni, C. (2023). Origin of Seismicity in Italy as a Clue for Seismic Hazard. In: Cimellaro, G.P. (eds) Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures. WCSI 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 309. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21187-4_10*"

[17] CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA E AREE LIMITROFE in scala 1:250.000. 1 - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli; Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze; Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra; Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna

Gli studi sull'attività tettonica si sono sviluppati successivamente anche **in una prospettiva di rischio sismico, in particolare dopo gli eventi dell'Emilia di maggio 2012**, ed hanno portato, tra l'altro, alle prime valutazioni sui tassi di movimento delle faglie sepolte come quelle indicate in Figura 19.

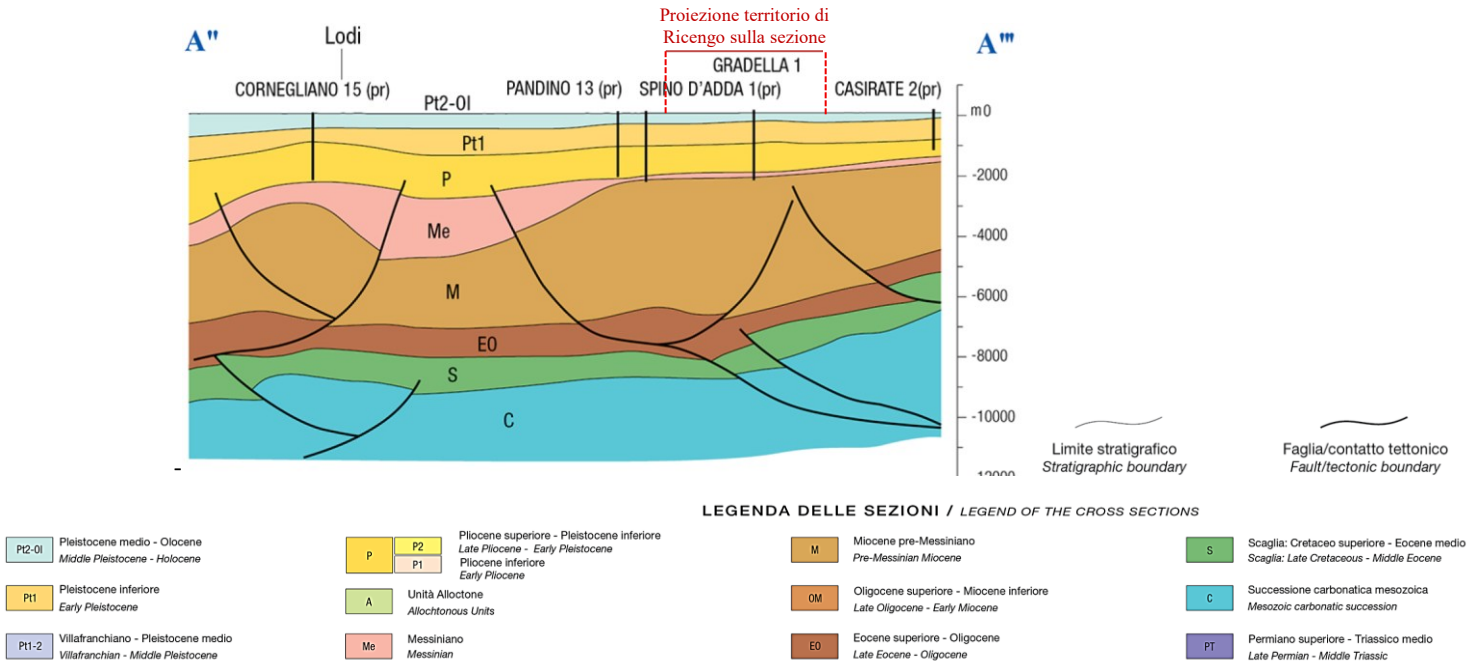


Figura 19: sezione passante 15 km a ovest di Ricengo, tratta da nota a pie pagina ([17]).

La sezione mostra con buon dettaglio che la successione carbonatica, compresa tra la base del mesozoico (~252 M.a.) e l'Eocene medio (48-41 M.a.), forma una monoclinale che si immerge verso sud-ovest, tagliata da sistemi di faglie inverse meso-cenozoiche quasi verticali, che presentano orientazioni prevalenti NO-SE.

A partire dal triassico medio (237-247 M.a.) furono presenti articolate piattaforme carbonatiche di ambiente tropicale, cui seguì nel Triassico superiore (Carnico, 237-227 M.a.) un importante episodio di sedimentazione di mare basso ed emersione con formazione di depositi continentali ed evaporitici che ebbero grande importanza per la successiva evoluzione strutturale a causa della **maggiore duttilità di tali stati**. Nel tardo Triassico (237-208 M.a.) si reimposta l'ambiente di piattaforma carbonatica con la formazione delle Dolomia Principale, seguita dalle unità calcaree del Triassico Superiore e Giurassico Inferiore (Calcari Grigi e Medolo - 208-182 M.a.) depositatesi in un bacino marino relativamente profondo con scarsi apporti terrigeni e soggetto ad un'estesa subsidenza, connessa alla fase di apertura dell'oceano della Tetide.

La successiva deposizione di sedimenti terrigeni segna l'inizio dell'orogenesi alpina e registra quindi la deposizione di sedimenti marnosi seguiti da unità torbiditiche (Flysch Lombardi, 90-70 M.a). Nel Paleogene (63-23 M.a.) si ha la deposizione di unità prevalentemente marnose (Scaglia e Gruppo delle Marne di Gallare), che analogamente ai citati depositi continentali ed evaporitici del triassico superiore, **hanno agito come livello di scollamento tettonico preferenziale**, condizionando l'assetto strutturale del bacino padano.

In questo periodo avviene la collisione continentale tra Africa ed Europa e l'innalzamento della catena alpina, tra 30 e 15 M.a. circa (Oligocene-Miocene), accompagnato dalla rotazione antioraria di Sardegna e Corsica legata all'apertura del bacino oceanico Algerino-Provenzale ed alla conseguente formazione del prisma di accrezione appenninico. Così, mentre al margine settentrionale del bacino padano si depositano durante il Miocene (23-5.3 M.a.)

materiali anche molto grossolani derivanti dall'erosione della catena alpina in rapido sollevamento e nel resto del bacino successioni marnoso-argillose (Marne di Gallare), le falde appenniniche migrano verso nord portando alla sovrapposizione di depositi espressione di molteplici ambienti, dalla piana sottomarina e torbiditici fino ai delta (Macigno, Cervarola e Marnoso-Arenacea). Queste unità muovendosi verso nord giungono nel Pliocene inferiore (ca. 4 M.a.) a interferire con le strutture alpine più meridionali, provocando il basculamento verso sud dell'edificio alpino e la conseguente strutturazione del bacino padano nella sua configurazione attuale.

A commento della sezione gli autori segnalano la frequente presenza di ipocentri a profondità maggiori di 15 km, evidenziando una possibile correlazione con la tettonica compressiva sud-alpina di tipo "*thick skinned*", che rappresenta uno stile di deformazione della crosta terrestre dove le **faglie tagliano in profondità** sia la copertura sedimentaria superficiale sia il basamento cristallino sottostante ed hanno **spesso una pendenza elevata**.

4.1 FAGLIE CAPACI NEL DATABASE ITACA E SORGENTI SISMOGENETICHE COMPOSITE

Oltre alle conoscenze sulle strutture sepolte è opportuno inserire le più recenti valutazioni sull'attività neotettonica "*in continuo aggiornamento*" come dichiarato dall'ente, rappresentate all'interno del progetto ITHACA (*ITaly HAzard from CApable faults*) prodotto dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA.

Si specifica che le informazioni contenute non sostituiscono i parametri di rischio sismico previsti dalle normative nazionali e regionali, ma secondo quanto riportato nelle pagine web del sito (ITHACA - faglie capaci WebPage (isprambiente.it), il database "*sintetizza le informazioni disponibili sulle **faglie capaci**,* di seguito definite, *che interessano il territorio italiano, proponendosi quindi come strumento fondamentale per:*

a) analisi di pericolosità ambientale e sismica;
b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio;
c) pianificazione territoriale;
d) gestione delle emergenze di Protezione Civile.

La spiegazione dei termini contenuta nel Catalogo ITHACA discende soprattutto dalle guide tecniche IAEA (*International Atomic Energy Agency*), redatte per la caratterizzazione di siti destinati ad ospitare impianti ad alto rischio (ad es. centrali nucleari, depositi di scorie nucleari) che forniscono le definizioni qui riassunte:

Faglia attiva: struttura tettonica che si è mossa nel recente passato geologico e che si prevede si muova in un futuro lasso di tempo preoccupante per la sicurezza di un'installazione nucleare, con tempi di ritorno che possono essere anche di **alcune decina di migliaia di anni**.

Faglia capace: **faglia attiva** che ha un significativo potenziale di **manifestare spostamenti in corrispondenza o in prossimità della superficie del suolo**.

La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura, sia una deformazione distribuita e la riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Sempre secondo quanto dichiarato dagli autori nell'introduzione al progetto "*In Italia, molti terremoti storici catastrofici (e.g., i terremoti del 1783 in Calabria, 1915 nel Fucino, 1980 in Irpinia, con magnitudo intorno a 7), sono stati associati a fenomeni di fagliazione superficiale con rigetti prossimi o superiori al metro. Studi paleosismologici hanno consentito di riconoscere fenomeni simili in epoca tardo Pleistocenica-Olocenica lungo varie strutture tettoniche considerate in precedenza inattive, dimostrandone una frequenza maggiore di quanto prima supposto. La fagliazione superficiale può indurre seri danni agli edifici e alle infrastrutture e quindi rappresentare una rilevante fonte di pericolosità, particolarmente nelle numerose aree densamente popolate ed industrializzate del territorio italiano*.".

Premesso quanto sopra, di seguito si espone in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** la rappresentazione fornita dall'ultimo aggiornamento del 15/06/2019 delle faglie capaci più prossime al territorio comunale, dove è indicata la presenza poco a sud della **faglia inversa di Soncino (Fault Code 87036**), che nel **Catalogo delle faglie capaci in Italia** ([18]) è segnalata iniziare a sud di Pianengo, passare per il centro di Offanengo e proseguire verso ENE fino all'area industriale di Soncino, apparendo rappresentata anche nella Carta Sismotettonica come "*sovrascorrimento sepolto*", anche se in posizione traslata di circa 4 Km a sud, passante per Ripalta Vecchia e Fiesco.

Un'altra faglia inversa presente nell'area è denominata Treviglio (**Fault Code 87034**), rappresentata nel catalogo estesa a partire da circa 650 m a nord del municipio di Ricengo in direzione ovest verso Trescore e Pandino, poi a nord verso Rivolta d'Adda. Tale struttura non è mostrata nella Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna ([17])

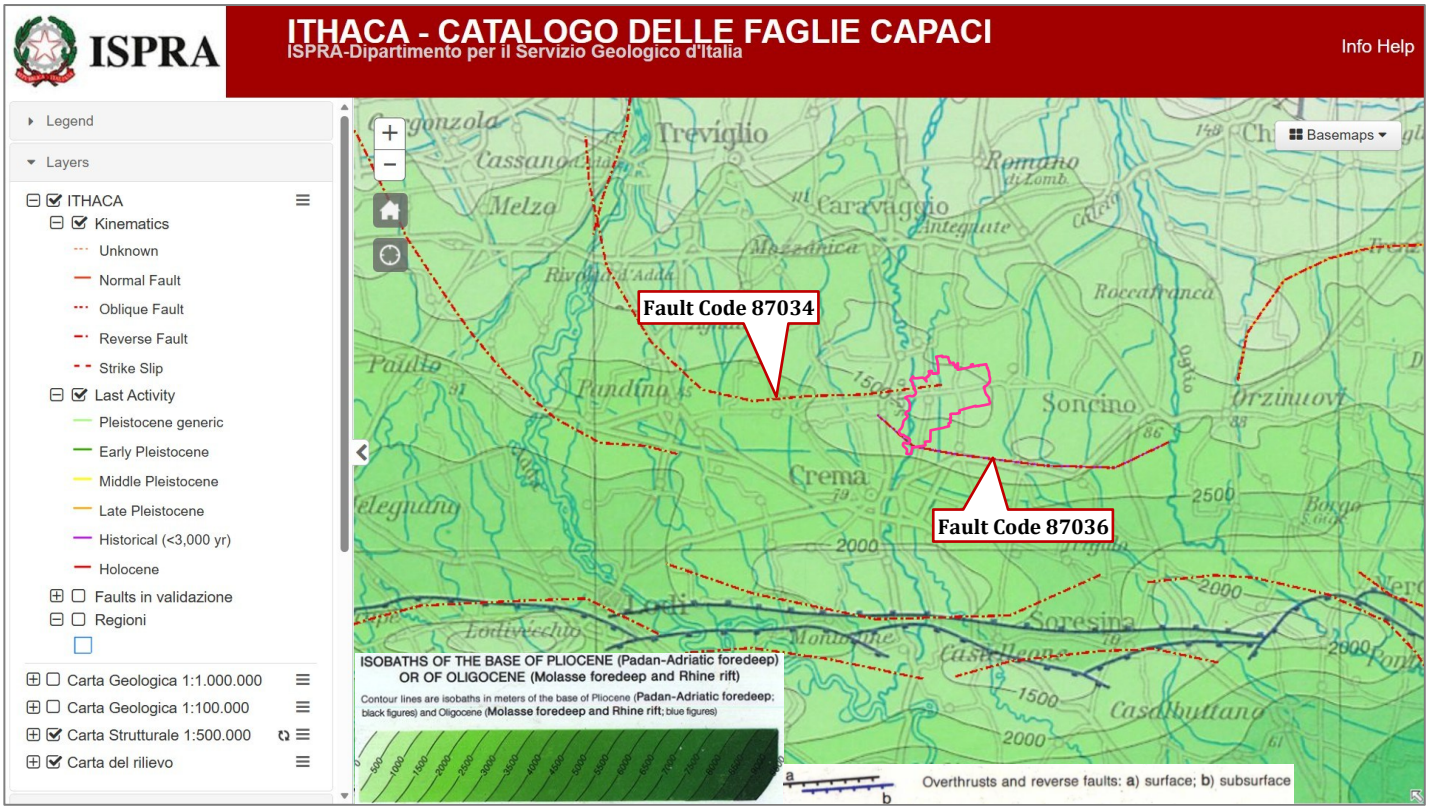


Figura 20: rappresentazione in scala 1: 400.000 del modello *ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAzard from CApable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy.* Web Portal http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspxs, sovrapposto a *Structural Model of Italy* con la rappresentazione della base del Pliocene, scala 1:500.000 - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Progetto Finalizzato Geodinamica. https://www.socgeol.it/438/structural-model-of-italy-scale-1-500-000.html. CNR 1983- SELCA 1990, responsabile: Paolo Scandone.

Di seguito sono riportati i parametri riguardanti le faglie sopra indicate dove sono evidenziati con fondo colorato i parametri più significativi. In particolare, alla faglia inversa **87036 Soncino** è attribuito il terremoto denominato "***della Valle dell'Oglio***" che è indicato con la data del **1805** nella tabella di Figura 21, mentre nel documento ***CFTI5Med*** [**C**atalogo **F**orti **T**erremoti in **I**talia n. 5 e nell'area **Med**iterranea – INGV 2019] la data è del 12 maggio **1802**, ore 09:30. Considerate le informazioni fornite da altri documenti, appare molto probabile che quest'ultima sia la data corretta.

L'evento ha avuto epicentro circa 10 Km a est del municipio di Ricengo, nell'area a nord dell'abitato di Soncino in prossimità della frazione Isengo e nella ricostruzione dell'evento, https://storing.ingv.it/cfti/cfti5/quake.php?04844IT#, gli autori riferiscono che Il paese più colpito fu Orzinuovi mentre una ventina di paesi subirono danni al patrimonio edilizio.

[18] ITHACA - ITaly HAzards from CApable faults: ITHACA - faglie capaci WebPage. Il Catalogo colleziona le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano sulla base di una revisione critica della letteratura disponibile.

Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	**87034**
Fault Name	**Treviglio**
Region Name	Lombardia
Tectonic Environment	ND
System Name	Po Plain
Synopsis	
Rank	Primary

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	200 (orientamento medio azimutale della faglia rispetto al nord geografico)
Dip (°)	Gentle (inclinazione (immersione) espressa in gradi del piano di faglia rispetto alla linea d'orizzonte)
Dip Direction	30 direzione geografica verso cui immerge il piano di faglia
Fault Length (km)	**28.1**
Mapping Scale	1:100000
Fault Depth (m)	**6.0**
Kinematics	**Reverse**

ACTIVITY

Surface Evidence	ND
Last Activity	**Pleistocene generic**
Applied Tecnique	Geophysical prospecting
Evidence for Capability	**Displacement of Quaternary deposits and/or land forms**
Lithology	conglomerates and breccias

SLIP PARAMETERS

Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	**27.00**
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	**6.5**
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	

FINAL REMARKS

Capability Consensus	Medium reliability
Study Quality	**LOW**
Notes	
Fault Trace Reference	
Last Update	

REFERENCES

Authors	Title	Reference	Year
FANTONI R., BERSEZIO R. & FORCELLA F.	Alpine structure and deformation chronology at the Southern Alps. Po Plain border in Lombardy	Boll. Soc. Geol. It., 123, 463-476.	2004

Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	**87036**
Fault Name	**Soncino**
Region Name	Lombardia
Tectonic Environment	ND
System Name	Po Plain
Synopsis	
Rank	Primary

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	270 (orientamento medio azimutale della faglia rispetto al nord geografico)
Dip (°)	30 (inclinazione (immersione) espressa in gradi del piano di faglia rispetto alla linea d'orizzonte)
Dip Direction	30 direzione geografica verso cui immerge il piano di faglia
Fault Length (km)	**16.4**
Mapping Scale	1:100000
Fault Depth (m)	**--**
Kinematics	**Reverse**

ACTIVITY

Surface Evidence	ND
Last Activity	**Historical (<3,000)** [Q43]
Applied Tecnique	Geomorphologic data
Evidence for Capability	**Earthquake**

SLIP PARAMETERS

Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	**16.00**
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	**5.7**
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	**1805 (*)**

FINAL REMARKS

Capability Consensus	**High reliability**
Study Quality	**HIGHT**
Notes	
Fault Trace Reference	
Last Update	

REFERENCES

Authors	Title	Reference	Year
FANTONI R., BERSEZIO R. & FORCELLA F.	Alpine structure and deformation chronology at the Southern Alps. Po Plain border in Lombardy	Boll. Soc. Geol. It., 123, 463-476.	2004

Figura 21: Parametri descrittivi delle fagli attive nell'area. La guida ISPRA - Servizio Geologico d'Italia di giugno 2022 riguardante l'argomento è in https://portalesgi.isprambiente.it/wp-content/uploads/2025/04/Linee_Guida_ITHACA.pdf.

(*) in *CFTI5Med* la data dell'evento è la seguente: 12 maggio **1802** Ora: 09:30 Area epicentrale: Valle dell'Oglio. Epicentro calcolato (Lat.: 45.416 - Lon.: 9.854) [trasformato dallo scrivente in coordinate UTMWGS 84: 566819,5029519] da *E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Sgattoni, G. Valensise (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5* .

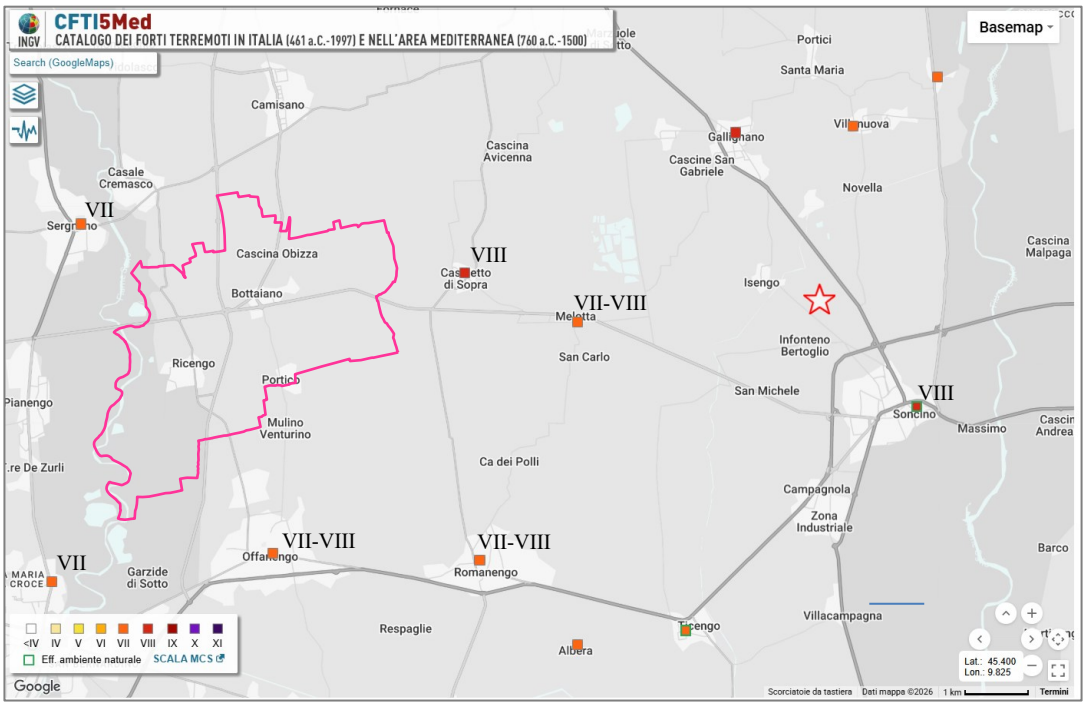


Figura 22: scala 1:120.000 Schema dei risentimenti locali nella Scala Mercalli-Càncani-Sieberg 1932 in occasione del terremoto di maggio 1802. La stella indica la posizione dell'epicentro.

A Orzinuovi la scossa causò crolli parziali in circa metà delle case e lesioni in gran parte delle altre... Subirono crolli le chiese di San Domenico, di San Francesco e la chiesa detta "*della Madonna*" e rimasero lesionate tutte le altre, …, mentre la caserma divenne inabitabile… A Soncino vi furono 5 crolli totali e molte case dovettero essere puntellate mentre a Gallignano vi furono crolli in un numero imprecisato di case e altre furono danneggiate gravemente….A Crema la scossa causò lesioni più o meno gravi a tutte le abitazioni di città e di campagna…La scossa fu forte a Brescia e a Cremona e causò qualche lesione nel palazzo episcopale di Lodi; l'area di risentimento fu ampia: da Torino a Venezia, da Genova a Zurigo.

Per completezza si riporta una descrizione sintetica dei risentimenti che hanno interessato i centri abitati più prossimi a Ricengo secondo la scala Mercalli-Càncani-Sieberg del 1932.

Grado VII. Molto forte. Ragguardevoli lesioni vengono provocate all'arredamento delle abitazioni, anche agli oggetti di considerevole peso che si rovesciano e si frantumano. Rintoccano le campane di dimensioni maggiori. In corsi d'acqua, stagni e laghi si generano onde e s'intorbidiscono a causa della melma smossa. Qua e là, scivolano parti delle sponde di sabbia e ghiaia…., crollo di mattoni e in genere caduta di tegole. Molti comignoli vengono danneggiati da crepe…In alcuni casi si ha il crollo delle case mal costruite oppure riattate.
Grado VIII. Distruttivo. I tronchi degli alberi ondeggiano tutti in maniera molto forte e arrivano anche a rompersi. …Solidi muri di cinta in pietra vengono fessurati e abbattuti. Circa ¼ delle case riporta gravi danni; alcune di esse crollano; molte diventano inabitabili. … In pendii e terreni acquitrinosi si formano delle crepe; dai terreni intrisi di acqua fuoriescono sabbia e melma.
Grado IX. Devastante. (solo a Orzinuovi **VIII-IX**) Circa ½ delle case in pietra sono seriamente distrutte, molte crollano, la maggior parte diviene inabitabile. Case a traliccio sono divelte dalle proprie fondamenta e compresse su se stesse, in tal modo vengono tranciate le travi di supporto degli ambienti contribuendo così a distruggere considerevolmente le case.

Per Ricengo e frazioni è ragionevole stimare risentimenti tra il VII e l'VIII grado della scala, anche in assenza di documenti specifici descrittivi degli effetti in tali aree.

Per quanto riguarda più in generale la sismicità dell'area, l'informazione più completa è fornita dal *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas,* nella versione 3.3.1 datata 28 marzo 2025, prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e descritta in forma semplificata nel sito https://diss.ingv.it/behind-the-scenes/types-of-data-and-methods.

Si tratta di una raccolta di **potenziali sorgenti di terremoti di magnitudo superiore a 5.5** in Italia e nelle aree circostanti fondato su un archivio georeferenziato di informazioni tettoniche, sulle faglie e paleo sismologiche. DISS è uno strumento originale, ideato dell'Istituto nel 1997 e reso liberamente disponibile al pubblico dal 2001, ora giunto all'edizione 2025, avente come scopo quello di **simulare in modo accurato la distribuzione dello scuotimento** del terreno responsabile del principale danneggiamento agli edifici e dalle infrastrutture, e di realizzare in tal modo **la transizione dalla**

rappresentazione di faglie, definite in modo qualitativo e solo nella loro espressione superficiale**, alle sorgenti sismogenetiche**.

Queste ultime sono rappresentate nelle tre dimensioni, parametrizzando la geometria e la cinematica di grandi faglie attive ritenute capaci di generare terremoti di **magnitudo (Mw) superiore a 5.5**, valore scelto per due motivi:

- la magnitudo 5.5 è usualmente considerata il valore "di soglia" oltre il quale la faglia responsabile dei terremoto assume dimensioni tali da poter essere identificata attraverso le metodologie geologiche;
- in Italia, per via delle tipologie costruttive prevalenti, la magnitudo 5.5 viene usualmente vista come il limite inferiore per cui un terremoto crostale può causare scuotimento tale da creare danni significativi all'edificato.

I principali oggetti della raccolta, presenti in tutte le versioni di DISS, sono le **sorgenti sismogenetiche individuali (SSI)**, che riferiscono una rappresentazione semplificata e tridimensionale di un piano di faglia che si presume mostri un comportamento "caratteristico" rispetto alla lunghezza/larghezza della rottura e alla magnitudo prevista, elaborate sulla base di informazioni da specifici forti terremoti **già avvenuti o in rari casi che si ritiene potranno avvenire**, mentre un secondo oggetto è costituito dalle **Sorgenti Sismogenetiche Composite**, Composite Seismogenic Sources (**CSS),** ideate per descrivere **sistemi di faglia estesi**, ancorché con un livello di dettaglio necessariamente minore.

Le Sorgenti Sismogenetiche **Individuali** non rappresentano tutte le possibili sorgenti perché i terremoti per i quali sono state derivate sono un sottoinsieme di tutti i terremoti che si possono verificare, mentre quelle **Composite** sono state ideate proprio per rappresentare un dataset di sorgenti sismogenetiche potenziali il più possibile esauriente, anche se ciò implica una minor accuratezza nella loro descrizione spaziale e parametrizzazione rispetto alle Sorgenti Sismogenetiche Individuali ed in effetti non hanno terremoti associati, anche se alcuni articoli scientifici le collegano importanti terremoti del passato.

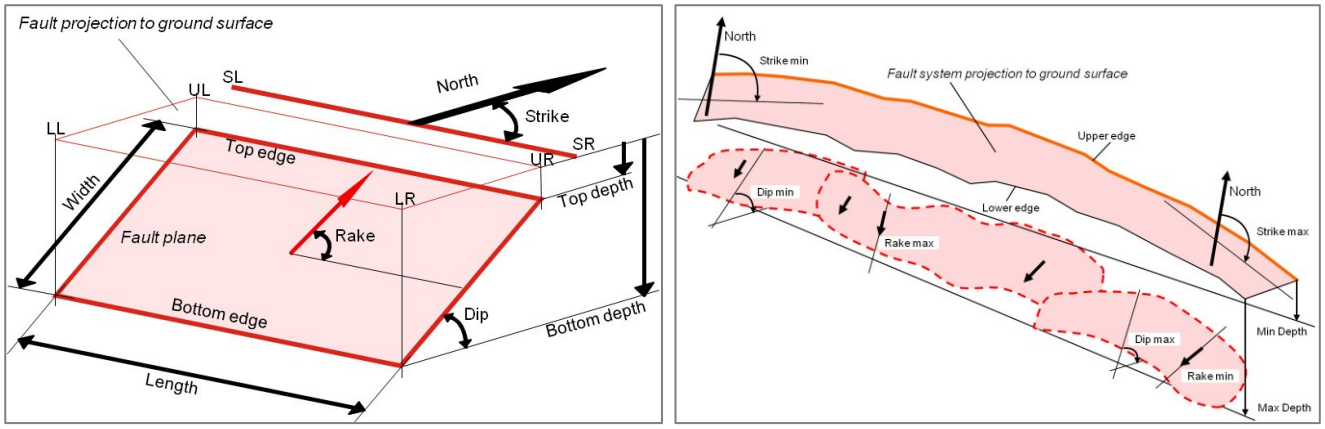


Figura 23: : rappresentazione delle Sorgenti Sismogenetiche Individuali (SSI), e delle Composite Seismogenic Sources (CSS)

La rappresentazione delle sorgenti sismogenetiche espresso dal DISS dell'area di Ricengo è riportata nella Figura 24, i cui parametri sono qui di seguito sinteticamente riferiti.

1) Sorgente Sismogenetica **Individuale** (SSI) **ITIS104 Romanengo** (piano di faglia). Sorgente correlata ITCS115

creata nel 2001 e aggiornata il 19/04/2010 (Burrato P., Valensise G.)

lunghezza 6,5 Km, larghezza 4,7 Km; profondità **min. 2,5 Km** (OD), **max. 5,8 Km** (ER) da osservazioni geologiche e geomorfologiche; direzione del piano di faglia (strike) 275° (OD); angolo di Rake 90 ° (faglia inversa) (EJ); Inclinazione su orizzontale **45°** (OD); Velocità di slittamento [mm/a] 0,1 – 0,5, stimati da vincoli geodinamici (EJ); tempi di ritorno da 1000 a 5.000 anni (EJ); **magnitudo del momento sismico *Mw* = 5,7** dal catalogo storico dei terremoti CPTI04 (LD)**,** che contiene il sisma del **12 May 1802** (l'evento si può stimare abbia liberato una energia pari **a circa il 35 %** della bomba atomica di Hiroshima).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

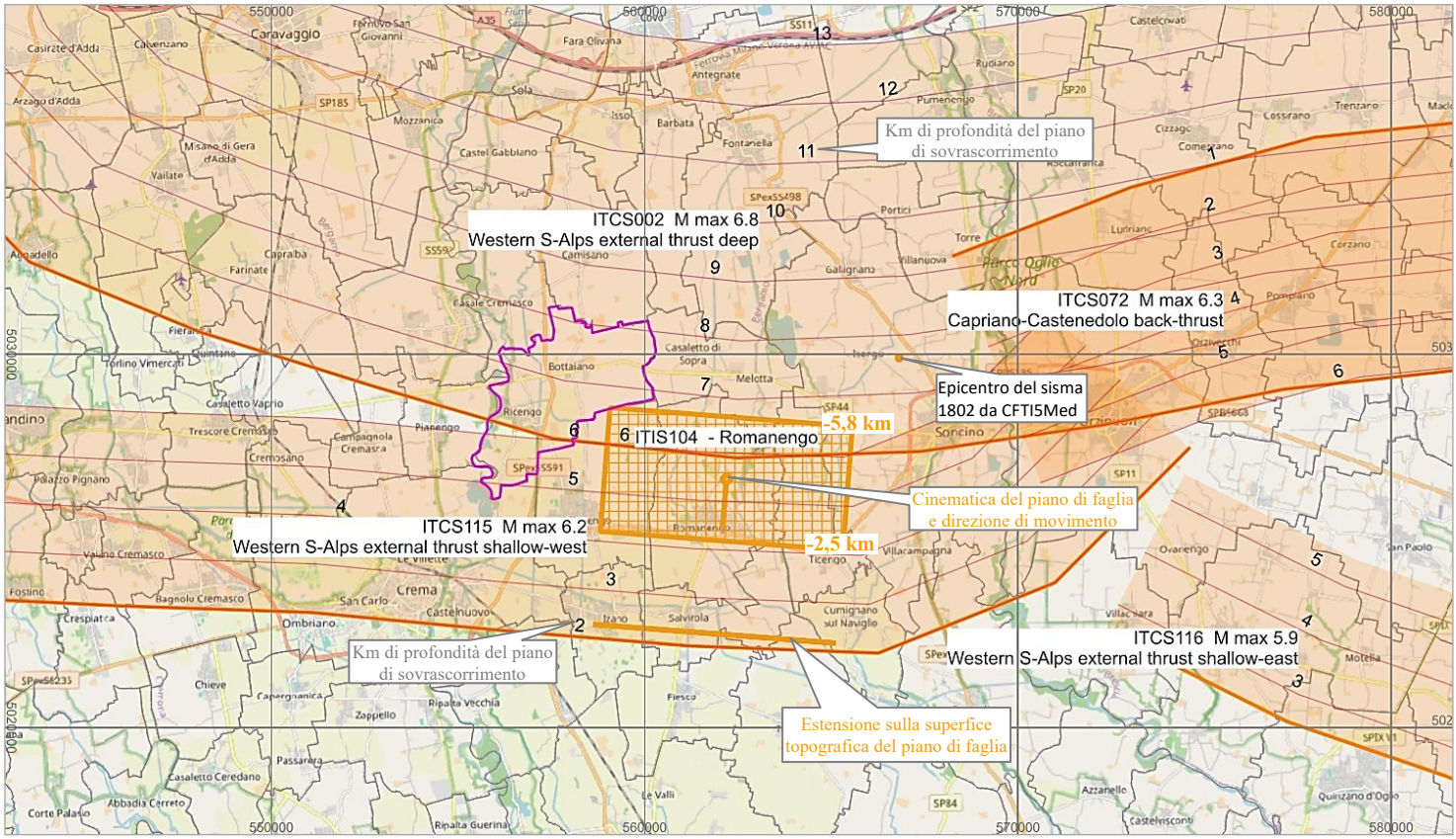


Figura 24: sorgente sismogenetica individuale ITIS104 e composite ITCS115 e ITCS002 in prossimità e nel territorio di Ricengo, scala 1: 100.000.

Commenti: Il verificarsi del terremoto Mw 5.7 del 1802 getta luce sull'attività e sul potenziale sismogenetico dei fronti di sovrascorrimento delle Alpi Meridionali sepolti nella Pianura Padana a sud-ovest del Lago di Garda. Questa porzione della pianura è caratterizzata da un basso rilascio sismico se confrontata con le aree situate più a est e nord-est … La localizzazione e la geometria della sorgente sismogenetica del 1802 si basano su osservazioni geomorfologiche fornite da diversi ricercatori, sull'analisi dei dati del sottosuolo forniti dall'industria petrolifera ……Questa sorgente appartiene al sistema di sovrascorrimento lombardo, il fronte compressivo più meridionale delle Alpi.….tra gli altri effetti si segnala l'apertura di fessure nel terreno nell'epicentro e l'arresto temporaneo del flusso d'acqua del fiume Oglio.

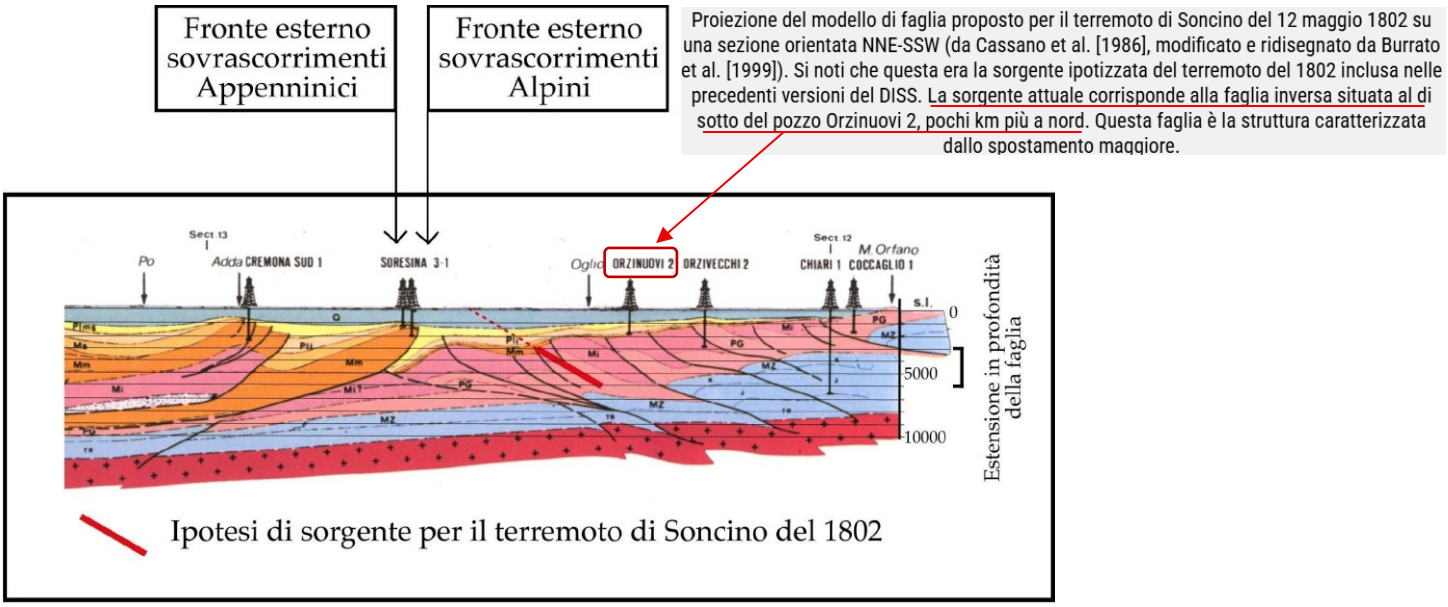


Figura 25: posizione della faglia ritenuta responsabile del terremoto del 1802 della sezione AGIP 1999, e riposizionamento secondo il DISS

2) Sorgente Sismogenetica **Composita** (SSC) **ITCS115 Western S-Alps external thrust shallow-west.** Sorgente associata ITCS115.

creata nel 2015 e aggiornata il 28/05/2015 (Burrato P., D'Ambrogi C., Maesano F.E.)

profondità **min. 2,0 Km** (OD), **max. 6.0 Km** (OD) da osservazioni geologiche e geomorfologiche;

direzione del piano di faglia (strike) 215…350° (OD); Inclinazione su orizzontale **25…50°** (OD); angolo di Rake 80…100 ° (faglia inversa) (EJ); Velocità di slittamento [mm/a] 0,1 – 0,5 stimata da vincoli geodinamici (EJ); **magnitudo del momento sismico Mw = 6.2** Stima ricavata dalle relazioni di scala di Leonard (2014) (ER).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Commenti: Questa struttura composita appartiene al fronte di sovrascorrimento più esterno delle Alpi meridionali, inclinato verso sud e sepolto nella pianura lombarda, ed è stata individuata nell'ambito delle ricerche condotte durante il progetto europeo GeoMol (http://www.geomol.eu/), che hanno riconosciuto due livelli di distacco all'interno della successione stratigrafica attraversata dalle faglie di sovrascorrimento. Quello più profondo è situato alla sommità delle evaporiti triassiche mentre quello superficiale è alla base dei depositi del foredeep gonfolitico (avanfossa riempita da depositi arenaceo-conglomeratici formatisi tra l'Oligocene superiore e il Miocene medio in mare profondo in un bacino in rapida subsidenza), ora interpretato come segmentato, con sorgenti separate che formano due piccoli archi. Questi ultimi, poiché il loro distacco si assottiglia verso est, presentano anche una larghezza in profondità ridotta nella stessa direzione. Questa è la più occidentale ed estesa delle due strutture superficiali e ospita la fonte sismogenica specifica del terremoto della Valle dell'Oglio del 1802.

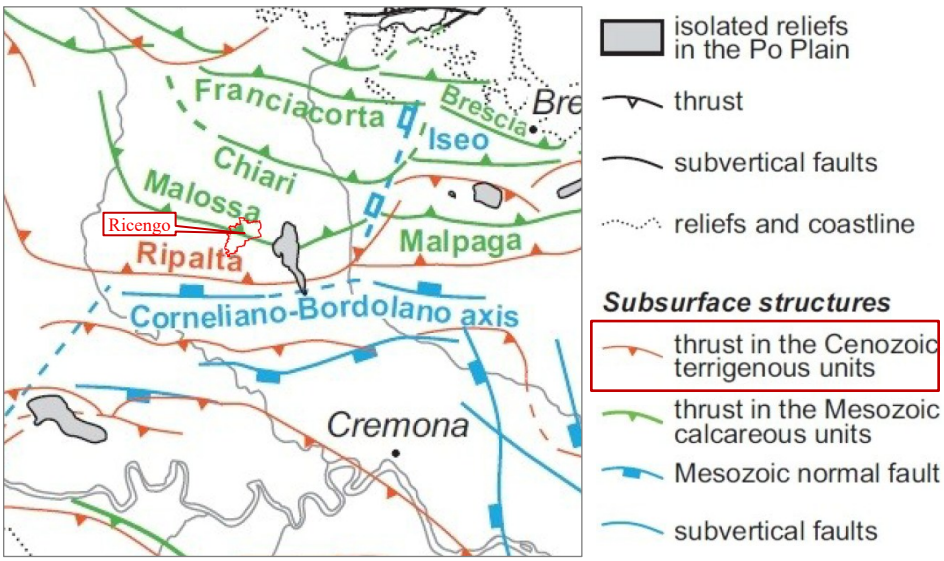


Figura 26: stralcio sc. 1: 1.000.000 di *Structural map of central eastern Po Plain showing the thrust front of the southern Alps …*, da Scardia et al 2014)

3) Sorgente Sismogenetica **Composita** (SSC) **ITCS002 Western S-Alps external thrust deep.**

creata e aggiornata il 01/04/2015 (Burrato P., D'Ambrogi C., Maesano F.E.)

profondità **min. 6,0 Km** (OD), **max. 13.0 Km** (OD) da osservazioni geologiche e geomorfologiche;

Direzione del piano di faglia (strike) 243…351° (OD); Inclinazione su orizzontale **25…40°** (OD); angolo di Rake 80…100 ° (faglia inversa) (EJ); Velocità di slittamento [mm/a] 0,1 – 0,5 stimata da vincoli geodinamici (EJ); **magnitudo del momento sismico Mw = 6.8** Stima ricavata dalle relazioni di scala di Leonard (2014) (ER).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Commenti: come nel caso precedente, ITCS002, questa struttura composita appartiene al fronte di sovrascorrimento più esterno delle Alpi meridionali, inclinato verso sud e sepolto nella pianura lombarda, ed è stata individuata anch'essa nell'ambito delle ricerche condotte durante il progetto europeo GeoMol (http://www.geomol.eu/). La descrizione generale riferita per il caso precedente è ribadita anche per questo, che però rappresenta la sorgente più profonda e più estesa tra le strutture esterne. Gli attuali cataloghi sismici mostrano una **distribuzione sparsa di sismicità minore in questa regione, con pochi o nessun evento che possa essere associato a questa sorgente.**

5 Elementi di pedologia

5.1 PROCESSI GENETICI DEI DEPOSITI

Buona parte degli aspetti pedologici di medio dettaglio sono stati esposti in precedenza nel capitolo 3 riguardante gli Aspetti geomorfologici, litologia di superficie e reticolo idrico, in particolare a considerandoli un completamento delle informazioni sulla litologia dei depositi superficiali (Figura 16 , Figura 17 e relativo testo descrittivo associato). Qui di seguito si forniscono alcune considerazione di carattere generale sul tema, con lo scopo di definire il contesto che ha portato alla formazione delle unità rappresentate, nonché alcuni aspetti applicativi nel § 5.3.

Come detto in precedenza, la pianura padana è principalmente il prodotto di un processo di riempimento di un bacino subsidente da parte di sedimenti di origine marina durante il Pliocene (da 4,9 a 1,6 milioni di anni fa), mentre con il pleistocene inferiore (da 1,6 a circa 0,75 m.a.), anche a seguito di processi di sollevamento in corrispondenza di "*alti strutturali*", è iniziata la deposizione di ambiente transizionale, caratterizzata da fasi spiccatamente marine alternate a depositi di ambiente continentale.

I sedimenti formatisi in tale epoca, limi intervallati da sabbie fini e strati torbosi, rappresentano la base sulla quale sono andate a deporsi grandi masse di sabbie e ghiaie di origine continentale, trasportate dalle Alpi e dagli Appennini verso valle dalle notevoli portate dei fiumi che caratterizzarono il pleistocene superiore durante le glaciazioni. Le coltri di materiale clastico sono convenzionalmente attribuite a tre diverse fasi glaciali del Pleistocene medio e superiore, denominate Mindel (intorno a 0,7 milioni di anni fa), Riss (da 0,3 a 0,13 m.a.) e Würm (da 100.000 a 11.700 anni fa), anche se le fasi ora riconosciute nell'alta pianura sono più di una decina; tale semplificazione è dovuta alla difficoltà, allo stato attuale delle conoscenze, di distinguere nelle stratigrafie dei pozzi della media e bassa pianura singole fasi che hanno determinato l'erosione e l'accumulo di materiali assai simili.

I depositi che formano la copertura alluvionale della pianura padana sono in sostanza il prodotto del susseguirsi di più cicli erosivi e deposizionali, che hanno portato ciascuna delle coltri più giovani ad adagiarsi sulle altre, relativamente più antiche, tramite il parziale riempimento di solchi vallivi profondamente incisi in queste, determinando frequenti giustapposizioni tra depositi di diversa età. Al termine dell'ultima fase glaciale la pianura era percorsa da fiumi di portata molto maggiore dell'attuale, di cui si ha chiara testimonianza nelle tracce dei paleoalvei posti sulla superficie del "*Livello Fondamentale della Pianura*".

L'analisi dei parametri di tali forme, in particolare l'ampiezza dei meandri e dei raggi di curvatura, ha condotto il Marchetti ([19]) ad ipotizzare portate superiori di 5 - 6 volte rispetto a quelle degli attuali fiumi. L'abbondante deflusso è stato attribuito al clima freddo umido che avrebbe caratterizzato le fasi finali della glaciazione e la prima deglaciazione, che produsse grandi apporti di materiale alluvionale verso la pianura, reso disponibile anche dall'accumulo di materiale sciolto da parte dei ghiacciai allo sbocco delle vallate alpine (apparati morenici).

Tali processi, avvenuti in realtà mediante più cicli di avanzamento e ritiro dei ghiacciai, condussero alla formazione della porzione superiore del citato "*livello fondamentale della pianura*", mentre una successiva fase caratterizzata sia dalla

[19] Marchetti M. (1990) *"Cambiamenti idrologici nella Pianura Padana Centrale a nord del fiume Po: i casi di "Underfit stream" dei fiumi Mincio, Oglio e Adda"*. Geografia fisica e dinamica del quaternario, n° 13.

diminuzione delle precipitazioni sia dall'intrappolamento dei sedimenti nei bacini lacustri formatisi a monte degli sbarramenti morenici, diede luogo alla migrazione del punto neutro dei fiumi ([20]) verso valle.

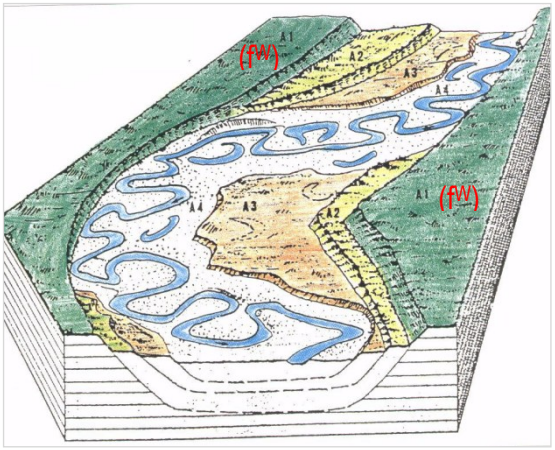


Figura 27 schema di formazione dei depositi olocenici nelle valli fluviali: da "Studi preliminari per il parco Adda Sud". Geotecna Progetti S.p.A., 1987.

Lo schema è quello proposto nella legenda della Figura 15, considerando il terrazzo più antico nella presente figura (A1), corrispondente ai depositi tardoglaciali würmiani f^W, cui seguono verso l'alveo attivo i terrazzamenti più recenti, ricoperte da suoli dove la pedogenesi è solo accennata o del tutto assente (entisuoli).

Ebbe così inizio, in un periodo approssimativamente compreso tra i 7.500 ed i 10.000 anni fa, una decisa fase di erosione dei depositi fluvioglaciali dell'età wurmiana, che unitamente a fenomeni locali di innalzamento della pianura per cause tettoniche come quelle connesse all'anticlinale di Piadena ed al pianalto di Romanango produsse le profonde incisioni che attualmente ospitano la fascia di divagazione dei meandri dei fiumi di origine alpina, dette piane oloceniche o valli fluviali di pianura, tra le quali quelle dei fiumi Serio, Oglio e Po.

Con il succedersi di fasi climatiche a diversa intensità, i fiumi hanno apportato e successivamente nuovamente eroso i sedimenti all'interno delle valli, producendo un complesso di depositi posti a quote che si differenziano di alcuni metri, che formano una serie di terrazzi inscatolati (Figura 27) nel solco definito dal terrazzamento principale.

5.2 SINTESI DELLE CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE

L'analisi degli aspetti pedologici del territorio ai fini della valutazione dei rischi geologici è rilevante principalmente per stimare la funzione protettiva esercitata dai suoli nei confronti delle acque sotterranee. Quanto esposto nel presente capitolo non è frutto di rilievi condotti dallo scrivente, ma rappresenta una sintesi, riferita al territorio di Ricengo, di quanto esposto nello studio pedologico "*I suoli della Pianura Cremasca*" pubblicato dell'ERSAL (SSR n°37, 2002) e dalle successive rielaborazioni disponibili nel geoportale di Regione Lombardia, nonché del CD ERSAF 2004 "*Suoli e paesaggi della provincia di Cremona*".

Il tema concernente la litologia del substrato pedologico è esposto in Figura 16 a pag.25 e nel testo che la precede, dove è presentata una descrizione dei depositi che formano il substrato del suolo agricolo fino a due metri dalla superficie, del contenuto di carbonati e dello spessore degli orizzonti pedogenizzati. L'analisi pedologica è stata effettuata partendo da osservazioni del paesaggio condotte mediante la cartografia storica e le foto aeree, la realizzazione di numerose osservazioni puntuali, in media 1 profilo ogni 4 Km^2 e 2-4 trivellate al Km^2, cioè in numero da 26 a 52 nel solo territorio di Ricengo, ed analisi chimiche e tessiturali sui campioni.

Nei territori di pianura occorre sottolineare che l'attività agricola si sovrappone in modo determinante ai fattori naturali di pedogenesi (tempo, clima, substrato e morfologia delle superfici), producendo il **rimescolamento dell'orizzonte superficiale** e di parte degli orizzonti diagnostici, ed in numerosi casi realizzando la decapitazione o la sepoltura del profilo originario con lavori di livellamento.

[20] Si intende con tale termine un tratto dell'asta fluviale caratterizzata sostanzialmente dal trasporto di materiale, interposta tra la prevalente erosione che avviene a monte e la deposizione che si manifesta a valle di detto punto. Con un aumento delle precipitazioni, che produce una maggiore frequenza degli episodi di piena, si assiste ad uno spostamento verso monte del punto neutro, mentre in caso inverso si ha la migrazione verso valle. Tale riferimento teorico è però fortemente variato nei singoli corsi d'acqua da aspetti caratteristici, in particolare dalla presenza di tributari e da fenomeni neotettonici.

I **suoli sono stati classificati** adottando il sistema elaborato dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) chiamato Soil Taxonomy, per il quale è di primaria importanza l'individuazione del regime di umidità prevalente. Per ragioni connesse ad esigenze di continuità nella cartografia regionale ([21]), l'ERSAL ha classificato tutti i suoli dell'area ammettendo la prevalenza di un **regime di umidità *ustico*** (il suolo è secco, cioè l'acqua è trattenuta dal suolo con una tensione > 15 atm, totalmente o parzialmente per almeno 90 giorni cumulativi e per meno di 45 giorni consecutivi in estate, almeno 6 anni su 10), benché tale regime rappresenti solo una minoranza dei casi ottenuti nell'elaborazione dei dati climatici con suoli che presentano una AWC (quantità d'acqua in un suolo che può essere estratta dalle radici delle piante) pari a 170 mm, e sia invece **prevalente nell'area il regime di umidità *udico*** (vi è umidità, cioè l'acqua è trattenuta dal suolo con una tensione < 15 atm, in qualche parte della sezione di controllo, per 90 o più giorni cumulativi e per almeno 6 anni su 10).

5.3 ASPETTI APPLICATIVI DELLE CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE

L'analisi condotta consente agli Autori di formulare alcune **valutazioni di utilità pratica mediante l'utilizzo di procedure codificate,** in particolare riguardanti la classe di qualità agronomica dei suoli (capacità d'uso) e il giudizio sulla capacità protettiva dei suoli nei confronti delle "acque profonde", intese come acque della prima falda.

La **CAPACITÀ D'USO** è individuata in un sistema ripartito in 8 classi (*Land Capability Classification* - **LCC**), numerate da I a VIII in funzione della gravità e del numero delle limitazioni difficilmente correggibili che restringono il campo delle possibili pratiche colturali. Solo le **prime 4 individuano suoli adatti** all'agricoltura, mentre le classi dalla V alla VII sono riferite a suoli adatti solo al pascolo ed alla forestazione. La classe VIII individua suoli non utili ai fini agro-silvo-pastorali.

Le definizioni delle classi sono le seguenti

CLASSE 1: suoli con **limitazioni assenti** o molto lievi.

CLASSE 2: suoli con **alcune limitazioni** facilmente controllabili, che riducono la scelta delle colture e richiedono moderati interventi di conservazione.

CLASSE 3: suoli con **severe limitazioni** che riducono la scelta delle colture (oppure dei periodi di semina, raccolta lavorazione del suolo), e richiedono particolari pratiche di conservazione, costanti e di difficile attuazione.

CLASSE 4 suoli con **limitazioni molto severe** che riducono ulteriormente la scelta delle colture e/o richiedono importanti ed accurate pratiche di conduzione.

Le classi assegnate sono accompagnate dai suffissi 's' e 'w', che si riferiscono rispettivamente alla sussistenza di limitazioni di tipo pedologico, quali scarsa profondità del suolo, bassa saturazione del complesso di scambio (TBS) o altro, specificato tra parentesi a fianco della classe, o alla presenza di **eccesso idrico nel profilo** (**w**). Quest'ultimo parametro è sempre presente nei suoli di Ricengo. I termini completi utilizzabili sono i seguenti ([22]):

s = limitazioni dovute al suolo: profondità utile per le radici; tessitura; scheletro; pietrosità superficiale; rocciosità; fertilità chimica dell'orizzonte superficiale; salinità; drenaggio interno eccessivo.

w = limitazioni dovute all'eccesso idrico: drenaggio interno; rischio di inondazione.

e = limitazioni dovute al rischio di erosione e di ribaltamento delle macchine agricole: pendenza; erosione idrica superficiale; erosione di massa.

c = limitazioni dovute al clima: interferenza climatica.

[21] La scelta è probabilmente è stata fatta per garantire che i parametri applicativi (es. capacità d'uso dei suoli o la gestione agronomica) fossero confrontabili su tutta la pianura padana lombarda.

[22] Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo Agricolo e Forestale. COSTANTINI, E.A.C., 2006. La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification).

Nel territorio di **Ricengo** nessuna superficie appartiene alla **classe I**, mentre in **classe II** ricade **l'Unità Cartografica più estesa** presente nel territorio comunale, la UC **BCU1** - CASCINA BECCHINSU' franco argillosa, che si sviluppa dal confine meridionale fino l'estremità nord per circa 7,1 km^2, su una superficie pari a circa il 57 % del territorio amministrato ed al 65% dell'area agricola, limitata a ovest dal ciglio della scarpata della depressione del fiume Serio.

Nella **classe III** ricadono quasi **tutte le altre unità cartografiche** composte principalmente dall'UC **OFF1** - OFFANENGO franco argillosa, che forma tre estese fasce allungate da nord verso sud ad ovest e ad est di Bottaiano, che nel loro insieme occupano circa 2,2 Km^2, pari al 17 % dell'intero territorio e il 20 % dell'area agricola, mentre una superficie inferiore è occupata dall'UC **ISG1** - ISENGO 1 franca, che forma una fascia di 0,89 Km^2 nell'area NE, tra le cascine Cà Nova e Barletta.

Sono assenti terreni nella **classe IV** mentre sono posti in **classe V** i terreni **intorno al fiume Serio**, collocati nell'UC **BAC2** BARICO Franco sabbiosa, che formano una fascia larga dai 200 al 600 metri circa intorno al fiume. Nel territorio di comunale tale unità occupa una superficie di circa 0,71 km^2 e rappresenta quindi il 5,8 % della superficie totale.

Si aggiunge, solo per completezza anche se si tratta di aspetti estranei al territorio in esame, che secondo il documento ([22]) La **classe I** non ha sottoclassi perché i suoli ad essa appartenenti presentano poche limitazioni e di debole intensità. La classe V può presentare solo le sottoclassi indicate con la lettera s, w, e c, perché i suoli di questa classe non sono soggetti, o lo sono pochissimo, all'erosione, ma hanno altre limitazioni che ne riducono l'uso principalmente al pascolo, alla produzione di foraggi, alla selvicoltura e al mantenimento dell'ambiente.

La **CAPACITÀ PROTETTIVA dei suoli nei confronti delle ACQUE SOTTERRANEE** esprime la loro attitudine a funzionare da barriera naturale nei confronti della propagazione di inquinanti idrosolubili. Tale capacità protettiva costituisce un elemento fondamentale nella valutazione della vulnerabilità delle acque sotterranee all'inquinamento, la cui determinazione contempla però la valutazione di numerosi altri parametri, quali la topografia, le caratteristiche di dispersività dell'inquinante nell'insaturo (sotto il suolo) e nel saturo (falda), e le caratteristiche dinamiche della falda.

Si riporta di seguito lo **schema di analisi applicato dall'ERSAL**, con alcune semplificazioni relative alla classe granulometriche, e con la traduzione dei termini originariamente in inglese. Lo scopo presente, infatti, è di rendere comprensibile al lettore interessato i principi della procedura seguita, mentre per una precisa individuazione della metodologia occorre riferirsi al "*manuale per la compilazione delle schede delle unità cartografiche*" disponibile presso l'ERSAL https://www.cartografia.regione.lombardia.it/metadata/ersaf/doc/D_CDDATI.PDF .

La **permeabilità** in particolare rappresenta un parametro di complessa definizione, che deve essere valutato in campagna osservando le principali caratteristiche del suolo che influenzano la velocità d'infiltrazione dell'acqua (tessitura, porosità, struttura etc.), e non pare necessario riportare per esteso le categorie occorrenti a tale determinazione.

Il valore indicato assieme al giudizio qualitativo rappresenta la stima della velocità di infiltrazione che gli Autori del metodo (USDA) ritengono di poter associare alla caratteristiche pedologiche individuate, non il risultato di misure appositamente eseguite. I valori pH e C.S.C. utilizzati nella procedura sono i più alti tra quelli riscontrati entro i 100 cm.

Tabella 1: **Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee – modello interpretativo da ERSAL**

Classi di capacità protettiva	PARAMETRI			
	PERMEABILITÀ (velocità in m/sec)	PROFONDITÀ DELLA FALDA	CLASSI GRANULOMETRICHE	ph e C.S.C. (in meq/100 gr)
ELEVATA	Bassa 10^{-6}÷10^{-8}	>100 cm	Argillosa, argillosa limosa, argilloso-franca, limoso grossolana, franca, argilloso scheletrica, più tutte le classi fortemente contrastanti in cui il primo termine sia argillosa o argilloso limosa	>5 >10

MODERATA	Moderata $10^{-5} \div 10^{-6}$	50-100 cm con permeabilità bassa > 100 cm con permeabilità moderata	Franca grossolana e franco scheletrica, più tutte le classi fortemente contrastanti in cui il primo termine non sia argillosa o argilloso limosa	4,5-5,5 5-10
BASSA	Elevata $10^{-4} \div 10^{-5}$	<50 cm con permeabilità bassa <100 cm con permeabilità moderata	Sabbiosa, sabbioso scheletrica, frammentale più tutte le classi fortemente contrastanti in cui il primo termine sia sabbiosa, sabbioso scheletrica o frammentale	< 4,5 <5

Nell'analisi realizzata dall'ERSAL i suoli del territorio di Ricengo presentano **in gran parte** una **capacità protettiva ELEVATA** in funzione dell'abbondanza della frazione filosa nel profilo e dei correlati valori di permeabilità e di C.S.C.

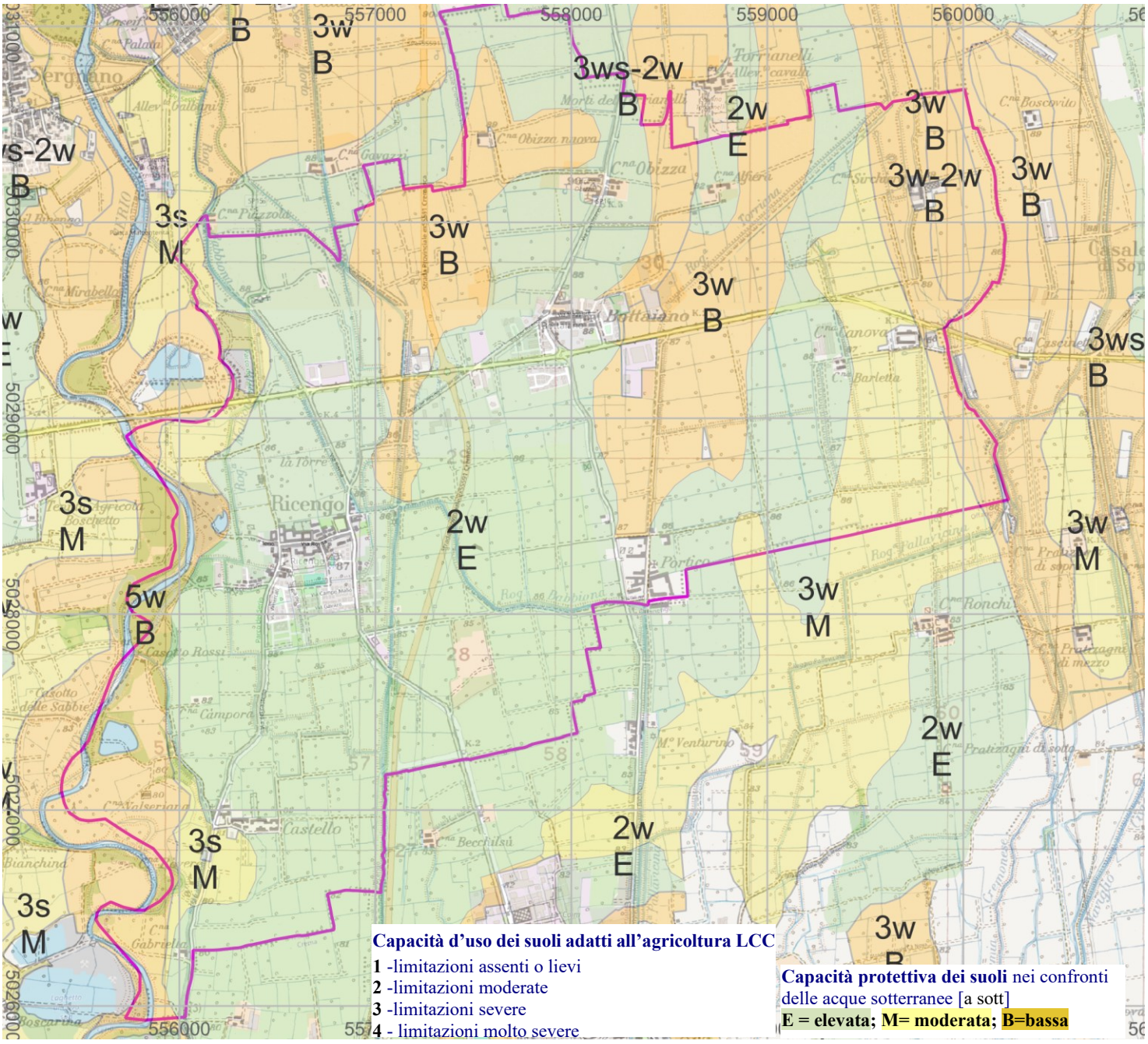


Figura 28: Capacità d'uso dei suoli; a destra la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde (falda freatica), riportate in scala 1: 30.000, da dati ERSAF. D:\REGIONE LOMBARDIA Pedologia + Litologia\Carta pedologica.qgz

6 Elementi dell'idrografia locale

6.1 INFORMAZIONI AGGIUNTIVE SUL RETICOLO IDROGRAFICO

Le principali informazioni sull'idrografia del territorio di Ricengo e aree confinanti sono brevemente esposte di seguito con stralci della cartografia che compone Piano Comprensoriale di Bonifica, di Irrigazione e di Tutela del Territorio Rurale di luglio 2020 e del Piano di Classifica consortile di agosto 2022 e relativi allegati elaborati dal Consorzio di Bonifica Dugali Naviglio Adda Serio (Figura 29).

La descrizione delle portate delle acque irrigue nel territorio di Ricengo è qui riferita nella Figura 14 a pagina 23, stralcio della tavola 4A "*Carta dei distretti irrigui con le relative dotazioni irrigue*" del Piano di Bonifica, che mostra valori da molto elevati ed elevati nell'area sud e sud est del territorio (da 2 e oltre 3 l/s per ettaro), valori medio alti e medi nella restante superficie (da 1 a 2 l/s per ettaro).

La Tav 2A, Carta dei corpi idrici a fini irrigui e delle principali opere irrigue, evidenzia l'assenza del fitto reticolo presente in altri Comuni a partire dall'area centrale della Provincia. Oltre il colatore Serio Morto di competenza del DUNAS, è segnalata solo la presenza della Roggia Babbiona di competenza di gestori privati, di pochi pozzi e di alcuni depuratori.

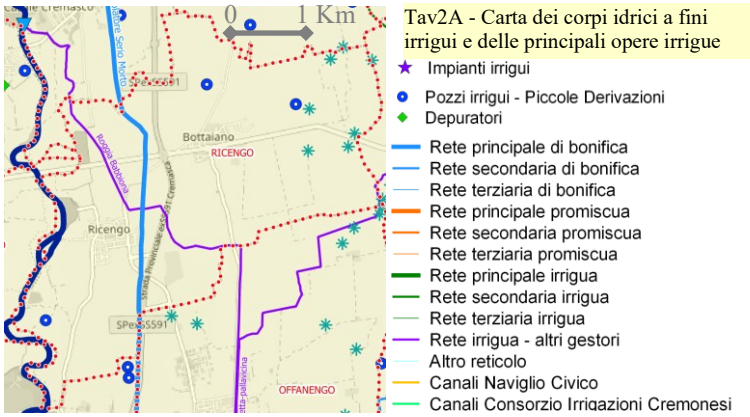
La Tav5A - Carta dei metodi irrigui, riferisce l'esistenza esclusiva della tecnica a scorrimento per l'intero comune.

La Tav8A - Carta delle opere irrigue e degli interventi di riordino in progetto è totalmente priva di indicazioni.

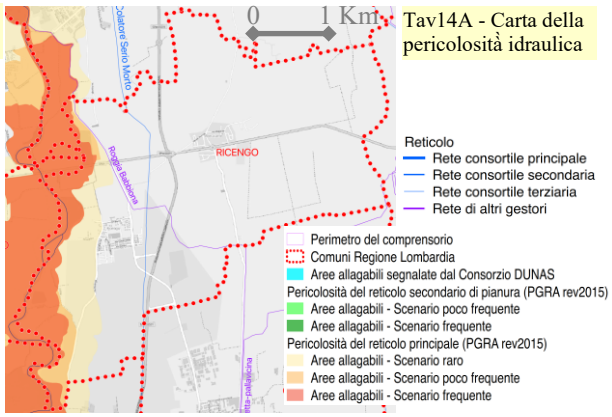
La Tav 14A riguarda la pericolosità idraulica e riporta quanto indicato dal PGRA vigente per l'area intorno al fiume Serio, mostrando anche che sono del tutto assenti le aree a rischio prodotte dal reticolo irriguo e di bonifica.

La **Tav 15A - Carta del franco di bonifica**, esprime la differenza di quota tra il livello della superficie dell'acqua nei canali di bonifica e il livello del terreno agricolo circostante, necessaria per garantire che l'acqua possa defluire correttamente dai terreni agricoli verso i canali di bonifica evitando così ristagni d'acqua che potrebbero danneggiare le colture. Nella pianura Lombarda la misura generalmente accettata è di circa 1 metro. La planimetria indica la presenza di aree lievemente soggette a problemi legati al franco di bonifica, principalmente a est e sud est della località Bottaiano, ma tale condizione pare allo scrivente non coerente con le misure disponibili. Ad esempio nel tratto a sud della SP 63 nei pressi della Cascine Canova e Barletta le misure altimetriche impiegate per redigere la Tavola 1 (dati DBGT Lombardia) indicano quote prossime a 88 m s.l.m., mentre la falda, che nel documento DUNAS è precisata riprendere quanto riportato dal noto *"…modello preliminare del flusso idrico…Provincia di Cremona, 2007*, è indicata essere a 85 m s.l.m., delineando una soggiacenza di 3 metri. La verifica delle condizioni reali presenti nelle aree segnalate come "*lievemente soggette a problemi legati al franco di bonifica*" esula dagli scopi del presente documento, per il quale pare sufficiente indicare l'esistenza di perplessità riguardanti l'effettiva consistenza della problematica segnalata.

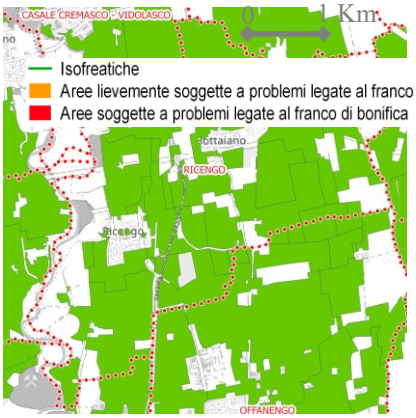
Nella Tav1.6 del Piano di classifica Consortile è esposta la Carta delle precipitazioni efficaci, termine con il quale si intendono le quantità di precipitazione non intercettata dalla vegetazione, che non evapotraspira né si infiltra nel terreno, ma che defluisce superficialmente o sub-superficialmente nei corsi d'acqua più prossimi. Il valore mostrato in caso di piogge con Tempi di Ritorno di 20 anni è principalmente di 12 – 16 mm/ora dove sono presenti suoli in prevalenza limosi, mentre sono minori, a causa dell'infiltrazione, dove prevalgono sabbie. Nelle aree urbane a causa dell'impermeabilità delle superfici si superano i 20 mm/ora.



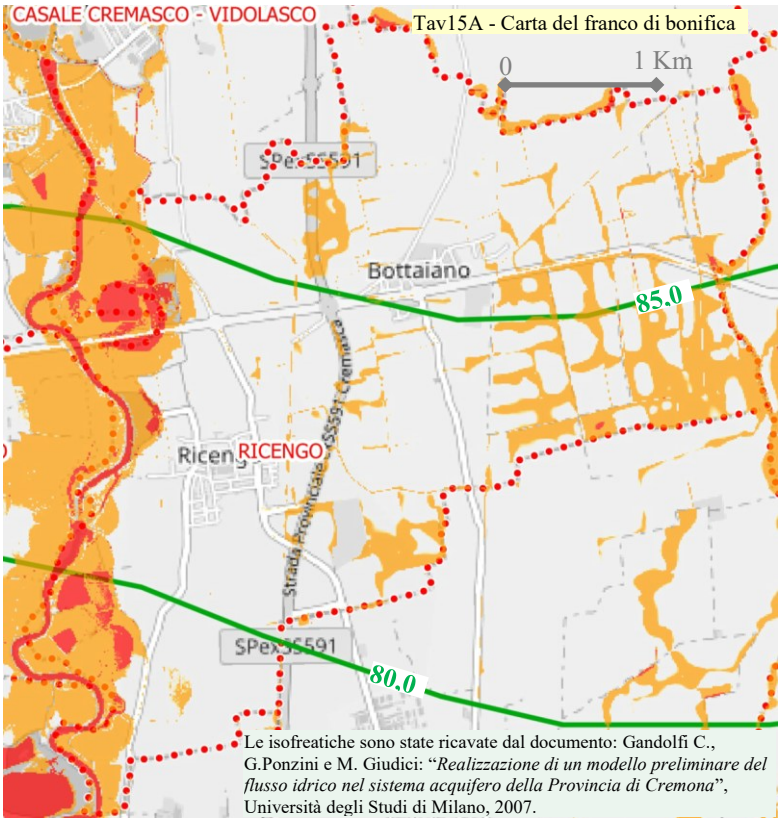
Tav2A - Carta dei corpi idrici a fini irrigui e delle principali opere irrigue



Tav14A - Carta della pericolosità idraulica

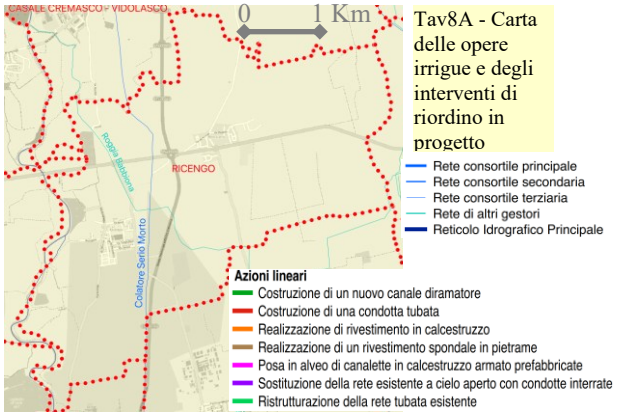


Tav5A - Carta dei metodi irrigui



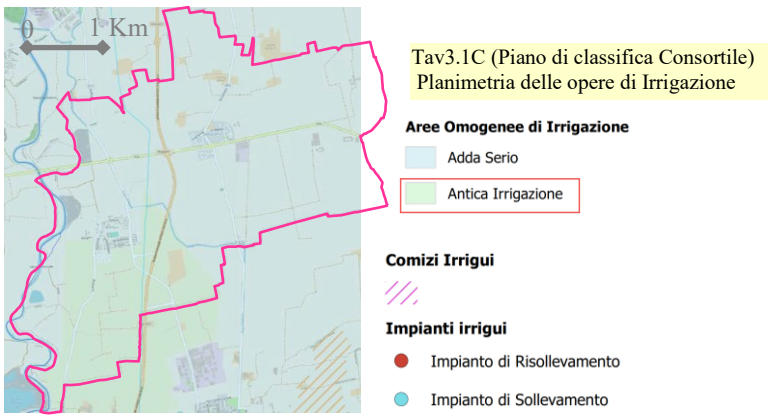
Tav15A - Carta del franco di bonifica

Le isofreatiche sono state ricavate dal documento: Gandolfi C., G.Ponzini e M. Giudici: "*Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona*", Università degli Studi di Milano, 2007.

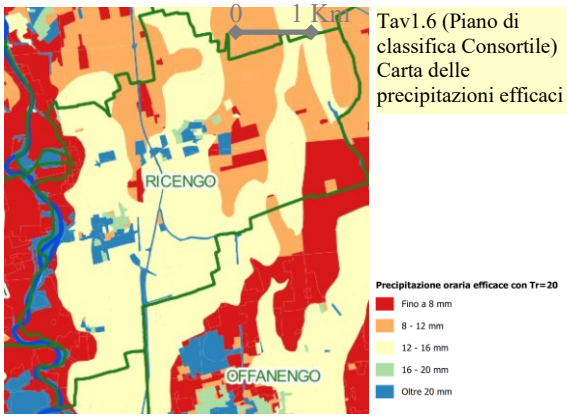


Tav8A - Carta delle opere irrigue e degli interventi di riordino in progetto

---



Tav3.1C (Piano di classifica Consortile) Planimetria delle opere di Irrigazione



Tav1.6 (Piano di classifica Consortile) Carta delle precipitazioni efficaci

Figura 29: vari temi esposti nel Piano Comprensoriale della Bonifica e nel Piano di classifica Consortile DUNAS, 2020 - 2022. Stralci delle tavole riprodotti in scala 1:100.000.

7 Pericolosità e rischio di alluvioni definiti nel PGRA

Il **RISCHIO** di **ALLUVIONI** ([23]) nel territorio di Ricengo è determinato esclusivamente dalla presenza del fiume Serio e non sono segnalate aree allegabili prodotte dell'estesa rete del Reticolo Secondario di Pianura (RSP), che nei comuni confinanti ad est del fiume è presente solo in un'area di 8,4 ha nell'abitato di Camisano (scenario poco frequente – TR 200 anni, circostanza confermata al momento anche dall'attuale **Revisione 2025 delle mappe**)

La Regione Lombardia con la DGR 6738 del 19.06.2017 "*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni* (PGRA) *nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza…*", ha definito le modalità di recepimento delle prescrizioni riguardanti le aree allagabili nella pianificazione urbanistica e nei Piani di Emergenza Comunali (PEC). Il PGRA è lo strumento amministrativo predisposto per ridurre le conseguenze negative sulla popolazione, sull'ambiente e sui beni dalle alluvioni ([23]), che si attua mediante un sistema di **PREVENZIONE** ([24]), **protezione**, **preparazione** e allertamento, nonché misure di **ricostruzione e valutazione post-evento**, con la messa in opera prioritaria di interventi **non strutturali** ([25]) e di altre azioni utili a ridurre i danni del fenomeno. Il Piano è elaborato ed è aggiornato dall'Autorità di bacino distrettuale ([26]) e dalle Regioni del Distretto Idrografico, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento Nazionale di Protezione civile.

Il piano distingue vari **ambiti** di seguito riportati per completezza:

1) *Reticolo principale di pianura e di fondovalle* (RP) che nel Cremasco è costituito dai fiumi Serio e Oglio, che presentano alvei nel primo caso praticamente quasi coincidente con il confine occidentale del Comune e nel secondo distante circa 9,5 Km dal confine orientale.

2) *Reticolo secondario collinare e montano* (RSCM): non presente nel territorio di Ricengo.

[23] **L'ALLUVIONE** è un allagamento temporaneo di aree normalmente non coperte d'acqua dovuto a eventi meteorologici, che può manifestarsi anche con trasporto e mobilitazione di sedimenti. Sono alluvioni gli allagamenti causati da corsi d'acqua naturali e artificiali, da laghi e dal mare (ingressione marina); dalla definizione possono essere esclusi gli allagamenti causati dagli impianti fognari (art.2 comma 1 della direttiva europea 2007/60/CE nota come «*Direttiva alluvioni*» di cui il PGRA rappresenta l'attuazione). Inoltre, secondo il D. Lgs. 49/2010 di recepimento della direttiva europea, la definizione esclude "*gli allagamenti non direttamente imputabili ad eventi meteorologici*".

[24] Per **PREVENZIONE** si intendono:

a) l'approfondimento delle conoscenze sui fenomeni che interessano la formazione degli allagamenti nell'area in esame, compreso il monitoraggio dei corsi d'acqua e delle acque sotterranee e la modellazione idraulica;

b) la regolamentazione urbanistica, che può comprendere riduzione della vulnerabilità di elementi esposti, il divieto di realizzare nuove edificazioni, la demolizione e ricollocazione di volumi in aree a minor pericolosità;

c) l'adozione di misure come L'INVARIANZA IDRAULICA, la manutenzione dei corsi d'acqua e l'incremento delle aree fluviali, l'attuazione delle norme PAI vigenti etc.

Per **protezione** si intendono la realizzazione di opere di difesa idraulica (casse di espansione, argini, pennelli, briglie, soglie, etc.), la manutenzione delle stesse, le sistemazioni idraulico-forestali e la gestione del drenaggio in ambito urbano (drenaggio urbano sostenibile).

Per **preparazione** s'intendono l'approntamento di modelli di previsione e allertamento delle inondazioni, la predisposizione dei sistemi di allarme, la definizione dei piani di protezione civile, di protocolli di gestione delle opere di difesa, nonché l'informazione e la formazione della popolazione.

Per **misure di ricostruzione e valutazione post-evento** s'intende il ripristino funzionale degli edifici, dei corsi d'acqua e l'analisi del fenomeno per valorizzare l'esperienza e migliorare le conoscenze.

[25] Gli interventi NON STRUTTURALI sono i provvedimenti normativi e amministrativi che disciplinano l'utilizzo del territorio. Essi non comportano la realizzazione o la manutenzione di opere o la modificazione dello stato dei luoghi. Gli interventi STRUTTURALI comportano invece la realizzazione o la manutenzione di opere o la modificazione della morfologia e della copertura del terreno, quali argini, casse di espansione delle piene, tagli di vegetazione ecc. (definizioni tratte dall'opuscolo *Direttiva Alluvioni Regione Emilia Romagna 2015*).

[26] A seguito della seduta del 23 maggio 2017 della Conferenza Istituzionale Permanente (Organo decisionale dell'Autorità di Bacino del Po, composto dai Ministri e Presidenti delle Giunte regionali, presieduto dal Ministro dell'Ambiente), è diventa operativa l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po che subentra alla già Autorità di Bacino del fiume Po alla quale vengono annessi vari Bacini interregionali e i bacini regionali Romagnoli.

3) *Aree costiere lacuali (*ACL*)*: non presente nel territorio di Ricengo.

4) *Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale* (RSP): come detto in precedenza non presente nel territorio di Ricengo e nemmeno nei comuni confinanti ad esclusione di un'area di 8,4 ha nell'abitato di Camisano.

Sempre per completezza di informazione si precisa che il territorio di Ricengo confina a nord con un'area a Rischio Potenziale Significativo di Alluvioni (APSFR, *Areas of Potential Significant Flood Risk* codice: **ITN008_ITCAREG03_APSFR_2019_MUL_FD0008**, indicata RL08 – RL09 da **Mozzanica a Sergnano** - Fiume Serio) sviluppata ai sensi degli artt. 4 e 5 della Direttiva 2007/60/CE, composta mediante l'individuazione, attraverso una ricognizione delle alluvioni avvenute in passato ed una valutazione delle potenziali conseguenze negative di future alluvioni, delle aree per le quali si ritiene che esista un rischio potenziale significativo di alluvioni o che sia probabile si generi.

L'autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po con il Piano di Gestione Rischio Alluvioni 2021 - con l'Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – II ciclo (2021-2027), disponibile sul sito Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni 2021 - Piano Alluvioni del Bacino del Po, ha definito con Allegati 3 – APSFR regionali, punto 3.3 Relazione Regione Lombardia, il documento sopra citato riguardante il tratto da Mozzanica a Seregno. **Ricengo** in tale documento è citato nella tabella che accompagna la cartografia con il perimetro dell'APSFR, pur risultando escluso dal perimetro come mostrato nella Figura 30. (nota: non è parso possibile scaricare alcun file vettoriale del perimetro).

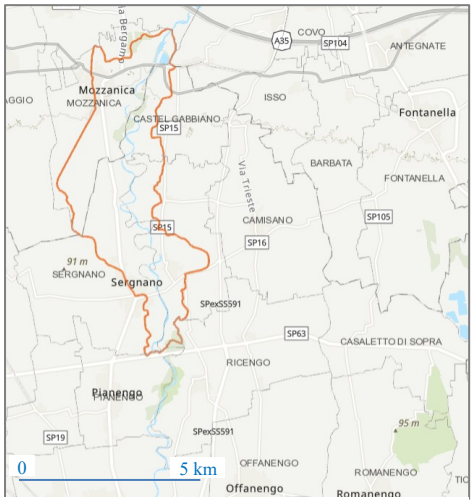


Figura 30: perimetro RL08 – RL09 da Mozzanica a Sergnano

Nel testo si legge: "*L'APSFR interessa il territorio dei Comuni indicati nella tabella e aggrega due ARS limitrofe del I ciclo di pianificazione (RL08 e RL09). Nel I ciclo di pianificazione è stato approvato un importante finanziamento per la manutenzione diffusa del bacino del Serio in comuni vari e sono state avviate le attività propedeutiche alla delimitazione delle fasce fluviali, laddove assenti (tratto a monte), e all'adeguamento delle medesime in questo tratto già fasciato, tenendo conto delle aree allagabili e degli interventi di difesa completati. Le mappe dei tiranti costruite nel 2019 (Figura 13) hanno un grado di confidenza medio. Tali mappe non includono la porzione allagabile a NW dell'abitato dovuta a fenomeni di rigurgito e pertanto dovranno essere aggiornate. Nel II ciclo sono state impostate misure di manutenzione del corso d'acqua e di realizzazione di interventi di protezione relative all'intera asta del Serio, uniche pertanto per le due APSFR che interessano l'asta del Serio*.

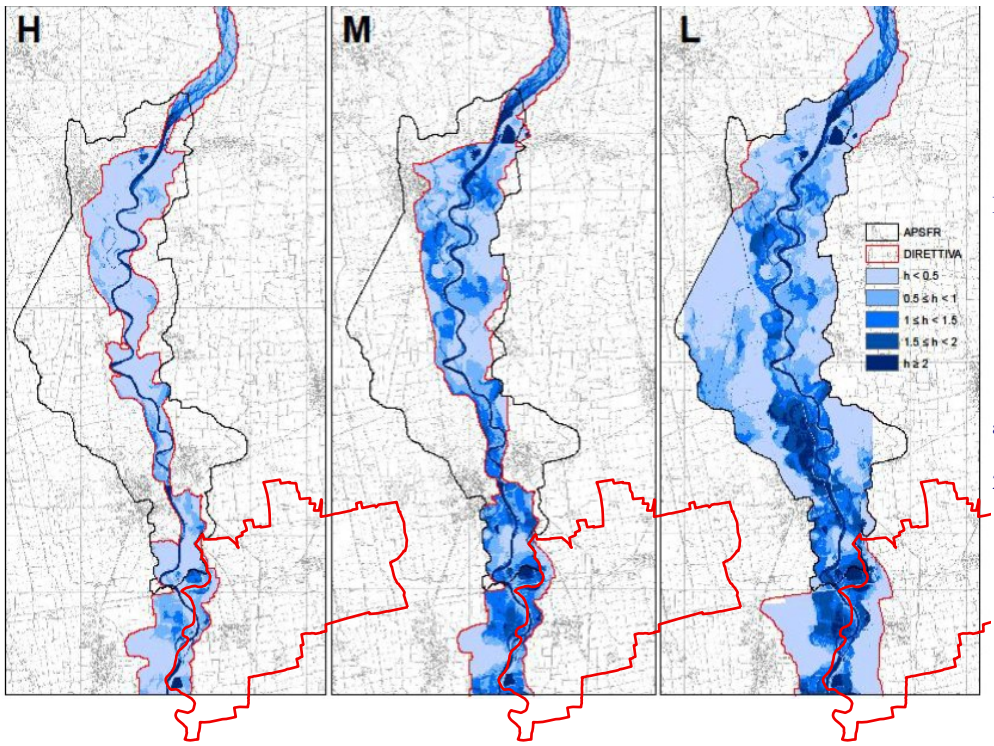


Figura 31: Figura 13 del testo - Rappresentazione dei tiranti entro le aree allagabili nell'APSFR MUL_FD0008- RL08 – RL09 da Mozzanica a Sergnano - Fiume Serio.

Perimetro Ricengo

H = scenario frequente TR 20 anni

M = scenario poco frequente TR 200 anni

L = scenario raro TR 500 anni

In altro documento dell'Autorità di Bacino Seduta del 20 dicembre 2019 Allegato_1 elenco APSFR 2019 distretto Po, si elencano le condizioni previste riguardanti il tratto fluviale, riportando il significato dei codici :

- **Origini della alluvione** (sourceofFlooding) : **A11 – Fluvial** [alluvione dovuta all'esondazione delle acque del reticolo idrografico (fiumi, torrenti, canali di drenaggio, corsi d'acqua effimeri, laghi e alluvioni causate da fusione nivale)
- **Caratteristiche delle alluvioni** (characteristicsOfFlooding) : **A34 - Medium onset flood** [Piene con tempi medi di propagazione in alveo rispetto alle flash flood]
- **Meccanismi** (mechanismOfFlooding): **A21 - Natural exceedance, [**Superamento detta capacità di contenimento naturale: inondazione di aree per superamento detta capacità di contenimento dell'alveo o per superamento del livello dette aree a esso adiacenti] **A22 - Defence exceedance, [**Superamento detta capacità di contenimento naturale: inondazione di aree per superamento detta capacità di contenimento dell'alveo o per superamento del livello dette aree a esso adiacenti**]; A23 - Defence failure, [**Cedimenti /collassi /malfunzionamenti dette opere di difesa; inondazione di aree dovuta a rottura delle opere/infrastrutture di difesa naturali o artificiali (inclusi, ad es.. rotture arginali, mancato funzionamento di impianti di pompaggio o paratoie**]. A24 – Blockag [**Rigurgiti conseguenti a ostruzione /restringimento naturale o artificiale detta sezione di deflusso: inondazione di aree dovuta a ostruzioni /restringimenti naturali o artificiali (inclusi, ad es., insufficienza del reticolo fognario, ostruzione tra le pile dei ponti, luci insufficienti dei ponti, mancato contenimento dette acque in canali sotterranei/tombature, ostruzioni dell'alveo dovute blocchi di ghiaccio o a frane**]**
- **Elementi esposti**: a) B31 - Cultural Assets, B32 – Landscape; b) B21 - Waterbody, B22 – Protected area, B23 - Pollution source c) B41 - Property, B42 Infrastructure, B43 - Rural land use, B44 Economic activity; d) B11 - Human Health, B12 – Community

In sintesi, a Ricengo le condizioni attese di eventi fluviali pericolosi sono quelle riportate nella descrizione sopra riferita a prescindere dalla collocazione o meno del territorio comunale nel perimetro della APSFR ITN008_ITCAREG03_APSFR_2019_MUL_FD0008, circostanza che con la documentazione disponibile non pare chiara.

****

Per quanto riguarda **l'attuazione della DGR 6738/2017 sopra richiamata**, si riassumono di seguito i principali aspetti della norma che ha lo scopo di "*ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali*", **combinando le valutazioni e le prescrizioni** sul territorio perifluviale con i vincoli preesistenti definiti dal **PAI** (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po), operativo da maggio 2001 ed aggiornato nel 2007, che conserva piena validità.

Quest'ultimo, oltre a vari aspetti riguardanti il territorio collinare, montano e lacustre, con Elaborato 8 "*Tavole di delimitazione delle **fasce fluviali***" ha tracciato intorno ai principali fiumi, compreso il Serio in territorio Cremasco, strisce circa parallele agli alvei **definite Fascia A, B, B di progetto e Fascia C**, determinate in base alle porzioni di territorio raggiunte dalle acque durante gli episodi di piena come meglio specificato di seguito.

La Fascia A è individuata nel tratto in esame dall'episodio di piena previsto con **Tempo di Ritorno** (**TR**) di 200 anni, impiegando come limite esterno quella del bordo entro il quale defluisce almeno dell'80% della portata prevista, e contestualmente dove, all'esterno del medesimo, la velocità dell'acqua non supera i 0,4 m/s. La fascia esterna alla A, definita B o Fascia di esondazione, è delimitata dalle acque raggiunte da tale piena, anche se contenuta da opere idrauliche, e comprende le eventuali forme fluviali correlate alla dinamica del fiume sia dal punto di vista morfologico che paesaggistico e talvolta ecosistemico. La fascia C, definita come area inondabile dalla piena catastrofica, è individuata come l'area raggiunta dalla portata di riferimento, ossia da quella massima storicamente registrata, se corrispondente a un tempo di ritorno superiore a 200 anni nell'area di Ricengo, o in assenza di informazioni sulla essa, dalla piena con TR di 500 anni. Anche in questo caso si considerano appartenenti alla fascia le forme fluviali ancora correlate alla dinamica fluviale.

Il criterio sopra espresso può implicare l'assunzione di uno specifico "*progetto per l'assetto di un corso d'acqua*", comprendente l'individuazione di nuove opere idrauliche per il contenimento dei livelli idrici di piena e per la regimazione dell'alveo. Non si considera qui il limite "B di progetto" perché non presente nel territorio in esame.

Significativamente differenti sono i criteri impiegati per la definizione delle **aree allagabili** delle mappe di pericolosità del **PGRA** che nello specifico:

- tengono conto dei livelli idrici corrispondenti a **tre piene di riferimento**, che per Ricengo sono: 20 anni per la piena **frequente**, 200 per la piena **poco frequente** e TR di 500 anni per la **piena rara**.
- tengono conto di studi idraulici svolti a livello d'asta o di eventi alluvionali più recenti rispetto agli studi del PAI;

- sono state tracciate utilizzando rilievi topografici ad alta precisione, con Laser Scanning LiDAR – Light Detection And Ranging, dal 2008;
- tengono parzialmente conto delle aree sede di possibile riattivazione delle forme fluviali relitte non fossili;
- non tengono conto delle aree di elevato pregio naturalistico e ambientale e di quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale;
- non contengono un assetto di progetto.

In conclusione alle fasce fluviali vigenti (**PAI)** si sono sovrapposte le nuove perimetrazioni determinate dalle aree allagabili (**PGRA**) che NON le sostituiscono, ma ne apportano aggiornamenti e integrazioni per la parte della fascia tracciata principalmente in base ai livelli idrici corrispondenti alle tre piene di riferimento considerate.

Fino all'adozione delle specifiche varianti PAI a scala di asta fluviale (con le relative norme di salvaguardia) che porteranno alla revisione delle fasce fluviali vigenti, entrambe le perimetrazioni restano in vigore. In caso di sovrapposizione **deve essere applicata** la classificazione e di conseguenza **la norma più restrittiva**.

a) nelle aree interessate da alluvioni **frequenti** (aree **P3/H**), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle N.d.A. del PAI;

b) nelle aree interessate da alluvioni **poco frequenti** (aree **P2/M**), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B

c) nelle aree interessate da **alluvioni rare** (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui all'art. 31 delle N.d.A. del PAI.

Ai sensi dell'art. 59 delle N.d.A. del PAI (introdotto con il nuovo Titolo V), tutti i Comuni, ove necessario, provvedono ad **adeguare i rispettivi strumenti urbanistici** conformandoli alla normativa sopraindicata.

In particolare, nelle aree allagabili per la piena frequente (P3/H), poco frequente (P2/M) e rara (P1/L):

1. i Comuni applicano da subito la normativa sopraindicata sulle aree allagabili così come presenti nelle mappe di pericolosità del PGRA aggiornando conseguentemente i Piani di Emergenza Comunali

2. entro le aree che risultano classificate **come R4** - rischio molto elevato **i Comuni sono tenuti a verificare e, ove necessario, aggiornare le valutazioni dettagliate** delle condizioni di pericolosità e rischio locali già svolte in passato.

Il comune di Ricengo comprende alcuni edifici ed aree ricadenti all'interno delle fasce A e B, la cui problematica in caso di eventi alluvionali è stato parzialmente valutato nel § 1 (Figura 2, Figura 3 e Figura 4 e testo annesso) ma dove non sono stati fatti studi di dettaglio.

Secondo il paragrafo 3.1.4 della DGR 6738/2017 gli elaborati di tali indagini devono essere trasmesse a Regione Lombardia che le utilizzerà nell'ambito dei previsti riesami e aggiornamenti delle mappe e del PGRA.

In attesa dell'esecuzione di tali studi il Comune può applicare agli edifici esistenti le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (fasce A e B) o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che utilizzi come dati tecnici di input tutte le informazioni del PGRA, studio che può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza);

I Comuni procedono con il **recepimento delle aree allagabili e relative norme** nello strumento urbanistico comunale secondo le modalità già definite per le fasce fluviali nelle N.d.A. del PAI nonché nella d.g.r. IX/2616/2011, parte II [*Raccordo con gli strumenti di Pianificazione Sovraordinata*], paragrafo 5.1 5.1 [*Fasce fluviali: definizione e recepimento nei P.G.T.*], punti 1 [*tracciamento delle Fasce Fluviali nella carta dei vincoli alla scala dello strumento urbanistico comunale*] e 2 [*recepimento, nelle norme geologiche di piano, delle norme del PAI riguardanti le Fasce Fluviali*].

Quest'ultimo comma in particolare evidenzia la necessaria applicazione degli articoli 1, commi 5 e 6; 29, comma 2 […*Nella Fascia A sono vietate*…]; 30, comma 2 […*Nella Fascia B sono vietate*…]; 31 […*Area di inondazione per piena catastrofica - Fascia C*….], 32 […*Demanio fluviale e pertinenze idrauliche e demaniali*…), commi 3 […*Le aree del demanio fluviale di nuova formazione*…] e 4 […*Nei terreni demaniali ricadenti all'interno delle fasce A e B*…]; 38 […*Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico*…]; 38 bis […*Impianti di trattamento delle acque reflue, di gestione*

dei rifiuti e di approvvigionamento idropotabile…]; 39 […*Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica*…], commi dall'1 al 6; 41 […*Compatibilità delle attività estrattive*…].

Quanto sopra richiamato delinea i principali fattori che caratterizzano l'area delimitata dalle **fasce PAI** e dalle **aree allagabili** nel territorio di Ricengo individuate nel PGRA vigente scaricati dal geoportale di Regione Lombardia (ultimi aggiornamenti novembre 2025).

La documentazione è riferita interamente nella figura in alto nella Tavola 3/7 e qui di seguito distinguendo la rappresentazioni delle fasce PAI da quella delle aree allagabili definite nel PGRA.

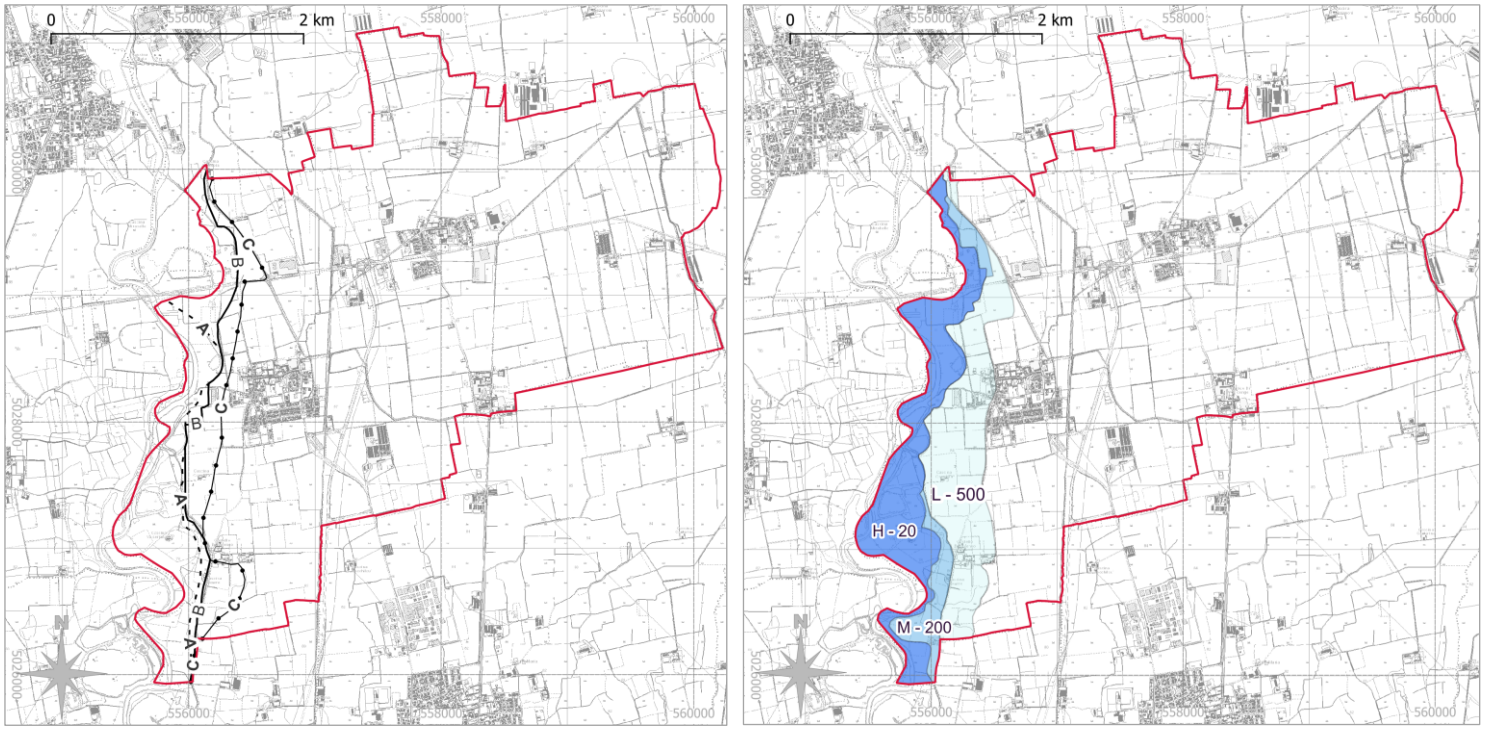


Figura 32: a sinistra i limiti delle fasce **A**, **B** e **C** del PAI, a destra le aree allagabili distinte in superfici interessate da alluvioni **frequenti** P3/**H** (TR 20 anni), alluvioni **poco frequenti** P2/**M** (TR 200 anni) e alluvioni **rare**, P3/**L** (TR 500 anni), scala 1: 60.000.

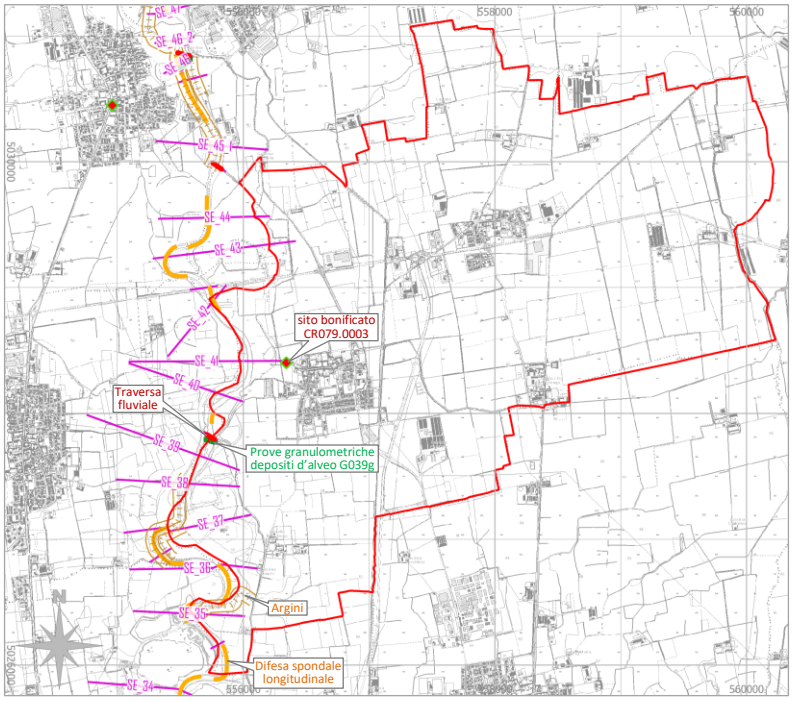
Le superfici individuate sono, come già riferito nel capitolo 1, così definibili:

Elemento identificativo	estensione in m^2	% del territorio comunale	Elemento identificativo	estensione in m^2	% del territorio comunale
Ⓐ	**905.093**	**7,19**	**P3/H**	**972.444**	**7,73**
Ⓑ	**1.227.594**	**9,76**	**P2/M**	**1.240.213**	**9,86**
Ⓒ	**1.771.603**	**14,08**	**P1/L**	**2.280.853**	**18,13**

Di seguito si riferiscono le principali informazioni riguardanti i dati degli eventi alluvionali che hanno consentito l'individuazione di quanto sopra riferito.

I dati relativi alle sezioni lungo l'alveo del fiume Serio sono state fornite da Regione Lombardia DIREZIONE GENERALE TERRITORIO E SISTEMI VERDI DIFESA DEL SUOLO E GESTIONE ATTIVITA' COMMISSARIALI ASSETTO IDROGEOLOGICO, RETICOLI E DEMANIO IDRICO, dirigente ANDREA PICCIN. Il documento denominato "**2004_AdB**" contiene principalmente dati sulle modalità di acquisizione dei rilievi topografici, delle foto aeree, dei capisaldi e la formazione dei dtm del bacino dell'Adda a valle del lago di Como che non hanno utilità per lo scopo del presente documento, ma contiene anche cartelle con i dati delle sezioni in formato xls comprendenti l'alveo e i terreni circostanti che hanno consentito la formazione delle sezioni di Figura 33.

Le misure di massima profondità riferita nelle sezioni, o un valore prossimo ottenuto dalla media degli stessi valori dove apparisse più significativo, è stato impiegato per la formazione del **thalweg**, cioè la linea immaginaria che unisce i punti più profondi dell'alveo e indica il tracciato dove l'acqua scorre naturalmente e con la velocità maggiore.



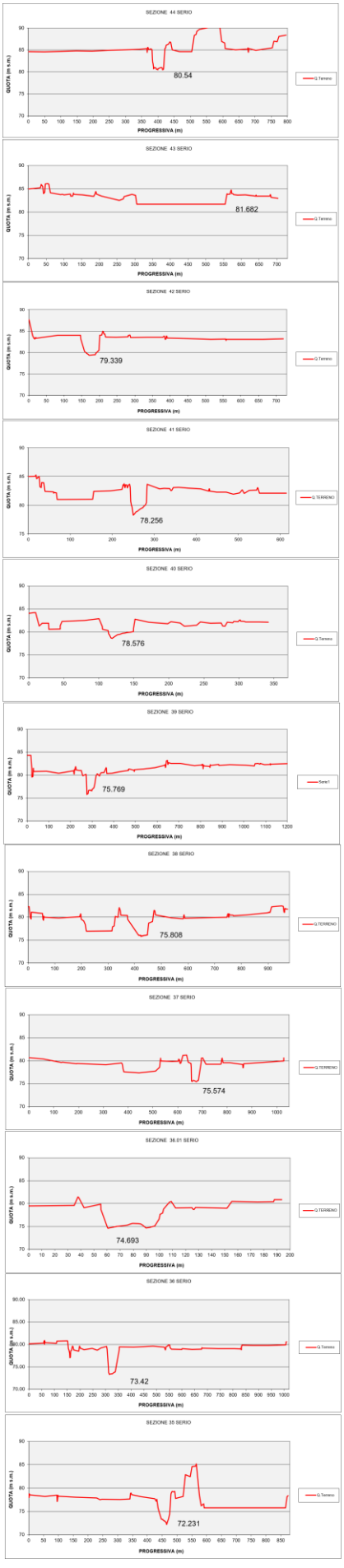


Figura 33: tracce planimetriche delle sezioni riferite a destra in scala 1:60.000 con alcune notazioni aggiunte.
Stralcio da : AUTORITÀ' DI BACINO DEL FIUME PO Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: …del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda
Attività 3.3.1.2.: Sezioni trasversali di corsi d'acqua
Prodotto 3.3.1.2./6: Atlante delle sezioni
Elaborato 3.3.1.2./6/1G: Atlante cartografico dell' attività "Sezioni trasversali di corsi d'acqua "
Data redazione:03/06/2003

La cartella 3-3-1-3_2_1C\TemiBase del documento citato contiene alcune informazioni aggiuntive che hanno consentito di individuare **difese spondali** e **argini** presenti per brevi tratti nel territorio di Ricengo, nonché di altre informazioni riguardanti i **campionamenti dei terreni in alveo** e l'esito delle analisi granulometriche sugli stessi, prelevati in prossimità della **Palata Menasciutto**.

In merito a quest'ultima località, si riferisce quanto contenuto nella DGR 23.01.1998 - 6/34326 di approvazione del piano della riserva naturale "Palata Menasciutto" che contiene utili dettagli sull'area perifluviale: "*Il manufatto della così detta "palata", attestato a quota 80.6 m s.l.m. costituisce una soglia fissa di regimazione del livello idrometrico di magra in funzione della portata affluente che, in condizioni normali risulta costantemente tracimata. … Tale manufatto determina la creazione di un* ***salto di fondo del letto fluviale di 4 metri****…Direttamente legato alla traversa d'invaso è la derivazione della* ***roggia Menasciutto****, estratta a* ***incile libero in sponda sinistra, con portata di 0,4 m³/s*** *e destinata all'irrigazione della campagna cremasca….*

Il fiume,… presenta un andamento delle portate strettamente dipendente dai regimi pluviometrici….,le portate massime si registrano in maggio-giugno ed in novembre, con valori di circa 30 m³/s di media, mentre i minimi, toccati generalmente in gennaio, si aggirano intorno ai 13 m³/s. Non sono rari però i casi in cui tali valori risultano abbondantemente superiori (10-15 volte le portate di magra), con punte straordinarie di 500-600 m³/s, come verificatosi nell'autunno 1979, mentre l'alveo riesce a contenere deflussi non superiori ai 200-250 m³/s.

Dette circostanze caratterizzano come torrentizio il regime idrologico del Serio per il quale può essere stimata come regolare una portata media annua di 21 m3/s i cui valori estremi si attestano tra gli 8 m3/s di minima ed i 70 m3/s di massima.

In merito invece al citato campionamento dei sedimenti lungo l'alveo, si riporta in Figura 34 la scheda fornita con la trasmissione della documentazione da parte di Regione Lombardia, che riferisce un elaborato dell'Autorità di Bacino del Po relativo all'esito dei 5 prelievi effettuati circa in corrispondenza della traversa fluviale "Palata Menasciutto" e delle analisi granulometriche. La scheda mostra la prevalenza di ghiaie con sabbie subordinate, in due casi di sabbie prevalenti e la quasi totale assenza della frazione limosa.

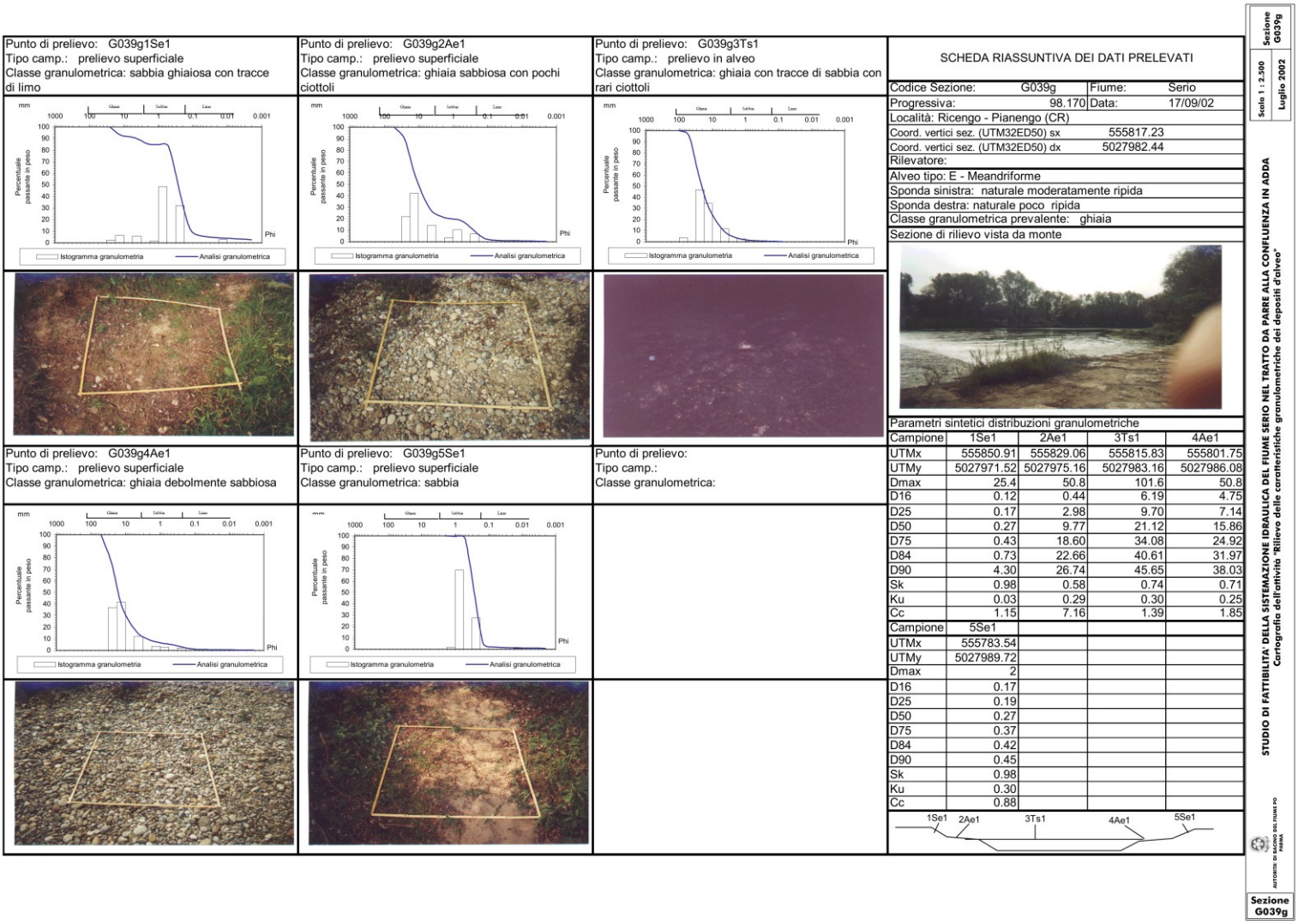


Figura 34: campionamento dei sedimenti fluviali in prossimità della Palata Menasciutto, AdbPo 2002.

I depositi sono quindi quelli attesi e delineati nella sezione della tavola 2B allegata alla presente, a partire da profondità comprese tra 1 e 4 metri dalla superficie.

Per quanto riguarda la segnalata presenza di un sito bonificato, l'informazione proviene dal geoportale di Regione Lombardia con la cartella "*Siti bonificati e siti contaminati*", nella revisione del 31/12/2025.

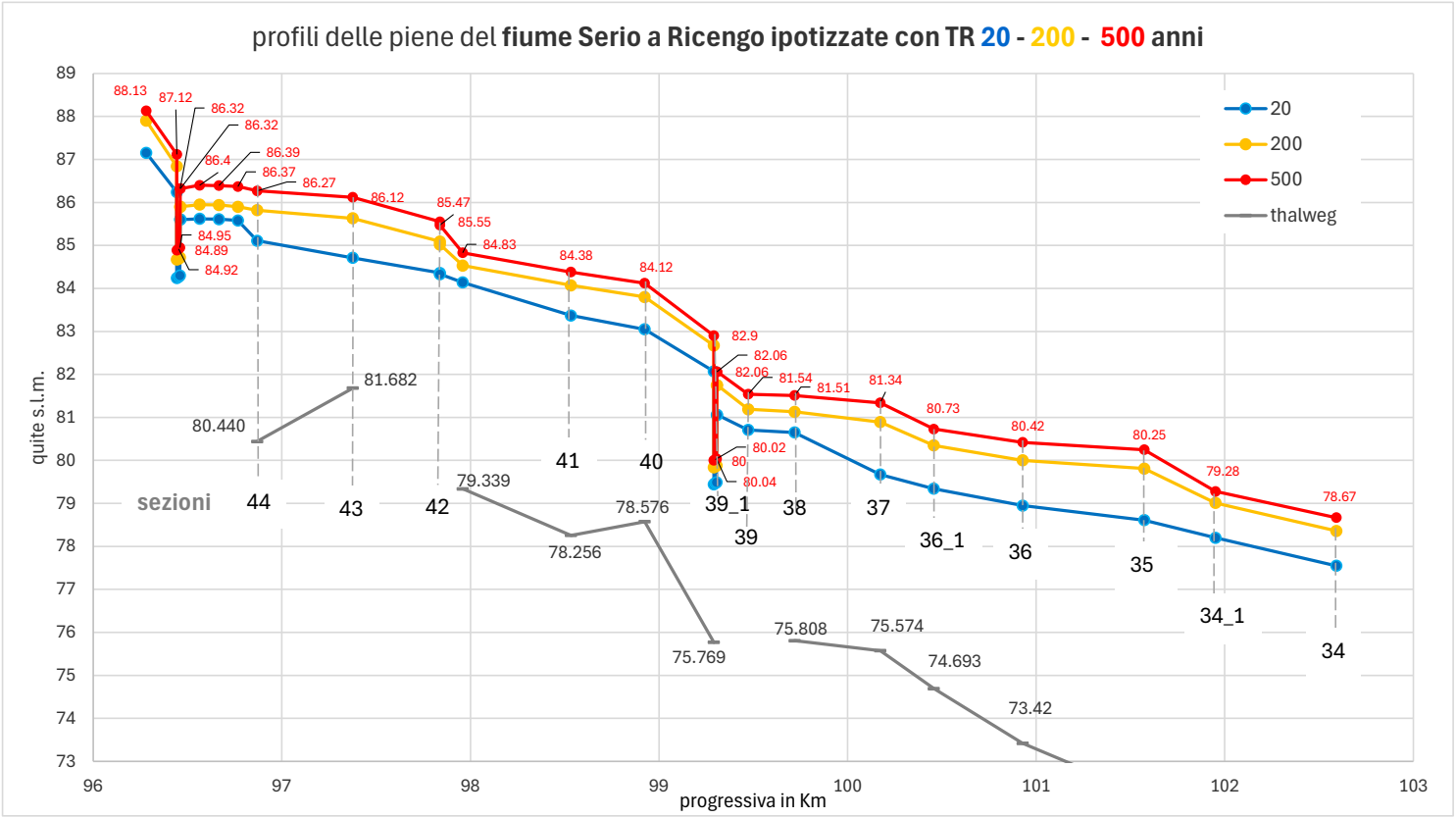
Le informazioni sulla quota idriche raggiunte durante gli episodi di piena sono riferite di seguito nella Tabella 2, assieme ai dati delle velocità massime nel canale al colmo delle piene (V_{ch} max), in questo caso acquisite dal documento dell'Autorità di Bacino del Po "*Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni- Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010 - Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale, MARZO 2016*" che è scaricabile dall'indirizzo ProfiliPiena_20190625.pdf.

sezione N.	progressiva	20	200	500	thalweg
45_1 (v)	96.281	87.15	87.9	88.13	
45 (m)	96.443	86.24	86.84	87.12	
45 (v)	96.443	84.24	84.67	84.89	
45_SO	96.452	84.27	84.69	84.92	
45_S2M	96.459	84.3	84.72	84.95	
45_S2	96.461	85.6	85.9	86.32	
45_V	96.462	85.6	85.9	86.32	
45_I1	96.564	85.62	85.95	86.4	
45_I2	96.666	85.61	85.94	86.39	
45_I3	96.767	85.58	85.9	86.37	
44	96.869	85.11	85.82	86.27	80.44
43	97.376	84.71	85.63	86.12	81.68
42_1 (m)	97.838	84.36	85.09	85.55	
42_1 (v)	97.838	84.33	85.02	85.47	
42	97.959	84.14	84.53	84.83	79.34
41	98.533	83.37	84.07	84.38	78.26
40	98.924	83.05	83.8	84.12	78.58
39_1 (m)	99.291	82.07	82.67	82.9	75.77
39_1 (v)	99.291	79.44	79.84	80	
39_1O	99.299	79.47	79.86	80.02	
39_1B	99.305	79.49	79.88	80.04	
39_1C	99.307	81.06	81.75	82.06	
39_1V	99.308	81.06	81.75	82.06	
39	99.473	80.71	81.19	81.54	
38	99.719	80.65	81.13	81.51	75.81
37	100.174	79.67	80.89	81.34	75.57
36_1	100.457	79.34	80.35	80.73	74.69
36	100.928	78.95	80	80.42	73.42
35	101.573	78.61	79.81	80.25	72.23
34_1	101.951	78.2	79.01	79.28	
34	102.592	77.55	78.36	78.67	

sezione N.	progressiva	20	200	500
45_1 (v)	96.28	0.9	0.7	0.7
45 (m)	96.44	3.5	4	4
45 (v)	96.44	5	5	5
45_SO	96.45	5	5	5
45_S2M	96.46	5	5	5
45_S2	96.46	1	1.5	1.75
45_V	96.46	1	1.5	1.75
45_I1	96.56	0.7	1	1.25
45_I2	96.67	0.6	0.9	0.9
45_I3	96.77	0.7	0.9	0.9
44	96.87	3	0.9	1.25
43	97.38	1	0.3	0.3
42_1 (m)	97.84	1.75	2	2.5
42_1 (v)	97.84	1.75	2.5	2.5
42	97.96	2.5	3.5	4
41	98.53	3	0.5	0.5
40	98.92	0.9	0.8	0.8
39_1 (m)	99.29	3.5	4	4
39_1 (v)	99.29	5	5	5
39_1O	99.30	5	5	5
39_1B	99.31	5	5	5
39_1C	99.31	0.9	1.25	1.5
39_1V	99.31	0.9	1.25	1.5
39	99.47	2	2.5	2
38	99.72	1.25	0.9	0.8
37	100.17	3	1	1
36_1	100.46	2.5	2.5	2.5
36	100.93	2	0.8	0.7
35	101.57	1.75	0.6	0.6
34_1	101.95	2.5	3	3
34	102.59	2.5	1.75	1.75

Tabella 2: profili di piena lungo le sezioni indicate in Figura 33 durante gli eventi con TR di 20, 200 e 500 anni e velocità massima al colmo della piena lungo il canale (V_{ch} max).

I dati sopra riferiti sono rappresentati nei grafici di Figura 35. Si osserva una differenza tra il tratto a monte della sezione **39_1** (**Palata Menasciutto**) dove l'incremento di quote tra la piena di 20 anni e quella di 500 anni è compresa tra 0,54 m e 1,41 m con media di 0,86 m e il tratto a valle fino alla sezione 34, dove il medesimo confronto indica valori compresi tra 0,83 m e 1,67 m con media di 1,206 m. La ragione potrebbe esse conseguente al rigurgito generato dalla minore ampiezza della valle in corrispondenza dell'abitato di Crema o una ridotta pendenza.



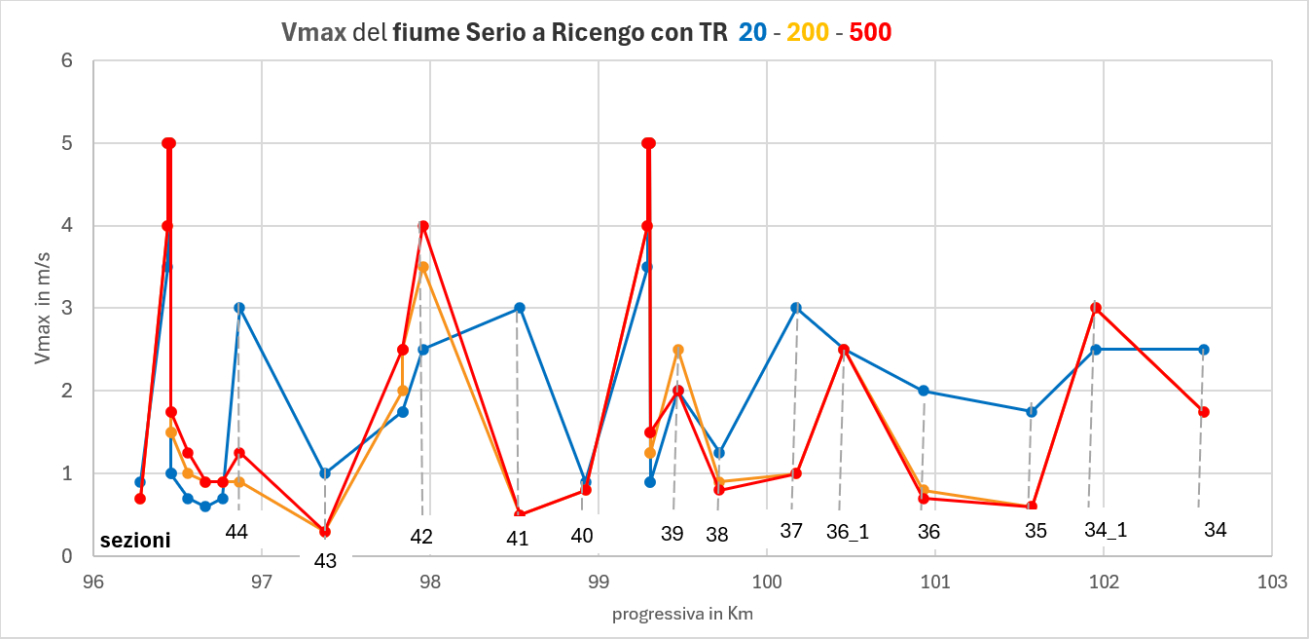


Figura 35: profili delle piene lungo l'alveo del fiume Serio e velocità massime in corrispondenza delle sezioni al variare degli eventi con tempi di ritorno di 20 – 200 e 500 anni.

Le massime velocità raggiunte dalle piene di minore frequenza, sostanzialmente tra loro identiche, sono indicate in presenza delle traverse dell'alveo o a strutture simili probabilmente presenti come il passaggio sotto la SP 64 (sezione 42_1), verosimilmente a causa del rigurgito e della conseguente formazione della corrente supercritica che si instaura a valle o sul coronamento della struttura.

In merito ai codici riferiti alle sezioni nella Tabella 2 si specifica quanto segue:

i termini (*m*) e (*v*) si riferiscono rispettivamente alla posizione di monte e di valle rispetto a un'opera trasversale sull'alveo, come riportato nel testo del documento dell'Autorità di Bacino del Po del 2016 sopra citato, mentre per gli altri codici, in base alla lettura di documenti analoghi, si è giunti alla seguente interpretazione:

O = orlo della sponda o il ciglio superiore della riva naturale;
B = banchina, ossia la zona pianeggiante tra il tetto di magra e il piede dell'argine o della sponda;
C = ciglio si riferisce al punto più alto della sommità arginale, la "cresta";
V = valle, indica solitamente il piede del rilevato a valle (il lato esterno, opposto ai fiume) o verso la campagna.

Le informazioni sopra riassunte costituiscono la base conoscitiva che ha consentito agli autori del PGRA di formulare l'elaborato concernente i rischi nei territori esaminati, revisione 2022, con aggiornamenti fino a novembre 2025. L'aggiornamento ha riguardato sia le mappe di pericolosità, le fasce di rispetto del PAI e aree allagabili del PGRA riferite in precedenza, che le mappe di rischio (R1, R2, R3, R4).

Il procedimento eseguito riguarda la transizioni dalla pericolosità (P) al rischio (R): **R = P * (E * V)** considerando

P = Pericolosità o probabilità di accadimento di un evento alluvionale di data intensità in un intervallo di tempo prefissato e su una determinata area;

E = Valore degli elementi a rischio intesi come persone, beni, patrimonio culturale ed ambientale ecc. presenti nell'area inondabile;

V = Vulnerabilità degli elementi a rischio, è il grado di perdita o danno associato a un elemento o a un gruppo di elementi a rischio risultante dal verificarsi di un fenomeno naturale di una data magnitudo. Dipende sia dalla capacità degli elementi a rischio di sopportare l'evento che dall'intensità dell'evento stesso. Varia da 0 (nessun danno/perdita) a 1 (danno/perdita totale).

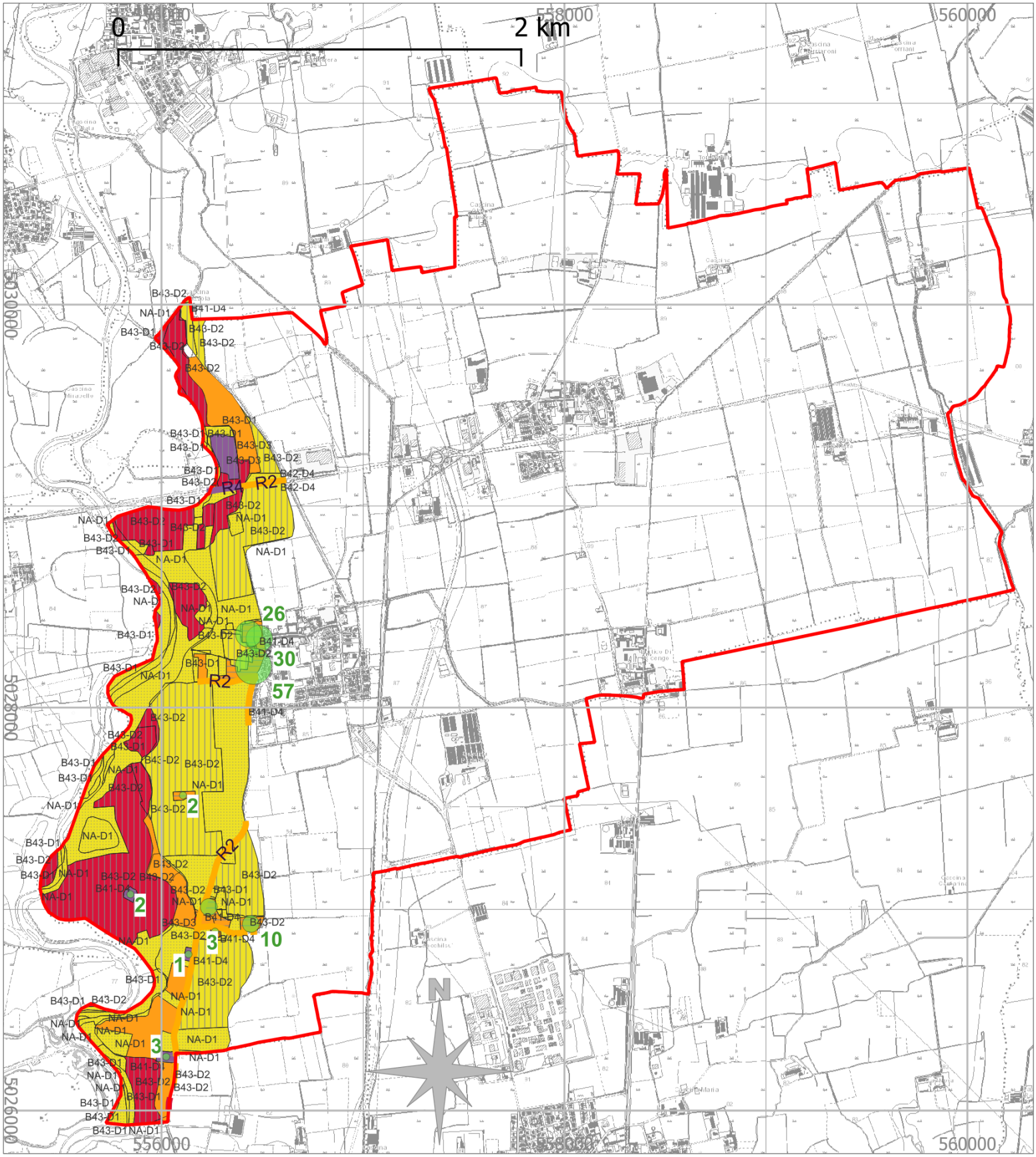


Figura 36: rischio poligonale, lineare e numero di abitanti nelle aree soggette al rischio da PTUA scala 1: 25.000

Il significato del **primo codice** indicato sulle aree delineate per cause connesse al RP, è fornito dal documento "*Aree allagabili – organizzazione e documentazione dei dati - Nota tecnica di novembre 2013 – bozza, revisionata dicembre 2015*" dell'AdBPo. **Il secondo codice** individua la classe di danno.

Il significato è: **B41 -Property - Aree residenziali e commerciali non IED** (Industrial Emissions Directive (Direttiva 2010/75/UE); B42 -Infrastructure - Reti di trasporto e infrastrutture critiche; **B43 – Rural Land Use - Aree agricole e zootecniche**; B44 –Economic Activity - Aree industriali, estrattive e manifatturiere; B45 – Other - Altre attività non ricomprese nelle precedenti; B46 – Not Applicable - Nessuna attività economica presente.

Secondo l'Allegato 2A alla relazione del PGRA Mappatura pericolosità e rischio, § 3.2 "*in mancanza di specifiche curve del danno correlate alla tipologia, magnitudo e frequenza dell'evento considerato e al comportamento delle strutture e agli usi delle stesse,* ***la vulnerabilità*** *è stata assunta in modo semplificato assegnando, a favore di sicurezza, un valore costante* ***uguale ad 1 a tutti gli elementi esposti*** *considerati. Anche la stima del danno è stata condotta in modo qualitativo e sulla base di un giudizio esperto, attribuendo un peso* ***crescente da 1 a 4 a seconda dell'importanza della classe d'uso del suolo****. Sono stati assegnati i pesi maggiori alle classi residenziali che comportano una presenza antropica costante e pesi decrescenti alle diverse tipologie di attività produttive, privilegiando le attività maggiormente concentrate (attività industriali), rispetto alle attività estensive (attività agricole).".* La definizione di danno è data da **D** = Danno, prodotto E*V.

La combinazione delle classi di pericolosità e di danno che definiscono il rischio è data dai seguenti schemi:

CLASSE D4	
DUSAF	
1111	Tessuto residenziale denso
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso
1121	Tessuto residenziale discontinuo
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme
1123	Tessuto residenziale sparso
11231	Cascine
1424	Aree archeologiche
12122	Impianti di servizi pubblici e privati
12111	Insediamenti industriali, artigianali, commerciali
12112	Insediamenti produttivi agricoli
12121	Insediamenti ospedalieri
12123	Impianti tecnologici
1222	Reti ferroviarie e spazi accessori
123	Aree portuali
12125	Aree militari obliterate
124	Aeroporti ed eliporti
1421	Impianti sportivi
1423	Parchi divertimento
1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive

CLASSE D3	
DUSAF	
133	Cantieri
12124	Cimiteri
132	Discariche
131	Cave
2113	Colture orticole
2114	Colture floro-vivaistiche
2115	Orti familiari

CLASSE D2	
DUSAF	
211	Seminativi
1411	Parchi e giardini
221	Vigneti
222	Frutteti e frutti minori
223	Oliveti
3114	Castagneti da frutto
213	Risaie
2313	Marcite
1412	Aree verdi incolte
2241	Pioppeti
2242	Altre legnose agrarie

CLASSE D1	
DUSAF	
134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate
231	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
311	Boschi di latifoglie
312	Boschi conifere
313	Boschi misti
314	Rimboschimenti recenti
331	Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi
321	Praterie naturali d'alta quota
322 - 324	Cespuglieti
332	Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
333	Vegetazione rada
411	Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere
3113	Formazioni ripariali
3222	Vegetazione dei greti
3223	Vegetazione degli argini sopraelevati
511	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
5121	Bacini idrici naturali
5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
5122	Bacini idrici artificiali
335	Ghiacciai e nevi perenni

Reti stradali	
D4	Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali
D3	Reti secondarie: strade comunali

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

Matrice 1
Reticolo principale (RP)

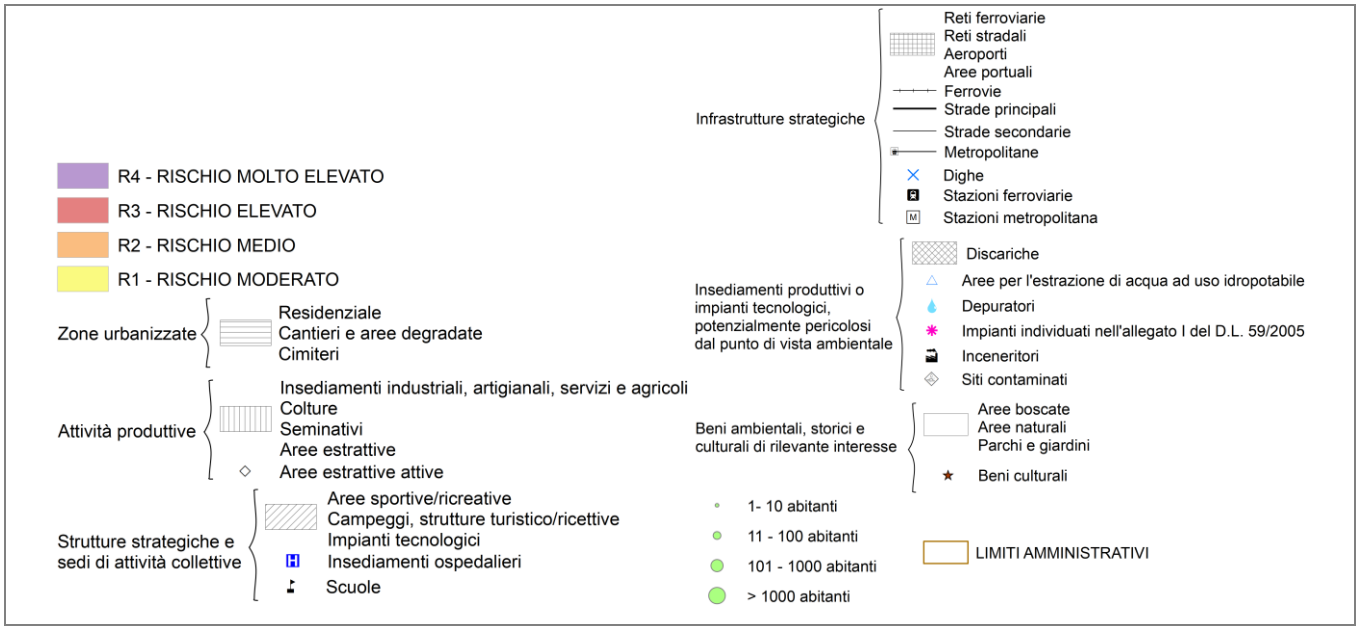


Figura 37: elementi dei codici impiegati per rappresentare il rischio generato dal Reticolo Principale a Ricengo riportato in Figura 36.

Nelle tabelle associate agli shp file di Regione Lombardia per la formazione della cartografia delle Figura 32, Figura 33 e Figura 36, sono presenti numerosi codici di non sempre facile comprensione, per cui di seguito si sono riassunte le informazioni disponibili, relativi alle sole aree del Reticolo Principale (R.P.).

CODAREA	Codice univoco dell'aa a livello di Unione Europea – FHRM_FloodHazardM aps.EUUOMCode
AMBITOTER	Sigla dell'ambito territoriale (RP = Reticolo Principale; RSP = Reticolo Secondario di Pianura)
CODSCENAR	Codice dello scenario di alluvione (**H** (**High - Frequente**), **M** (**Medium – Poco Frequente**)
DATACONS	Data di consegna della specifica area espresso come aaaa/mm/gg (si presuppone consegna alla UE)
TRITORNO	Numero indicante gli anni del tempo di ritorno - corrisponde all'informazione FHRM_Med/High/LowProb ability. Frequency se non noto mettere il valore "-7777"
NUMABIT	Stima del numero totale di abitanti residenti nell'area allagabile
AMBITOAMM	Denominazione dell'ambito amministrativo cui si riferiscono i dati. RLO – Regione Lombardia
ARTICOLO6	Indica se si è scelto di applicar l'art.6 della FD circa lo studio del solo scenario di alluvione Low Probability. Si tratta di Informazioni aggiuntive riferite agli elementi esposti per il Floods Reporting
ORIGINE	Tipologia della origine della alluvione. **A11** (Fluvial) A14 (Sea Water)
CODORIG	codice identificativo attribuito a un elemento, come un'area a rischio, un'opera idraulica o un elemento esposto
CATIT	Categoria dell'Elemento Esposto a livello Distrettuale, Indica, la macro-categoria di uso del suolo o attività appartiene l'area geografica, l'infrastruttura o il bene (es. edifici residenziali, aree industriali, terreni agricoli, infrastrutture critiche o beni culturali)
CODELIDR	Codice identificativo univoco di un corso d'acqua da cui si origina l'alluvione Op testo 30
CODBAC	Codice bacino principale cui si riferiscono unitariamente varie aree allagabili
CODBACS	Codice bacino secondario cui si riferiscono unitariamente varie aree allagabili
AREA_KM2	Misura della superficie dell'area allagabile (in kmq)
NUMIED	Numero impianti IED, che fa riferimento alla normativa europea Industrial Emissions Directive
NOMELIDR	Nome proprio del corso d'acqua responsabile dell'esondazione o associato a quel determinato poligono di pericolosità
NOMEBAC	Denominazione del bacino principale
NOMEBACS	Denominazione del bacino cui si riferiscono unitariamente varie aree allagabili
TIPODATO	Tipologia di elemento esposto o la categoria di informazione spaziale descrittiva contenuta in quella specifica riga del database. Serve a classificare la natura qualitativa o quantitativa dell'oggetto mappato.
FHM_UNIQUE	Codice univoco associato a ciascun poligono o elemento geometrico delle Mappe di Pericolosità da Alluvione. FHM: Sta per Flood Hazard Maps, UNIQUE indica un codice identificativo univoco e nessun poligono all'interno dello stesso database può avere lo stesso valore.

Tabella 3: elenco non completo e definizione del significato dei codici utilizzati nell'ambito del PGRA per aree del Reticolo Principale. Altre informazioni sono riportate anche in calce alla Figura 36.

Come detto la DGR 6738/2017 colloca gli elementi esposti nelle aree allagabili in quattro gradi di rischio crescente e la procedura prevista per l'ambito RP prevede l'effettuazione di valutazioni di maggior dettaglio e la riclassificazione delle condizioni di rischio, che per i corsi d'acqua "fasciati del PAI" come il fiume Serio deve avvenire secondo le modalità riferite nel **§ 3.1.4.** Ciò significa che nelle aree a rischio **R4** i Comuni devono verificare e, ove necessario, aggiornare le **valutazioni dettagliate delle condizioni di pericolosità e di rischio locali,** tracciandole principalmente in base ai livelli idrici corrispondenti alle tre piene di riferimento considerate, **utilizzando i rilievi topografici di dettaglio ed aggiornando i livelli di piena e le portate** d'intesa con l'Autorità regionale o provinciale competente in materia, ossia svolgendo i rilievi secondo le metodologie riportate nell'Allegato 4 alla d.g.r. IX/2616/2011.

In una nota in calce del § 3.1.4.2 si specifica che i **dati di input da utilizzare sono le informazioni del PGRA**, in particolare l'Allegato 1 alla Relazione di Piano – Parte A "*Schede descrittive delle mappe di pericolosità sul Reticolo Principale* (*fonti, criteri, livelli di confidenza*)" datato marzo 2016 e il Documento "*Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale*", anch'esso redatto a marzo 2016, così come è stato svolto con i documenti che hanno consentito alla definizione dei profili di **Figura 35.**

Il paragrafo 3.1.4.2 comma c) chiarisce che gli scopi delle **valutazioni di pericolosità e rischio locali** devono essere quelle descritte al paragrafo 4 della DGR X/6738/2017 "*Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio*" e che i relativi documenti devono essere trasmessi a Regione Lombardia. Il paragrafo citato, nel quale è tracciato il procedimento per l'adeguamento alla 2007/60/CE ed al D. Lgs. 49/2010, dichiara che il

rischio di alluvioni si deve gestire realizzando contemporaneamente misure di **prevenzione**, **protezione, preparazione e ripristino correlate e coordinate tra loro**, che devono riguardare non solo le nuove trasformazioni ma, soprattutto, **le aree già edificate** mediante la pianificazione urbanistica e quella dell'emergenza.

Lo scopo delle discipline citate è quello di mettere in opera interventi locali di riduzione del rischio (della vulnerabilità, dell'esposizione o di entrambe), nonché di ripristino provvisorio delle condizioni di sicurezza degli edifici esistenti, con priorità per le infrastrutture per la gestione dell'emergenza. Altre finalità sono quelle di fornire idonee **prescrizioni costruttive ed edilizie per limitare i danni in caso di evento alluvionale**, di individuare le aree ove delocalizzare degli insediamenti esistenti anche prevedendo forme di perequazione, nonché di individuare le aree da demolire e da rinaturalizzare, definendo anche adatti modelli d'intervento nel Piano di Emergenza Comunale.

Secondo quanto previsto dal punto 3.1.4.3 della citata DGR, in via transitoria è facoltà del Comune, o applicare le norme riguardanti le aree P3/H (Fascia A) e P2/M (Fascia B) o, in alternativa, richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica, che può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza).

Per l'individuazione delle misure di riduzione della vulnerabilità, la DGR suggerisce la consultazione della pubblicazione "*EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE COME RIDURNE LA VULNERABILITÀ*" redatto a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e dell'Università degli Studi di Pavia (febbraio 2009), disponibile al seguente indirizzo https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/vulnerabilita/vulnerabilita_edifici.pdf.

Le informazioni disponibili e i rilievi a terra eseguiti non consentono di formulare una piena analisi delle quattro aree collocate nella **classe di rischio R4** in territorio di Ricengo, ma è parso possibile effettuare una valutazione preliminare che evidenzia alcuni aspetti significativi delle aree, in buona parte espresse nel capitolo 1, *Premessa, principali riferimenti normativi e sintesi*, e dalle considerazioni riferite in corrispondenza della Figura 2 a pagina 6, qui interamente richiamate.

Di seguito si espongono le informazioni fornite con le tabelle che accompagnano gli shp file relativi alle aree ricadenti nella classe di rischio R4, nelle quali per brevità non sono riportati i seguenti parametri perché costanti in tutti i casi.

Il significato delle sigle utilizzate, incompleto, è riferito nella Tabella 3 a pagina 58.

NOMEBAC	CODBAC	NOMEBACS	CODBACS	REGIONE
Denominazione del bacino principale	Codice bacino	Nome bacino aree allagabili	Codice bacino secondario	RLo

PROPDATO	ANNORIL	RISSPAZ	PROV	RISORSA	AMBITOTER	CONSAMB	CULTPAES	NOMEELIDR
Regione Lombardia	2012	1:10000	CR	DUSAF 4.0	RP	conseguenze ambientali	Beni culturali o paesaggistici	Serio



Le informazioni relative alla cava indicano la cessazione dell'attività dal 1984, per cui la condizione concernente la presenza di attività riferita nella tabella appare errata.
Conseguentemente l'area parrebbe essere collocabile nella Classe D1 (es. categoria 134 o 231 di Figura 37al posto della attuale classe D3, con la conseguente **riduzione del rischio** che passerebbe da R4 a **R1**

Cava Cantù

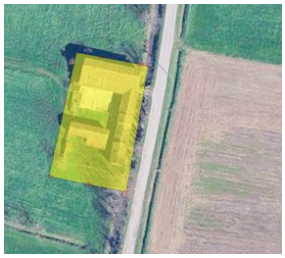
ID	CATUE	NUMABIT	ATTECONOM	CATIT	CATDIST	DANNO	CODORIG	DENORIG	CODCOM	CODSCEN	CODELIDR	CODAREA	RIS	SHAPE_AREA	SHAPE_LEN
0	Attività economiche e sociali	0	B43	Attività produttive	Aree estrattive attive	D3	6392	131 - Cave	19072	H	N008001023	ITN008N008001023HRP01	R4	528	134
0	Attività economiche e sociali	0	B43	Attività produttive	Aree estrattive attive	D3	6392	131 - Cave	19079	H	N008001023	ITN008N008001023HRP01	R4	21994	643
0	Attività economiche e sociali	0	B43	Attività produttive	Aree estrattive attive	D3	6392	131 - Cave	19094	H	N008001023	ITN008N008001023HRP01	R4	18	21
													somme	22541	797



I dati relativi alla **Cascina Valseriana indicano** un allagamento modesto con tiranti di 10 – 50 cm in caso di piene con TR 20 anni, mentre in caso di scenari poco frequenti o rari, i tiranti variano da 1,3 m a 2,15 m delineando una condizione di elevato pericolo. **Si conferma** la condizione di rischio **R4** indicato nel PGRA

Cascina Valseriana

Cascina Valseriana	posta 250 m a SE del Lago dei Riflessi														
ID	CATUE	NUMABIT	ATTECONOM	CATIT	CATDIST	DANNO	CODORIG	DENORIG	CODCOM	CODSCEN	CODELIDR	CODAREA	RIS	SHAPE_AREA	SHAPE_LEN
0	Attività economiche e sociali	2	B41	Zone urbanizzate	Tessuto Residenziale	D4	2545	11231 - Cascine	19079	H	N008001023	ITN008N008001023HRP0	R4	3435	226



I dati relativi alla **Cascina Rovere** indicano quote topografiche **80.8 /81.1 m s.l.m.** e durante gli episodi con Tr 20 anni le acque dovrebbero mantenersi a -1,8/ -2.1 m, ma anche in caso di piene poco frequenti o rare le acque dovrebbero permanere a 40/70 cm dalla quota topografica.
Si suggerisce l'**esecuzione di un rilievo topografico di adeguata precisione** al fine di verificare la **possibilità di escudere** l'area stessa dall'attuale classe di rischio.

Cascina Rovere

Cascina Rovere	via Ricengo n.7														
ID	CATUE	NUMABIT	ATTECONOM	CATIT	CATDIST	DANNO	CODORIG	DENORIG	CODCOM	CODSCEN	CODELIDR	CODAREA	RIS	SHAPE_AREA	SHAPE_LEN
0	Attività economiche e sociali	1	B41	Zone urbanizzate	Tessuto Residenziale	D4	2539	11231 - Cascine	19079	M	N008001023	ITN008N008001023MRP0	R4	2561	209



I dati relativi alla **Cascina Gabriella** indicano che le quote raggiunte dalle acque durante le piene sono di poco inferiori a quella topografica in caso degli eventi con TR 20, mentre sono di poco superiori o nettamante superiori, fino a 1,42 metri, negli episodi poco frequenti o rari. La **classe di rischio R4** è certamente **confermata** e conseguentemente l'area è collocata nella classe 4 di fattibilità geologica..

Cascina Gabriella	via Ricengo n.9														
CATUE	NUMABIT	ATTECONOM	CATIT	CATDIST	DANNO	CODORIG	DENORIG	CODCOM	CODSCEN	CODELIDR	CODAREA	RIS	SHAPE_AREA	SHAPE_LEN
Attività economiche e sociali	0	B41	Zone urbanizzate	Tessuto Residenziale	D4	2534	11231 - Cascine	19035	M	N008001023	ITN008N008001023MRP0	R4	69	121.9
Attività economiche e sociali	3	B41	Zone urbanizzate	Tessuto Residenziale	D4	2534	11231 - Cascine	19079	M	N008001023	ITN008N008001023MRP0	R4	4978	297.5
Attività economiche e sociali	0	B41	Zone urbanizzate	Tessuto Residenziale	D4	2534	11231 - Cascine	19079	H	N008001023	ITN008N008001023HRP0	R4	18	20.9
												somme	5065	440

8 Lineamenti idrogeologici

8.1 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI

Quanto descritto nel capitolo 4 sugli aspetti strutturali, delinea l'ambito nel quale si realizza l'accumulo ed il moto delle acque sotterranee. La successione di terreni prevalentemente sabbiosi attribuiti alle fasi glaciali, giace sui sedimenti più fini formatisi in ambienti di transizione (litoranei e deltizi). I primi presentano una porosità tra i granuli, detta primaria, mediamente di circa il 25%, che è saturata dall'acqua di origine pluviale e da quella proveniente dall'irrigazione che si infiltra localmente attraverso il suolo e gli strati più superficiali del depositi fluviali.

L'acquifero della Pianura Padana è sostanzialmente un monostrato di sabbie e ghiaie, localmente compartimentato da livelli lentiformi semipermeabili detti "*acquitards*", caratterizzato da un moto delle acque grossomodo parallelo al gradiente topografico, drenante verso il fiume Po. In corrispondenza degli acquitards possono avvenire scambi idrici verticali tra acquiferi sovrapposti dotati di differenti carichi idraulici che esprimono il fenomeno detto della drenanza, che si manifesta con movimenti d'acqua ascendenti o discendenti.

Lo spessore di questo complesso di corpi permeabili saturi (acquiferi), dal quale si emunge l'acqua per usi potabili, zootecnici, civili ed industriali, è condizionata dalle strutture del substrato marino in precedenza brevemente accennate.

Gli aspetti idrogeologici generali del territorio sono descritti in un **importante studio di ricerca applicata** di carattere regionale ([27]), che "*…ha permesso di aggiornare in modo significativo le conoscenze sulla struttura e sull'evoluzione sedimentaria del bacino alluvionale Padano.*".

Gli Autori hanno elaborato un modello tridimensionale della struttura interna e dei limiti fisici degli acquiferi Padani lombardi, con l'intento di delimitare gli acquiferi più profondi e maggiormente protetti, di mappare le aree di ricarica diretta degli acquiferi, e di fornire uno strumento utilizzabile per il calcolo dei bilanci delle risorse idriche sotterranee.

Gli stessi hanno ritenuto di individuare nella successione sedimentaria lombarda plio-pleistocenica alcune **unità idrostratigrafiche di rango superiore** denominandole **GRUPPI** acquiferi A, B, C, D, costituite da complessi di strati con geometrie e caratteri petrofisici variabili, ma deposti in ambienti sedimentari contigui ed in continuità di sedimentazione, **definiti a tetto e a letto da barriere impermeabili o semipermeabili di estensione regionale**. Conseguentemente i flussi idrici sono prevalentemente paralleli ai limiti dell'unità, ad eccezione delle aree di ricarica diretta, e il livello piezometrico misurabile negli acquiferi presenti in ogni Gruppo è distinto e indipendente da quello degli acquiferi contenuti in altri gruppi in corrispondenza di una medesima verticale. All'interno dei gruppi è possibile distinguere localmente "*complessi acquiferi*" formati da Sistemi Acquiferi, ossia da corpi geologici formati da prevalenti depositi poroso-permeabili, separati da barriere di permeabilità locali (Sistemi Acquitardi), ossia da corpi geologici formati da prevalenti depositi fini scarsamente permeabili.

In estrema sintesi, dal punto di vista stratigrafico i gruppi rappresentano uno o più cicli sedimentari compresi tra due fasi trasgressive principali, cioè da fasi di avanzamento del mare sul continente che apporta argille marine e sedimenti continentali fini di chiusura del ciclo, mentre per effetto di oscillazioni climatico-eustatiche si producono Sequenze Deposizionali Elementari che costituiscono cicliche alternanze di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente

[27] Regione Lombardia, ENI Divisione Agip,2002. ***Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin***. S.EL.CA.(Firenze). Scala originale 1:250.000.

grossolana con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine. Le relazioni stratigrafiche dei Gruppi con le altre unità stabilite in letteratura, è riassunto nel seguente schema:

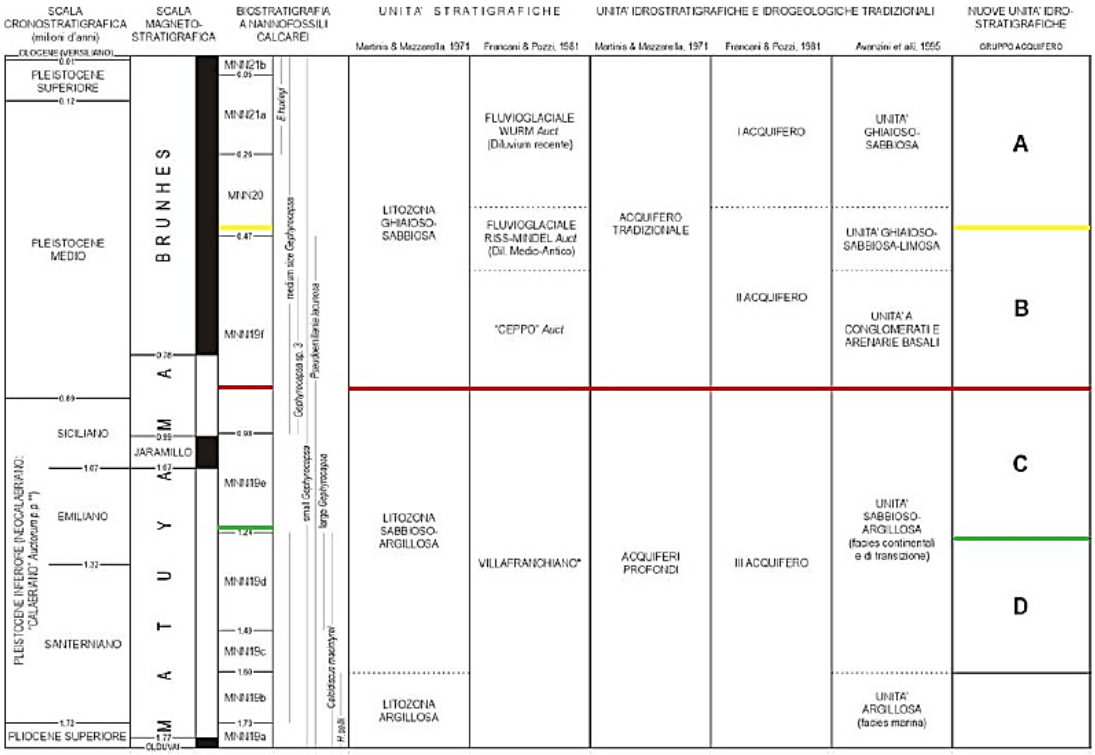


Figura 38: schema dei rapporti stratigrafici aggiornato al 2005 a seguito di nuove analisi su sondaggi eseguiti nel 2004 e 2005 ([27]). La linea rossa indica il passaggio dai depositi di transizione a quelli continentali.

Di seguito si fornisce una sintetica descrizione della sedimentologia dei gruppi acquiferi a partire dalla superficie topografica, la cui rappresentazione planimetrica è data nelle due figure relative ad ogni gruppo, che descrivono l'andamento delle **isobate** del limite inferiore di ogni gruppo (quota riferita al livello mare), e lo **spessore cumulativo** degli intervalli poroso permeabili presenti nel gruppo stesso, parametro che dà indicazione sulle potenzialità delle riserve d'acqua dolce disponibili, a prescindere dagli aspetti connessi alla ricarica.

A tali notazioni si aggiunge, nelle immagini a sinistra, con le linee rosse continue, la misura delle isopache dei singoli gruppi, cioè del loro spessore complessivo. Le tavole, quindi, descrivono la profondità di esplorazione necessaria per la ricerca d'acqua in acquiferi distinti.

Gruppo acquifero A: Il gruppo occupa la posizione stratigrafica più elevata e comprende le litologie più grossolane presenti nelle successioni considerate. I caratteri sedimentologici dei depositi paiono connessi a sistemi fluviali ad alta energia conseguenti al deterioramento climatico dei cicli glaciali pleistocenici. Si denota una chiara variazione graduale di facies da nord verso sud, con aumento delle litologie sabbiose a scapito di quelle ghiaiose e la comparsa nelle posizioni distali di intercalazioni decimetriche di argilla ed argilla siltosa che determinano confinamenti locali della falda.

La **profondità del limite basale** di tale gruppo a Ricengo è collocata dagli Autori a circa **10 a sud a 20 m s.l.m. a nord** (circa -70 m dalla superficie topografica) e con riferimento a tale schema si deve osservare che i **pozzi dell'acquedotto e tutti i pozzi privati presentano filtri nel solo gruppo A (Tav. 2b).** In conseguenza di ciò il grado di separazione della porzione di acquifero captato con i filtri dei pozzi pubblici può definirsi di carattere locale.

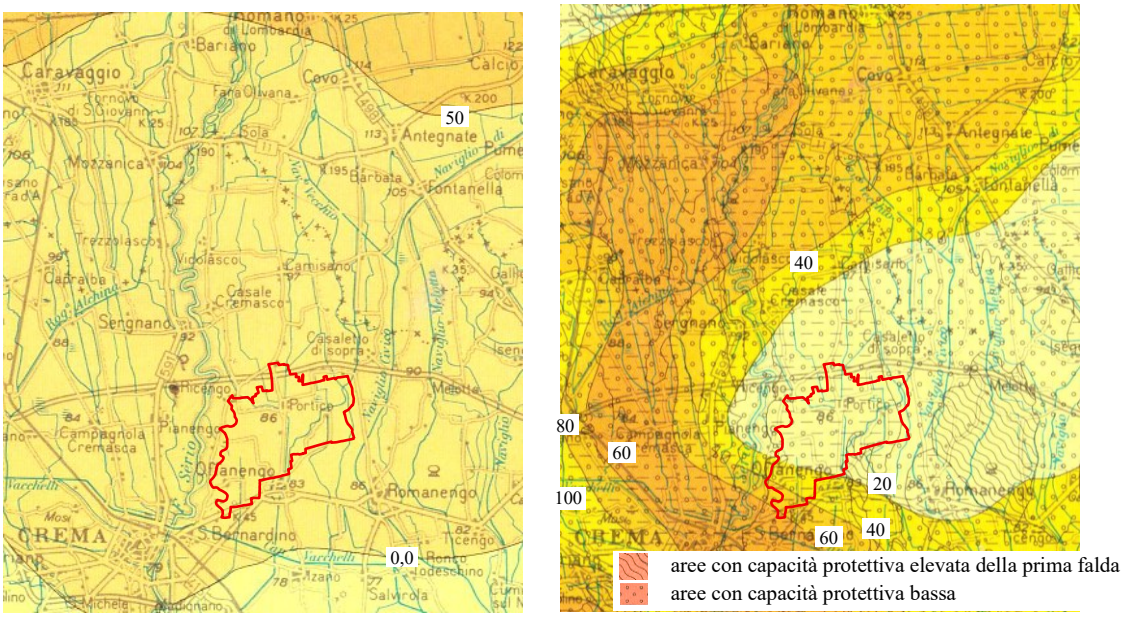


Figura 39: profondità del limite basale s.l.m. e spessore cumulativo dei depositi poroso-permeabili del gruppo A. Scala 1:250.000

Lo spessore dei depositi poroso-permeabili si può stimare prossimo ai 20 m in tutto il territorio comunale.

Gruppo acquifero B: Il gruppo presenta forti analogie con il sovrastante gruppo A. L'ambiente di sedimentazione è esclusivamente continentale, con sistemi di deposizione di piana alluvionale dominata da sistemi fluviali a canali intrecciati (braided) ad alta energia. Si ritiene che l'instaurarsi di tale ambiente vada posto in relazione al rapido deterioramento del clima connesso alle fasi glaciali pleistoceniche. La successione sedimentaria mostra un generale aumento verso l'alto della granulometria dei sedimenti ed è suddivisibile in due cicli di circa 20 m di spessore a gradazione normale (diminuzione della granulometria verso l'alto). Il ciclo inferiore è rappresentato in prevalenza da sabbie da fini a grossolane grigie e grigio giallastre, in strati da sottili a molto spessi (da 3-10 a > 100 cm), con intercalazioni subordinate di argilla siltosa verde e presenza di frustoli e tronchi. Il ciclo superiore è caratterizzato da granulometrie più grossolane, con chiara prevalenza delle ghiaie nelle aree più prossime a quelle alpine di alimentazione, e di sabbie in quelle più meridionali.

Nel territorio di Ricengo la base del Gruppo B è a circa 0 m s.l.m. all'estremità sud e si abbassa fino a -50 m s.l.m. all'estremità NE. Le linee rosse continue nella figura indicano lo spessore totale dei depositi del gruppo B saturo di acqua dolce, che pare essere prossimo ai 50 metri in tutto il territorio comunale. Lo spessore totale dei depositi poroso permeabili circa pari a quello del gruppo A, prossimo ai 20 m.

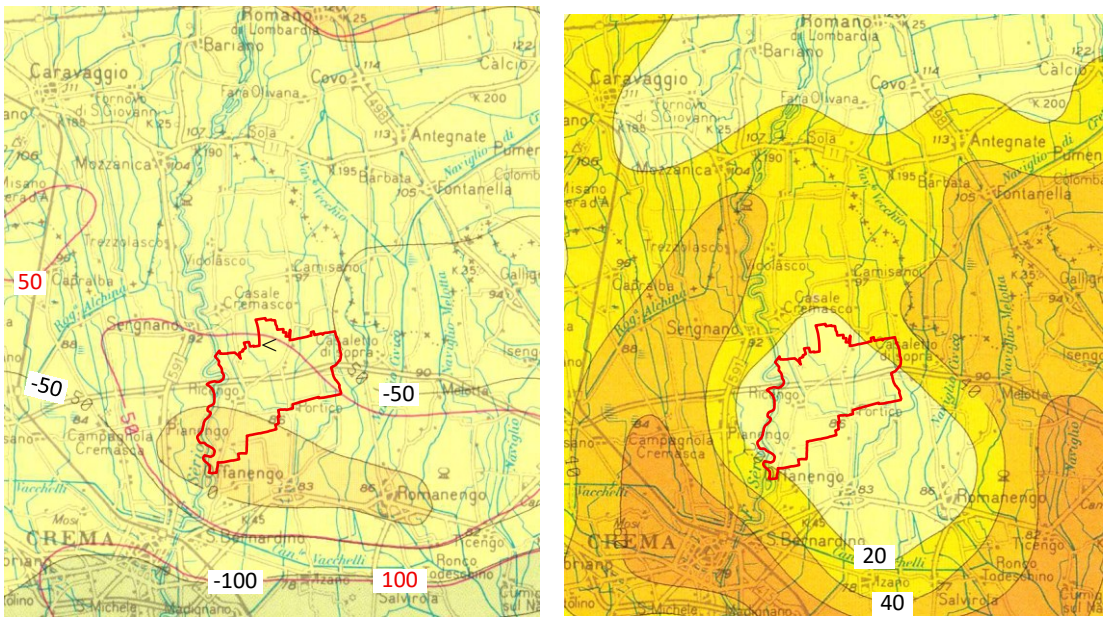


Figura 40 : le linee nere indicano la profondità del limite basale dal livello mare del gruppo B. Le linee rosse continue indicano lo spessore totale dei depositi. A destra è indicato lo spessore cumulativo dei depositi poroso-permeabili del gruppo B.

Gruppo acquifero C: l'unità presenta notevole varietà sedimentaria, dovuta ad alternanze di depositi marini di piattaforma silicoclastica, depositi di transizione deltizi e litorali, depositi continentali di pianura alluvionale con sistemi fluviali a meandri. Gli intervalli sabbiosi dei sistemi deltizi e litorali formano serbatoi caratterizzati da significativo spessore (10-30 m), buona continuità laterale e buone caratteristiche di permeabilità e porosità (sabbie fini e medie, classate, prive di intercalazioni argillose). I depositi di piana alluvionale sono rappresentati da alternanze di sabbie grigie di buone caratteristiche idrogeologiche e argille verdi che localmente determinano condizioni di confinamento. Un'importante fase trasgressiva, con deposizione di argille marine, suddivide il gruppo in due distinti acquiferi su un ampio settore lombardo.

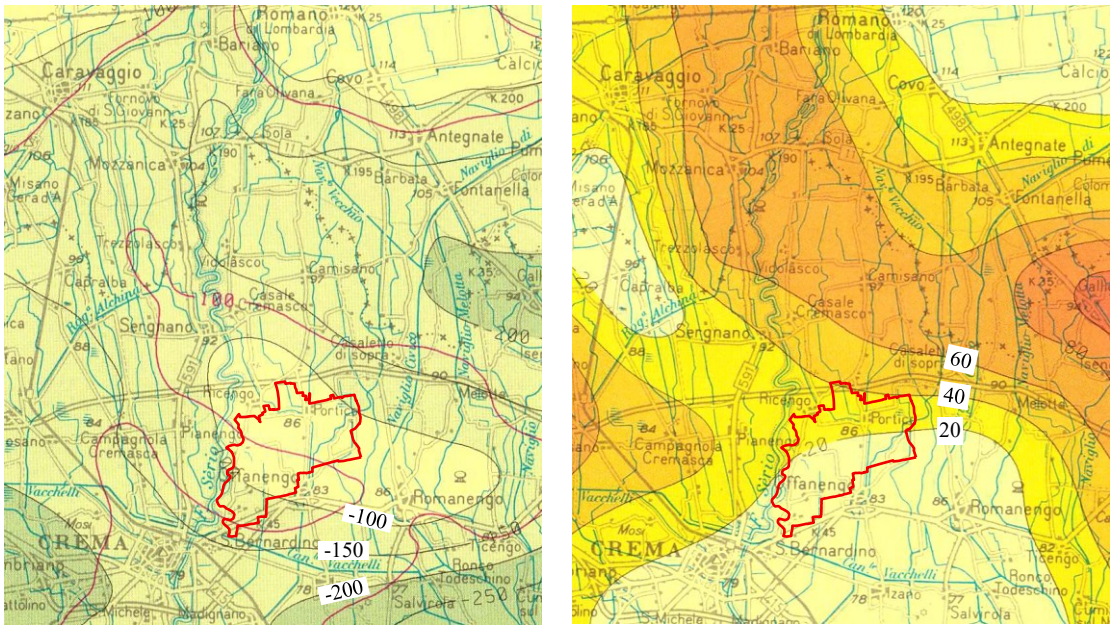


Figura 41: le linee nere indicano la profondità del limite basale sul livello mare, spessore totale saturato di acque dolci (linee rosse continue), a destra lo spessore cumulativo dei depositi poroso-permeabili del gruppo C a Ricengo.

A Ricengo la base del Gruppo C forma una culminazione a circa -100 m s l.m. con aumento delle profondità verso NE e Sud. Lo spessore totale saturato da acque dolci è di 20 metri al centro del territorio e cresce verso nord est.

Gruppo acquifero D: è formato da argilla siltosa e silt con intercalazioni di sabbia fine alla base, sabbia fine e media bioturbata nella parte intermedia e ghiaia alternata a sabbia nella parte alta; sistema deposizionale di delta-conoide progradante da nord verso sud.

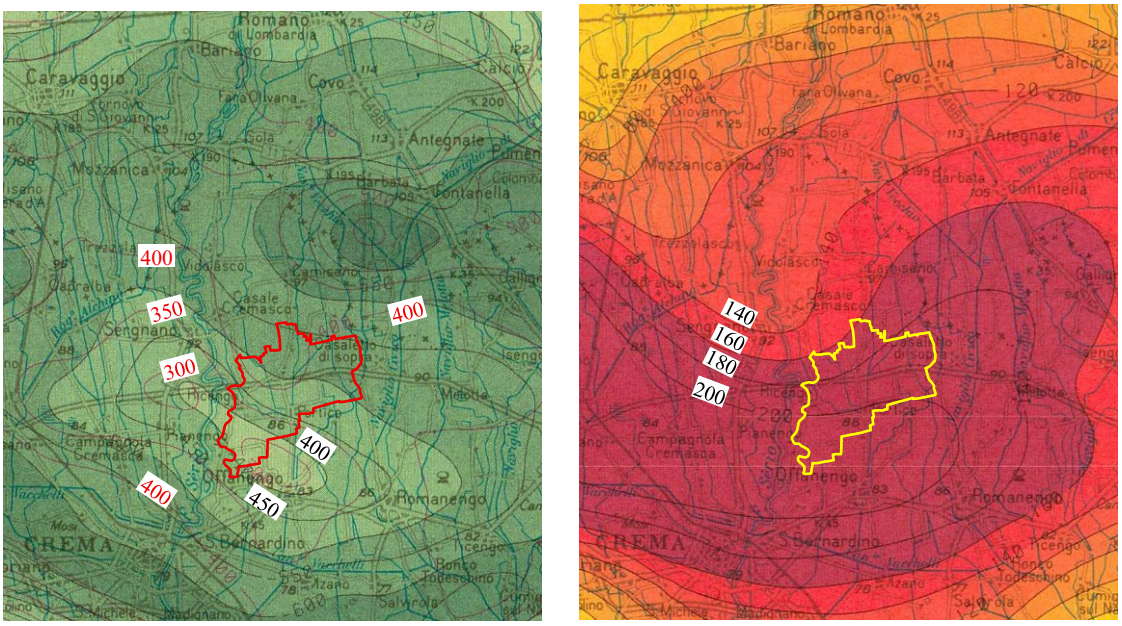


Figura 42: le linee nere indicano la profondità del limite basale dal livello mare, spessore totale saturato di acque dolci (linee rosse continue), a destra lo spessore cumulativo dei depositi poroso-permeabili del gruppo D a Ricengo.

A Ricengo la base del Gruppo D mostra una culminazione nella parte sud ovest del territorio e il suo approfondimento verso nord est e sud ovest fino a Crema. Lo spessore totale saturato da acque dolci è di 300 di metri nella parte sud ovest e cresce verso nord est e sud ovest fino a 400 metri. Lo spessore cumulativo dei depositi poroso permeabili presenta un massimo di circa 200 metri a sud ovest e diminuisce di circa 60 metri a nord.

La struttura sopra descritta è illustrata dalla sezione di Figura 43 passante poco a ovest del fiume Serio, nel tratto da Pianengo e Sergnano, che evidenzia la struttura anticlinalica mostrata nelle planimetrie.

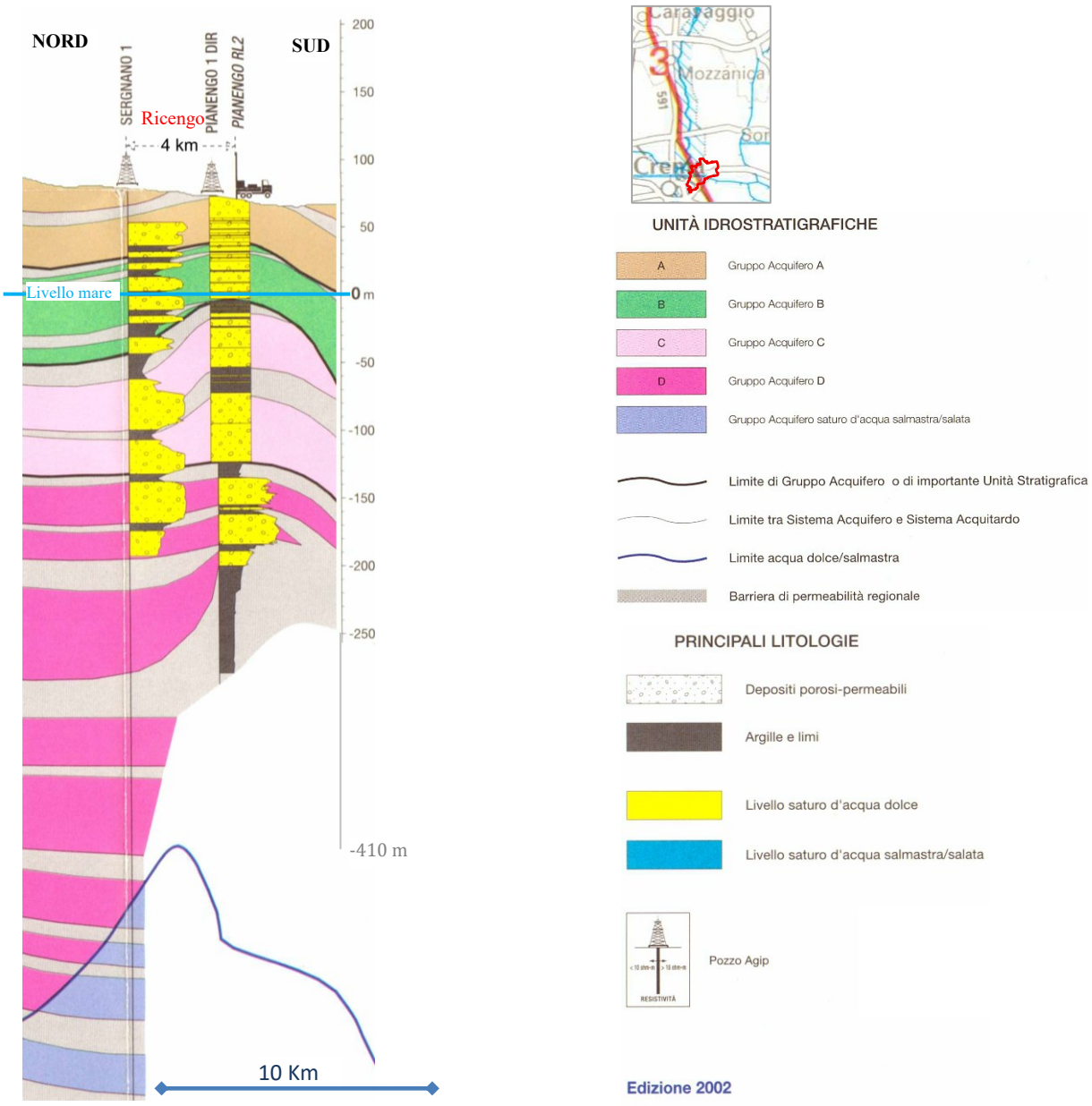


Figura 43 sezione n. 3 N-S. passante poco a ovest del fiume Serio, riferita al tratto a nord di Crema. Sono distinti i gruppi sopra illustrati e indicata la posizione del territorio di Ricengo. Il rapporto di scala (verticale /orizzontale) è 50:1. Scala verticale 1: 5.000, orizzontale 1: 250.000 (esagerazione verticale = 50).

In pratica nel territorio di Ricengo **la ricerca d'acqua** può essere estesa con buone probabilità di successo **fino a profondità di circa 400 m dalla superficie**, dove sussistono anche condizioni di elevata protezione degli acquiferi dai rischi di contaminazioni superficiali. A profondità maggiori tale ricerca deve essere esclusa sia per la possibile presenza di acque salmastre, sia perché i terreni mostrano una minore frequenza di depositi permeabili. La documentazione non entra nel merito delle caratteristiche di qualità delle acque né della velocità di ricarica degli acquiferi, fattori che possono rendere assai problematiche la gestione delle falde.

8.2 CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO RIFERITO NEL PTUA 2006

La prima edizione del piano di Tutela e Uso delle acque della Regione Lombardia (PTUA, marzo 2006), delinea alcuni aspetti tecnici generali, quantitativi e qualitativi, sulle caratteristiche dei bacini idrografici di superficie e sulle acque sotterranee, e definisce numerose prescrizioni immediatamente vincolanti aggiornate con l'edizione del 2016.

L'analisi riferita nello studio interpreta gli acquiferi della pianura lombarda come un monostrato compartimentato, comprendente una falda freatica chiamata "*Superficiale*" (primo acquifero) ed un acquifero semiconfinato sottostante (secondo acquifero). L'insieme di questi due acquiferi forma l'acquifero detto "*Tradizionale*" così definito in quanto storicamente sfruttato dalla maggior parte dei pozzi presenti nella pianura. Lo schema di Figura 44 indica tale acquifero come coincidente con la somma dei gruppi A e B presenti negli elaborati di ENI Regione Lombardia 2002.

La suddivisione tra i due acquiferi non è continua: nella **parte settentrionale della pianura** la superficie di contatto fra i due acquiferi è molto ampia, in quanto i livelli argilloso-limosi che separano gli stessi non hanno grande continuità areale, tanto da poter considerare il sistema come un unico complesso acquifero.

Nella parte meridionale della pianura i livelli argillosi impermeabili s'ispessiscono e si estendono, tanto che nella **media e bassa pianura** è possibile individuare con continuità falde in pressione oltre i 70 - 90 m di profondità, sotto la falda freatica.

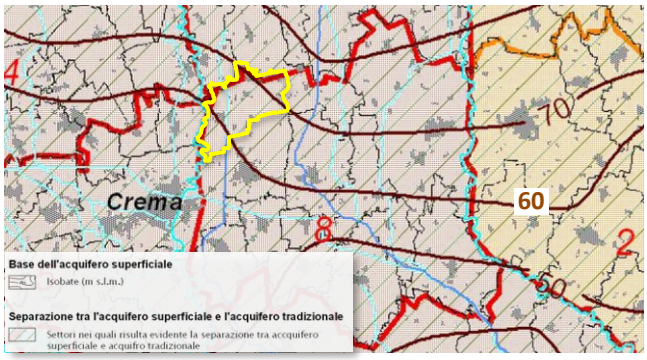


Figura 44: isobate della base dell'acquifero superficiale in m. s.l.m. nel PTUA 2006 tavola 3 *Corpi idrici sotterranei significativi e bacini idrogeologici di pianura* (all. 21).
Il settore 8, dove ricade Ricengo è denominato Romanengo.

L'andamento del substrato delineato in Figura 44 individua una profondità dalla superficie topografica a Ricengo di circa 20 m, ossia una profondità modesta **oltre la quale**, ai sensi dell'articolo 12 e dell'articolo 18 delle NTA (art 9 e art. 36 delle NTC 2016), **il prelievo di acqua mediante pozzi deve essere effettuato esclusivamente dietro verifica della indisponibilità delle fonti alternative, comportando inoltre, ai sensi dell'art. 96 del D. l.g.s 152/2006 e dell'art. 14 del Regolamento regionale n. 2 del 24 marzo 2006, un onere di concessione triplicato. Le stime dello spessore del primo acquifero sono state ampiamente modificate con l'edizione 2016 del PTUA al quale di seguito si farà riferimento, ma permane la necessità della verifica sopra descritta e dei conseguenti oneri in caso di utilizzo per scopi non potabili delle acque sotterranee.**

Gli autori per valutare le condizioni di bilancio idrogeologico degli acquiferi del bacino Adda-Olio hanno suddiviso la superficie in numerosi settori, tra i quali il **n. 8 "Romanengo" che comprende il territorio di Ricengo.**

Le classi definite dal D.Lgs. 152/1999 implicano la determinazione dell'equilibrio idrogeologico, inteso come sfruttamento della risorsa non solo in termini di prelievi/ricariche, ma anche di tendenza piezometrica. Secondo tale classificazione, la sostenibilità idrica è strettamente correlata all'impatto antropico: a un impatto antropico nullo corrisponde sostenibilità su lungo periodo così come un impatto antropico significativo ha una notevole incidenza sulla disponibilità della risorsa idrica. Tale corrispondenza non è sempre verificata: non è detto che a situazioni di squilibrio tra prelievi e ricariche, per esempio per eccesso di prelievi rispetto alle ricariche, corrisponda la non sostenibilità della risorsa idrica, ossia una diminuzione del livello di falda rispetto a quello di riferimento.

Allo scopo di verificare la sostenibilità della risorsa idrica e di pianificare gli interventi, sono stati considerati i risultati ottenuti dalla classificazione del livello piezometrico attuale rispetto a quello di riferimento e i parametri indicativi della

tendenza piezometrica. Come riferimento è stato considerato il livello del 1982, anno per il quale si dispone di una carta piezometrica a scala regionale, con isolinee ogni 10 metri.

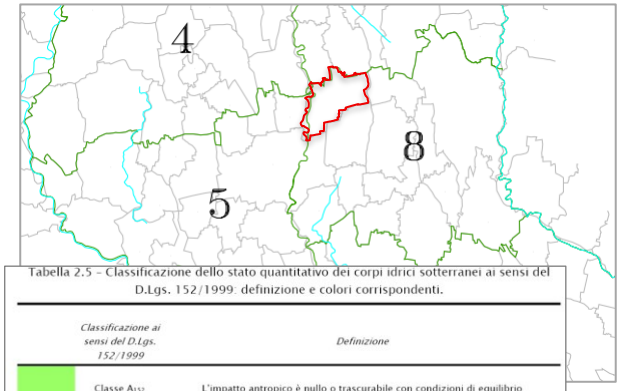


Tabella 2.5 - Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei ai sensi del D.Lgs. 152/1999: definizione e colori corrispondenti.

Classificazione ai sensi del D.Lgs. 152/1999	Definizione
Classe A_{152}	L'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni di acqua o Alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo.
Classe B_{152}	L'impatto antropico è ridotto, vi sono moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico, senza che tuttavia ciò produca una condizione di sovrasfruttamento, consentendo un uso della risorsa sostenibile sul lungo periodo.
Classe C_{152}	Impatto antropico significativo con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa evidenziata da rilevanti modificazioni agli indicatori generali sopraesposti. (1)
Classe D_{152}	Impatto antropico nullo o trascurabile, ma con presenza di complessi idrogeologici con intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica.

(1) Nella valutazione quantitativa bisogna tener conto anche degli eventuali suplus incompatibili con la presenza di importanti strutture sotterranee preesistenti

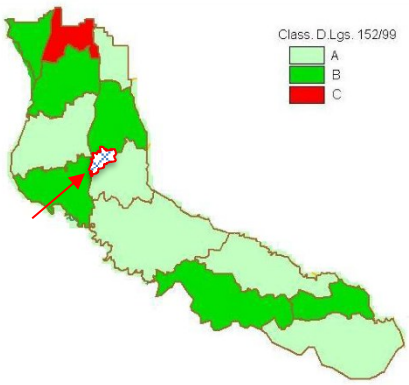


Figura 45: Ubicazione e classe del settore 8 del Bacino Adda-Oglio
Classificazione dello stato quantitativo per il Bacino Adda-Oglio
Da allegato 3 alla Relazione generale - *Classificazione stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura,* marzo 2006.

La descrizione e i **principali risultati della modellazione matematica** del flusso idrico sotterraneo e del bilancio del **settore 8** sono commentati dagli autori come segue: la struttura idrogeologica è caratterizzata da due acquiferi, l'acquifero tradizionale e quello superficiale, separati da un acquitardo tra 80 e 50 m s.l.m. La **trasmissività media** è di **3 10^{-3} m^2/s.**

In questo settore il prelievo medio per unità di superficie risulta essere di **0,86 l/s per km^2**. Il rapporto tra prelievi e ricarica risulta di **0,32** corrispondente a una **classe quantitativa A.** Si riscontra un **generale abbassamento** ad esclusione di una zona orientale dove si sono avuti innalzamenti della falda, probabilmente dovuti a una riduzione dei prelievi che costituiscono oggi circa il 24% del bilancio idrico generale del settore contro il 40% del '96. Buona parte delle uscite sono costituite anche dalla **presenza di fontanili**, i quali rappresentano invece circa il 26% del deflusso totale.

Il documento prosegue con: **Appendice 1** - schede sintetiche dei bacini idrogeologici di pianura e **relativi settori: n. 8**

Elementi del bilancio idrico:		
Prelievo medio areale		0,86 l/s·km²
Entrate:		
Afflusso della falda da monte Settore n. 7		0,16 (m^3/s)
Infiltrazione (piogge efficaci + irrigazioni)		0,49 (m^3/s)
TOTALE		**0,65** (m^3/s)
Uscite:		
Deflusso della falda verso valle	Settore 9	0,25 (m^3/s)
Drenaggio del fiume Oglio		0,07 (m^3/s)
Prelievi da pozzo		0,16 (m^3/s)
Fontanili		0,17 (m^3/s)
TOTALE		**0,65** (m^3/s)
Classe Quantitativa:		**A**

(Prelievi/Ricarica = 0,32) **Situazione attuale di compatibilità fra disponibilità e uso della risorsa: Uso sostenibile delle acque sotterranee senza prevedibili sostanziali conseguenze negative nel breve-medio periodo.**

Lo stato qualitativo delle acque sotterranee è riferito in sintesi da quanto indicato nella Figura 46, dove il territorio di Ricengo e delle aree limitrofe è collocato nella **classe 0** a causa della presenza di sostanze indesiderate di origine naturale presenti nell'acquifero.

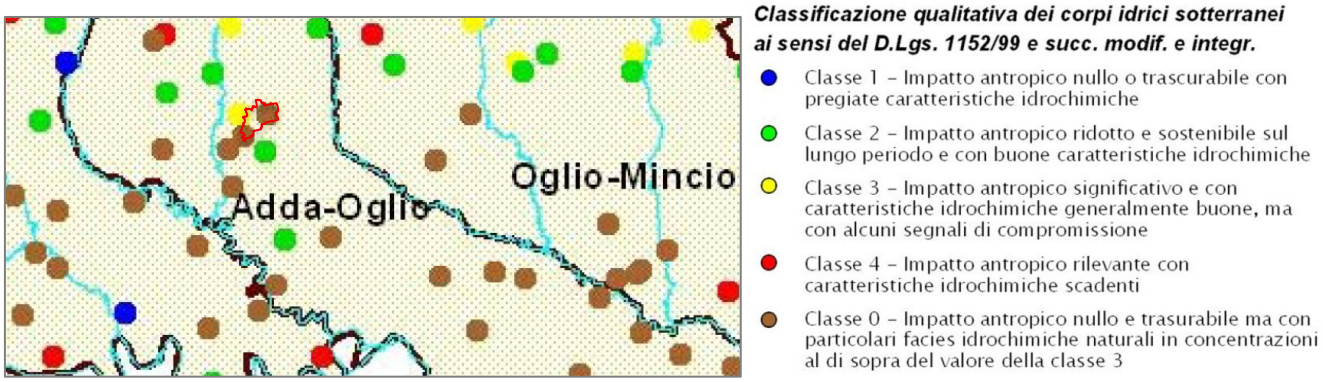


Figura 46: da allegato 34 - Allegato 12 alla Relazione Generale PTUA, marzo 2006: *monitoraggio qualitativo e classificazione delle acque superficiali e sotterranee* - Figura 8.5: Classificazione qualitativa delle acque sotterranee (pagina 102 del testo).

Si specifica inoltre che il comune di Ricengo **rientra tra le zone designate come Zona Vulnerabile ai Nitrati** (ZVN) **di origine agricola ai sensi del D.lgs 152/2006**. Su tutta la superficie comunale vi è quindi **l'obbligo da parte delle aziende agricole operanti di adeguarsi** alle prescrizioni, ai criteri ed alle procedure indicate nella **D.g.r. 30 aprile 2025 - n. XII/4284** "*Aggiornamento del programma d'azione regionale per la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone vulnerabili ai sensi della Direttiva nitrati 91/676/CEE – 2024-2027*". Pubblicata nella Serie Ordinaria n. 19 - Martedì 06 maggio 2025.

Per le informazioni complete consultare https://www.regione.lombardia.it/agricoltura/direttiva-nitrati/normativa-nitrati-in-regione-lombardia, in particolare **l'allegato A del regolamento** che contiene i dettagli amministrativi e tecnici da applicare con divieti temporali di distribuzione, le coperture dei suoli (Cover crops) (non previsto per Ricengo), i limiti di azoto e fertilizzazione, le modalità di stoccaggio e le tecniche di distribuzione.

8.3 AGGIORNAMENTO CON GLI ELABORATI PTUA 2016

La **Direttiva 2000/60/CE** "*Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque*" (direttiva quadro acque – DQA) stabilisce che la tutela delle acque sia affrontata a livello di "bacino idrografico" e individua nel **Piano di Gestione di distretto** lo strumento attraverso cui gli Stati devono applicarne i contenuti. Seguendo tali indirizzi, nel dicembre 2015 è stato pubblicato l'aggiornamento del **Piano di Gestione del distretto idrografico del Po** (PdGPo 2015), che recepisce anche i criteri della Direttiva 2006/118/CE "*sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento*".

La pubblicazione con delibera regionale n. 6990 del 31 luglio 2017 (BURL Serie Ordinaria n. 36 - lunedì 04 settembre 2017) della prima revisione del PTUA (Programma di Tutela e Uso delle Acque, 2016) della Regione Lombardia **si configura come una specificazione a scala regionale di quanto previsto dal PdGPo**.

Il documento ha modificato molti aspetti del precedente piano del 2006, mediante un "*approfondimento conoscitivo effettuato durante il 2014 e che ha portato a rivedere l'identificazione dei corpi idrici rispetto alle precedenti pianificazioni*". …"*La procedura di identificazione dei corpi idrici sotterranei prevede un approccio "gerarchico" che parte dall'identificazione dei Complessi Idrogeologici e attraverso ulteriori suddivisioni porta ad identificare i sub-complessi idrogeologici* (Figura 47)

e le tipologie di acquiferi, per poi individuare gli acquiferi sulla base di considerazioni di natura idrogeologica ed in particolare sulla base dei flussi significativi e dei quantitativi significativi".

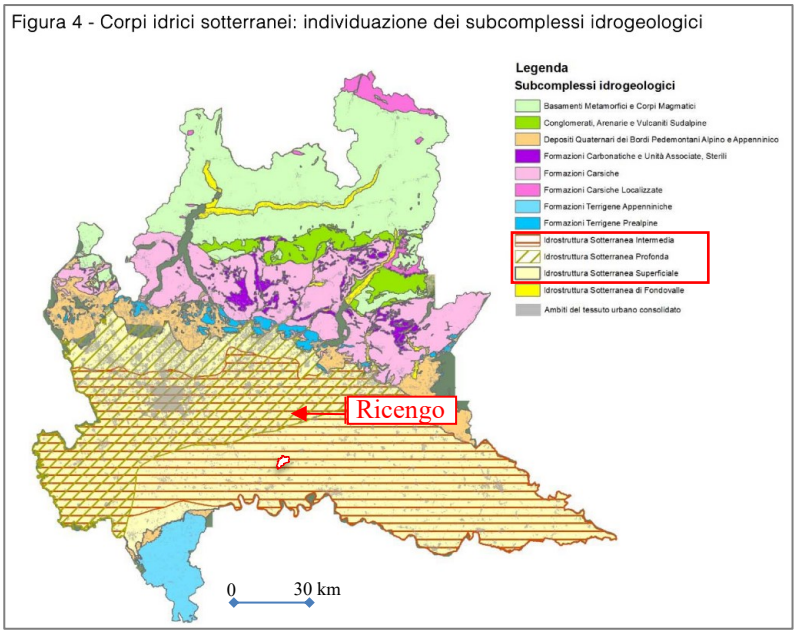
L'elaborazione è stata attuata attraverso la predisposizione di sezioni idrogeologiche longitudinali e trasversali, che hanno consentito l'identificazione delle basi degli acquiferi freatici e delle idrostrutture profonde. L'analisi delle piezometrie storiche e di nuova elaborazione ha permesso l'identificazione dei principali spartiacque sotterranei e delle principali direzioni di flusso. Lo scopo è stato quello di giungere alla definizione di un modello concettuale, che rappresenta la "*una schematizzazione idrogeologica semplificata del sottosuolo e una prima parametrizzazione degli acquifer*i". Gli studi che riguardano la pianura commissionati da Regione Lombardia sono:

1. *Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei (cod. TER13016/001),* realizzato da Éupolis Lombardia nel febbraio 2015 in collaborazione con Studio Idrogeotecnico Applicato Sas e Idrogea Servizi Srl;
2. *Nuova regolamentazione punti di captazione di acqua destinata al consumo umano (cod. TER15011/003),* realizzato da Éupolis Lombardia nel 2016 in collaborazione con Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio".

Il primo degli studi citati è disponibile solo come SINTESI presso il sito Studi e Documenti (polis.lombardia.it), mentre il secondo non è apparso consultabile né nel sito della regione né in quello di Polis Lombardia e quindi le valutazioni di dettaglio operate non sono utilizzabili (verificato febbraio 2026). Le ragioni di tale scelta non paiono comprensibili perché rendono inutilmente incerto l'adeguamento dei progetti alle disposizioni regionali. L'esito degli studi sopra citati, riassunti nell'elaborato 2 della Relazione Generale e "*caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei*", individuano nell'ambito dei dati idrogeologici dei depositi quaternari tre idrostrutture principali rappresentate in Figura 47 di seguito elencate:

- **ISS** (*Idrostruttura Sotterranea Superficiale*), sede dell'acquifero libero, comprendente i Gruppi Acquiferi A e B ([28]) nei settori di alta pianura Lombarda, e la porzione superiore del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A1) nella media e bassa pianura.
- **ISI** (*idrostruttura Sotterranea Intermedia*), sede di acquiferi da semiconfinati a confinati, comprende la porzione profonda del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A2) e il Gruppo Acquifero B presente nella media e bassa pianura.
- **ISP** (*idrostruttura sotterranea profonda*), sede di acquiferi confinati, comprende il Gruppo Acquifero C nei settori di alta e media pianura in cui esso è conosciuto tramite indagini dirette e captato.

[28] I Gruppi acquiferi sono una suddivisione operata nel documento di Regione Lombardia, ENI Divisione AGIP (2002*) Geologia degli acquiferi padani …* riferito in sintesi nel § 8.1.



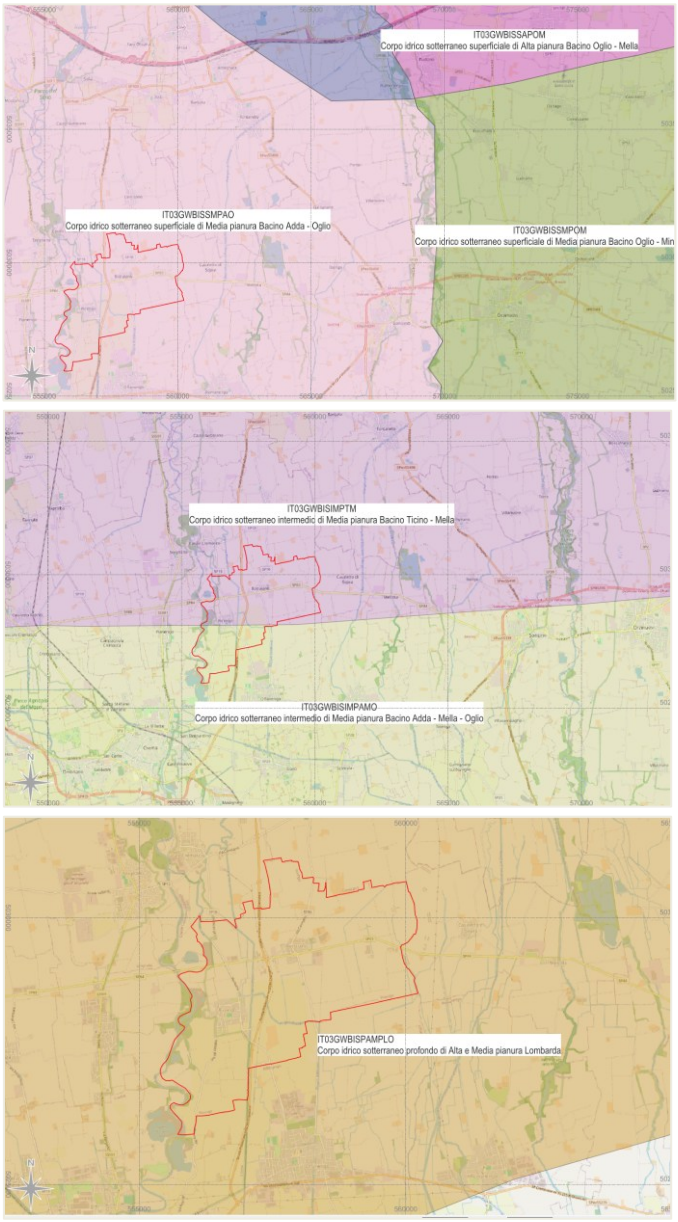


Figura 47: in alto individuazione delle idrostrutture e dei subcomplessi idrogeologici indicati nella Relazione Generale del PTUA 2016. A destra sono riferiti in dettaglio i subcomplessi individuati a Ricengo.

La figura in alto colloca il territorio comunale nell'**Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS)** formata dal subcomplesso **IT03GWBISSMPAO,** *Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Adda – Oglio* e che si estende fino al fiume Oglio.

Il subcomplesso superficiale si sovrappone sulle più profonde **Idrostrutture Sotterranee Intermedie (ISI)** che a Ricengo sono formate dal subcomplesso **IT03GWBISIMPTM** descritto come *Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino – Mella* che si estende nella parte nord del territorio occupando poco più della metà dell'intera superficie, e a sud dal subcomplesso **IT03GWBISIMPAMO** descritto come *Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Adda - Mella – Oglio* che occupa la porzione meridionale dell'intera superficie.

Questi subcomplessi a loro volta si soprappongono al subcomplesso **IT03GWBISPAMPLO,** *Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombarda* che si estende dal limite settentrionale dalla pianura (da Malpensa a Cantù, Bergamo e Brescia), fino ad una linea virtuale ENE - WSW passante pochi chilometri a sud del territorio di Ricengo.

La Figura 47 evidenzia che nell'area comunale sono riconosciute presenti sia le idrostrutture **ISS** e **ISI** che l'idrostruttura profonda **ISP**, rappresentato dalle righe oblique nella planimetria in alto a sinistra.

Occorre ricordare che alla scala della documentazione disponibile (da 1: 100.000 per le sezioni a 1: 300.000 per le planimetrie), 1 cm in carta corrisponde a 1 o 3 Km sul territorio e che di conseguenza i limiti ai quali si fa riferimento, in particolare trattandosi di parametri del sottosuolo, sono da considerare con avvedutezza. Il fatto di impiegare informazioni digitali con precisioni elevate può condurre a valutazioni molto fuorvianti rispetto al fenomeno che si intende descrivere.

L'**ISS** è l'idrostruttura che nella media pianura lombarda interessa le prime decine di metri dalla superficie, da 20 a 70 metri circa nel territorio cremonese, ed è costituita da uno o più corpi acquiferi caratterizzati da permeabilità da alta a media, sede dell'acquifero libero, localmente semiconfinato, i cui limiti coincidono con:

- la superficie topografica (top);
- la superficie di separazione dal sottostante ISI alla base;
- i confini delle idrostrutture di pianura.

L'**ISS** è il subcomplesso maggiormente vulnerabile da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, essendo posto in diretta comunicazione con la superficie topografica e con i corsi d'acqua superficiali che localmente ne riducono lo spessore complessivo. L'idrostruttura costituisce un serbatoio attraverso cui i sottostanti subcomplessi (ISI e ISP) sono ricaricati e scaricati e l'andamento della superficie di base si trova nel cremonese a quote comprese tra +50 m s.l.m. al confine con la provincia bergamasca e -50 m s.l.m. presso il confine con quella di Mantova.

A Ricengo la base dell'unità è posta a **poco meno di 50 m s.l.m.,** come riportato con le **isoipse marroni** in Figura 48 che illustra gli shape file PTUA 2016. Interpolando con il plugin TIN di Qgis i dati delle isoipse dell'ISS si ottiene che al confine nord ovest la quota assoluta è di circa **47 m. s.l.m**., diminuendo a **40 m. s.l.m.** all'estremità SE. La medesima figura riporta le **isobate** dell'**ISI** (**rosa**), dalle quali si possono stimare **-42 m s.l.m**. al confine nord di Ricengo e **-67 m s.l.m**. a sud.

L'idrostruttura Sotterranea Superficiale è suddivisa nel territorio regionale in 13 singoli Corpi Idrici e nella descrizione dell'area, contenuta **nell'elaborato 2 al PTUA 2016 al § 4.1.1.7**, gli autori specificano che: *"L'idrostruttura* [Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Adda – Oglio **IT03GWBISSMPAO**] *si sviluppa in seno al gruppo acquifero A1 con caratteristiche di falda libera nella parte settentrionale del corpo idrico e da semiconfinata a localmente confinata procedendo verso S. I depositi che ospitano la struttura sono costituiti da:* ***ghiaie e ghiaie sabbiose con locali orizzonti conglomeratici nel settore N****; sabbie e sabbie ghiaiose localmente limose con intercalazioni limoso-argillose via via più frequenti e spesse verso S.*

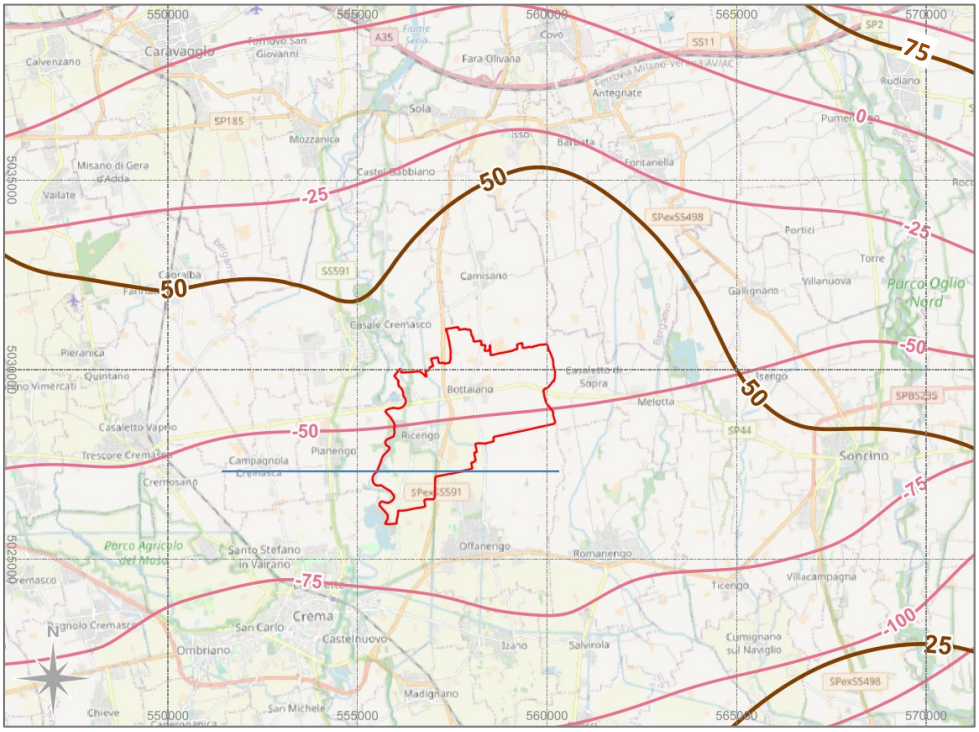


Figura 48: quota s.l.m. della base dell'**ISS** (**in marrone**) e dell'**ISI** (**in rosa**) tratta dagli shape file PTUA 2016 del Geoportale Regione Lombardia. Scala 1: 200.000.

La base del corpo idrico dell'ISS di Media Pianura Adda - Oglio, collocata tra le quote di 60 m e 10 m s.l.m., è separata dalla sottostante idrostruttura intermedia dagli orizzonti impermeabili al tetto dell'unità A2, presenti con buona continuità nel territorio in esame. Lo spessore dell'unità varia da 50-55 m a nord, in corrispondenza del passaggio all'Alta Pianura, a

25-30 m a SW e S, in corrispondenza della piana alluvionale del Fiume Adda e al passaggio all'ambito di Bassa Pianura del Fiume Po. L'idrostruttura appare localmente in comunicazione idraulica con la sottostante idrostruttura intermedia per l'interruzione di continuità degli orizzonti argillosi di separazione, contribuendo alla ricarica degli acquiferi profondi.

*L'acquifero è inoltre in rapporto di alimentazione con i principali corsi d'acqua (Fiume Adda, Fiume Oglio, Fiume Serio) e in corrispondenza della porzione più settentrionale dell'unità (fascia dei fontanili). La morfologia della superficie piezometrica indica la presenza di 3 assi di drenaggio in corrispondenza del Fiume Adda, Fiume Serio e Fiume Oglio e di **uno spartiacque idrogeologico posto tra Serio e Oglio in corrispondenza del Naviglio Pallavicini**.*

Alla latitudine di Ricengo lo spartiacque è circa interposto tra il Naviglio Civico Cremona e il Naviglio della Melotta (Figura 49 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), 2,5 Km a est del confine orientale del Comune.

8.3.1 Rappresentazione della falda freatica e di quella profonda

In Figura 49 è riportato lo stralcio della figura 29 dell'elaborato 2 al PTUA 2016 e descrive in blu e azzurro la piezometria rilevata a maggio 2014 nel corpo idrico sotterraneo superficiale IT03GWB**ISS**MPAO, in viola i principali spartiacque sotterranei e in rosso i confini del corpo idrico.

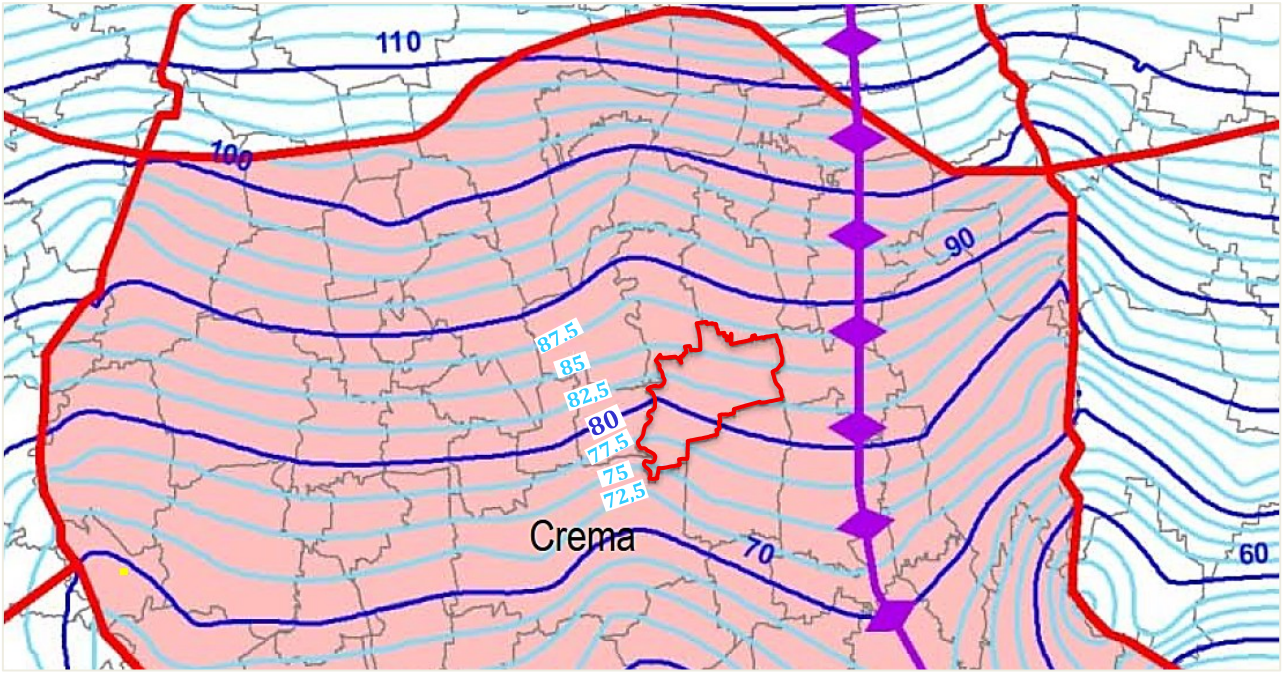


Figura 49: stralcio della figura 29 dell'elaborato 2 al PTUA 2016, riprodotto in scala 1: 250.000. Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Bacino Adda – Oglio (in **viola** i principali spartiacque sotterranei; in **blu** e **azzurro** la piezometria del maggio 2014; in rosso i confini dei corpi idrici dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale)

L'elaborato derivato dagli shp file scaricabili dal geoportale di Regione Lombardia in *Piezometrie 2014 degli acquiferi superficiali e profondi* è esposto esposti in dettaglio nella **tavola 2/7** che riporta anche le principali considerazioni derivanti da tali rappresentazioni per l'area di Ricengo, nonché le **conseguenti soggiacenze dal piano campagna** calcolate impiegando le quote topografiche del suolo e delle strade fornite dal Database Geo-Topografico (DBGT) rappresentate nella **tavola 1/7.**

La documentazione scaricata e consultata comprende anche la pubblicazione "*Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei nel Piano di Tutela delle Acque lombardo*" (febbraio 2015) - Polis Lombardia - Codice ricerca TER13016/001.

Nella tavola è mostrato con rappresentazione in scala 1: 50.000, anche l'esito degli analoghi dati forniti con il documento "*Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona*", 2007, citato in precedenza ([2]), i cui rilievi sono descritti dagli autori provenire da misure eseguite da inizio 2001 a fine 2003 e ricostruiscono i principali parametri.

Lo studio individua la base "*dell'acquifero freatico equivalente*" espressa in m s.l.m. e definita dagli autori come "*la superficie di separazione tra la porzione superficiale e quella profonda del sistema acquifero*". Pur appresentando la base del primo acquifero, non vi è una perfetta corrispondenza tra tali quote e quelle della base del corpo idrico sotterraneo superficiale IT03GWB**ISS**MPAO del PTUA 2016.

I documenti del PTUA 2016 non forniscono i particolari quantitativi dei corpi idrici come quelli riportati nel PTUA 2006 in aggiunta alla descrizione generale sopra riferita (si veda il § 8.2 a pag. 66 e seguenti), ma i dati delle isopiezometriche sono stati utilmente impiegati per ottenere un'affidabile stima della soggiacenza riferita in **tavola 2/7.**

Un ultimo aspetto da considerare in merito al comportamento degli acquiferi in base ai dati più recenti riguarda **le escursioni di livello della falda freatica**, **espresse dai dati raccolti da ARPA** nell'ambito degli studi di aggiornamento e monitoraggio previsti dal PTUA, fornite da ARPA Regione Lombardia che effettua misure per lo più mensili dei livelli della falda in numerosi pozzi della Lombardia.

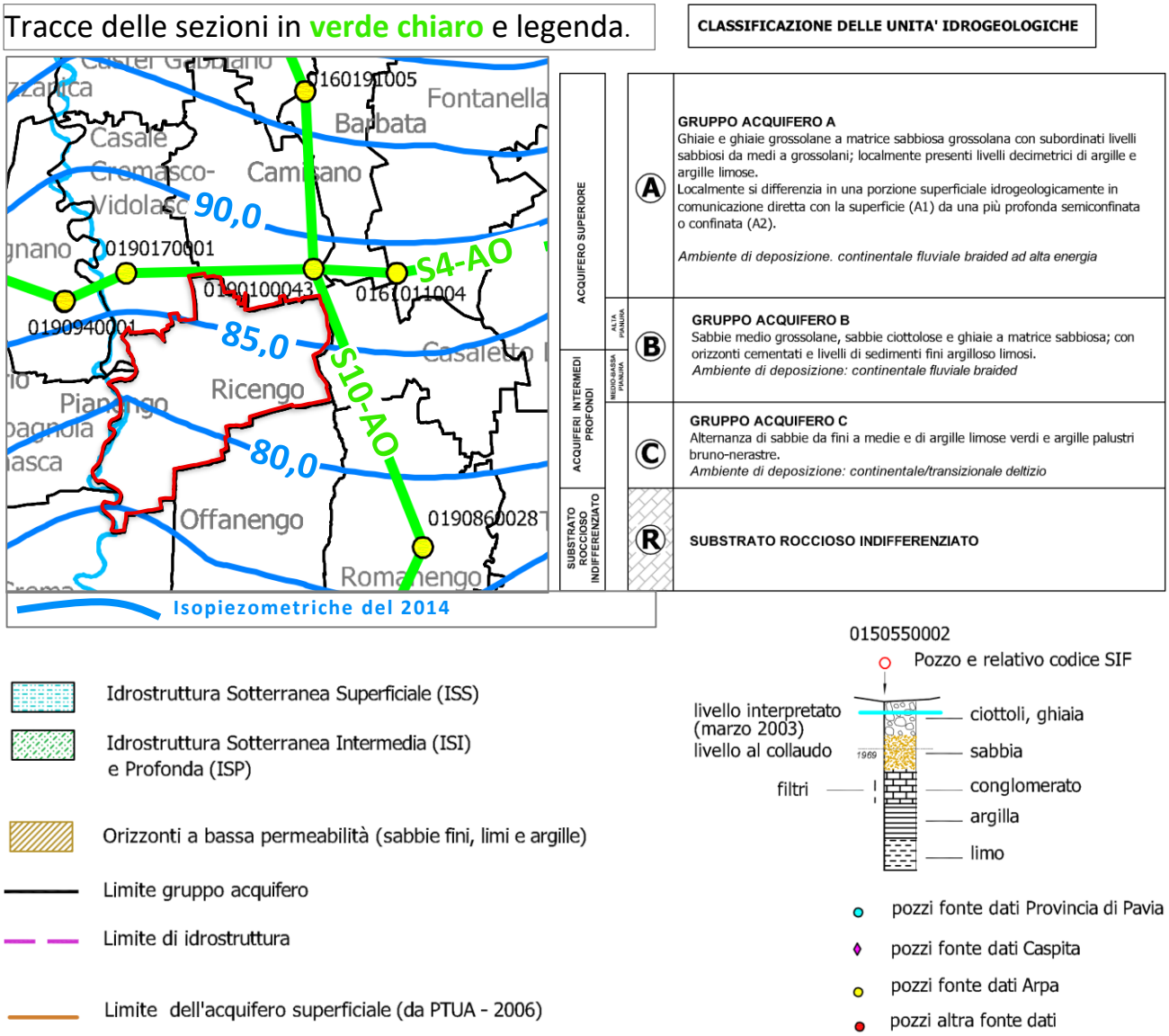
Il grafico riferito al pozzo di **Sergnano** (cod. PO019094NU0944, Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS) IT03GWBISSMPAO) mostrato nella **Tavola 2/7**, che presenta filtri nella **falda freatica**, riporta nei **16 anni** quando sono state eseguite regolarmente misure mensili, dal 2004 al 2019, **oscillazioni annue medie** di **0,78 m** ed un valore di deviazione standard di 0,21 m. L'escursione massima annua è stata di 1,2 m nel 2013. I valori medi, sempre relativi all'intervallo 2004-2019, indicano oscillazioni in **contrasto con quanto comunemente noto** nella pianura, con soggiacenze massime da giugno a settembre e minime nei mesi invernali, con un'escursione massima del valore medio di 0,35 m.

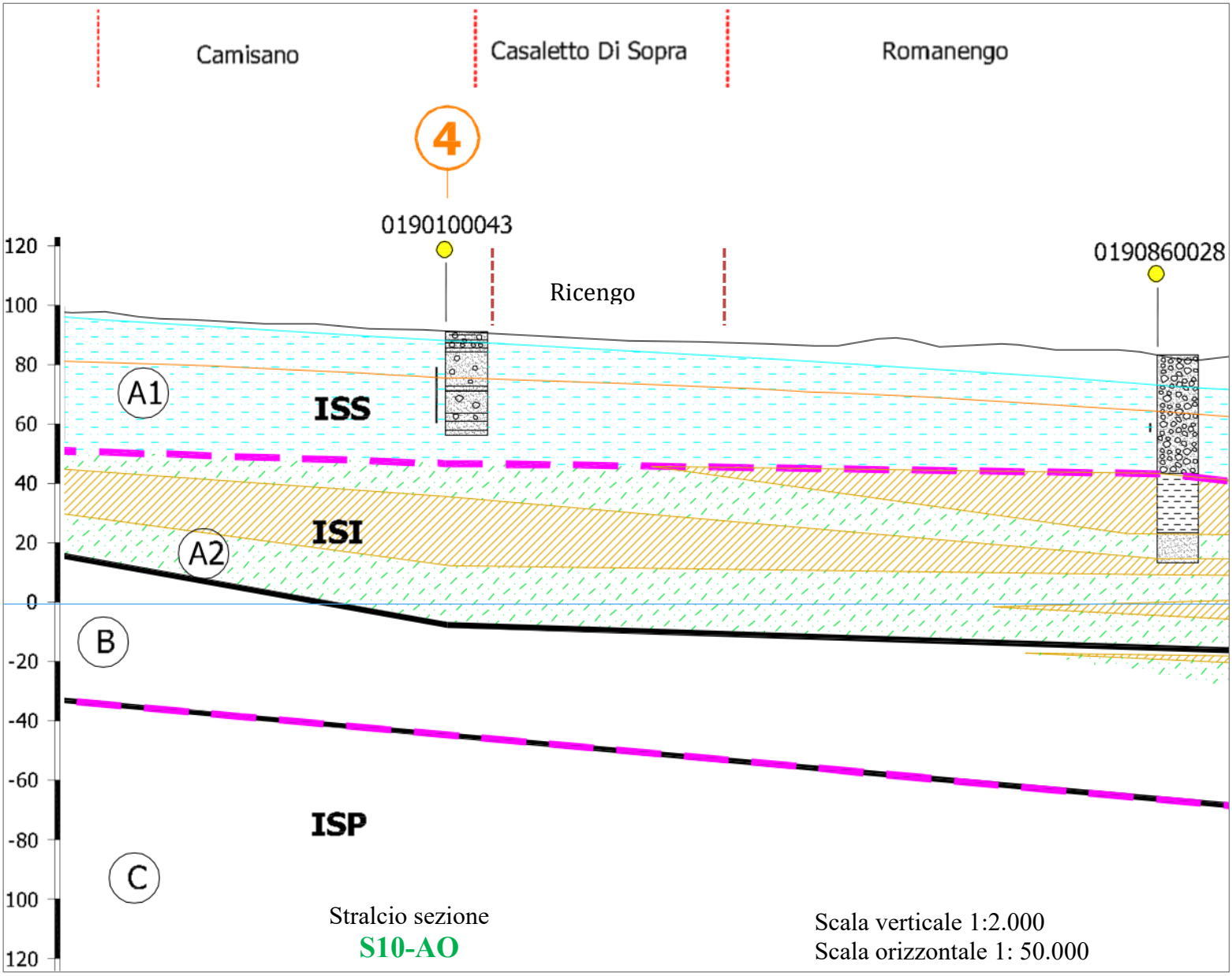
Il grafico riferito al pozzo di **Ricengo** (cod. PO0190790U0001, Idrostruttura Sotterranea intermedia (ISI) GWBISI MPTM) mostrato nella **Tavola 2/7**, che presenta filtri nella **falda ritenuta intermedia**, riporta nei **10 anni** quando sono state eseguite quasi regolarmente misure mensili, dal 2006 al 2014, **oscillazioni annue medie** di **0,91 m** ed un valore di deviazione standard di 0,38 m. L'escursione massima annua rilevata è di 1,54 m nel 2014. I valori medi calcolati in questo caso tenendo conto di tutti i dati disponibili indicano oscillazioni che non paiono interpretabili con le informazioni disponibili, con soggiacenze massime ad aprile e ad agosto e minime nei mesi di luglio e novembre.

L'interpretazione del comportamento dell'acquifero può risultare complessa, dipendendo oltre che da fattori climatici a monte, anche dai fenomeni di drenanza tra gli acquiferi e di ricarica da parte dell'acquifero subalveo formato dei depositi grossolani del fiume Oglio. Valutazioni sul comportamento degli acquiferi profondi, sulla loro gestione e conservazione sono da affrontare a scala almeno provinciale e non rientrano tra gli obiettivi della presente relazione.

8.4 SEZIONI IDROGEOLOGICHE DA PTUA 2016

Tra i documenti contenuti nel PTUA 2016 vi sono le **sezioni idrogeologiche** pubblicate con l'edizione di luglio 2017 dell'elaborato 2 del PTUA 2016, di seguito riportate in Figura 50.





La sezione qui sopra e quella della pagina seguente mostrano la omogenea collocazione del limite inferiore dell'idrostruttura **ISS** fatta corrispondere con una porzione superficiale (A1) del gruppo acquifero A di ENI – AGIP (nota a piè pagina ([27]) e Figura 38 e Figura 39), a sua volta circa coincidente con la base "*dell'acquifero freatico equivalente*" indicata nello studio riassunto nel ([2]) e posta a circa **40 m s.l.m.** in entrambe le sezioni. Tale condizione conferma lo spessore di 40 – 50 metri dell'acquifero superficiale comprendente lo strato aerato (non saturo) in tutto il territorio di Ricengo.

L'unità è composta quasi esclusivamente da depositi permeabili, e conseguentemente subordinati sono i depositi di bassa permeabilità formati da sabbie fini con limi e limi argillosi. In questa unità sono collocati gran parte dei filtri dei pozzi degli acquedotti, segnalati nelle sezioni con un tratto nero posto a fianco delle stratigrafie.

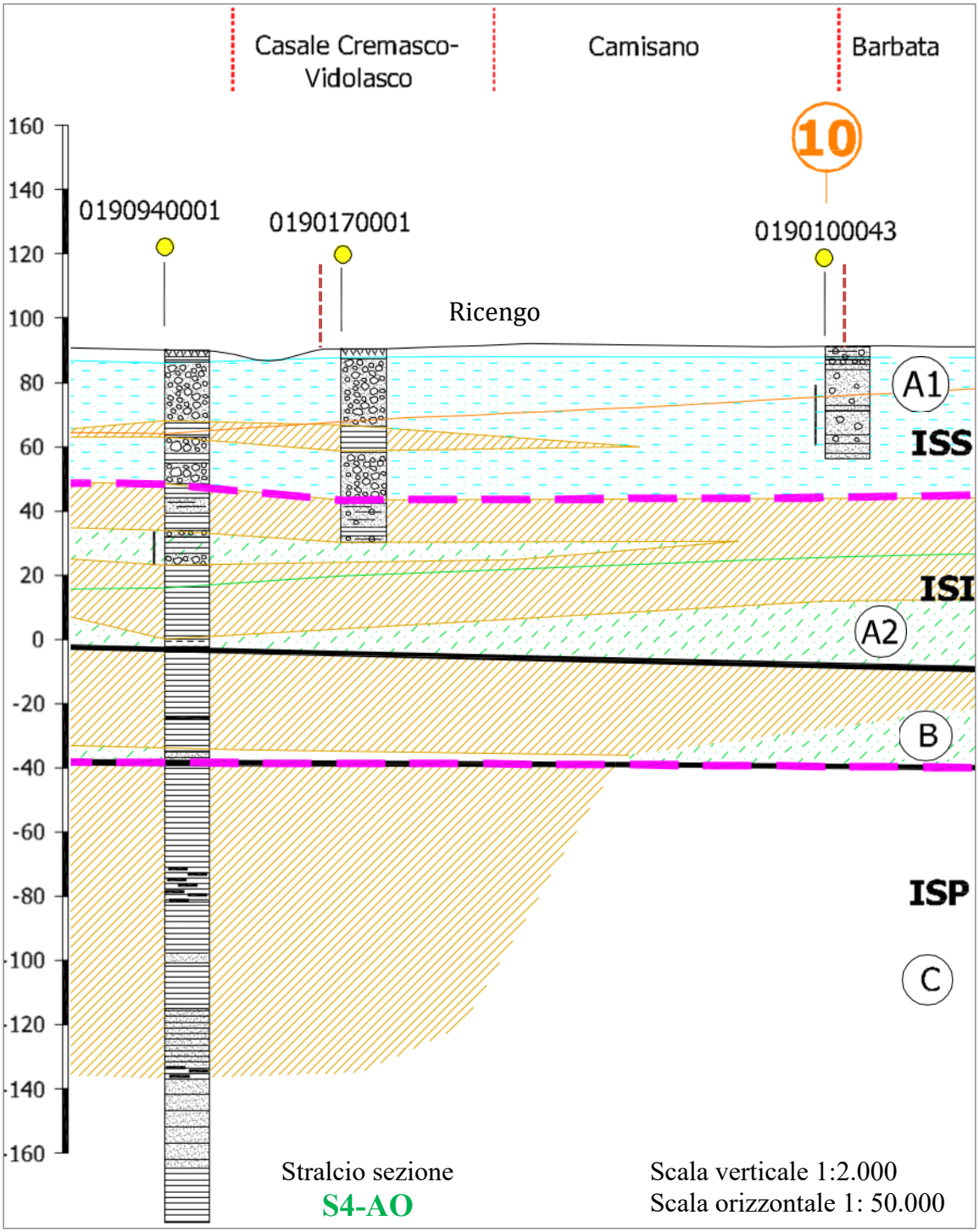


Figura 50: stralci di 2 sezioni idrogeologiche, una passante lungo il confine nord est di Ricengo e l'altra lungo il confine nord, tratte da: ALLEGATO 3 Sezioni idrogeologiche (settori di pianura). ATTIVITÀ' DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E STUDIO RELATIVA AI CORPI IDRICI SOTTERRANEI DELLA LOMBARDIA (COD. EUPOLIS LOMBARDIA TER13016/001) RAPPORTO FINALE dell'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei – Regione Lombardia - PTUA luglio 2017.

La sequenza prosegue fino a 0,0/-10 m s.l.m., quindi per uno spessore di 40-50 metri, con l'unità (A2) formata per il 50 -65 % da depositi di bassa permeabilità, intercalati da depositi piuttosto continui di spessore da metrico a decametrico di buona permeabilità. Tale deposito appartiene all'idrostruttura **ISI** (idrostruttura intermedia) dove è presente la falda profonda, che nelle **sezioni** passante risultano terminare intorno -40 m s.l.m., seguita all'idrostruttura profonda **ISP**. Quest'ultima non è sufficientemente descritta dai dati stratigrafici della sezione S10-AO per darne una rappresentazione, ma è indicata proseguire fino a -140 m.s.l.m. nella sezione S4-AO.

9 Invarianza e drenaggio urbano sostenibile (RR 07/2017)

Il principio **DELL'INVARIANZA IDRAULICA** e **IDROLOGICA** è stato introdotto nell'ordinamento regionale della **Legge n. 4/2016**, «*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*», in particolare con l'articolo 7 che modifica la L.R. 12/2005 "*Legge per il governo del territorio*" con l'introduzione dell'articolo 58bis "*Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile*", inserendo nella stessa primaria legge urbanistica, riferimenti a tale principio in vari commi contenuti negli articoli 8, 9, 10, 28 e 55.

L'obiettivo della norma, esplicitamente riferito nel citato articolo 7, è quello di "*prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli… ed assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica e ambientale*" mediante il recepimento da parte degli strumenti urbanistici e dei regolamenti edilizi comunali dei principi di invarianza idraulica e idrologica e drenaggio urbano sostenibile , che sono specificati dalla norma con le seguenti definizioni:

*a) **invarianza idraulica**: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione;*

*b) **invarianza idrologica**: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione;*

*c) **drenaggio urbano sostenibile**: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.*

L'orientamento espresso dalla normativa rappresenta un **sovvertimento al classico approccio al drenaggio urbano**, che si è evoluto con lo scopo di assicurare il rapido allontanamento dei deflussi meteorici dalla superficie urbana e il loro scarico al ricettore più vicino (naturale o artificiale). In questa prospettiva si può affermare che la norma, in modo prioritario rispetto alla sua funzione precettiva, rappresenti un **diverso orientamento culturale** alla materia che fa propri principii attuati da alcuni decenni nell'Europa settentrionale, in Gran Bretagna e nell'America settentrionale.

Il testo normativo e le tecniche che ne consentono l'attuazione pratica hanno lo scopo di **realizzare la gestione, e non solo l'allontanamento, delle acque meteoriche** in territorio urbano, mirando a una condizione prossima all'impatto nullo dell'urbanizzazione sul sistema idrologico. Lo scopo è la **formazione di condizioni di deflusso** (portate e volumi) **prossime a quelle esistenti prima che l'area urbana fosse edificata** (Figura 51), con il riequilibrio del bilancio idrologico locale (invarianza idrologica) e la attivazione dei meccanismi autodepurativi del suolo (drenaggio sostenibile).

In questa prospettiva i **deflussi meteorici sono considerati una risorsa da gestire** e possibilmente da utilizzare, con lo scopo di minimizzare (invarianza idraulica) gli impatti negativi (erosione, allagamenti, diffusione di inquinanti) sull'intero bacino sia antropico che naturale. ([29])

[29] Testo tratto, con modifiche, da Gibelli G., 2015, GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE URBANE. MANUALE DI DRENAGGIO 'URBANO'. Perché, Cosa, Come Regione Lombardia, Ersaf, Milano

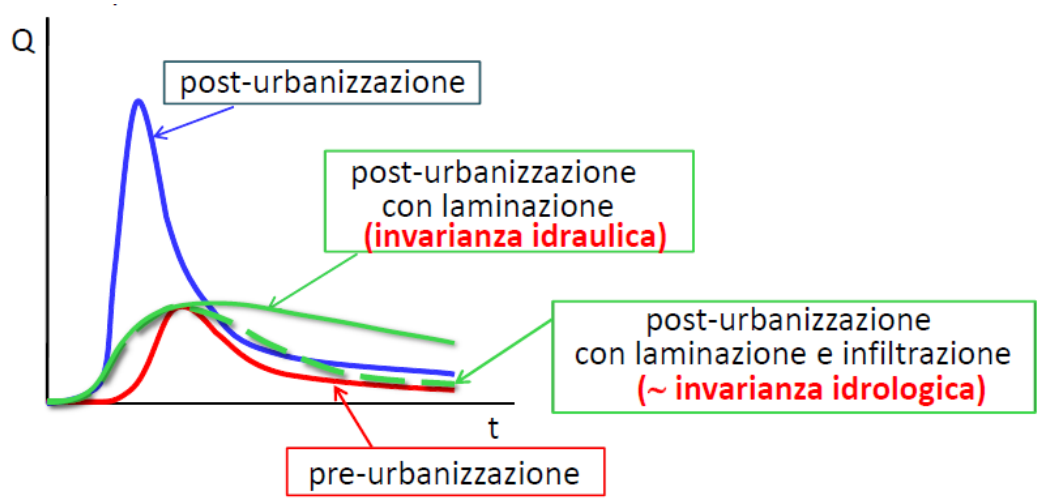


Figura 51: da Ing. Sara Elefanti, Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio, 2017. Rappresentazione schematica delle portate di deflusso (Q) in un'ipotetica sezione di chiusura di un bacino in occasione di un evento meteorico che si svolge nel tempo t.

La linea rossa indica le portate prima che il suolo sia impermeabilizzato, la linea **azzurra** la condizione al termine dell'edificazione con una rete di drenaggio classica.

L'urbanizzazione, ovvero la formazioni di superfici impermeabili dove l'acqua scorre più rapidamente che su terreni naturali, induce tempi più brevi tra l'inizio delle piogge e il raggiungimento del picco di portata (la salita della curva inizia prima), il raggiungimento di valori più alti (portate maggiori) e il volume di acqua che transita è superiore (area sottesa le curve degli idrogrammi).

Se si attuano opere d'invarianza idraulica (**linea verde continua**), ad esempio con sistemi di laminazione, si può ottenere che la portata massima non superi quella rilevata prima dell'urbanizzazione, ma i volumi scaricati restano pressappoco gli stessi scaricati dalla rete classica, che però sono allontanati per un tempo più lungo.

Realizzando invece assieme all'invarianza idraulica anche quella idrologica, cioè immagazzinando, facendo evaporare e infiltrando le acque meteoriche in prossimità dei tetti o delle strade dove la pioggia cade, si ottiene la condizione rappresentata dalla **linea verde a tratti** dove, nel caso rappresentato, la portata massima è pari a quella della condizione pre-urbanizzazione, mentre i volumi (area sotto l'idrogramma) sono di poco superiori, ma decisamente inferiori a quelli dati dalla rete di drenaggio classica e dalla sola invarianza idraulica.

L'impermeabilizzazione dei suoli è uno degli effetti dell'urbanizzazione che più incidono sull'aumento di vulnerabilità dei sistemi ambientali e sul ciclo idrologico. Gli schemi di Figura 52 evidenziano come l'aumento dell'impermeabilizzazione comporti una riduzione progressiva dell'infiltrazione e l'aumento del run-off (deflusso superficiale o scorrimento).

L'impermeabilizzazione dei suoli tende infatti a:

- ridurre i tempi di corrivazione delle acque meteoriche intensificando i fenomeni alluvionali;
- ridurre le quantità d'acqua di infiltrazione e la ricarica delle acque sotterranee;
- aumentare lo scorrimento superficiale (*run-off*), con conseguente aumento dell'erosione del suolo, del trasporto solido e dell'inquinamento delle acque;
- richiedere la realizzazione di reti di collettamento che, per essere sostenibili, necessitano di un alto livello di complessità, che spesso rendono laboriosa e costosa la gestione;
- ridurre i servizi ecosistemici, ossia "*i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano*", consistenti in beni non misurati nell'economia ma rilevanti, come la regolazione del clima, la qualità dell'acqua, l'impollinazione, la gradevolezza estetica del paesaggio, che sono forniti dal suolo libero.

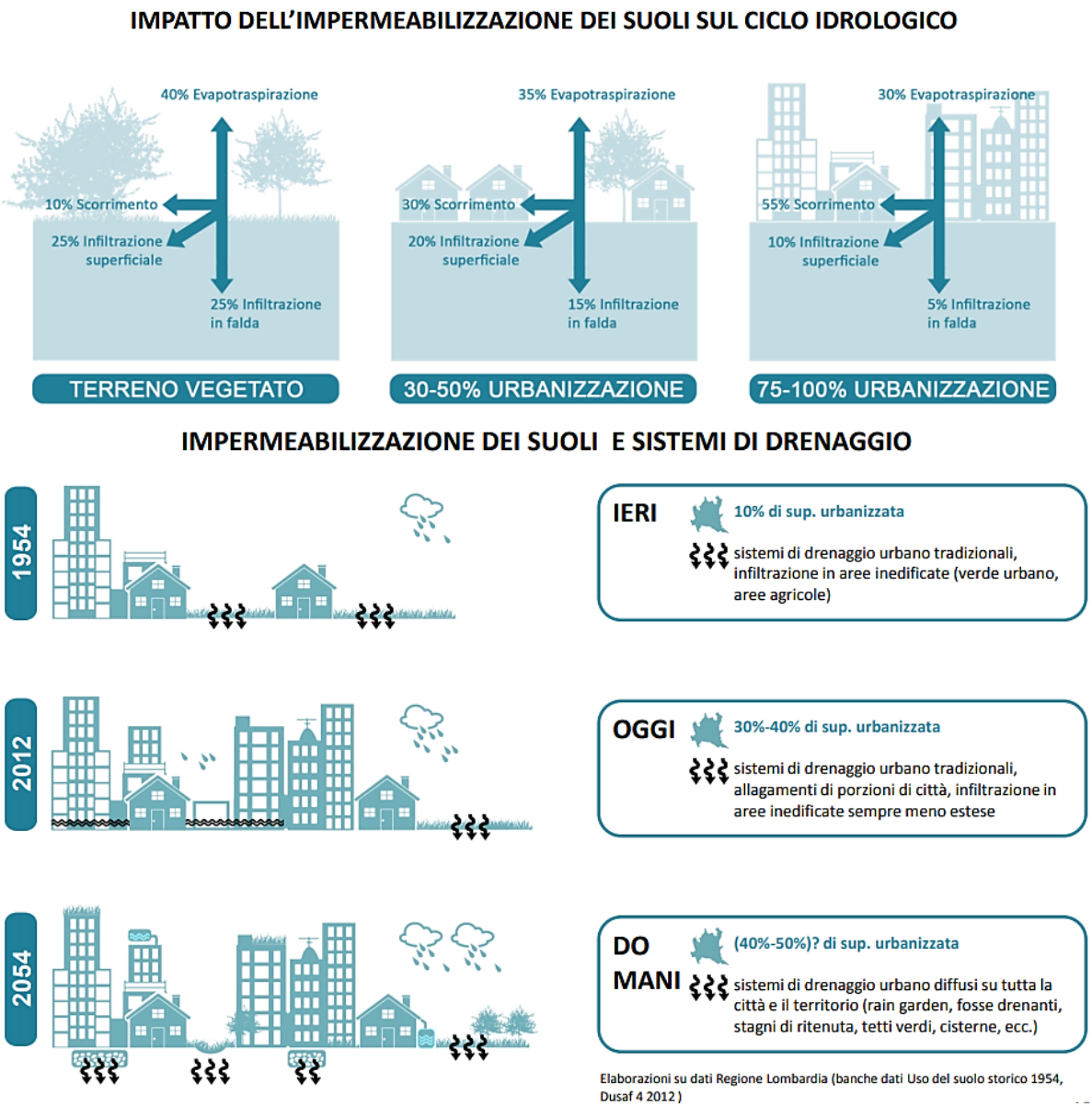


Figura 52: da Gibelli G., 2015, ([29])

Il tema, come detto, è ampiamente trattato nella letteratura anglosassone e nel Regno Unito si utilizza l'acronimo SuDS (*Sustainable Drainage Systems,* ossia sistemi drenaggio sostenibile) per intendere un insieme d'interventi volti a:

- Ridurre gli effetti idrologici-idraulici dell'impermeabilizzazione che provocano un'accelerazione dei deflussi superficiali e un aumento del rischio idraulico;
- Migliorare la qualità delle acque, il cui inquinamento è principalmente dovuto agli inquinanti diffusi, prevalentemente provenienti dal traffico veicolare e dalle superfici stradali dilavate dalle piogge, ma anche dall'inquinamento organico distribuito dagli sfioratori fognari;
- Integrare il design del verde nelle città migliorando il paesaggio urbano e il microclima.

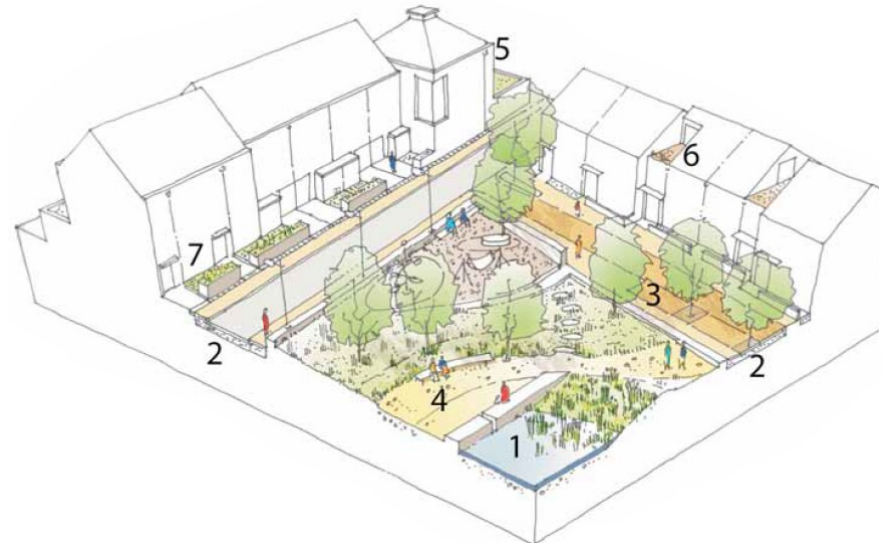
Le strategie da mettere in atto presuppongono una visione unitaria di bacino per aumentarne la resilienza attraverso interventi finalizzati a dare spazio all'acqua, per facilitare le funzioni di autodepurazione, restituendo le acque meteoriche il più vicino possibile al punto di prelievo attraverso piccoli invasi, allargamenti della sezione dell'alveo, rallentamenti dei flussi.

Per ottenere questi obiettivi occorre ridurre al minimo le aree impermeabili, introducendo abbondanti aree filtranti e aree di laminazione diffuse nel tessuto urbano, che consentono utilizzi molteplici di parti del bacino, ad esempio

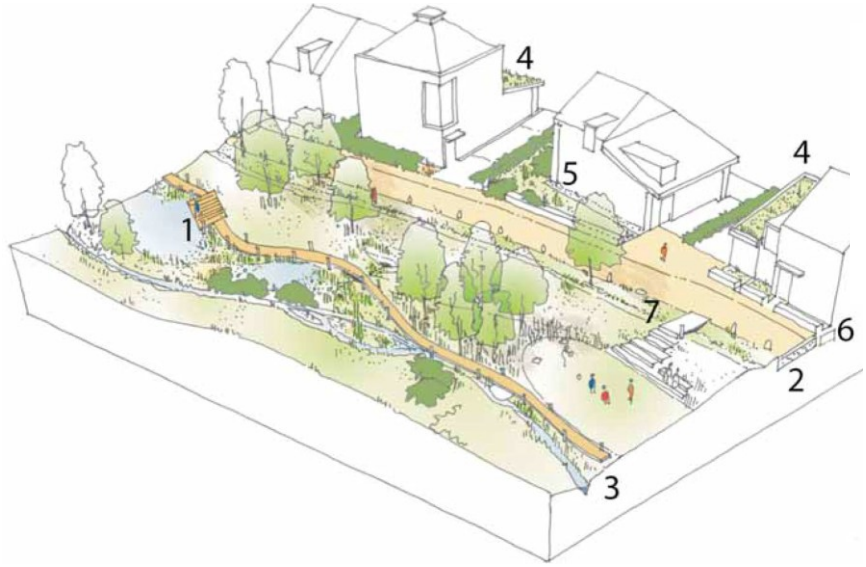
prevedendo allagamenti controllati in zone soggette ad usi diversificati ma compatibili con la presenza temporanea dell'acqua. Ad esempio un giardino pubblico o un parcheggio possono, infatti, tollerare la presenza occasionale di acqua per tempi e a quote tali da non produrre rischi per la sicurezza, consentendo l'infiltrazione nel sottosuolo di acque pulite che diversamente sarebbero convogliate nella rete verso il depuratore.

Occorre inoltre favorire il riuso dell'acqua e la corretta re-immissione nei cicli biogeochimici naturali dei nutrienti anche per minimizzare i volumi di acqua pulita immessi nelle reti fognarie (acque meteoriche e acque parassite). Rischio idraulico e qualità delle acque possono essere viste, infatti, come facce diverse del medesimo problema.

L'approccio settoriale finora applicato ha spesso indirizzato verso soluzioni specialistiche capaci di rispondere al singolo problema, che però comportano la necessità di reperire spazi specializzati per ogni tipo di funzione, come ad esempio per la laminazione delle acque, per la depurazione, per la ricreazione, per la biodiversità, mentre l'approccio integrato, al contrario, assomma in un unico spazio, sufficientemente dimensionato, più funzioni e permette un minore consumo di suolo. Anche se questa soluzione può richiedere uno spazio maggiore rispetto a quello necessario a un'unica funzione, implica però il vantaggio di assolvere a vari compiti quali la fitodepurazione, la conservazione della biodiversità, funzioni ricreative, sociali e didattiche, aumentando in tal modo la qualità del paesaggio. Nella Figura 53 sono riportati esempi di soluzioni per aree residenziali.



1) striscia filtrante e laghetto di ritenzione
2) Pavimentazione permeabile
3) fossa di ritenzione alberata a lato strada
4) Superficie inghiaiata /permeabile
5) tetto verde
6) tetto verde intensivo
7) raccolta di pioggia dal tetto di fronte a un giardino di pioggia o cisterna



1) area umida entro un ampio spazio aperto
2) Pavimentazione permeabile
3) corso d'acqua naturale
4) tetto verde
5) raccolta di pioggia dal tetto di fronte a un giardino di pioggia o cisterna
6) raccolta di acqua di pioggia
7) Canale inerbito a lato strada

Figura 53: esempio di drenaggio sostenibile in area urbana, per un quartiere di media densità abitativa (in alto) e di bassa densità abitativa. Da *Planning for SuDS - making it happen* C687 Ciria, 2010.

La diffusione dei sistemi di drenaggio urbano deve essere applicata alla scala locale, del quartiere e dello stesso isolato, differenziando e distribuendo le opere nel tessuto insediato e negli spazi aperti pubblici e privati. Da questo punto di vista il coinvolgimento della popolazione interessata è fondamentale, perché è necessario che la gente colga l'importanza del governo dell'acqua e il ruolo che ciascuno può avere in questo approccio alla gestione delle acque meteoriche, con l'obiettivo di ridurre o annullare le portate scaricate in fognatura e di riutilizzare i maggior quantitativi d'acqua possibili mediante:

- Separazione delle acque meteoriche dei tetti e delle coperture non inquinate,
- Laminazione in invasi superficiali e sotterranei,
- Infiltrazione, ove possibile in relazione alla permeabilità locale dei suoli e alla tutela delle falde.

Poiché si tratta in sostanza di innescare processi che si evolveranno nel tempo piuttosto che disegnare opere concluse, la partecipazione della cittadinanza e dei progettisti è strategica per raggiungere obiettivi di lungo termine.

Per il miglioramento della qualità delle acque **un ruolo fondamentale è esercitato dal suolo**, che ha capacità autodepurativa la cui efficacia dipende dalla sua tessitura e dalla presenza batterica. L'infiltrazione sfrutta le potenzialità del suolo di accogliere le acque e di migliorarle, nei limiti delle caratteristiche sia del carico inquinante delle acque sia di quelle dei suoli interessati.

La struttura del suolo lo rende capace di agire da filtro nei confronti dei contaminanti, mediante processi di assorbimento sia chimico (formazione di legami chimici tra la superficie delle particelle di suolo e i contaminanti) che fisico (intrappolamento dei contaminanti nei vuoti che caratterizzano la struttura del suolo) e tramite il metabolismo di determinati microrganismi in grado di rimuovere sostanze tossiche come solventi, pesticidi e persino i bifenili policlorurati, sostanze oggi bandite, ma un tempo utilizzate nella plastica e nei componenti elettrici. Inoltre, va ricordata la capacità di fitorisanamento che esercitano le specie vegetali, in primis assorbendo sostanze nutritizie come azoto e fosforo ma anche molti metalli pesanti (Cu, Cd, Zn, Pb) e molti inquinanti organici, tra cui gli idrocarburi.

L'articolo 58 bis della citata L.R. 12/2005 ha trovato applicazione nel **Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7,** aggiornato con il **Regolamento Regionale 19 aprile 2019 n. 8 e con il successivo RR n. 3 del 28 marzo 2025.**

Di seguito si sintetizzano e si commentano gli articoli del regolamento, con valutazioni e approfondimenti ritenuti utili all'applicazione dello stesso nel territorio di Ricengo, allo scopo di fornire uno strumento di facilitare consultazione che potrà in seguito evolversi in schemi di immediata applicazione. La semplificazione del testo può in alcuni casi aver comportato l'omissione di alcuni dettagli e l'interpretazione di alcuni periodi, ma ciò è apparso necessario per raggiungere lo scopo sopra indicato.

L'articolo 1 definisce gli obiettivi generali già sommariamente esposti in precedenza, individuando come strumenti la suddivisione del territorio regionale in differenti ambiti di criticità alle quali sono associate le portate massime concesse allo scarico, misure differenti tra aree già edificate e non edificate, l'uso suggerito di specifiche tecniche, l'incentivazione all'adozione delle misure di invarianza e il ricorso alla monetizzazione in caso di comprovata impossibilità a realizzare soluzioni tecniche adeguate.

L'articolo 2 fornisce le definizioni dei termini impiegati: si ritiene qui utile precisare che per acque pluviali si intendono le acque di pioggia che dilavano le superfici esterne, ad esclusione di quelle di prima pioggia che devono essere trattate prima di essere scaricate ai sensi Art. 3 del R.R n. 04/2006 (piazzali di autofficine, raccolta rifiuti, industrie chimiche etc.)

L'articolo 3 indica quali debbano essere gli interventi edilizi tenuti a progettare la gestione delle acque meteoriche nel rispetto dei criteri di invarianza idraulica e idrologica e di drenaggio sostenibile (**comma 2**):

1. Nuova costruzione, compresi gli ampliamenti, ad esclusione delle sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta;
2. Ristrutturazione edilizia con demolizione fino al piano terra e ricostruzione **con aumento della superficie coperta**;
3. Ristrutturazione urbanistica (articolo 3, comma 1, lettera f), del d.p.r. 380/2001);
4. Realizzazione di pavimentazioni esterne di estensioni maggiori di 150 mq, o di estensione minore se facenti parte degli interventi dei casi 1,2,3 sopra riportati, di rotatorie di diametro > 50 metri se non facenti parte di strade E, F e Fbis del Codice della Strada;
5. Costruzioni di edifici pertinenziali di estensione maggiore di 150, o di estensione minore se facenti parte degli interventi dei casi 1,2,3 sopra riportati;
6. Parcheggi, aree di sosta e piazze di estensione > 150 mq, o di estensione minore se facenti parte degli interventi dei casi 1,2,3 sopra riportati;
7. aree verdi sovrapposte a nuove solette, qualora facenti parte di un intervento interventi dei casi da 1 a 6 sopra riportati.

Le misure d'invarianza si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall'intervento comportante una riduzione della permeabilità del suolo e non all'intero comparto (**comma 5**) e riguardano progetti di dimensione non irrilevante. Interventi diversi ma contigui possono essere calcolati nel loro insieme e trovare soluzione con un'unica opera o complesso di opere, mentre i singoli interventi non possono essere forzosamente frazionati (articolo 3, **comma 6**), perché le dimensioni assolute delle superfici influiscono nel calcolo delle misure da adottare (**art. 9**).

L'invarianza NON si applica solo nei casi di interventi di cui all'articolo 3, comma 1, lettere a), b) e c), del d.p.r. 380/2001 (interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di restauro e risanamento conservativo), in quelli di demolizione e ricostruzione o ripristino di immobili crollati sottoposti a vincoli ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio) solo se non vi è aumento della superficie coperta, ed infine nella realizzazione di aree verdi non sovrapposti a solette e prive di sistemi di raccolta delle acque.

In caso di applicazione delle misure di invarianza anche dove non richiesto, ossia presso edifici esistenti, è possibile accedere agli incentivi (art. 3, comma 7) previsti dall'articolo 15. L'allegato A al regolamento riporta alcuni schemi che aiutano a comprendere le superfici per le quali è richiesta l'invarianza, che è comunque auspicata anche dove l'obbligo non ricade.

L'articolo 4 precisa che l'applicazione dell'invarianza idraulica è necessaria anche nelle aree dove è obbligatorio il trattamento di acque di prima pioggia, ad esclusione delle acque di prima pioggia stesse (art. 2 comma 1, lettera h).

L'articolo 5 specifica che lo scarico delle acque a valle di un sistema di accumulo, che garantisca la limitazione delle portate nelle quantità indicate dall'articolo 8 di seguito illustrato, deve avvenire rispettando le seguenti priorità, sempre se non vi siano elementi ostativi (inquinamento, innesco di fenomeni di instabilità etc.),:

a) riutilizzo con impiego per l'innaffio, il lavaggio di pavimentazioni etc. e l'evapotraspirazione;
b) infiltrazione nel suolo e primo sottosuolo;
c) scarico in corso d'acqua superficiale, nei limiti di portata definiti nell'articolo 8 o del regolamento di gestione del cavo se più restrittivo;
d) scarico in fognatura, nei limiti di portata definiti nell'articolo 8 o del regolamento di fognatura se più restrittivo.

L'indirizzo dato dal regolamento colloca significativamente in ultima posizione la fognatura come recapito delle acque. Il rispetto delle priorità è ribadito nel comma 3 dell'art. 8. L'allegato L al regolamento fornisce indicazioni generali in merito alle caratteristiche delle strutture necessarie per conseguire gli obiettivi sopra indicati e l'aggiornamento di aprile 2019 suggerisce di realizzare preferibilmente interventi tipo naturale come avvallamenti, rimodellamenti

morfologici, depressioni del terreno, trincee drenanti e adottando se possibile soluzioni che consentano un utilizzo multifunzionale dell'opera.

L'articolo 6 disciplina l'inserimento del Regolamento Regionale nel REGOLAMENTO EDILIZIO COMUNALE, che deve far propri e dettagliare i principi di invarianza idraulica, specificando che per gli interventi che richiedono un titolo edilizio (CILA, SCIA , permesso di costruire) è necessario redigere uno specifico progetto di invarianza da allegare alla comunicazione o domanda, corredato, se necessario, ovvero se sono previsti scarichi in corso d'acqua o in fognatura, dalle domande di concessione o richieste di allaccio, oppure nel caso lo scarico avvenga in un corso d'acqua privato, dall'accordo con la proprietà. Prima di iniziare i lavori le istanze devono trovare soluzione positiva, con il rilascio delle rispettive concessioni, permessi o sottoscrizione di accordi.

Ai fini dell'agibilità occorre presentare il certificato di collaudo, se previsto, o la certificazione di conformità delle opere di invarianza, e deve essere compilato il modulo per il monitoraggio dell'efficacia delle disposizioni sull'invarianza idraulica e idrologica (Allegato D al r.r. n. 7 del 2017) da trasmettere a Regione Lombardia utilizzando **esclusivamente** l'applicativo INVID, contenente una sintesi delle caratteristiche del progetto di invarianza sottoscritta dal progettista.

Nel caso di impossibilità a realizzare le opere di invarianza, ai documenti per il titolo edilizio deve essere allegata la dichiarazione motivata riguardante tale circostanza, firmata dal progettista dell'invarianza, unitamente al calcolo della monetizzazione secondo le modalità specificate all'articolo 16 e la ricevuta di consegna del citato allegato D alla Regione Lombardia; in questo caso la segnalazione certificata presentata ai fini dell'agibilità deve essere corredata anche dalla ricevuta di PAGAMENTO AL COMUNE dell'importo di cui all'articolo 16.

L'articolo 7 specifica che il territorio regionale è suddiviso in tre aree in funzione del livello di criticità idraulica (**comma 3**), alta (A), media (B), bassa (C) e **Ricengo**, assieme a tutto il cremonese, ricade in quella **B di media criticità.**

Indipendentemente da tale suddivisione, sono assoggettate ai **limiti e alle procedure previste per le aree A** (si veda l'art. 8, le aree con limiti più restrittivi), gli ambiti comunali di trasformazione o i piani attuativi previsti nel piano delle regole (**comma 5**), anche se il comune, come nel caso di Ricengo, ricade in area B.

L'articolo 8 stabilisce che gli scarichi nel ricettore, sia esso corso d'acqua naturale, artificiale o fognatura, devono essere limitati entro i seguenti valori massimi ammissibili (u_{lim}) (**comma 1**)

- aree A entro 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- aree B entro 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.
- aree C entro 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

purché il recettore ne abbia la capacità idraulica. In caso contrario si adotta il valore, inferiore a quello delle soglie sopra indicate, che è richiesto dal gestore del corso d'acqua. Occorre specificare che il termine "*superficie scolante impermeabile dell'intervento*" non si riferisce alla sola superficie con pavimentazione impermeabile o di tetto, ma è precisamente individuata dalla seguente definizione: *superficie risultante dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale* (art. 2, comma 1, punto k).

Si fornisce qui una nota tecnica per una più chiara comprensione dell'argomento. Il coefficiente di deflusso (indicato con le lettere ϕ o ψ) di un determinato bacino ed evento meteorico, è dato dal rapporto tra il volume delle acque defluite dalla sezione di chiusura del bacino e il volume delle precipitazioni stesse nel bacino. Il suo valore è in genere compreso tra 0, in caso di superfici che assorbono totalmente le acque di pioggia come uno strato di ghiaie superficiali con piogge leggere,

e 1,0 in caso di superfici totalmente impermeabili come un tetto in assenza di evaporazione. Il suo valore è fornito per le varie superfici da tabelle disponibili nella letteratura tecnica o calcolato con vari procedimenti partendo da valori di misura dell'infiltrazione, ma il regolamento regionale suggerisce, per un approccio semplificato, l'adozione i seguenti valori standard (**Art. 11, comma 2 ,lettera d**):

Valore	Tipo di superficie
1	tetti, coperture e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi
0,7	Tetti verdi, i giardini pensili e aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per pavimentazioni drenanti discontinue o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi
0,3	Sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Tabella 4: valori standard del coefficiente di deflusso riferiti nella lettera d), del comma 2 dell'Art. 11.

Rispetto ai valori presenti in letteratura, quelli in Tabella 4 appaiono elevati (si veda quanto descritto per le pavimentazioni permeabili). Il valore medio ponderale è dato dalla somma dei prodotti delle varie superfici per il rispettivo coefficiente di deflusso, divisa per la superficie totale del bacino.

Si fornisce qui un esempio non facente parte del testo del regolamento. Ipotizzando un lotto di 400 mq che ospita una viletta con tetto di 140 mq (superficie proiettata sul piano orizzontatale), aree di pertinenza di 100 mq formate da accessi e parcheggio formati da pavimentazioni semi permeabili ma drenanti nella stessa rete pluviale dei tetti e dove i restanti 160 mq sono formati da orti e giardini NON collegati alla rete di raccolta delle acque bianche, avremo un valore medio ponderale f è pari a 0,875.

Tipo di superficie	Area in mq	Coefficiente di deflusso f
Tetto	140	1
Pavimentazione drenante	100	0.7
Area a orti e giardino	non connessa	0
totale	240	0.875 (1*140+0.7*100)/240

Tabella 5: esempio di valutazione del coefficiente di deflusso medio ponderale.

Gli scarichi degli sfioratori di piena della aree di criticità A e B delle aree urbanizzate devono essere limitati entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il **valore massimo di 40 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile.

L'articolo 9 classifica gli interventi che richiedono l'applicazione di misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo dei sistemi che consentono il rispetto dei vincoli allo scarico, in funzione delle loro dimensioni e del coefficiente di deflusso medio ponderale φ della superficie d'intervento (**tabella 1 del regolamento**), considerando che la superficie che contribuisce al deflusso non può essere frazionata.

La lettura della tabella indica che gli interventi più probabili nell'ambito urbano a RICENGO, ipotizzati tra meno di 300 e 10.000 mq, ricadono nelle classi di intervento 0, 1 e 2 per le quali si devono applicare rispettivamente i requisiti minimi (classi 0 e 1) o il metodo di calcolo con le sole piogge, di seguito descritto. Si sottolinea che le superfici di intervento comprese tra 300 e 1000 mq possono ricadere sia in classe 1, quando l'area contribuente che forma il deflusso è in buona parte a verde, oppure in classe 2 quando è in buona parte impermeabile (strade , tetti etc.).

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 54: Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo (**Art.** 9, **tabella 1).**

A Ricengo, che è posto nell'area B di media criticità (si veda l'art. 7):

con interventi di classe **0** è possibile **NON** eseguire il progetto (si vedano nel testo i requisiti)**.**
con interventi di classe **1** è possibile eseguire il **progetto semplificato.**
con interventi delle classi **2** e **3** occorre predisporre **il progetto completo.**

Nel caso la superficie interessata dall'intervento sia minore o uguale a 300 m^2, indipendentemente dal grado di impermeabilizzazione potenziale, si può operare in alternativa in due modi:

a) Effettuare gli scarichi sul suolo o nel primo sottosuolo, soluzione che richiede adatte condizioni di profondità della falda, terreni sufficientemente permeabili e assenza di inquinamento. In tale caso (art. 12.comma 1 lettera a)) NON È NECESSARIO rispettare i limiti allo scarico (i 20 o 10 l/s*ha impermeabile) e NON È NECESSARIO redigere il progetto di invarianza idraulica.

Nota: in tutti i casi è sempre necessario caratterizzare il sottosuolo e calcolare un volume di laminazione adatto: a titolo di esempio, ipotizzando un'area impermeabile di 200 mq e un limite di scarico 20 l/(s*ha) si ottiene una portata di 0,4 l/s che è circa pari a quella di due rubinetti domestici interamente aperti, che possono essere immediatamente assorbiti da 40 mq di terreni permeabili (es. $k=10^{-5}$ m/s), ma in occasione di piogge molto intense, poiché con piccole superfici è trascurabile la capacità di invaso della rete di raccolta, lo scarico verso il terreno può arrivare a punte di circa 12 l/s e tale portata, sia pure per pochi minuti, deve essere immagazzinata prima di percolare nel terreno perché supera di 30 volte la capacità di infiltrazione.

In questo caso sarà necessario compilare il modulo di cui all'allegato D (si veda l'art. 6), e la dichiarazione, con specifico atto, del progettista, attestante l'applicazione della casistica di cui alla presente lettera; la dichiarazione non è dovuta se gli interventi sono quelli dell'articolo 3 descritti come "*Realizzazione di pavimentazioni esterne di estensioni maggiori di 150 mq, o di estensione*… (articolo 3, comma 2, lettera d)).

b) realizzare di uno o più invasi di laminazione di **400 mc** per ettaro di superficie impermeabile (**art. 12. comma 1 lettera b**). *Ad esempio Ipotizzando di avere un'area di 100 mq che contiene 80 mq di superficie impermeabile, occorrerebbe costruire un invaso di 3,2 mc*. Occorre in questo caso predisporre un progetto semplificato che comprenda (Art. 10, comma 2) :

1. la descrizione della soluzione progettuale e delle singole opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico previste;

2. il calcolo del tempo di svuotamento degli invasi,
3. il dimensionamento del sistema di drenaggio,
4. il dimensionamento dello scarico terminale,
5. planimetrie con i dettagli costruttivi,
6. piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza;
7. asseverazione della conformità del progetto al regolamento regionale secondo il modello predisposto come da allegato E al Regolamento, che contiene le informazioni sull'ambito nel quale ricade il progetto e sulle metodologia applicate per il calcolo.

- Se la superficie interessata dall'intervento è invece compresa tra 300 e 1000 mq e il coefficiente di deflusso è inferiore a 0,4 (impermeabilizzazione potenziale BASSA, [classe 1 - riga con fondo azzurro nella tabella 1], ossia area drenata con abbondante presenza di verde), a **Ricengo** che ricade nell'area **B** occorre realizzare uno o più invasi di laminazione di **500 mc** per ettaro di superficie impermeabile (**articolo 12 comma 2**), ovvero di **800 mc** per ettaro di superficie impermeabile se l'area appartiene a un ambito di trasformazione o piano attuativo (art. 7, comma 5). Occorre poi, come nel precedente caso, predisporre un progetto semplificato con il contenuto sopra indicato nel punto b) per aree fino a 300 mq.

- Se la superficie di intervento è compresa tra 300 e 1000 mq e il coefficiente di deflusso è maggiore di 0,4 (area con rilevante presenza di superfici impermeabili) si ricade nella condizione di impermeabilizzazione potenziale MEDIA [classe 2 - righe con fondo rosa nella tabella 1], e occorre predisporre un **progetto completo**, contenente quanto sopra specificato per l'area fino a 300 mq, punto b) e in aggiunta (**Art. 10, comma 1, lettera a**)):

    8. calcolo delle precipitazioni di progetto;
    9. calcoli del processo di infiltrazione nelle aree e strutture a ciò destinate e relativi dimensionamenti;
    10. calcoli del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti.

- Se la superficie interessata dall'intervento, in area di media criticità B come Ricengo, è superiore a 1000 mq con qualunque coefficiente di deflusso, sia nella classe di impermeabilizzazione MEDIA che ALTA [classe 2 - righe con fondo rosa e righe con fondo amaranto nella tabella in Figura 54] occorre predisporre un **progetto completo,** contenente quanto detto nel punto precedente.

Per quanto riguarda **la procedura di calcolo del processo di laminazione**, per tutti i casi rientranti nella categoria di impermeabilizzazione potenziale MEDIA, ossia per interventi fino a 10.000 mq con qualunque coefficiente di deflusso e da 10.000 e 100.000 mq se il coefficiente di deflusso è < 0,4 (circostanza mai osservata dallo scrivente), il calcolo potrà (Il regolamento usa il termine "deve", ma poi specifica che è facoltà del professionista adottare la procedura di calcolo dettagliata) essere svolto con un procedimento semplice, detto "***metodo delle sole piogge***", che è utilizzabile solo per bacini di piccole dimensioni dove si possono ritenere trascurabili i processi di trasformazione di afflussi in deflussi (ossia da piogge che ricadono nel bacino a portate entranti nel sistema di laminazione).

Il metodo parte dal presupposto che la massima portata in uscita dal sistema di laminazione, sia esso scarico in corso d'acqua, in fognatura o tramite infiltrazione nel suolo, sia la stessa dall'inizio alla fine dell'evento meteorico (circostanza improbabile se non per piccoli scarichi) e che non dipenda dal volume invasato. Il procedimento di calcolo è illustrato **nell'allegato G, paragrafo 3.2, del RR n. 08 2019**. Il metodo non richiede procedimenti interattivi ed è risolvibile mediante un foglio di calcolo partendo dai soli dati della curva di possibilità pluviometrica della zona (disponibile sul sito ARPA SIDRO | Sistema Informativo Idrologico e illustrato per l'area di Ricengo in Allegato 1, del coefficiente di deflusso del bacino che è stimabile con semplici parametri riferiti anche nello stesso regolamento regionale (**Art. 11, comma 2, lettera d**)) e della portata ammessa di scarico, supposta costante, ma che a Ricengo non può superare i 20 l/s per ettaro di superficie scolante

impermeabile, ovvero i 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile se la superficie appartiene a un ambito di trasformazione o a un piano attuativo.

Questo metodo di calcolo è probabilmente quello che potrà essere usato con maggiore frequenza per gli interventi edilizi ipotizzabili nel territorio di Ricengo, ed ha il vantaggio di poter essere verificato senza disporre di una approfondita conoscenza in materia di bilanci idraulici e senza il ricorso a software dedicati.

> In entrambi i due casi precedenti (impermeabilizzazione potenziale media, ma anche in caso impermeabilizzazione potenziale di alta) se l'esito della progettazione porta a definire la necessità di disporre di invasi di laminazione, comunque configurati, di dimensioni inferiori a 500 mc per ettaro di superficie impermeabile (area B, Ricengo), ovvero di 800 mc per ettaro di superficie impermeabile se la superficie appartiene a un ambito di trasformazione o a un piano attuativo, dovranno essere adottati questi ultimi valori (quindi 500 o 800 mc per ettaro di superficie impermeabile, **Art. 11, comma 2 lettera e) punto 3** e **Art. 12 comma 3**).

Per progetti di estensione superiore a 10.000 mq e fino a 10 ha occorre distinguere la condizione dove il coefficiente di deflusso medio ponderato $\varphi < 0.4$, che ricade nella classe dell'impermeabilizzazione potenziale MEDIA, da quella dove $\varphi > 0.4$ che è collocata nella classe dell'impermeabilizzazione potenziale ALTA.

Nel primo caso, come detto, è possibile utilizzare nel calcolo del processo di laminazione il "*metodo delle sole piogge*", mentre quando il progetto ricade nella classe dell'impermeabilizzazione potenziale ALTA, è necessario che il dimensionamento dei sistemi di laminazione sia fatto mediante la "***procedura dettagliata***" descritta sommariamente **nell'allegato G, paragrafo 3.1, del RR n. 08 2019 e che deve essere applicato** in caso di progetti di dimensioni superiori a 10 ha con qualunque coefficiente di deflusso medio ponderale.

Questi modelli tengono conto delle caratteristiche del bacino e dei processi di trasformazione afflussi-deflussi in base alla schematizzazione di processi di diversa complessità disponibili nella letteratura tecnica di costruzioni idrauliche. L'elaborazione e quindi la verifica esulano dalle comuni competenze di tecnici non specialisti, e non è quindi qui trattato.

Nell'articolo 10 sono esposti i contenuti dei progetti di invarianza idraulica e idrologica già riferiti in vari punti nel commento dell'articolo 9.

Nell'articolo 11 sono precisati i metodi di calcolo da adottare per le classi 2 e 3 di impermeabilizzazione potenziale, per le aree di criticità alta (A) e media (B, tra le quali Ricengo) per la redazione del progetto (si vedano anche gli art. 7 e 8 e l'allegato G):

I tempi di ritorno (TR) delle precipitazioni da considerare secondo il Regolamento Regionale sono di **50 anni** per le opere di laminazione e di drenaggio sostenibile e di **100 anni per la verifica del grado di sicurezza**, cioè per garantire che eventuali esondazioni non producano danni severi o alle persone e alle opere circostanti. Si sottolinea che le probabilità di superamento sono molto inferiori rispetto a quelle tradizionalmente considerate per aree edificate (TR di 5-10 anni).

I medesimi tempi di ritorno sono richiesti anche per le opere dette NON STRUTTURALI "quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi". Nota: si prende atto di tale definizione, che però contrasta a parere dello scrivente con quanto indicato in parte della letteratura, dove per interventi strutturali si intendono quelli che comportano la costruzione di opere e manufatti per il controllo dei deflussi, mentre con il termine di interventi

NON strutturali sono indicate le procedure, le attività e regolamenti attraverso Normative o Piani, la politica delle tariffe e politica della tassazione, campagne divulgative e l'osservazione e manutenzione del sistema di drenaggio ([30]) e definizioni in (25).

Peraltro **nell'Art. 14, comma 7** , concernente lo studio comunale di gestione del rischio idraulico, nella **lettera a) punto 5** si definiscono espressamente le misure NON strutturali come " *l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno, nonché delle altre misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali misure di protezione civile, difese passive attivabili in tempo reale".*

Infine, si sottolinea che a differenza di quanto indicato nel manuale SuDS ([31]) e simili, nel calcolo previsto dal RR non è richiesto l'uso di un fattore di sicurezza, probabilmente perché lo si ritiene conglobato nell'elevato valore del tempo di ritorno prescritto.

L' Articolo 11 stabilisce inoltre (comma 2 lettera b)) che le precipitazioni da assumere per il progetto sono quelle riportate da ARPA Lombardia per l'intera regione e disponibili presso in sito SIDRO | Sistema Informativo Idrologico che contiene le elaborazioni di piogge riferite a TR da 2 a 200 anni, ma è data facoltà al professionista di assumere valori differenti se con dati ufficiali più specifici.

Nella **lettera c) punto 1 del medesimo comma 2** è precisato che occorre conoscere le condizioni di soggiacenza della falda freatica della superficie per valutare se è possibile o meno infiltrare l'afflusso meteorico, comunque solo proveniente da superfici non suscettibili di inquinamento. Il testo del Regolamento non indica una misura specifica ed è importante quindi su questo punto riferire che il documento tecnico principalmente consultato (31), ed altri di letteratura anglosassone, riportano come distanza minima della falda dalla base disperdente del sistema di infiltrazione il valore di **1,0 metri**. Nella Figura 55 in basso è riportato un esempio d'infiltrazione di un

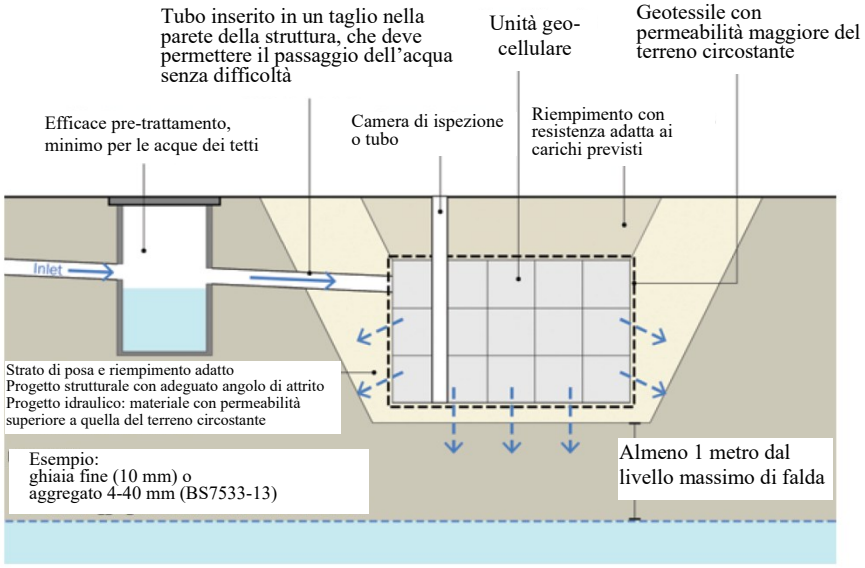


Figure 13.1 Soakaway details (including a pre-treatment system)

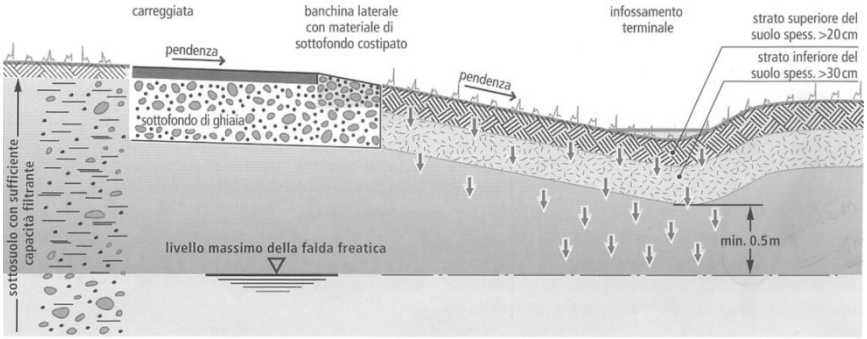


Figura 55: in alto pozzo di infiltrazione costituito con geo-celle con l'indicazione, tra l'altro della distanza della falda dal fondo del sistema di dispersione, da ([31]). In basso: fosso di infiltrazione a lato strada, da ([32]).

Figura 13: esempi di infiltrazione superficiale (dispersione laterale).

[30] Secondo la pubblicazione "G*uidelines on non-structural measures in urban flood management"* IHP-V | Technical Documents in Hydrology | No. 50 UNESCO, Paris, 2001 "L'ordine in cui vengono applicate le misure di mitigazione (non strutturali) è di primaria importanza. Una sequenza ideale sarebbe quella di sviluppare innanzitutto la consapevolezza pubblica che porti alla creazione di volontà politica, seguita dalla stesura e approvazione delle leggi e dei regolamenti, e in secondo luogo, proporre misure di riduzione del rischio e, infine, offrire istruzione e svolgere attività di formazione".

[31] CIRIA report C753 *The SuDS Manual*- © CIRIA 2015 ISBN: 978-0-86017-760-9.

canale a lato strada riportato dal manuale svizzero ([32]), che in presenza di suolo di spessore di almeno 20 cm, indica una distanza minima dalla falda di 50 cm.

Il manuale indica come distanza generale 1,0 metri, ma in caso di bacini d'infiltrazione superficiali, con suolo umico nei primi decimetri, consente che il metro di franco comprenda anche il suolo. Tale misura deve comunque riferirsi alla quota massima raggiunta stagionalmente dalla falda, misurata nell'arco di almeno 5 anni e preferibilmente di 10 ([32]).

Nel territorio di Ricengo l'escursione stagionale è di 0,8 / 1,2 metri (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

L'indicazione relativa alla soggiacenza minima da rispettare, pur provenendo da fonti autorevoli, deve però essere applicata con cautela principalmente perché in terreni formati da sabbie limose e limoso argillose (Figura 16 e Figura 28) le condizioni sono generalmente favorevoli all'infiltrazione, ma l'acqua può incontrare terreni parzialmente saturi sopra la quota freatica a causa della risalita capillare, che può estendersi in modo discontinuo sopra la profondità indicata ed in questo caso i terreni svolgono una funzione di filtrazione efficace ma nelle zone sature sotterranee si possono creare ambienti anossici che non favoriscono la mineralizzazione.

In Figura 55 è riportato sia il caso di una struttura sotterranea d'infiltrazione, sia di una depressione inerbita superficiale (swale nella terminologia anglosassone) e le considerazioni svolte possono essere estese a bacini di infiltrazione e pavimentazioni permeabili, che hanno il vantaggio di avere una base di infiltrazione approfondita pochi decimetri dalla superficie e quindi di poter essere impiegate anche dove la falda raggiunge la profondità dalla superficie.

Nella **lettera c), punto 2, del comma 2 dell'Art. 11,** sono elencate le ragioni che portano ad escludere la possibilità di realizzare opere di infiltrazione e che devono essere considerate nel progetto di invarianza e che sono analizzate di seguito in modo più dettagliato:

2.1) la qualità delle acque meteoriche di cui si prevede l'infiltrazione in relazione alla loro compatibilità con la tutela qualitativa delle falde;

2.2) la stabilità dei versanti o del sottosuolo. Il progetto deve accertare che le infiltrazioni non contribuiscano all'instabilità di versanti franosi o alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, quali gli occhi pollini. La prima condizione è del tutto marginale a Ricengo, mentre la seconda è assente.

2.3) la possibile interferenza con le fondazioni o con i piani interrati degli edifici esistenti;

2.3.bis) la presenza di aree non adatte o poco adatte, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante o aree con terreni a bassa permeabilità;

Il punto **2.1** del precedente elenco è particolarmente complesso da analizzare perché nel Regolamento non è stato definito uno standard al quale fare riferimento, che individui i parametri di qualità alle acque meteoriche che derivano della superficie dei bacini, ne è pensabile che ogni comune si doti di analisi statisticamente significative relative alla qualità delle acque scaricate dai tetti e dai piazzali nelle varie aree e destinazioni d'uso del territorio.

Il citato manuale svizzero ([32]) fornisce due schemi di valutazione che possono essere presi a riferimento, riferiti a tetti e a piazze e vie (Figura 56).

[32] *Istruzioni per l'infiltrazione e la ritenzione delle acque chiare e meteoriche dei fondi*. Repubblica e Cantone Ticino, Dipartimento del Territorio, 02/2013.

Le acque meteoriche provenienti dai tetti sono di regola considerate NON o poco inquinate, ad eccezione dei tetti costituiti da parti importanti di metalli e se vi sono svolti lavori di pulizia. Non sono fatte distinzioni tra aree industriali - artigianali e residenziali e per quanto riguarda l'ammissibilità all'infiltrazione, che è possibile per la classe detta "*debole*", mentre per la classe "*media*" è possibile solo dopo trattamento, eventualmente anche con carboni attivi, circostanza che richiede la formazione di importanti sistemi di immagazzinamento dei volumi di pioggia. In caso di inquinamento elevato l'infiltrazione NON è ammessa.

Le acque scolanti da vie e piazze sono accettabili per l'infiltrazione solo se provengono da aree con poco traffico, alle quali pare possibile associare gran parte delle zone residenziali di Ricengo, mentre in caso di aree al servizio di attività lavorative o commerciali, le acque di dilavamento ricadono nella classe "media", che richiede trattamenti. Le tabelle indicano per le strade valori da "debole" ad "elevato" e quindi non è attribuito alcun giudizio immediatamente utilizzabile ma bisogna valutare caso per caso l'utilizzo della singola strada e delle aree servite.

A parere dello scrivente sono quindi da escludere dalla possibilità di infiltrazione nel sottosuolo le acque pluviali provenienti dalle strade SP 83 e dagli ambiti produttivi e commerciali e le relative strade di accesso, mentre dovranno essere singolarmente valutate, in tale prospettiva, le condizioni delle aree e i contenuti dei piani di recupero le aree produttive dismesse.

Caratteristiche del tetto	Classe d'inquinamento	Osservazioni
Copertura verde	debole	Senza stuoie bituminose contenenti pesticidi (altrimenti canalizzazione acque luride)
Materiale inerte senza installazioni in metallo, vetro, terrazzi	debole	Senza lavori di pulizia (altrimenti classe d'inquinamento elevata): le acque di lavaggio di tetti in vetro, facciate, ecc. sono acque di scarico inquinate e devono essere trattate. Vanno raccolte separatamente e non possono essere infiltrate.
Materiale prevalentemente inerte con parti usuali d'installazioni in metallo non rivestito	medio	Parti in metallo non rivestito tra 5 e 10% dell'intera superficie di contatto della pioggia sui tetti
Prevalentemente in metallo non rivestito (p.es. rame, zinco, stagno, piombo)*	elevato	Tetti e facciate con un'elevata proporzione di coperture in metallo non rivestito

* I metalli si trovano nelle acque perlopiù in forma disciolta (<70%), ad eccezione del piombo.

Tabella 4: classe di inquinamento delle acque provenienti dai tetti

Caratteristiche	Classe d'inquinamento	Osservazioni
Accesso abitazioni, posteggi privati, piste ciclabili, sentieri, strade agricole	debole	Senza lavori di pulizia (altrimenti classe di inquinamento elevata)
Posteggi pubblici senza frequente cambio dei veicoli	debole	
Piazze di trasbordo e deposito, aree di lavoro	medio	Senza liquidi suscettibili di inquinare le acque
Posteggi pubblici con frequente cambio di veicoli (es. centro commerciale)	medio / elevato	Accertamento con le competenti autorità cantonali
Piazze di trasbordo, travaso e deposito di liquidi suscettibili di inquinare le acque	-	Nessuna infiltrazione o immissione nelle acque
Strade	debole a elevato	Non trattato nel presente documento.
Impianti ferroviari, stazioni di smistamento, piste di volo, ecc.	-	Accertamento con le autorità competenti

Tabella 5: classe di inquinamento delle acque provenienti da piazze e vie (smaltimento dei fondi).

Figura 56: schema di valutazione qualitativa delle acque provenienti da tetti e da piazzali riferito nel manuale svizzero ([32]).

Sempre in merito alla qualità delle acque che possono essere infiltrate, il manuale SuDS ([31]) riporta un metodo semplificato illustrato in *Ellis et al* ([33]), che è basato sull'uso del suolo e sulle prove delle prestazioni fornite dai sistemi SuDS, che comunque essendo frutto di analisi riguardanti ampi intervalli di concentrazione, hanno richiesto la formazione di modelli teorici per l'interpretazione dei fenomeni.

Il metodo richiede di assegnare indici di rischio di inquinamento idonei per la classe d'uso dell'area, come indicato in Tabella 6. Gli indici vanno da 0 (nessun pericolo di inquinamento per un determinato tipo di contaminante) ad 1 (alto rischio di inquinamento per il tipo di contaminante).

Occorre quindi selezionare per il trattamento dell'acqua un sistema SuDS con un indice di attenuazione dell'inquinamento totale uguale o superiore all'indice di rischio di inquinamento per ciascun contaminante.

Se l'indice di mitigazione di un singolo componente è insufficiente, saranno necessari due componenti (o più) in serie: Indice del SuDS totale = indice di mitigazione 1 + 0,5 (indice di mitigazione 2). Il fattore di 0,5 è

[33] ELLIS, J B, REVITT, M and LUNDY, L (2012) "*An impact assessment methodology for urban surface runoff quality following best practice treatment*", Science of the Total Environment, vol 416, February, Elsevier BV, UK,

utilizzato per tenere conto della riduzione delle prestazioni delle componenti secondarie o terziarie associate a concentrazioni di afflusso già ridotte.

Dalla lettura si deduce che i tetti in genere e le zone residenziali, salvo necessarie verifiche per aree industriali, quindi gran parte dell'abitato di Ricengo, possono essere adeguatamente trattati con la sola collocazione di pavimentazioni drenanti, mentre per le superfici industriali esterne sarà necessario ricorrere a una combinazione ad esempio di fasce filtranti e sistemi di bioritenzione, pavimentazioni permeabili e piccoli stagni. Questi ultimi a Ricengo possono essere realizzati in tutte le aree industriali e commerciali ad esclusione delle superfici a sud della Cascina Palazzo, dove la profondità media della falda, secondo quanto indicato nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, è spesso inferiore 2,0 metri e quindi in alcuni periodi e non consente lo scavo conservando un adeguato franco al fondo.

Uso dell'area	Livello di pericolo di inquinamento	Solidi sospesi totali (TSS)	Metalli	Idrocarburi
Tetti di aree residenziali	Molto basso	0.2	0.2	0.05
Altri tetti, tipicamente commerciali/industriali	Basso	0.3	0.2 ma fino a 0,8 se c'è la possibilità di rilascio di metalli dal tetto	0.05
Strade private, parcheggi residenziali, strade a basso traffico (ad es. vicoli ciechi, zone di residenza e strade di accesso generali) e parcheggi non residenziali con scambi poco frequenti (ad es. scuole, uffici) ovvero <300 movimenti di traffico / giorno	Basso	0.5	0.4	0.4
Aree commerciali e zona di consegna merci, parcheggi non residenziali con frequenti cambi (ad es. Ospedali, punti vendita), tutte le strade tranne strade a traffico limitato e strade statali / autostrade	Medio	0.7	0.6	0.7
Siti con forte inquinamento (ad es. piazzali per autotrasporto, parcheggi per camion, strade molto frequentati di accesso a zone industriali, siti di rifiuti), siti dove si effettua la consegna di prodotti chimici e combustibili (diversi dall'olio combustibile per uso domestico) o devono essere manipolati, immagazzinati, usati o fabbricati, siti industriali, strade principali e autostrade	Alto	0.8	0.8	0.9

Tabella 6: indice di rischio (non è un'unità di misura) di inquinamento per vari tipi di uso dell'area (da manuale SuDS 2015 tabella 26.2).

	Indice di mitigazione dell'inquinante		
Tipo di componente SuDS	Solidi sospesi totali (TSS)	Metalli	Idrocarburi
Fascia filtrante	0.4	0.4	0.5
Dreno filtrante (a)	0.4	0.4	0.4
Depressione inerbita (swale)	0.5	0.6	0.6
Sistemi di bioritenzione	0.8	0.8	0.8
Pavimentazione permeabile	0.7	0.6	0.7
Bacini di detenzione	0.5	0.5	0.6
Stagni (b)	0.7	0.7	0.5
Zone umide (laghetti) (b)	0.8	0.8	0.8

(a) I filtri possono rimuovere i sedimenti grossolani, ma il loro uso a tale scopo avrà effetti rilevanti sulla manutenzione.

(b) Gli stagni e le zone umide possono rimuovere i sedimenti grossolani, ma ciò avrà implicazioni significative sulla manutenzione e sul valore attrattività del sistema.

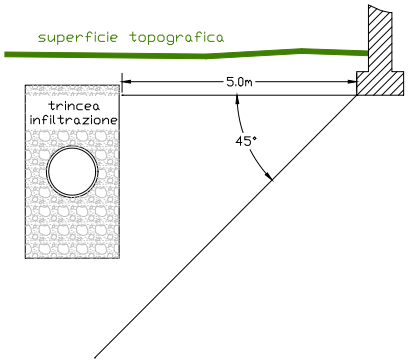
Tabella 7: indice di mitigazione di inquinamento per vari tipi di sistemi SuDS (da manuale SuDS 2015 tabella 26.3).

Il dimensionamento delle opere, e in particolare dello *swale*, deve essere adeguato a consentire di svolgere il processo di cattura, intrappolamento e di mineralizzazione degli inquinanti. Nella letteratura citata si trovano esempi e metodi di calcolo dei processi.

Il punto 2.2) del precedente elenco "*stabilità dei versanti o del sottosuolo…*" si può **ritenere sempre rispettato a Ricengo** perché non vi sono tratti acclivi e nemmeno terreni alterati con forti contrasti litologici (ad esempio limo argilloso su ghiaia con ciottoli - si veda anche il capitolo dedicato alle caratteristiche fisiche del territorio di Ricengo) che sono la causa della formazione degli "*occhi pollini*" e fenomeni simili. Eventuali problemi locali possono essere presenti principalmente per cause artificiali, ad esempio lungo il percorso di canali irrigui o coli dismessi non adeguatamente riempiti o per l'estrazione di serbatoi dal sottosuolo e circostanze simili. Tali condizioni devono essere valutate con un'adatta indagine geotecnica nel rispetto di quanto previsto nei capitoli 6.7 e 6.8 delle NTC 2018.

Il punto 2.3) riguarda la possibile interferenza con le fondazioni o con i piani interrati degli edifici esistenti: sull'argomenti si ritiene utile citare quanto indicato nella letteratura consultata ([34]) che precisa che l'infiltrazione di acqua piovana non deve:

1. Aumentare il cedimento statico di strutture adiacenti al sito, da valutare considerando il profilo geotecnico entro 3 metri sotto la base del sistema di infiltrazione;
2. Aumentare il potenziale di liquefazione sismica da considerare entro il volume di terreno interessato dall'infiltrazione;
3. Comportare un aumento del sovraccarico su strutture o fondazioni adiacenti al sito. La pressione interstiziale non deve essere aumentata su strutture di sostegno del suolo adiacenti al sito.
4. La base del sistema d'infiltrazione delle acque meteoriche deve essere **arretrata di almeno 5 metri ed essere al di fuori di un piano ideale inclinato 45 ° dal fondo delle fondazioni adiacenti**, salvo diversa indicazione del consulente geotecnico.
5. L'infiltrazione delle acque piovane non deve essere localizzata vicino a linee di servizio in cui l'introduzione di acqua piovana potrebbe causare danni o cedimenti nel rinterro delle trincee.



6. L'infiltrazione di acqua piovana non è consentita entro 30 metri da tutti i pozzi di produzione di acqua per uso potabile.

Il punto 2.3bis), riferisce che tra le ragioni che portano ad escludere la possibilità di realizzare opere di infiltrazione vi sono "*la presenza di aree non adatte o poco adatte, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante o aree con terreni a bassa permeabilità*".

Si sottolinea che **il termine "subaffiorante" è generico** e non indica una misura di soggiacenza. Prendendo a prestito la suddivisione delle profondità dei suoli impiegate nella cartografia ERSAF, si ritiene di poter individuare il valore di 1,0 metri quale riferimento e considerare quindi "subaffiorante" la falda riscontata a profondità inferiore a 100 cm dal piano campagna. Tale misura in buona parte coincide con la quota di posa di molte reti di servizio presenti nel sottosuolo, comprese condotte fognarie, che in caso di falda sub affiorante si trovano quindi totalmente immerse nell'acqua e soggette alla spinta di galleggiamento.

[34] County of Los Angeles Department of Public Works *Low Impact Development Standards Manual* February 2014

Nelle aree dove predominano le sabbie si possono stimare valori di permeabilità compresi tra 10^{-6} a 10^{-4} m/s, mentre dove predominano i limi i valori possono essere compresi tra $5*10^{-8}$ e $5*10^{-6}$.

Il limite minimo di permeabilità che lo scrivente ha riscontrato in letteratura per la realizzazione di sistemi di infiltrazione efficienti è di **$2*10^{-6}$ m/s** ([35]) e quindi nelle aree indicate nella tavola di Figura 16 come S3, principalmente presenti nelle aree urbanizzate, appare piuttosto improbabile che si possano realizzare senza difficoltà opere di infiltrazione nel sottosuolo, a prescindere dalla distanza minima dalla falda di cui si è detto in precedenza.

Nella aree caratterizzate da sabbie prevalenti, dovrebbe essere sempre possibile progettare sistemi di infiltrazione, sempre se la distanza della falda dal fondo dell'opera di dispersione lo consente.

In letteratura è suggerito anche un **valore massimo di permeabilità**, pari a **$7*10^{-5}$ m/s** ([36]), che è molto improbabile possa costituire un vincolo per le opere a Ricengo a causa della comune presenza della frazione limosa nelle sabbie. Il valore indicato non deriva da considerazioni idrauliche ma è quello oltre il quale si ritiene opportuno adottare particolari cautele per progettare l'infiltrazione, per consentire al terreno di esercitare il suo ruolo di filtro a protezione della falda.

La **lettera c), punti 4 - 4.1 e 4.2, del comma 2 dell'Art. 11** fornisce alcune indicazioni sugli aspetti idraulici del sistema di infiltrazione sottolineando la necessità di adottare valori cautelativi del coefficiente di infiltrazione per tenere conto del progressivo intasamento dei materassi permeabili. Il **punto 5** della lettera **c)**, precisa che il progetto idraulico deve basarsi su parametri idrogeologici ricavati da adeguate indagini in sito e deve comprendere un piano di gestione e manutenzione.

La **lettera d),** del **comma 2 dell'Art. 11** si occupa dello standard proposto per i coefficienti di deflusso da impiegare in luogo del calcolo: l'argomento è stato affrontato con riferimento all'Art. 9 mediante la Tabella 4 a pag. 85 e relativo testo di commento.

Le **lettere e)** ed **f), del comma 2 dell'Art. 11** riguardano rispettivamente il calcolo del volume di invaso e del tempi di svuotamento. Per il primo aspetto si veda il commento all'Art. 10, comma 1, lettera a) a pag. 87, mentre per altri dettagli e il tempo di svotamento, che il Regolamento indica debba avvenire entro 48 ore dalla fine dell'evento meteorico, si l'allegato 2. Inoltre qualora si realizzino sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2 (i 500 mc o 800 mc per ettaro di superficie impermeabile scolante, si veda il commento a pag. 87 per i casi da 300 a 1000 mq con $\varphi < 0.4$)**, è ridotto del 30 per cento**, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F. Tale riduzione non si applica nel caso in cui si adotti il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, senza pertanto applicare la procedura di calcolo delle sole piogge o dettagliata. In pratica l'intento espresso con la modifica introdotta nel 2019 sembra essere quello di favorire l'infiltrazione nei piccoli interventi una volta che nella procedura siano state eseguite misure e calcoli che consentano di verificare l'applicabilità di una procedura meno cautelativa.

Il tempo di svuotamento richiesto non deve superare le 48 ore, in modo da rispristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile e se entro tale tempo non è possibile rispristinare l'intera capacità di invaso, questa essere incrementata della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Il progetto deve inoltre

[35] *Guidelines for geotechnical investigation and reporting low impact development stormwater infiltration*. County of Los Angeles department of public works, 06/2017.
[36] Pennsylvania Department of Environmental Protection (PDEP). 2006. *Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual*.

considerare l'ipotesi che un secondo evento intenso si verifichi a distanza inferiori alle 48 ore dal primo e quindi deve valutare il rischio sui beni insediati e prevede misure per limitare i danni.

La **lettera g),** del **comma 2 dell'Art. 11** detta le disposizioni per il dimensionamento del sistema di scarico terminale nel ricettore. Trattandosi di una disciplina ordinaria si ritiene non necessario alcun commento e si fa rimando al testo del Regolamento.

L'Articolo 12 *"Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica"* è stato nei suoi contenuti essenziali già commentato con riferimento al contenuto della tabella di Figura 54 a pag. 86 e al calcolo del processo di laminazione a pag. 87. Gli ulteriori elementi contenuti nei commi 4, 5 e 6 contengono il richiamo all'obbligo di non superare i limiti allo scarico imposti **dall'Art. 8 comma 1,** riportati qui a pag. 84, e ad aspetti di dettaglio sugli scarichi per i quali si fa rimando al testo del Regolamento.

L'Articolo 13 si occupa del "*Piano di manutenzione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica e responsabilità connesse*", ossia dei dettagli di uno dei contenuti del progetto di invarianza di cui all'articolo 10, comma 1 lettera c) (pag. 87), che deve essere *"redatto con un dettaglio conforme alla complessità dell'opera alla quale si riferisce"*, i cui costi e le responsabilità ricadono sul proprietario. Non essendo contenuti aspetti che richiedono particolari commenti, si fa rimando al testo.

L'Articolo 14 "*Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica*" rappresenta uno degli aspetti fondamentali che coinvolgono il ruolo dell'amministrazione comunale.

Il primo comma stabilisce che i comuni che ricadono nella classe A o B del territorio lombardo tra i quali Ricengo (B) (art. 7 comma 3 a pag. 84), sono tenuti a redigere lo *studio comunale di gestione rischio idraulico* e ad approvarlo in consiglio comunale, adeguando il PGT, entro i termini di cui al comma 5, ossia **in occasione della prima scadenza del documento di piano** e in attesa di questo, il *documento semplificato di rischio idraulico*. Entrambi i documenti inseriscono la delimitazione delle aree soggette ad allagamento, nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, nonché le misure strutturali nel piano dei servizi.

Il costo degli studi è a carico del Comune, al quale può contribuire il gestore del servizio idrico integrato (SII), ossia Padania Acque S.p.a. ([37]) per il territorio di Ricengo (comma 6). **LO STUDIO COMUNALE DI RISCHIO IDRAULICO** contiene la valutazione della pericolosità idraulica, della vulnerabilità e del rischio necessari a progettare gli interventi strutturali e non strutturali e comprende i seguenti contenuti: **comma 7, lettera a)**

1. la definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni;
2. l'individuazione dei ricettori delle acque meteoriche di dilavamento i rispettivi gestori;
3. predisposizione di uno studio idraulico relativo all'intero territorio comunale contenente:
    - 3.1. la **modellazione idrodinamica del territorio comunale** per il calcolo dei corrispondenti deflussi meteorici, per gli eventi meteorici per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni, per il quale il Comune può avvalersi del gestore del servizio idrico integrato (Padani Acque S.p.a. per Ricengo);
    - 3.2. la modellazione deve basarsi sul Database Geo-Topografico (DBGT) o sui rilievi LiDAR o su un adeguato modello digitale del terreno integrato con il DBT. Il DBGT del territorio comunale è del

[37] Nel 2014 i Comuni e l'ente Provincia di Cremona, soci esclusivi, hanno deliberato l'affidamento con modalità diretta ("in house") del servizio idrico integrato a Padania Acque, gestore unico provinciale fino al 31/12/2043.

2007 mentre il rilievo LiDAR (Laser Imaging Detection And Ranging) è del 2014 ma riguarda solo una porzione settentrionale del territorio comunale;

3.3. la valutazione della capacità di smaltimento del reticolo fognario sulla base del rilievo di dettaglio della rete stessa e, se disponibile, dello studio idraulico dettagliato della rete fognaria;

3.4. la valutazione della capacità di smaltimento dei reticoli ricettori diversi dalla rete fognaria;

3.5. l'individuazione delle aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti;

4. la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico nel PGT e nelle mappe del piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA);

5. l'indicazione di massima delle misure strutturali, e non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica, quali l'incentivazione sul tessuto edilizio esistente, la gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta del terreno e misure di protezione civile e difese passive attivabili in tempo reale; tali indicazioni potranno ottenersi anche con l'eventuale collaborazione del gestore del servizio idrico integrato e devono essere recepite nei piani di emergenza comunale; (art.14, comma 7, lettere **b** e **c**);

6. l'individuazione delle aree da riservare alle misure strutturali di invarianza sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per le nuove trasformazioni, tenendo conto delle previsioni del piano d'ambito del servizio idrico integrato;

6 bis. (introdotto nel 2019) l'individuazione delle porzioni del territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante, aree con terreni a bassa permeabilità, zone instabili o potenzialmente instabili, zone suscettibili alla formazione di cavità sotterranee, quali gli occhi pollini, aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera, aree con terreni contaminati.

Come detto, i depositi alluvionali presenti sotto gli orizzonti pedogenizzati, nel tratto da tale quota fino ad una profondità di 2 metri dal piano di campagna sono descritti nella Figura 16 a pag. 25, dove si evidenzia che le aree con maggiori probabilità di risultare inadatte all'infiltrazione sono presenti presso l'abitato di Ricengo e a NW, ed anche a NW, a W e SE di quello di Levata. In entrami i casi è presente l'unità litologica S3 *formata da sabbie con depositi fini (limi e argille) e ghiaie*. Nella restante parte del territorio i terreni fini sono descritti come "locali" e "subordinati" (Unità S2 ed S1) dove almeno in termini generali non vi è motivo per ipotizzare un'estesa difficoltà alla progettazione di sistemi di infiltrazione.
Gli "*occhi pollini*" sono presenti in aree della Brianza interessate dalla forte dissoluzione dei carbonati e nell'intera provincia di Cremona non sono note zone che manifestano tale fenomeno, mentre per l'instabilità tutte le informazioni morfologiche indicano l'assenza di superfici acclivi di significativa estensione. Per quanto riguarda la soggiacenza della falda, la ricostruzione del valore medio riferito nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** a pagina **Errore. Il segnalibro non è definito.** indica che solo l'area a sud e SW della Cascina Palazzo può essere relativamente problematica, con falda a 1 – 2 metri di profondità che renderebbe inattuabili gran parte delle soluzioni descritte dell'allegato 2, limitando le possibilità alle sole pavimentazioni drenanti.

Non risultano presenti terreni soggetti a bonifica per contaminazione.

Il comma 7 lettera d) dispone che gli esiti delle elaborazioni siano inviati al gestore del servizio idrico integrato e all'ente di governo d'ambito per le azioni di competenza.

Il **comma 8 lettera c)** precisa che le misure NON STRUTTURALI di cui al precedente comma 8 lettera a) punto 3, devono essere recepite negli strumenti comunali di competenza, quali i piani di emergenza.

Il **comma 9** stabilisce per la redazione dei documenti di rischio idraulico, i comuni possono chiedere il supporto degli Enti di Governo dell'Ambito (nota: l'EGA è il soggetto competente alla predisposizione della tariffa di base e coincide con la Provincia; esercita le funzioni in materia di SII (*Servizio Idrico Integrato, insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione di acqua ad usi civili, di fognatura e depurazione delle acque reflue*) attraverso la propria Azienda Speciale denominata "UFFICIO D'AMBITO");

L'Articolo 15 "*Meccanismi attraverso i quali i comuni possono promuovere l'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica o idrologica, nonché del drenaggio urbano sostenibile*"

I Comuni possono promuovere l'applicazione dell'invarianza idraulica o idrologica per interventi che **NON** ricadono nei casi dell'articolo 3, ossia per interventi di invarianza realizzati sulla quota parte di edificio non soggetto a trasformazione in caso di trasformazione urbanistica per solo una quota parte della superficie complessiva, nonché per interventi di ristrutturazione edilizia e di ristrutturazione urbanistica (articolo 3, comma 2, lettere a) e c)), in aree individuate nei PGT come ambiti di rigenerazione urbana e territoriale ai sensi della l.r. 12/2005.

Nel **comma 2** si specifica che i meccanismi di incentivazione possono operare mediante:

a) incentivazione urbanistica

1. il comune può prevedere nel documento di piano gli incentivi come diritti edificatori utilizzabili in opportuni ambiti individuati dal PGT, purché l'ampliamento non alteri la proiezione al suolo della sagoma dell'edificio originale;

2. ulteriori misure di incentivazione o anche semplificazione procedurale possono essere definite dalla Giunta regionale nell'attuazione dell'articolo 4, comma 2, della l.r. 31/2014, riguardanti le misure di incentivazione per la realizzazione di interventi di rigenerazione urbana;

b) riduzione degli oneri di urbanizzazione o anche del contributo di costruzione;

c) uso degli introiti derivanti della monetizzazione di cui all'articolo 16, fatto salvo quanto previsto per la progettazione e realizzazione delle opere pubbliche (lettera g) del comma 5 dell'articolo 58 bis della l.r. 12/2005), i comuni possono prevedere l'emanazione di bandi per il cofinanziamento, fino al 70 per cento, di interventi di invarianza idraulica e idrologica.

Il **comma 3** precisa che i meccanismi di promozione del principio di invarianza idraulica sono **aiuti di Stato**, sottoposti alle relative norme nazionali e ragionali comportanti l'obbligo di notifica al "*Registro nazionale degli aiuti di Stato*", la cui procedura deve essere esplicitamente riferita nei provvedimenti di concessione e di erogazione degli aiuti.

L'Articolo 16 "*Monetizzazione in alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche"*

La monetizzazione è consentita per i soli interventi edilizi, per i quali sussiste l'impossibilità a ottemperare ai disposti del presente regolamento (**comma 1**). Tale impossibilità è dimostrata per gli interventi di nuova costruzione, ristrutturazione urbanistica, opere di pavimentazione e pertinenziali (lettere b),c),d),e) del comma 2, art. 3) quando **sussistono contestualmente tutte** le seguenti condizioni:

a) Il rapporto tra la superficie occupata dall'edificazione e la superficie totale dell'intervento maggiore o uguale al 90 per cento;

b) è dimostrata l'impossibilità a realizzare nell'area dell'intervento esterna all'edificazione il volume di laminazione adeguato, ossia quello risultante dai calcoli o dati dal rapporto di 500 mc/ettaro di superficie impermeabile se superiore a quanto calcolato (art. 11, comma 2, lettera e), punto 3);

c) è dimostrata l'impossibilità a realizzare il volume di laminazione in aree poste nelle vicinanze di quelle dell'intervento, per loro indisponibilità o condizioni di vincolo;

d) è motivatamente impedita la realizzazione del volume di laminazione sulle coperture dell'edificato;

e) la realizzazione del volume di laminazione nel sottosuolo sia impedita perché l'intervento edilizio è previsto senza modifiche delle sue strutture di fondazione.

Per gli interventi di ristrutturazione edilizia, solo se consistono nella demolizione totale almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio

demolito (articolo 3, comma 2, lettera a), anche ricadenti all'interno delle aree individuate nei PGT come ambiti di rigenerazione urbana, devono sussistere contestualmente le sole condizioni di cui alle lettere a) e b) nonché una tra quelle di cui alle lettere da c) a e) dell'elenco sopra riportato.

Il **comma 2** precisa che per gli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, di cui all'articolo 3, comma 3, la monetizzazione non è consentita.";

Il **comma 3** stabilisce il costo della monetizzazione, che è pari al volume di laminazione richiesto, moltiplicato per il costo unitario parametrico di una vasca di laminazione assunto paria a750 euro per mc di invaso, come dettagliato in allegato M del regolamento;

Nel **comma 4** si prescrive che il comune utilizzi le somme derivanti dalla monetizzazione per la redazione dello studio comunale di gestione del rischio idraulico e del documento semplificato del rischio idraulico comunale (articolo 14), in quanto propedeutici all'individuazione e successiva realizzazione di interventi necessari per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica. Redatti tali documenti, il comune utilizza le somme derivanti dalla monetizzazione per:

a) la progettazione di massima delle misure strutturali, e non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica previste dallo **studio comunale di rischio idraulico** (articolo 14, comma 7, lettera a), numero 5)), e l'indicazione di massima previste nel **documento semplificato**, delle misure strutturali d'invarianza idraulica e idrologica da realizzare nella parte urbanizzata e negli ambiti di nuova trasformazione e l'individuazione delle aree da riservare per le stesse (comma 8, lettera a), numero 2)), per l'attuazione delle quali si può avvalere del gestore del servizio Idrico Integrato;

b) l'attuazione bandi per il cofinanziamento, fino al 70 per cento, di interventi di invarianza idraulica e idrologica (articolo 15, comma 2, lettera c)).

L'Articolo 17 *"Norme finali"*

Comma 1: segnala che le modifiche e gli aggiornamenti tecnici delle disposizioni contenute negli allegati, sono approvati con deliberazione della Giunta regionale, ove non contestuali a modifiche apportate a uno o più articoli del regolamento;

Comma 2: Indica che il valore del costo unitario parametrico di una vasca di volanizzazione (art. 16 comma 3) è periodicamente aggiornato con decreto del direttore generale competente in materia di difesa del suolo.

I commi 3 e 3 bis indicano le scadenze delle fasi di attuazione del regolamento, attualmente tutte sorpassate.

Comma 4: il regolamento è sottoposto a monitoraggio con cadenza triennale, basato sulle informazioni raccolte a seguito della consegna **dell'allegato D** alla Regione Lombardia (articolo 6, comma 1, lettera e)).

Comma 5: Stabilisce che la Regione può effettuare presso i Comuni verifiche e controlli della corretta applicazione del presente Regolamento e del recepimento dello stesso nei regolamenti edilizi comunali nonché nei Piani di Governo del territorio.

10 Aspetti sismologici e risposta sismica locale

10.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI

Le norme nazionali, il **DM 17 gennaio 2018** di aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» in vigore dal 20.03.2018 e l'unita **Circolare C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7** in particolare nei § 3.2.2, 3.2.3, 7.2.6, 7.11.3 e quelle regionali formate dalla DGR 30 novembre 2011 IX/2616 di aggiornamento dei "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT"*, dalla DGR 2129/2014 contenente la nuova classificazione sismica regionale e la DGR 5001/2016 relativa ai criteri attuativi della LR 33/2015 in materia di costruzioni in zona sismica e relativa vigilanza, richiedono che tra gli elementi di pericolosità geologica siano valutati i possibili effetti che particolari condizioni geomorfologiche e litostratigrafiche (condizioni locali) posso determinare in occasione di eventi sismici.

La *"risposta sismica locale*" che si manifesta su una struttura in progetto può essere studiata con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC, ma qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, ossia alle "*Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*", si può fare riferimento a tale procedura che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_S.

La **pericolosità sismica di base,** ossia l'entità e la frequenza dei fenomeni sismici generati dal substrato roccioso è definita da studi sismologici nazionali e regionali, mentre gli **EFFETTI LOCALI**, ossia il comportamento dei terreni dove poggiano le fondazioni o sono ospitate opere rilevanti, sono distinti in funzione del **comportamento dinamico dei materiali** coinvolti e principalmente dipendono dalla morfologia e dalle caratteristiche meccaniche del terreno presente nelle prime decine di metri dalla superficie. In ragione di ciò si usa distinguere due grandi **gruppi** di **EFFETTI LOCALI**:

- quelli determinati **dall'amplificazione sismica locale**
- quelli dovuti all'**instabilità**

La prima interessa terreni stabili ma che per effetto della loro disposizione e caratteristiche meccaniche producono modificazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza del moto sismico prodotto dal terremoto di riferimento, proveniente da una sottostante formazione rocciosa (bedrock) e nell'ambito di tali effetti di amplificazione si distinguono:

- **L'amplificazione topografica**, che si manifesta quando sono presenti morfologie superficiali che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche e si rivelano in prossimità della cresta di un rilievo a seguito di riflessione delle onde sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.

  A tale proposito nella Tabella 3.2.IV delle NTC 2018, sono così distinte e identificate le seguenti categorie topografiche:

  - **T1** Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
  - **T2** Pendii con inclinazione media $i > 15°$
  - **T3** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
  - **T4** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e sono considerate in grado di modificare l'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Il territorio si presenta, in relazione ai parametri sopra considerati, equivalente ad una superficie piana e quindi appartenente alla categoria topografica **T1,** che descrive le aree non soggette ad amplificazione topografica. Il coefficiente di amplificazione topografica della tabella 3.2.V delle NTC 2018 dell'intero territorio è quindi $S_T = 1$.

- **amplificazione litologica**: questo fenomeno si osserva quando sono presenti morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.), e/o da particolari profili stratigrafici che 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.

L'"*intrappolamento*" delle onde sismiche all'interno del deposito sedimentario è determinato dal contrasto di impedenza ([38]) ([39]) tra gli strati sedimentari o tra sedimenti sciolti superficiali e il bedrock.

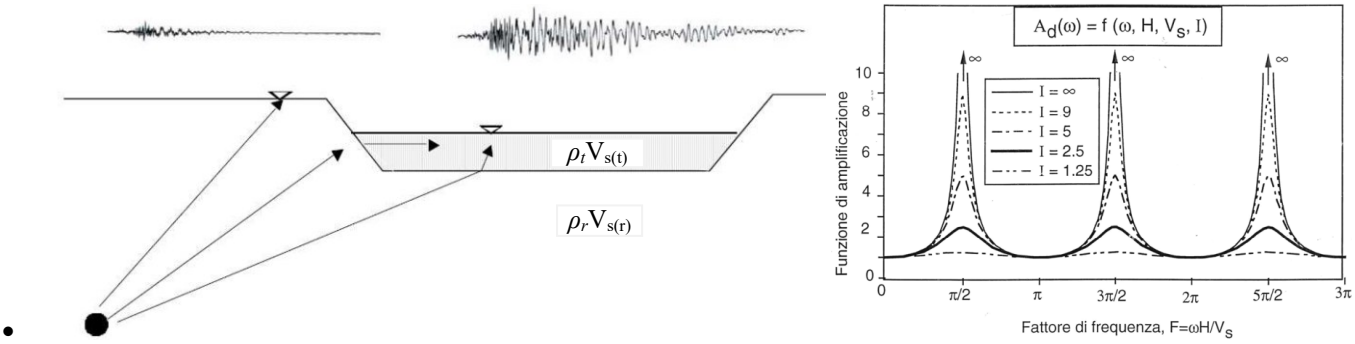


Figura 57: schema rappresentativo di amplificazioni dovute a condizioni litologiche e/o geometriche e a destra grafici della funzione di amplificazione al variare del fattore di frequenza (F= ωH/Vs, con ω =2pf= frequenza circolare) e del valore del rapporto di impedenza.

Il rapporto d'impedenza I = $\rho_r V_s(r)/\rho_t V_s(t)$ superiore circa a 2 dà luogo ad effetti sensibili di amplificazione, che in particolare si manifestano quando la frequenza dell'eccitazione sismica si approssima o coincide con la frequenza fondamentale dello strato superficiale, stimabile nel caso di strati orizzontali di grande estensione laterale quale quelli della media pianura lombarda dalla relazione $f_1 = \frac{Vs}{4H}$ funzione del suo spessore H e della V_s, ovvero quando si realizzano condizioni di risonanza . Tale condizione **può essere presente a Ricengo** ma le informazioni disponibili, sia fornite dalle indagini sismiche che dai dati stratigrafici, non individuano **indizi di strutture sepolte nell'area urbana in grado di determinare variazioni significative delle onde sismiche**. Secondo la pubblicazione "*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*" (ICMS) 2008, utilizzando l'approccio semplificato proposto da Bard e Bouchon (*Two dimensional resonance of sediment filled valley,* 1985), è possibile valutare l'assenza di amplificazioni connesse a bacini sepolti **verificando validità della seguente relazione**: $\frac{h}{L} \leq \frac{0{,}65}{\sqrt{C_v - 1}}$, con *h* la profondità della valle [massimo spessore del deposito], *L* la sua semi ampiezza, C_v il rapporto fra la velocita $V_{s,b}$ nel basamento sismico (800 m/s per convenzione) e quella media nel terreni di riempimento della valle $V_{s,t}$.

Nella media pianura *h* si può stimare compreso tra 100 e 500 metri mentre ed *L* è sempre $\gg$ 1 Km; nell'ipotesi cautelativa che a Ricengo L = 1,5 km, il rapporto $\frac{h}{L}$ varierà tra 0,066 e 0,333.

[38] L'impedenza sismica è data dal prodotto della densità ρ del terreno o della roccia per la velocità V delle onde (ρ*V=Z).

[39] *Il contrasto di impedenza sismica fra strati di roccia adiacenti influisce sul coefficiente di riflessione. In particolare, fra le rocce profonde (bedrock) e le rocce alluvionali* [depositi alluvionali - n.d.r.] *appoggiate su di esse, il contrasto è la causa degli "intrappolamenti" di energia (riflessioni multiple) all'interno delle piane alluvionali, una delle principali cause dei più vistosi effetti di amplificazione di sito. In questo senso, forti contrasti di impedenza fra bedrock e alluvioni, e particolari condizioni geometriche (spessori delle alluvioni) possono provocare particolari interazioni tra frequenze del moto ondulatorio in arrivo e modo di vibrare degli edifici (pseudo-risonanza).* Tratto dal sito http://www.sissa.it/main/ SISSA : Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Trieste.

In pianura si può ragionevolmente ritenere che $V_{s,t}$ medio fino al basamento sismico sia compreso tra 180 e 250 m/s, valutazione confermata anche dalle prove sismiche eseguite, dove sono state ottenuti valore **$V_{s,30}$ = 229 m/s**, che è sicuramente inferiore a quello medio fino al basamento sismico. Usando tale misura minima come riferimento, C_v non può che essere al massimo 3,5 (800/229) ed il termine destro della relazione assume un valore 0,411, superiore ai valori del rapporto $\frac{h}{L}$ sopra indicato. In altri termini applicando la procedura, **è ragionevolmente verificata l'assenza di effetti bidimensionali che possono rendere irrealistiche le stime del fattore di amplificazione** con la procedura di secondo livello di seguito esposta.

L'amplificazione litologica può peraltro essere tenuta in conto in fase progettuale se si adotta la **procedura semplificata prevista dal DM 17.01.2018**, che prevede l'individuazione della **categoria di sottosuolo** esposta nella Tabella 3.2.II del citato D.M., che in base all'esito della misura geofisica eseguita risulta essere la "**C**" e ciò comporta un incremento dato dal coefficiente stratigrafico Ss = 1,5 della sollecitazione sismica ipotizzata su suolo rigido di categoria A.

L'**instabilità** riguarda principalmente le dinamiche dei versanti ma può interessare anche terreni particolarmente scadenti dal punto di vista geotecnico, dove si possono verificare scivolamenti e rotture del suolo. Nei terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa della **densificazione** del materiale, mentre sottofalda sono possibili fenomeni di **liquefazione**. Fenomeni analoghi a quelli della liquefazione possono interessare anche depositi/unità stratigrafiche contenenti argille tissotropiche, il cui rifluimento può innescare frane superficiali o espansioni laterali.

Nel caso in esame i fenomeni di densificazione, che producono cedimenti, non sono probabili nell'area urbana perché l'evento sismico atteso è molto basso e il fenomeno citato interessa solo terreni naturali o artificiali (ad esempio i terreni di riporto) a grana sabbioso-limosa e messa in posto recente ([40]), mentre per quanto concerne **il rischio di liquefazione**, ovvero di perdita istantanea di capacità portante per incremento delle pressioni neutre generate dal sisma, le condizioni fondamentali sono presenti in tutto il territorio di Ricengo per la predominanza di terreni granulari saturi alle profondità indicate nella tavola di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**.

Fenomeni analoghi a quelli della liquefazione possono interessare anche depositi contenenti argille tissotropiche, il cui rifluimento può innescare frane superficiali o espansioni laterali. Argille montmorillonitiche possono essere talvolta presenti negli orizzonti di accumulo illuviale dei suoli, ma fino alle profondità investigate le intercalazioni limo argillose, se presenti, sono molto rare e sottili e conseguentemente il potenziale fenomeno si può considerare sostanzialmente assente.

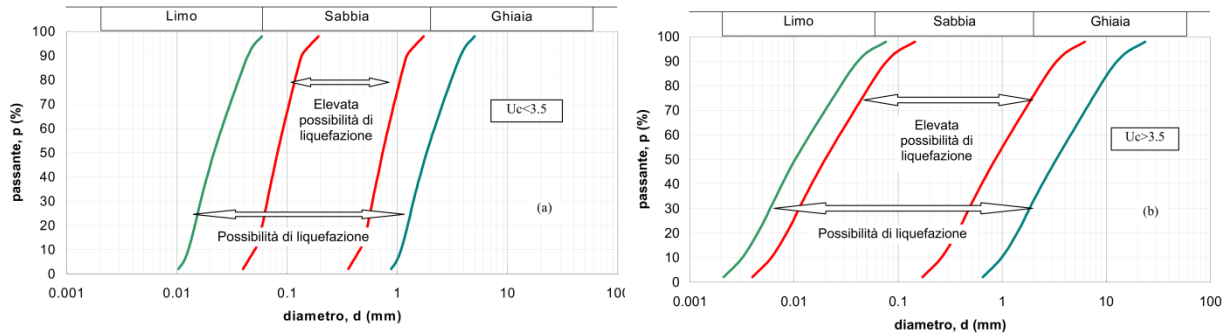


Figura 58: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005 Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica) e § 7.11.3.4.2 NTC 2018.

[40] Definizioni tratte da: Linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica per i Piani di Assetto del Territorio comunali e intercomunali (PAT e PATI) – D.G.R. n. 3308/2008 Regione Veneto.

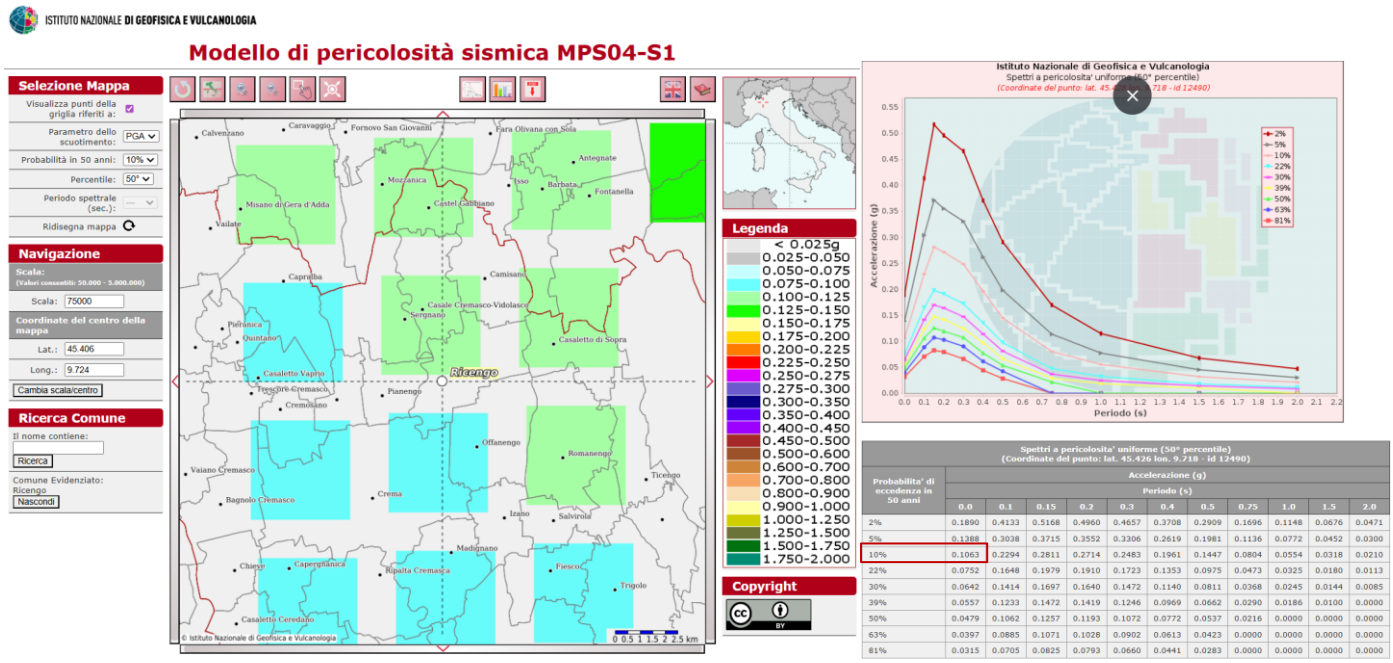
L'avvio dell'ordinamento recente riguardante il rischio sismico può essere collocato dall'introduzione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica*…", che ha suddiviso il territorio nazionale in 4 zone, collocando **Ricengo nella n. 4 di bassissima sismicità**, caratterizzata nominalmente da una accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (V_S > 800 m/s) indicata come "***a_g***", che presenta il valore di ***0,05 g*** , dove g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s^2. Il successivo DM 14 gennaio 2008 "*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*", ha modificato il criterio di attribuzione dell'azione sismica di riferimento da adottare per la progettazione "***a_g***", sostituendo le "*zone*" nelle quali ricade ciascun comune, con una mappa contenente i nodi di una rete nazionale di valori di pericolosità sismica, riportati in valori tabellari riferiti nell'allegato stesso e disponibili come "*Mappe interattive di pericolosità sismica*" sul sito http://esse1-gis.mi.ingv.it/. Come nel caso delle "zone" il valore è espresso in termini di accelerazioni previste su suolo rigido di categoria A (Vs > 800 m/s) in unità g.

Le zone sismiche restano comunque in vigore per la normativa regionale associata che regolamenta procedure progettuali e urbanistiche e con l'entrata in vigore della D.G.R. 11 luglio 2014, n.2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*", Ricengo è stato collocato nella **"zona sismica 3 - sismicità bassa",** che prevede principalmente la **verifica dell'amplificazione sismica** con una procedura detta di **secondo livello** di approfondimento, da realizzare in tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili a prescindere dal tipo di insediamento previsto. Tale verifica, realizzata elaborando i dati disponibili, è riportata nel § 0 a pag. 113 e seguenti.

Le *mappe interattive* dell'INGV sono state successivamente confermate dalle **NTC 2018** (DM 17 gennaio 2018) che, per quanto di interesse per la presente indagine, ha apportato modifiche alle **categorie di sottosuolo** di cui alla Tabella 3.2.II "*Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*" ed ai criteri per "*esclusione della verifica a liquefazione*" (§ 7.11.3.4.2).

L'accelerazione orizzontale massima del suolo a_g, come definita dall'OPCM 3519/2006, è quella che in ambito internazionale è chiamata PGA (Peak Ground Acceleration) ed è una funzione probabilistica associata a soglie di eccedenza e valori di incertezza, quindi non più un unico numero ma un insieme di valori. Il valore di riferimento impiegato per le costruzioni ordinarie è quello delle probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni equivalente a un tempo di ritorno di 475 anni, corrispondente allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) nel DM 17 gennaio 2018.

Tale condizione riferita al territorio in esame mostra 0,100 < **a_g** < 0,125 (Figura 59), e più specificamente ***a_g = 0,1063*** per il nodo di Ricengo.



Spettri a pericolosita' uniforme (50° percentile)
(Coordinate del punto: lat. 45.426 lon. 9.718 - id 12490)

Probabilita' di eccedenza in 50 anni	Accelerazione (g) Periodo (s) 0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.1890	0.4133	0.5168	0.4960	0.4657	0.3708	0.2909	0.1696	0.1148	0.0676	0.0471
5%	0.1388	0.3038	0.3715	0.3552	0.3306	0.2619	0.1981	0.1136	0.0772	0.0452	0.0300
10%	0.1063	0.2294	0.2811	0.2714	0.2483	0.1961	0.1447	0.0804	0.0554	0.0318	0.0210
22%	0.0752	0.1648	0.1979	0.1910	0.1723	0.1353	0.0975	0.0473	0.0325	0.0180	0.0113
30%	0.0642	0.1414	0.1697	0.1640	0.1472	0.1140	0.0811	0.0368	0.0245	0.0144	0.0085
39%	0.0557	0.1233	0.1472	0.1419	0.1246	0.0969	0.0662	0.0290	0.0186	0.0100	0.0000
50%	0.0479	0.1062	0.1257	0.1193	0.1072	0.0772	0.0537	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000
63%	0.0397	0.0885	0.1071	0.1028	0.0902	0.0613	0.0423	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
81%	0.0315	0.0705	0.0825	0.0793	0.0660	0.0441	0.0283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

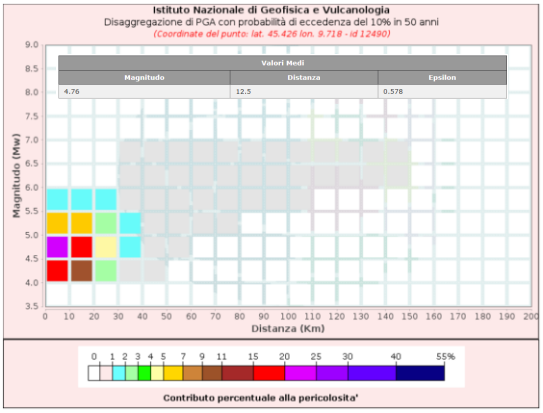


Figura 59: in alto, valori di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione prevista su suolo rigido. A sinistra è rappresentato il caso di probabilità di superamento del 10 % in 50 anni, corrispondente ad un tempo di ritorno di 475 anni, nella parte destra è rappresentato lo spettro elastico di risposta al variare della frequenza del segnale sismico e della probabilità di non superamento, calcolate con un fattore di smorzamento del 5%.

A sinistra: grafico di disaggregazione dei valori di pericolosità, che esprime il contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo (M) e distanza (R). Il parametro ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

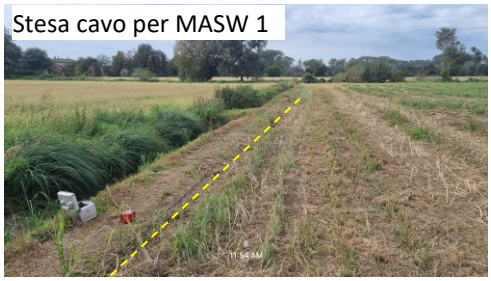
Il contributo massimo è dato da sismi posti da 0 a 30 Km e di magnitudo da 5,5 a 6,0. La magnitudo media prevista con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni è di **M = 4,76**.

Si denota che la accelerazione sismica in questa più recente elaborazione è incrementata di circa il 70 % rispetto a quella prevista dalle precedenti "zone", e tale valore deve essere tenuto in conto nei calcoli strutturali e nelle valutazioni di stabilità dei terreni, in particolare in merito ai rischi di addensamenti, di liquefazioni e di stabilità delle scarpate.

11 Dati delle prove MASW e Hvsr

Le prove **MASW 1 e MASW 2** citate in premessa (§ 1), sono state eseguite il 04 ottobre 2024 rispettivamente lungo una capezzagna orientata est – ovest presente circa 260 m a NNE del municipio di Ricengo, e nell'area agricola adiacente il lato nord dello stabilimento Landoll S.R.L., circa 1200 m a NNE del municipio.sr

Nelle medesime aree sono state eseguite anche tre misure **Hvsr** *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* la cui registrazione è stata impiagata congiuntamente ai dati MASW per la definizione del profilo sismico.







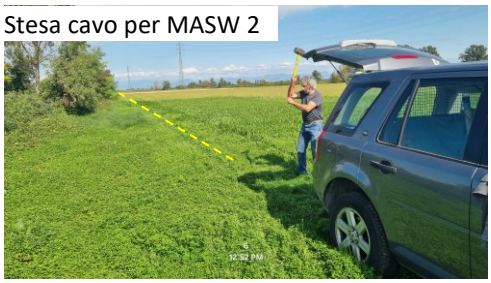






Figura 60: esecuzione misure MASW ed H/V nei due siti di indagine

Ogni misura ha comportato la posa di **18 geofoni** con spaziatura di 5 metri, disposti lungo allineamenti 85 metri, mentre la registrazione ha avuto la durata di **1 secondo**, con passo di campionamento di **0.25 ms.** L'energizzazione necessaria per la MASW è stata realizzata a distanze di 5 e 10 metri dal primo geofono con massa battente di 10 Kg.

11.1 DESCRIZIONE DEL METODO MASW

Come detto l'indagine è stata eseguita mediante stese di geofoni con tecnica **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*). La metodologia è una tecnica "attiva" basata sulla registrazione del segnale sismico indotto da una massa battente o da una piccola carica. I pregi sono la buona capacità di definizione dei valori di Vs, soprattutto per gli orizzonti più superficiali (primi 20-30m), mentre i limiti sono dati dal non essere adatta in ambienti rumorosi e di avere limitate profondità di indagine in presenza di terreni con basse velocità.

Per la descrizione dei **principi fisici e dei metodi di elaborazione si fa rimando alla letteratura specialistica** ampiamente sviluppata in questi anni.

Il profilo delle onde di taglio verticali Vs è ottenuto considerando che il contributo predominante alle onde superficiali generate artificialmente è dato da quelle di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive e le onde di alta frequenza si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni su tale porzione del suolo, mentre quelle a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi forniscono informazioni migliori su questi ultimi.

Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Il metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz che dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, i primi 20 - 30 m in funzione della rigidezza del suolo. L'elaborazione prevede tre fasi di lavoro:

1. *la prima è il calcolo dello spettro di velocità di fase (o curva di dispersione) apparente relativo ai sismogrammi registrati,*
2. *la seconda fase consiste nell'estrapolare dallo spettro di velocità, la curva di dispersione sperimentale,*
3. *la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica corrispondente al modello di suolo assegnato.*

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio possono essere individuati con procedura manuale o automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa **sulla base dei dati stratigrafici disponibili** e si variano lo spessore h e la velocità Vs degli strati.

Nella procedura manuale si opera per tentativi assegnando diversi valori delle velocità Vs e degli spessori h, cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale, in quella automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è inferiore al 10%, l'accordo è giudicato soddisfacente e il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, che determina la categoria di sottosuolo sismico, rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

La strumentazione impiegata è stato il "*Geode*", un sismografo modulare a 24 bit ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). L'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), consente allo strumento di essere utilizzabile per varie applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.

L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali;
- Massa battente da 10 Kg;
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm;
- Batteria ricaricabile 12 V;
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S;
- Geofoni GS20DX, 4.5 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3'' ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile.

11.2 ELABORAZIONE PROVA MASW 1 ED HVSR

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il **"winMASW" Academy** della **Eliosoft**.

L'approccio utilizzato non prevede la determinazione di una curva di dispersione (scelta soggettiva), ma l'analisi di diretta di tutto lo spettro di velocità (approccio FVS *Full Velocity Spectrum*). Per una ricostruzione più "robusta" del profilo di velocità sono state utilizzate **anche le prove Hvsr**.

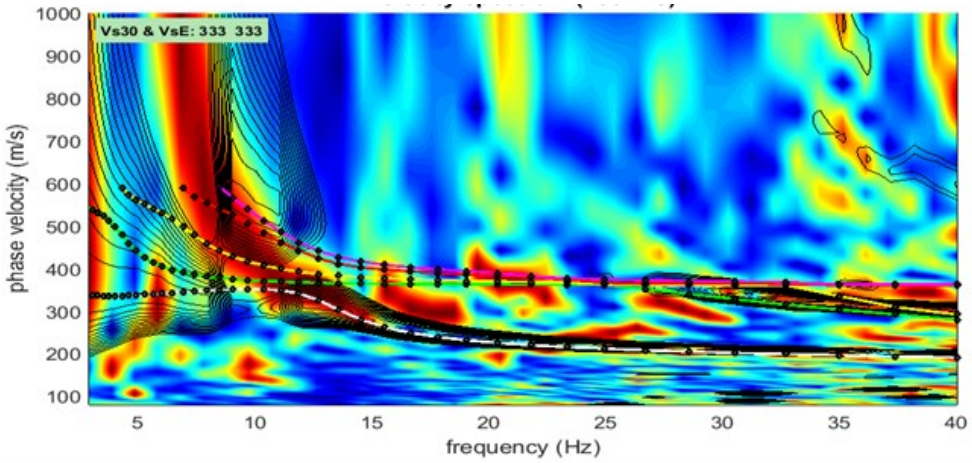


Figura 61 Spettro velocità di fase (approccio *full velocity spectrum*) Spettro velocità di fase – Prova 1

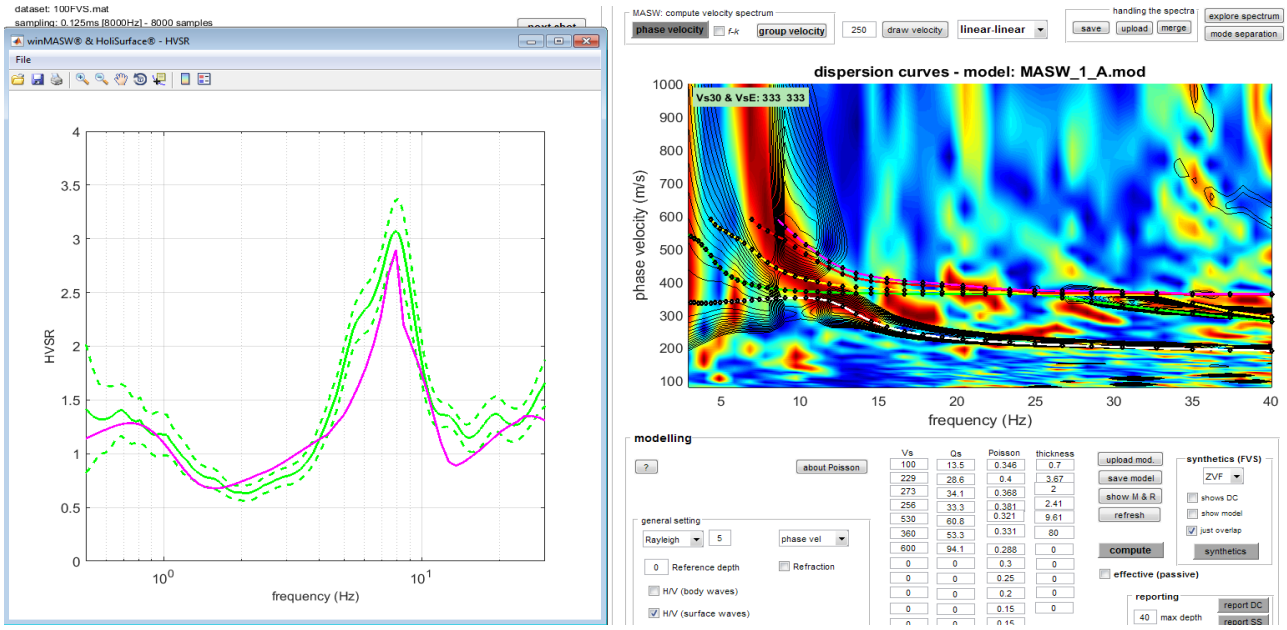


Figura 62: Elaborazione "congiunta" Masw-Hvsr – Prova 1

11.3 ELABORAZIONE PROVA MASW 2 ED HVSR

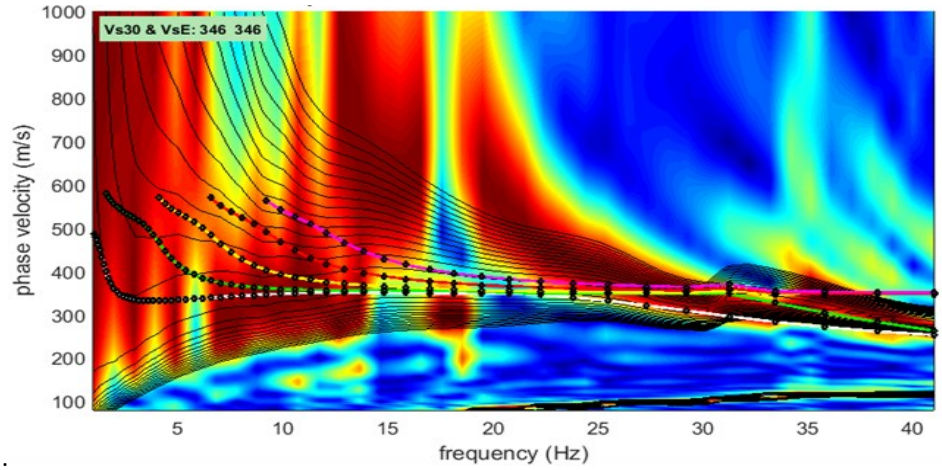


Figura 63 Spettro velocità di fase (approccio *full velocity spectrum*) Spettro velocità di fase – Prova 2

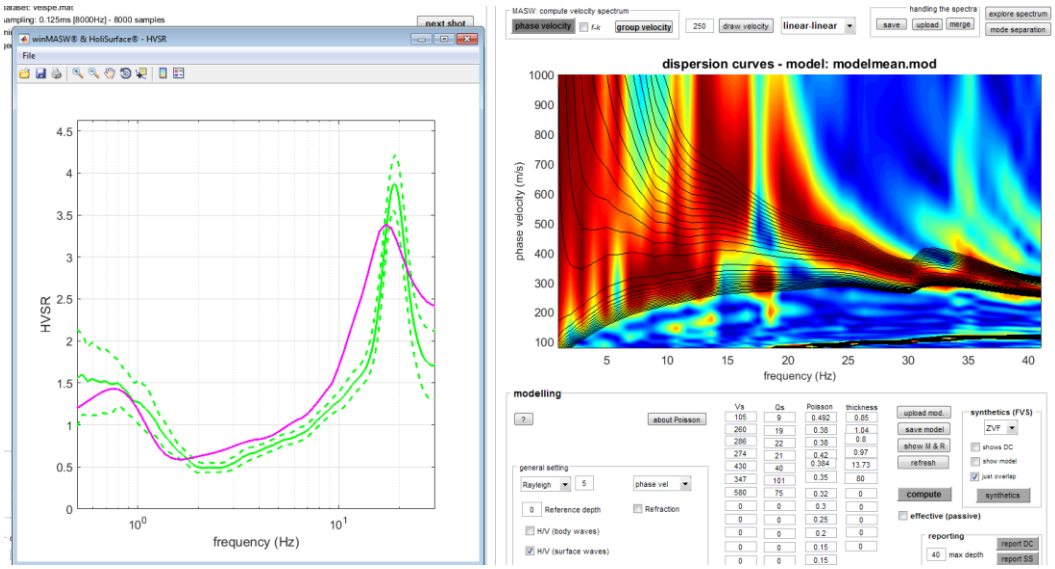
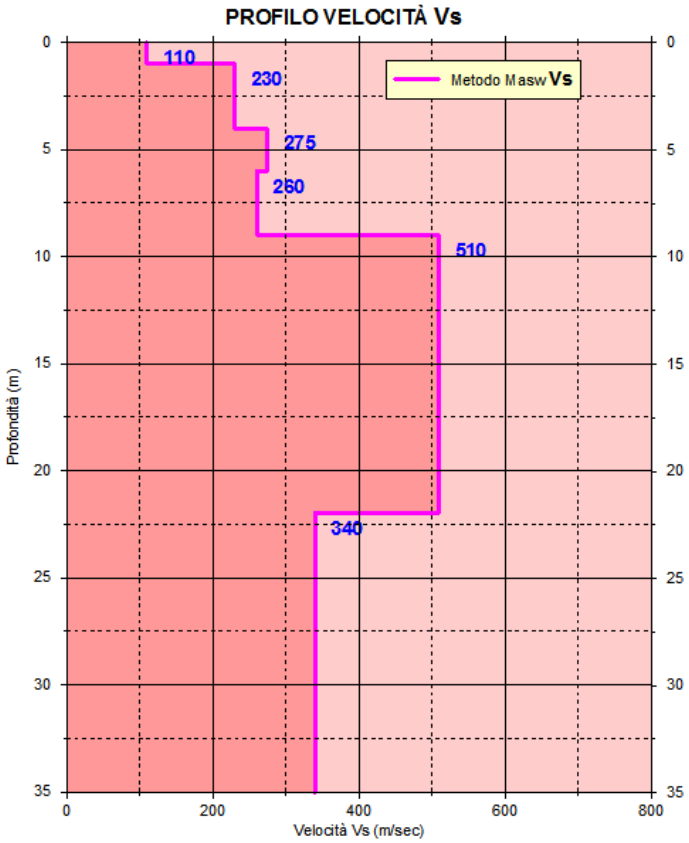


Figura 64: Elaborazione "congiunta" Masw-Hvsr – Prova 2

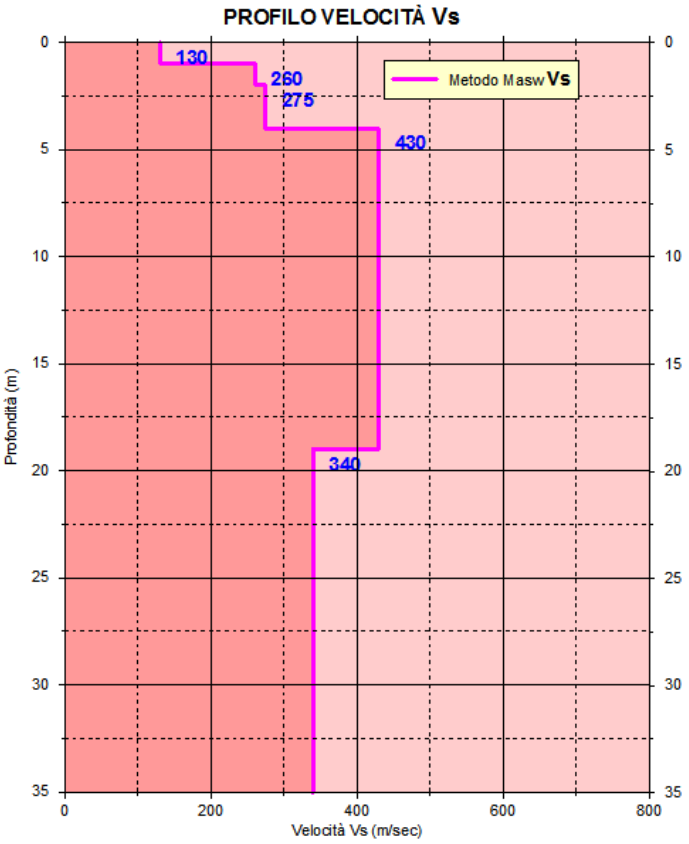
11.4 ESITO DELLE MISURE

I dati sismici acquisiti ed elaborati hanno consentito di determinare il profilo di velocità delle onde "S" dei siti.



Intervallo (m)	*Valore Vs in m/s*
0 – 1.0	110
1.0 – 4.0	230
4.0 – 6.0	275
6 – 9	260
9 – 22	510
22 – 35	340

Figura 65: Profilo di velocità del **sito 1**



Intervallo (m)	*Valore Vs in m/s*
0 – 1.0	130
1.0 – 2.0	260
2.0 – 4.0	275
4.0 – 19	430
19 - 35	340

Figura 66: Profilo di velocità del **sito 2**

Dai risultati delle due prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Lo spessore del materiale con Vs < di 300 m/s è variabile da 4 a 8 metri;
- Più in profondità, fino a 19-22 metri i valori si alzano nettamente portandosi sui 430-510 m/s, indicando la presenza di materiali prevalentemente più grossolani (ghiaie e sabbie) ben addensati;
- Oltre i 19 - 22 metri si ha una diminuzione di velocità associabile alla presenza di materiali nel complesso più fini

11.5 CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Poiché la norma stabilisce che la classificazione deve riguardare i terreni al di sotto delle fondazioni, in funzione del piano di posa delle fondazioni stesse, la Vs equivalente (NTC 2018-2019) varia secondo la seguente tabella:

Quota piano di fondazione	*Intervallo dal p.c. (m)*	*V_{S}_eq (m/s)*	*Categoria di sottosuolo*
0 m	0/-30	**333**	**C**
-1 m	-1/-31	358	**C**
-2 m	-2/-32	364	**B**
-3 m	-3/-33	370	**B**
-4 m	-4/-34	377	**B**
-5 m	-5/-35	380	**B**

Quota piano di fondazione	*Intervallo dal p.c. (m)*	*V_{S}_eq (m/s)*	*Categoria di sottosuolo*
0 m	0/-30	**346**	**C**
-1 m	-1/-31	366	**B**
-2 m	-2/-32	370	**B**
-3 m	-3/-33	374	**B**
-4 m	-4/-34	377	**B**
-5 m	-5/-35	374	**B**

Tabella 8: a sinistra le categorie di sottosuolo al variare delle profondità di posa della fondazione per la MASW 1, a sinistra relativamente alla MASW 2

I terreni sotto le quote delle fondazioni superficiali si collocano quindi al limite inferiore dell'intervallo di Vs che forma la **categoria C di sottosuolo:** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s",* al passaggio con la **categoria B di sottosuolo:** "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".*

11.6 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR (IPOTESI DI NAKAMURA)

11.6.1 Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (*Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33*) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- i microtremori sono generati da sorgenti superficiali e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;

Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. Le principali applicazione delle prove H/V sono:

- Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- Stratigrafia sismica passiva;
- $Vs_{,30}$ da fit vincolato della curva H/V;
- Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la **frequenza di vibrazione del sito**, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze **H/V**, nell'intervallo di frequenze d'interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata **frequenza fondamentale di vibrazione f_0**. È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione: $f_0 = \frac{V_S}{4H}$ dove Vs è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica. A causa della rilevante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di un solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / ReMi. o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs_{30}.

11.6.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un **tromografo digitale della ditta Micromed S.r.l** modello "**Tromino ENGY**", che racchiude 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 3 registrazioni (2 nell'area 1 e 1 nell'area 2) hanno avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

11.6.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione è stato utilizzato il software **"Grilla"**, che consente di effettuare:

- ✓ Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sotto suolo;
- ✓ Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- ✓ Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (criteri Sesame);
- ✓ Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- ✓ Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.

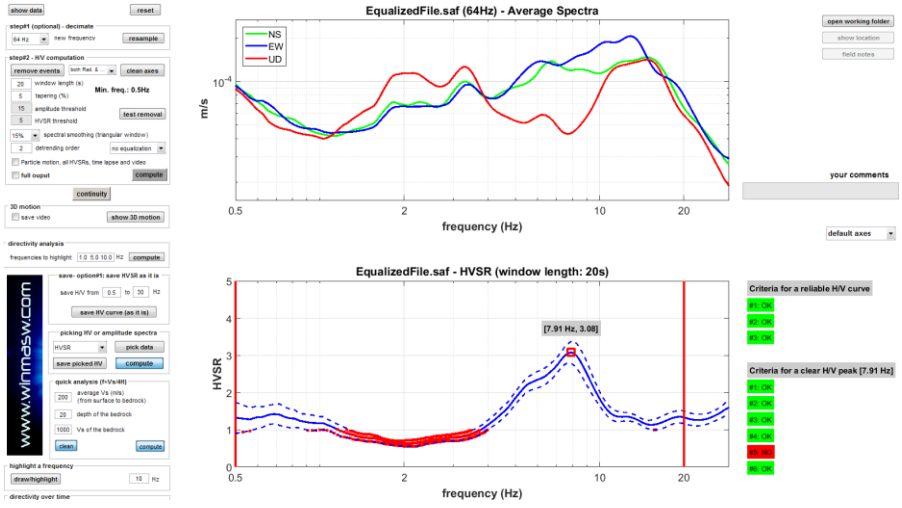


Figura 67: Elaborazione prova Hvsr 1 – Area 1

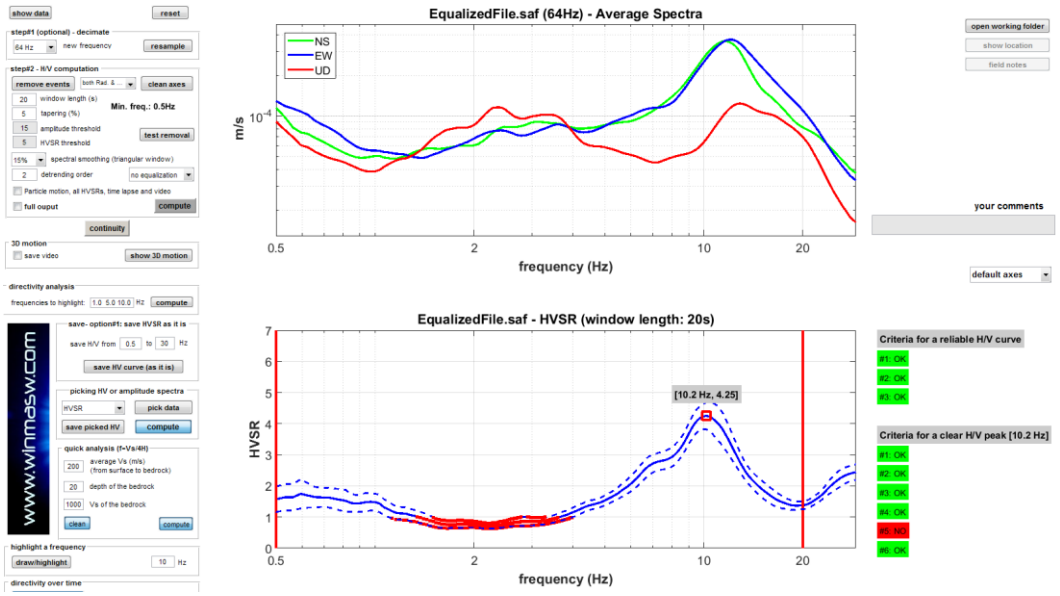


Figura 68: Elaborazione prova Hvsr 2 – Area 1

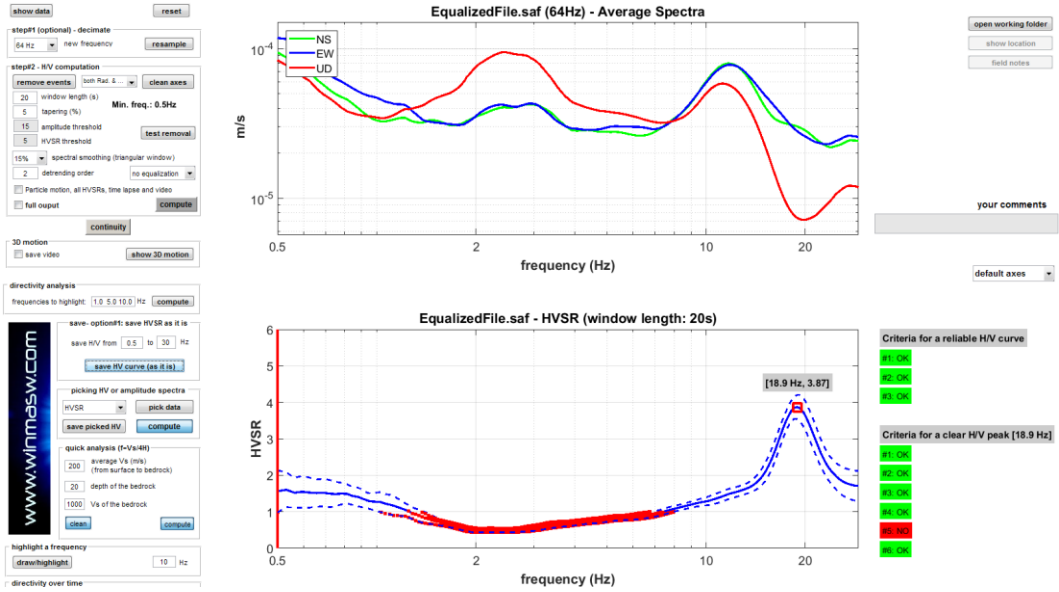


Figura 69: Elaborazione prova Hvsr 3 – Area 2

I risultati delle prove si possono così sintetizzare:

- Nell'area 1 le frequenze di vibrazioni fondamentali sono state individuate nell'intervallo 8 – 10 Hz, tali frequenze segnalano **contrasti d'impedenza sismica collocabili fra i 6 e gli 8 metri dal p.c.**;
- Nell'area 2 la frequenza di vibrazione fondamentale è stata individuata a 18.9 Hz, tale frequenza segnala un **contrasto d'impedenza sismica collocabile fra i 3 e 4 metri dal p.c.;**
- I valori del rapporto H/V inferiori a 1 (evidenziati dalla linea rossa nei grafici) **indicano inversioni di velocità oltre i 20 -25 metri dal p.c.** per la presenza di litotipi più fini, come confermato anche dalle stratigrafie della zona.

12 Stima del rischio di liquefazione

Data la scarsità delle prove penetrometriche disponibili, una preliminare stima del RISCHIO DI LIQUEFAZIONE è stata attuata mediante una procedura semplificata basata sul profilo dell'indagine sismica eseguita, impiegando il programma **CLiq v.3.5.2.22 - CPT soil liquefaction software** della GeoLogismiki software company utilizzando il modulo complementare di analisi per dati SPT, Vs e DMT.

L'esito dell'elaborazione dimostra **l'assenza del rischio di liquefazione nelle aree indagate**.

Di seguito si riferiscono le principali elaborazioni predisposte, dove l'assenza di rischio del fenomeno è espresso graficamente dalla distanza dei punti dalla linea di separazione con l'area di liquefazione e nella tabella dal fattore di sicurezza Fs.

La Tabella 9 contiene i valori acquisiti dalla prova MASW 1, una stima del gradiente del peso di volume ottenuto dalla seguente relazione empirica: γ **= 1.51 + V_s/1000** e una prudenziale stima della frazione di terreni fini (diametri inferiori a 0,063 mm), assumendo che i depositi siano privi di tale frazione (FC = 0) oltre i primi due metri. I valori sono calcolati in corrispondenza della profondità del punto medio di ogni strato nei primi 20 metri.

Tabella 9

Area 1 *Intervallo profondità (m)*		Vs (m/s)		γ Mg/m^3	*% fini stima*
0	*1.0*	120		*1.63*	*10*
1.0	*6.0*	260		*1.77*	*0*
6.0	*20.0*	430		*1.94*	*0*

Il procedimento ([41]) richiede che i valori di Vs siano trasformati in valori normalizzati V_{s1} dalla relazione:

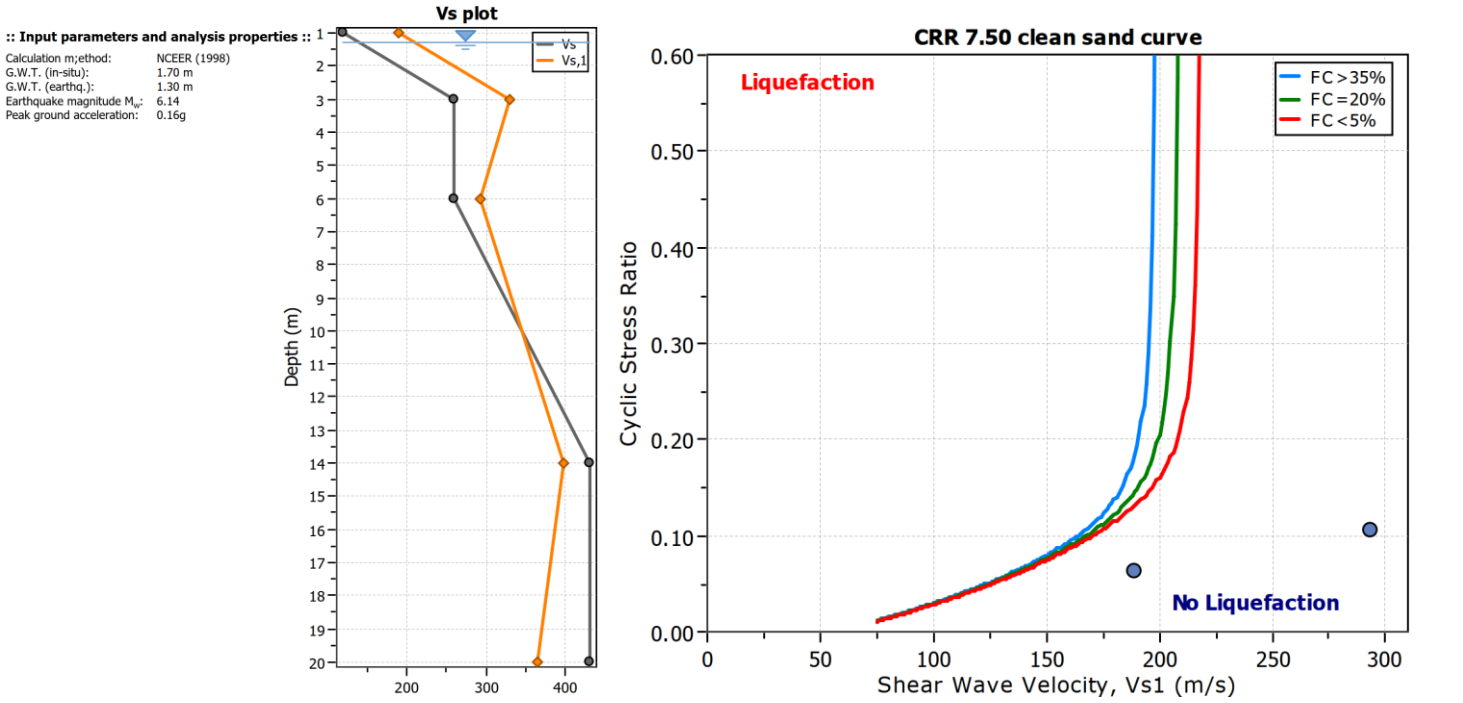
$$V_{s1} = Vs\left(\frac{p_a}{\sigma'_{vo}}\right)^{0.25}$$ dove p_a è la pressione atmosferica posta pari a 100 kPa, mentre la resistenza alla liquefazione è valutata come

CRR = $0.022\left(\frac{V_{s1}}{P_a}\right)^2 + 2.8\left[\frac{1}{V_{s1,c}-V_{s1}} - \frac{1}{V_{s1,c}}\right]$, dove $V_{s1,c}$ è il valore limite superiore di V_{s1} che si ottiene tenendo conto della presenza della frazione fine secondo i seguenti criteri:

se FC ≤ 5 % → $V_{s1,c}$= 220 m/s; se 5% ≤FC ≤ 35 % →220 ≤ $V_{s1,c}$≤ 200 m/s; se FC > 35 % → $V_{s1,c}$= 200 m/s.

Il risultato mostra l'assenza di rischio di liquefazione (**Fs** sempre >>1)

[41] Youd T.L. & Idriss I.M. 2001. Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. Jnl GGE, ASCE, 127(4), 297-313. Andrus R. D., Stokoe K. H., II (2000) "*Liquefaction resistance of soil from shear wave velocity*", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 126, n. 11, pp. 1015-1025



:: Cyclic Stress Ratio fully adjusted (CSR*) numeric results ::

No	Depth (m)	Weight (kN/m³)	u_o (kPa)	Ext. Load (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	r_d	CSR	K_σ	MSF	CSR*	Can Liquefy
1	1.00	16.30	0.00	0.00	16.30	16.30	0.99	0.103	1.00	1.67	2.000	Yes
2	3.00	17.70	16.68	0.00	51.70	35.02	0.98	0.150	1.00	1.67	0.090	Yes
3	6.00	17.70	46.11	0.00	104.80	58.69	0.95	0.177	1.00	1.67	0.106	Yes
4	14.00	19.40	124.59	0.00	260.00	135.41	0.80	0.160	0.94	1.67	0.102	Yes
5	20.00	19.40	183.45	0.00	376.40	192.95	0.64	0.130	0.88	1.67	0.089	Yes

Abbreviations

Depth: Depth relative to final conditions free surface (m) during eq.
u_o: Water pressure at test point (kPa) during eq.
σ_v: Total overburden pressure at test point (kPa) during eq.
σ'_v: Effective overburden pressure based on GWT during earthquake (kPa) during eq.
r_d: Nonlinear shear mass factor
CSR: Cyclic Stress Ratio
MSF: Effective overburden stress factor
K_σ: Magnitude Scaling Factor
CSR*: CSR fully adjusted

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	V_s (m/s)	Fines %	n	V_{s1} (m/s)	V_{s1c} (m/s)	$CRR_{7.5}$	F.S.	Can Liquefy
1	1.00	120.00	10.00	1.58	189.48	212.50	4.000	2.00	Yes
2	3.00	260.00	0.00	1.27	330.21	215.00	0.500	5.56	Yes
3	6.00	260.00	0.00	1.13	293.24	215.00	0.500	4.71	Yes
4	14.00	430.00	0.00	0.92	397.08	215.00	0.500	4.92	Yes
5	20.00	430.00	0.00	0.85	364.21	215.00	0.500	5.64	Yes

Abbreviations

Depth: Depth from free surface where Vs was performed (m)
V_s: Estimated Vs (m/s)
n: Stress exponent normalization factor
V_{s1}: Normalized Vs (m/s)
V_{s1c}: Critical value of Vs1, which separates contractive and dilative behavior (kPa)
$CRR_{7.5}$: Cyclic Resistance Ratio for M_w 7.50
F.S.: Factor of safety against liquefaction

Figura 70: esito della verifica alla liquefazione con i dati medi della velocità delle onde di taglio Vs ottenute dalle prove MASW 1 e 2.

La verifica compiuta considerando la magnitudine sismica superiore a quella media prevista per l'area con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni pari a M = 4,76 (Figura 59), assumendo quindi il valore di M = 6.14 come suggerito dal documento **Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica** (*Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile, Roma, Settembre 2008 - volume II – linee guida*), e una accelerazione al suolo di 0,16 g, che si ottiene impiegando il valore di 0,106 g indicato per il suolo rigido (Figura 59), tenendo conto del fattore di amplificazione stratigrafica S_S = 1.5 per la categoria **C** di sottosuolo, confermando in tal modo l'assenza del rischio di liquefazione anche per condizioni più gravose di quelle attese per l'area.

13 Valutazione effetti sismici di sito: 2° livello di approfondimento

La normativa regionale lombarda concernente la valutazione del rischio sismico nell'ambito della disciplina urbanistica (D.g.r. 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…*"), prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente.

Il primo livello comporta il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sfruttando sia le osservazioni geologiche fornite dalla cartografia d'inquadramento sia i dati esistenti, adottando lo schema riportato nella Figura 71. Considerando l'esito delle indagini riferite nel capitolo 11 e le verifiche del capitolo 12, l'unico scenario di pericolosità sismica che si ritiene possa interessare il territorio comunale è dato dalle "***amplificazioni litologiche e geometriche***", con sigla **Z4a**, dovuto alla presenza di estesi depositi fluviali.

Infatti, per quanto riferito sull'età dei depositi di superficie, sulla morfologia e litologia (**Figura 7**, Figura 15, Figura 16), alla scala del PGT pare improbabile siano individuabili estese aree sabbiose sciolte, potenzialmente soggette ad addensamenti per effetto del sisma (sigla Z2a), ossia "*terreni di fondazione particolarmente scadenti* o *depositi altamente compressibili*", mentre per il rischio di *"liquefazione dei depositi granulari fini saturi"* (sigla Z2b), l'esclusione in termini generali per il territorio pare sufficientemente attestata dall'esito delle verifiche riferite nel capitolo 12.

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

Figura 71: tabella 1 dell'allegato 5 alla d.g.r 30 novembre 2011 n. IX/2616 per l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica.

Ai sensi della citata disciplina regionale l'analisi di secondo livello, o eventualmente quella di 3° livello ove il 2° livello ne rivelasse la necessità, è richiesta in zona 4 per edifici il cui uso prevede affollamenti significativi o che comportino rischi rilevanti per la popolazione ai fini della sicurezza sismica o per costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche secondo un elenco riportato nel d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003 (Burl serie ordinaria n. 49/2003), ma con l'entrata in vigore in data 10 aprile 2016 della DGR 11 luglio 2014 n. 2129 "*aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*", il territorio di Ricengo è passato dalla zona simica 4 alla 3 e di conseguenza l'analisi di secondo livello deve essere eseguita in tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili a prescindere dal tipo di insediamento previsto (§1.4.4 Sintesi delle procedure D.g.r. 2011/2616).

Di seguito si descrive il percorso compiuto per attuare l'analisi di 2° livello, che comporta una valutazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione litologica, espressa dal *Fattore di Amplificazione "**Fa**",* che riguarda le aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale mediante confronto con valori soglia di riferimento definiti dalla Regione Lombardia per ogni comune, secondo una procedura approntata dal Politecnico di Milano e che è riferita nell'allegato 5 della citata dgr 30 novembre 2011 - n. IX/2616.

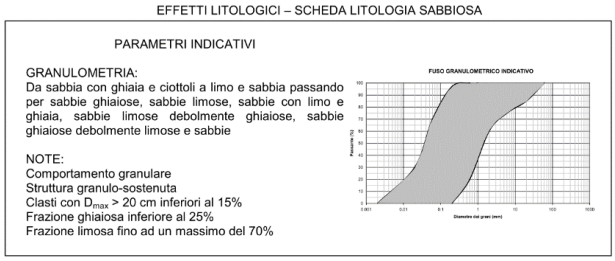
I valori di soglia sono indicati in un elaborato disponibile nelle pagine web della Direzione Generale Territorio e Urbanistica della Regione Lombardia, nell'area dedicata alla Componente geologica a scala comunale https://www.regione.lombardia.it/ambiente-e-territorio/pianificazione-territoriale/pianificazione-comunale-e-provinciale/componente-geologica-del-pgt#redazionale-6 nel file "**Analisi_sismica_-_soglie_lomb_-_dgr7374_2008.xls.**".

In generale la metodologia fa riferimento a una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) ma può essere eseguita considerando altri periodi di ritorno.

La procedura si attua come di seguito specificato. Dai dati litologici, geotecnici e dall'andamento in profondità delle Vs s'individua la litologia prevalente e successivamente la scheda litologica di riferimento tra le 6 predisposte dal metodo.

- *scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;*
- *scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2)*
- *scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2)*
- ***scheda per le litologie sabbiose** (di solito preferibile in zone di pianura).*

Secondo quanto indicato dalla procedura occorre fare riferimento alla scheda con caratteristiche più prossime a quelle rilevate in sito, che in questo caso è rappresentata da quella per *litologie sabbiose*, di solito preferibile in zone di pianura e che è coerente con la litologia descritta nella Figura 16 e nelle sezioni di Figura 50 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, come appare dal confronto con i "*parametri indicativi*" che descrivono l'ambito di applicazione della scheda


EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

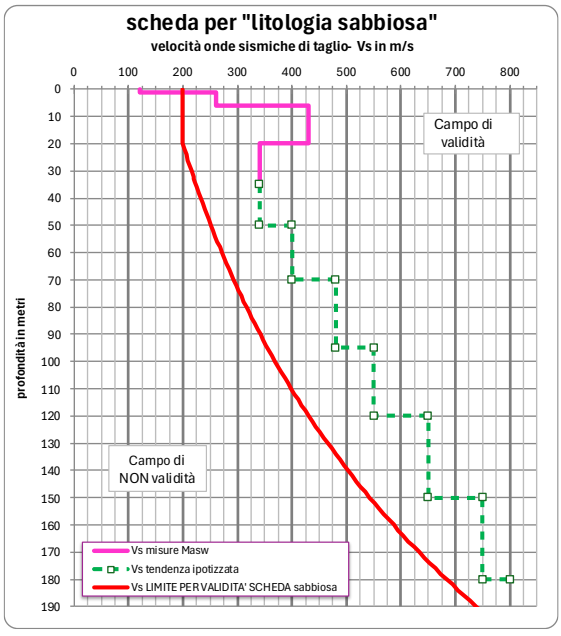
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:
Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Clasti con D_{max} > 20 cm inferiori al 15%
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

Figura 72: parametri indicativi della scheda per litologie sabbiose dell'allegato 5 alla Dgr 30 novembre 2011 - n. IX/2616.



Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la applicabilità al caso in esame controllando che il profilo dei valori di Vs con la profondità ottenuta nel sito ricada, almeno in gran parte, nel "campo di validità" della scheda stessa, ovvero nella porzione superiore destra del diagramma Vs /profondità illustrato nella Figura 73, come effettivamente si riscontra nel caso in esame impiegando valori medi cautelativi dei due profili MASW ottenuti

Per valutare il fattore di amplificazione ***Fa***, il successivo passo è di individuare il periodo proprio del sito "**T**" ([42]) calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s, utilizzando la seguente relazione: $T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i}\right)}$ con al numeratore la distanza dalla superficie del substrato "rigido" moltiplicata per quattro. Poiché l'indagine geofisica alla quale si fa riferimento è interpretabile fino a circa 35 metri e non raggiunge il substrato, la profondità dello stesso deve essere individuata "*ipotizzando un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s*". Quest'operazione è stata compiuta disegnando la linea a punti verdi riportata nel grafico sulla base della litologia nota dalle stratigrafie ed assumendo nel calcolo i relativi valori Vs/profondità che raggiungono la misura di 800 m/s a 180 metri circa. Al denominatore della relazione di stima del periodo proprio "***T***", compare la velocità media ponderale il cui calcolo è riportato nella Tabella 10.

Figura 73: schema di controllo della coerenza del profilo sismico individuato con la scheda di riferimento e ipotesi di prosecuzione delle Vs in profondità (tendenza ipotizzata).

da	a	MASW 1 e 2	$Vs_i * h_i$
0	1.0	120	120
1.0	6.0	260	1300
6.0	20	430	6020
20	35	340	5100
35	50	340	5100
50	70	400	8000
70	95	480	12000
95	120	550	13750
120	150	650	19500
150	180	750	22500
Σh_i	**180**	**$\Sigma Vs_i * h_i$**	**93390**
$4 * \Sigma h_i$	**720**	**$\Sigma Vs_i * h_i / \Sigma hi$**	**519**
periodo	**T**	**1.39**	secondi

Tabella 10: calcolo del periodo proprio dei terreni di fondazione. In colore verde i valori assunti in ipotesi per determinare le Vs fino a 800 m/s.

Ottenuto il periodo proprio del terreno di fondazione, equivalente alla frequenza di **0,72 Hz**, il passo successivo è quello di operare una selezione, entro una matrice presente nella scheda di valutazione (Tabella 11), che in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale consente di individuare quale curva utilizzare per la stima del valore di **Fa**. Nel caso in esame fino alla profondità di 4 metri, spessore minimo indicato dalla procedura, la velocità media ponderale è di **225 m/s per il profilo medio considerato**, ricadente nella casella che denota la curva 2 che quindi risulta essere quella di riferimento.

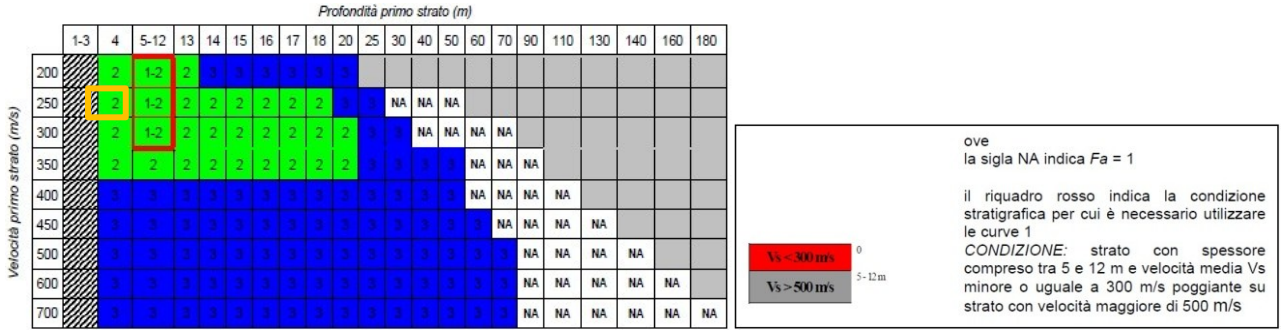


Tabella 11: matrice per la scelta delle curve T / Fa (tipo 1, 2 o 3) per la determinazione dell'amplificazione litologica, con indicazione del tipo di curva individuata per il caso specifico (**rettangolo arancione**).

Note: 1) secondo le indicazioni degli autori, il valore di Vs dello strato superficiale riportato nella scheda è da intendersi come "*limite massimo di ogni intervallo*".

2) Il rettangolo rosso che distingue alcune caselle nella matrice è presente nella grafica originaria del documento e si riferisce a una condizione estranea a quella del sito in esame, precisata nel riquadro destro della Tabella 11.

Definita nella scheda in esame la curva di riferimento da adottare, il valore del fattore di amplificazione ***Fa*** s'individua dall'intersezione dell'ordinata passante per il periodo proprio T precedentemente determinato (T = 1,39 s) con la curva stessa fornita dalla scheda di riferimento adottata.

[42] Nota: Una struttura non deve mai possedere una frequenza di risonanza uguale alla frequenza fondamentale di risonanza dei terreni di fondazione (doppia risonanza), al fine di minimizzare gli effetti di un evento sismico intenso. La "doppia risonanza", si traduce in un aumento considerevole delle sollecitazioni agenti sull'edificio e quindi, del danno che quest'ultimo può subire con un forte sisma.

Le curve disponibili per tale valutazione sono riferite a due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s. Il primo intervallo si riferisce a edifici relativamente bassi e rigidi, indicativamente formati da strutture elevate da 1 a 5 piani (da 3 a 15 metri), il secondo a edifici alti e flessibili, indicativamente formate da strutture elevate da 5 a 15 piani (15 - 45 m).

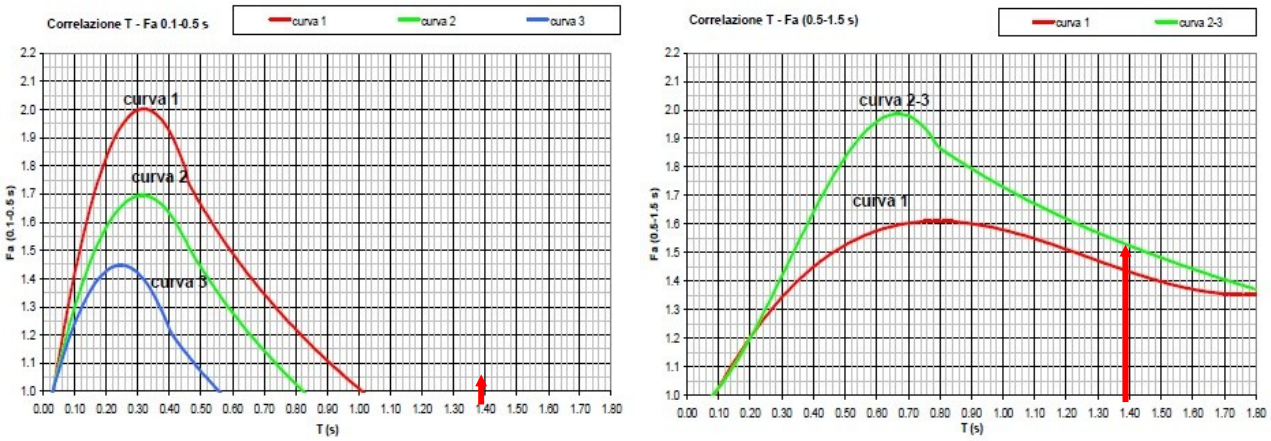


Figura 74: curve che identificano le variazioni del fattore di amplificazione in funzione del periodo proprio del terreno.

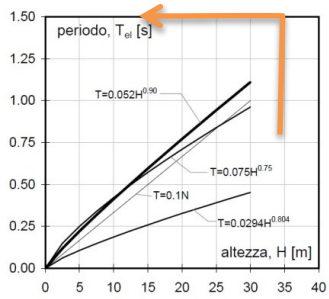


Figura 1. Comparazione delle principali formulazione periodo-altezza di letteratura

Per esemplificare il significato dei due intervalli prescelti la figura a fianco fornisce alcune relazioni sommarie tra altezza degli edifici e il periodo fondamentale di vibrazione, tratta da "*Il periodo nella valutazione sismica di edifici esistenti in c.a.*" (G.M. Verderame, I. Iervolino, C. Mariniello e G. Manfredi Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Università degli Studi di Napoli Federico II - Linea 2 del progetto triennale, 2005/2008, ReLUIS – Dipartimento della Protezione Civile).

L'uso dei grafici di Figura 74 porta a individuare i seguenti valori:

$Fa_{0.1-0.5} = 1,0$

Fa $_{0.5-1.5}$ = 1,52, approssimato come richiesto dalla procedura a **$Fa_{0.5-1.5} = 1,6$**

L'uso delle relazioni analitiche fornite dal metodo in aggiunta ai grafici conferma la lettura riportata:

Il fattore di amplificazione nell'intervallo di frequenza del sisma di 0.1-0.5 secondi è:

Fa $_{0.1-0.5}$ = **1,0** se il periodo proprio del terreno T > 0.8;

nell'intervallo di frequenza del sisma di 0.5-1.5 secondi è pari a: Fa $_{0.5-1.5}$ = **1.73-0.61 ln T**, corrispondente nel nostro caso a **1.53**, se il periodo proprio del terreno ricade nell'intervallo 0.8 < T < 1.8 s.

L'ultimo passo necessario a completare la verifica si realizza confrontando il valore di Fa ottenuto dall'applicazione scheda di riferimento adottata, con un parametro di analogo significato calcolato dalla Regione Lombardia **per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo** (B, C, D ed E delle Norme Tecniche per le Costruzioni) e per i due intervalli di periodo considerati: 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato è riportato, come detto, nel file **soglie_lombardia.xls** disponibile nel sito della Regione Lombardia, che contiene per ciascun Comune della Regione Lombardia i valori massimi del fattore di amplificazione sismica (Fa) per ogni categoria di sottosuolo, che rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa è ritenuto insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

I valori concernenti Ricengo sono riportati nella seguente tabella, dove è evidenziato il caso del **sottosuolo** di **categoria C** (Tabella 3.2.II NTC '18), che è quello identificato nell'analisi sismica:

COMUNE	INTERVALLO di periodo (s)	Valori soglia dell'amplificazione (Fa) per categoria di sottosuolo			
		B	C	D	E
Ricengo	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Tabella 12: valori di soglia del fattore di amplificazione Fa per il comune di Ricengo.

Il confronto tra i valori di amplificazione litologica locale ottenuti dalla verifica di secondo livello (Fa locale) e i valori di soglia evidenzia quanto segue: $Fa_{locale\ 0.1\text{-}0.5} = 1{,}0 < 1{,}8$ (soglia NTC '18);

$Fa_{locale\ 0.5\text{-}1.5} = 1{,}60 < 2{,}4$ (soglia NTC '18)

Sulla base dei dati rilevati con l'indagine sismica di ottobre 2024, l'analisi di secondo livello conferma che la normativa esistente e il relativo spettro **sono sufficienti a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica** specifici del sito in esame e quindi **la progettazione può essere effettuata tenendo conto della categoria di suolo individuata.**

Un'ultima notazione riguarda l'applicabilità della procedura sopra riferita con riferimento al § 2.5.2.1 "*limiti di utilizzo degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche*" della pubblicazione "*Gruppo di lavoro MS, 2008 - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica."* predisposto dalla *"Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd*".

In tale documento si precisa che "*la presenza di un'inversione di velocità nel profilo delle Vs di una successione litostratigrafica s'intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto* $V_{s,rig}/V_{s,sof} > 2$*, con la Vs dello strato più rigido maggiore di 500 m/s. In tali casi è opportuno passare a un livello di approfondimento superiore*."

I profili riferiti nel § 11.4 a pag.107 mostrano un rapporto di inversione massimo di 1,5 per il profilo ottenuto con la MASW 1 di ottobre 2024, valore inferiore alla soglia sopra indicata e quindi l'impiego del criterio limite di applicabilità definito dal "*Gruppo di lavoro MS, 2008"* non comporta la necessità di eseguire un livello superiore di approfondimento.

14 Norme Geologiche di Piano e classi di fattibilità

Considerazioni generali sulle classi di fattibilità

Nessuna parte del territorio comunale è stata collocata nella **CLASSE 1** (*fattibilità senza particolari limitazioni*), principalmente per la presenza della falda freatica a profondità comprese tra circa 2,0 m all'estremità est del confine con Casaletto di Sopra in prossimità dei fontanili e nella fascia perifluviale del Serio, intorno alla Cascina Valseriana e dell'altra area di cava cessata ora denominata del laghetto della Rana Rossa (o di Brambilla) circa 1,4 Km più a nord, e i 6,0 metri circa che si riscontrano presso l'abitato di Ricengo e all'estremità nord del territorio comunale, tra il cimitero e il percorso locale del colatore Serio Morto, come mostrato nella Tavola 2/7.

Il territorio nel suo insieme è in grande prevalenza (per il **68.3 %**) collocato nella **CLASSE 2** (***con modeste controindicazioni***), a sua volta suddivisa nella sottoclasse **2a** (7,4 %) **delimitata** ad ovest quasi con continuità della scarpata morfologica del fiume Serio e **ad est dal limite della fascia C del PAI, oppure da quello esterno dell'area allagabile P1/L del PGRA** se più ampia rispetto alla prima, mentre la restante parte del terrazzo fluviale tardo pleistocenico è individuata appartenere alla sottoclasse **2b** (60,9 %), estesa ad est fin circa a un limite orientale passante poche decine di metri a ovest della Cascina Barletta. Questa suddivisione della classe 2 non è fondata su variazioni significative della pedologia o della litologia del substrato, come risulta anche da quanto mostrato nelle Figura 16 e Figura 17 e dal testo di commento, ma solo dall'opportunità di distingue un'area contrassegnata da un rischio sia pure basso (L= Low) di allagamento a causa del fiume Serio, dalla restante superficie dove questo rischio è considerato assente.

La restante porzione di territorio è in parte, per il **21,6%,** collocata nella **CLASSE 3** (***con consistenti limitazioni***), che a sua volta è suddivisa in **quattro sottoclassi** per ragioni tra loro sensibilmente differenti. La sottoclasse **3a** (1,64%) è delimitata in direzione ovest, verso il fiume, dalla presenza della sottoclasse 4a, a sua volta definita dalla sovrapposizione della fascia A del PAI e dall'area allagabile P3/H del PGRA, mentre a est il **limite è dato da quello esterno della fascia B del PAI, oppure da quello dell'area allagabile P2/M del PGRA** se definisce un'area più ampia rispetto alla prima. La sottoclasse **3b** (0,61%) è invece associata alla presenza della **modesta scarpata** che delimita ad est l'area perifluviale ed è mostrata nella carta della fattibilità solo quanto non è sovrapposta dalla sottoclasse 3a, risultando quindi rappresentata nella carta solo quando sovrapposta alle sottoclassi 2a o 2b. La sottoclasse **3c** (0,52%) è definita dalla presenza delle **fasce di rispetto del Serio Morto**, corso d'acqua gestito dal Dunas e iscritto con il numero 12 all'elenco delle Acque Pubbliche della Provincia di Cremona. La sottoclasse **3d** (18,8%) colloca invece **l'area più orientale del territorio comunale** a causa **della limitata soggiacenza della prima falda,** raffigurata in parte nella cartografia in scala 1:10.000 della tavola 2/7 e in parte riconosciuta essere tale in base alla segnalazione riferita con la Tav15A - Carta del franco di bonifica - del Piano di classifica Consortile DUNAS, 2020 - 2022, riportata nella Figura 29.

Si è ritenuto di limitare alle sole porzioni sopra indicate, di circa 2,37 Km^2, l'individuazione della sottoclasse 3d indicata nella Tabella 1 (classi di ingresso) della Deliberazione di Giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616 per le "*aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese*", ritenendo che nella restante porzione del territorio dove la soggiacenza appare cautelativamente superiore a 2,5 metri, sia sufficiente che i progettisti degli interventi tengano espressamente conto dei valori di soggiacenza minima individuata nella tavola 2/7 concernente gli aspetti idrogeologici.

Nella **CLASSE 4** ***(con gravi limitazioni),*** dove ricade il 10,1 % del territorio, sono collocate le aree soggette per varie ragioni a pericoli e/o vincoli rilevanti. In primo luogo, sono posti nella **sottoclasse 4a** l'alveo del fiume Serio e la superficie circostante definita, come detto sopra, dalla sovrapposizione della fascia A del PAI e dall'area allagabile P3/H del PGRA, che si estende per circa l'8,71 % dell'intero territorio comunale. E collocato nella **sottoclasse 4b** l'alveo del colatore Serio Morto, lungo circa 3550 metri in territorio comunale e largo mediamente circa 5 metri, mentre una piccola superficie di 314 m^2 corrisponde alla **sottoclasse 4c** ed ospita la fascia di tutela assoluta del pozzo acquedottistico. Infine, una superficie complessiva di circa 0,16 Km^2 comprende le teste e le aste degli 8 fontanili presenti in toto o in parte nel territorio comunale, è collocata nella **sottoclasse 4d.**

Classe 2 fattibilità con modeste controindicazioni

Sottoclassi A e B

In questa categoria è collocata l'intera superficie che non ricade nella classe 3 per la presenza dei rischi idraulici generati dal reticolo principale, nelle fasce di rispetto del reticolo idrografico e nemmeno nella sottoclasse 3d dove è individuato un potenziale pericolo di ridotta soggiacenza della prima falda.

I depositi presenti nei primi due metri sono composti in prevalenza da limi, sabbie limose e sabbie talora comprendenti in subordine strati metrici limosi.

La direzione e il gradiente di flusso della falda freatica descritta dal citato *modello preliminare* ([2]) con la Tavola 4 – "*Piezometria di riferimento dell'acquifero freatico"* delineano un valore di 1,8-2,2 ‰ in direzione sud nella parte nord est del territorio comunale, in direzione SSW nella parte nord ovest e aumento del gradiente verso sud ovest a valori prossimi allo 2,4 ‰ come mostrato in a Figura 5 a pagina 12. Il rilievo eseguito a settembre 2014 mostra un andamento sostanzialmente identico, definendo condizioni di soggiacenza affidabili e discretamente costanti commentate poco sopra nel paragrafo dedicato alle considerazioni generali.

Considerando le caratteristiche geotecniche attese per l'area e l'assenza di specificità morfologiche, per la costruzione di edifici civili, pubblici ed industriali, nonché per le opere di urbanizzazione, si prescrive l'accertamento delle caratteristiche geologico tecniche dei terreni secondo le modalità definite dal D.M. 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche sulle costruzioni*" e relativa circolare applicativa C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019,

n. 7, escludendo l'ipotesi semplificativa prevista al punto 6.2.2. della citata norma per le " *zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico*".

La profondità di indagine dovrà essere stabilita e giustificata caso per caso in base alla forma, alle dimensioni, alle caratteristiche strutturali del manufatto e al valore dei carichi da trasmettere in fondazione; la progettazione delle opere dovrà inoltre tenere conto della possibile presenza di acqua della falda freatica alla profondità variabile da -2,5 metri a -6,0 metri dal piano campagna come illustrato nella tavola 2 del presente studio relativa alla caratteristiche idrogeologiche del territorio, ponendo in carico ai progettisti l'obbligo di aggiungere alla documentazione tecnica un esplicita dichiarazione scritta che negli interventi previsti si considereranno valori di soggiacenza dal piano campagna della falda freatica non superiori a quelli riportati nella tavola 2 del presente PGT.

Le eventuali opere di infiltrazione nel sottosuolo previste ai sensi del Regolamento Regionale n. 3 del 28 marzo 2025 sull'invarianza idraulica e idrologica, devono tenere conto che il fondo del bacino di infiltrazione, della pavimentazione drenante o delle altre opere analoghe devono essere progettate in modo da mantenere una distanza minima dalla quota di falda sopra indicata di almeno 1,0 metri.

La superficie ricadente nella classe 2 è suddivisa in **due sottoclassi**, **2A** e **2B**, solo al fine di distinguere le aree che ricadono (2a) da quelle che sono escluse (2b) dall'area potenzialmente interessata da alluvioni rare del reticolo principale connesse al fiume Serio (aree P1/L), dove si si applicano le disposizioni previste per la fascia C del PAI (Area di inondazione per piena catastrofica) di cui all'art. 31 delle N.d.A. 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.

Classe 3 fattibilità con consistenti limitazioni

SOTTOCLASSE 3a

In questa sottoclasse sono collocate le superfici ricadenti nella **fascia B del PAI** , che ha la funzione di "…*mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali*.", ed è normata dagli articoli 30, 32, 38, 38 bis, 39 e 41 delle NdA, qui integralmente richiamate.

I medesimi articoli, secondi quanto previsto dall'articolo 3.1.4. della deliberazione N° X / 6738 di Regione Lombardia "*Disposizioni per i corsi d'acqua GIÀ interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali*", sono da applicare alle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M). In particolare si evidenziano i seguenti punti:

comma 2 dell'art. 30: **nella fascia B sono vietati**:

a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o 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 art. 29, comma 3, let. l);

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

comma 4 dell'art. 32: **demanio fluviale e pertinenze idrauliche e demaniali**:

Nei terreni demaniali ricadenti all'interno delle fasce A e B, fermo restando quanto previsto dall'art. 8 della L. 5 gennaio 1994, n. 37, il rinnovo ed il rilascio di nuove concessioni sono subordinati alla presentazione di progetti di gestione, d'iniziativa pubblica e/o privata, volti alla ricostituzione di un ambiente fluviale diversificato e alla promozione dell'interconnessione ecologica di aree naturali.

comma 1 dell'art. 38: **Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico:**

Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.

art. 39. **Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica**

I territori delle Fasce A e B individuati dal PAI, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e limitazioni:

comma 1, punto a): le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150

comma 4: nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite:

a) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

b) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

c) interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

d) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore, anche ai sensi del precedente art. 20.

art. 40. **Procedure a favore della rilocalizzazione degli edifici in aree a rischio**

1. I Comuni, anche riuniti in consorzio, in sede di formazione dei rispettivi P.R.G. o dei Piani particolareggiati e degli altri strumenti urbanistici attuativi, anche mediante l'adozione di apposite varianti agli stessi, possono individuare comprensori di aree destinate all'edilizia residenziale, alle attività produttive e alla edificazione rurale, nei quali favorire il trasferimento degli insediamenti siti nei territori delle Fasce A e B. Negli strumenti di pianificazione esecutiva comunale tali operazioni di trasferimento sono dichiarate di pubblica utilità. I trasferimenti possono essere operati con convenzioni che assicurino le aree e i diritti edificatori già spettanti ai proprietari. I valori dei terreni espropriati ai fini della rilocalizzazione sono calcolati sulla base delle vigenti leggi in materia di espropriazione per pubblica utilità. Le aree relitte devono essere trasferite al demanio pubblico libere da immobili.

SOTTOCLASSE 3b

A Ricengo le scarpate verso l'alveo attivo del fiume Serio sono in grande prevalenza naturali e delineano dislivelli costantemente inferiori a tre metri, risultando per lo più formate da superfici con pendenze inferiori ai 10°. Ai sensi dell'articolo **16.4 delle norme di PTCP** nella fascia di 10 m di lato dal ciglio delle

scarpate vige il divieto di nuova edificazione in entrambe le direzioni dall'orlo di tali scarpate, distanza eventualmente estendibile da parte del Comune, 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. [Lo scrivente interpreta la frase in questo modo: in tutti i casi gli ampliamenti dovranno allontanarsi dal ciglio della scarpata, procedendo verso monte se l'edificio è a monte e verso valle se l'edificio è a valle].

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 in base alle caratteristiche del comune, alla natura dell'intervento…

SOTTOCLASSE 3c

La sottoclasse riguarda la **fascia di rispetto dei corsi d'acqua** di competenza del Consorzio di Bonifica DUNAS in applicazione al Regolamento Regionale 8 febbraio 2010, n. 3, collocandola nella classe 3 di fattibilità. La fascia di rispetto corrisponde ad una porzione di territorio compresa entro una distanza di 10 m per parte dal ciglio dell'alveo inciso od al piede esterno degli argini che precisa, tra l'altro, con l'art. 3 le ***Attività vietate***

a*) la realizzazione di fabbricati e di tutte le costruzioni ad una distanza minima compresa dai 5 ai 10 metri dal ciglio dei canali a seconda dell'importanza del canale.* In assenza di un regolamento specifico del DUNAS si deve ritenere vigente il vincolo di maggiore ampiezza.

b) la messa a dimora di alberature quali siepi o filari, lo scavo di fossi e canali nonché il movimento di terreno negli alvei, nelle scarpate, nelle sommità arginali e nelle zone di rispetto dal piede interno ed esterno degli argini e loro accessori o dal ciglio delle sponde dei canali non muniti di argini o dalle scarpate delle strade, per una distanza di almeno metri 4, salvo deroghe motivate per interventi di rinaturalizzazione e valorizzazione ambientale realizzati dal consorzio competente;

c) qualunque scarico di acque di prima pioggia e di lavaggio provenienti da aree esterne o suscettibili di inquinamento;

d) qualunque scarico di acque di prima pioggia e di lavaggio provenienti da aree esterne o suscettibili di inquinamento;

e) qualunque apertura di cave, temporanee o permanenti, che possa dar luogo a ristagni d'acqua o impaludamenti di terreni o in qualunque modo alterare il regime idraulico della bonifica stessa;

f) qualunque opera, atto o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso a cui sono destinati gli argini, opere di difesa e loro accessori e manufatti attinenti, od anche indirettamente degradare o danneggiare i corsi d'acqua;

g) qualunque ingombro totale o parziale dei canali di bonifica o di irrigazione col getto o caduta di materie terrose, pietre, erbe, acque o sostanze che possano comunque dar luogo a qualsiasi inquinamento dell'acqua;

h) qualunque deposito di terre o di altro materiale di risulta a distanza inferiore di metri 10 dai suddetti corsi d'acqua, che per una circostanza qualsiasi possano esservi trasportate ad ingombrarli;

i) qualunque ingombro o deposito di materiale come sopra definito, sul piano viabile delle strade di servizio e loro pertinenze;

j) qualunque interruzione o impedimento, con la costruzione di rilevati, del deflusso superficiale dei fossi e dei canali.

Su tutto il corso d'acqua sopra individuato vige il divieto di tombinatura ex articolo 115 D.lgs. 152/06.

SOTTOCLASSE 3d

L'area collocata in questa sottoclasse è la porzione nord orientale del territorio, dove le informazioni disponibili indicano la possibile presenza di falda freatica a profondità inferiori a 2,5 metri almeno in alcuni periodi dell'anno e dove è segnalata nella tavola 15A del Piano Comprensoriale di Bonifica del DUNAS, la presenza di aree "*lievemente soggette a problemi legate al franco di bonifica*".

In considerazione di tali indicazioni si prescrive che la progettazione di interventi edilizi di qualunque natura debbano avvenire assumendo l'ipotesi che la falda sia presente, almeno alcuni mesi dell'anno, alla profondità di -1,5 m metri dalla quota naturale del piano campagna, considerata in assenza di riporti o depressioni artificiali, fatto salvo il diverso esito di accertamenti che dimostrino l'assenza di tale pericolo con tempi di ritorno di almeno 30 anni.

Per le aree ricadenti in tale classe valgono tutte le prescrizioni della classe 2 in merito alla esecuzione di scavi e di opere eseguite a profondità inferiori o superiori a quella della falda, in questo caso ipotizzata presente a -1,5 m dal piano campagna.

Classe 4: fattibilità con gravi limitazioni

SOTTOCLASSE 4a

In questa categoria sono collocate le superfici ricadenti nella **fascia A del PAI**, che ha la funzione 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 nonché quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra* ", ed è normata dagli articoli 29, 32, 38, 38 bis, 39 e 41 delle NdA, qui integralmente richiamate. In particolare si evidenziano i seguenti punti:

art 29 comma 2: **Nella Fascia A sono vietate:**

a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, 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 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, let. 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, let. m);

d) le coltivazioni erbacee non permanenti e 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 di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi dell'art. 41 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 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.

Art. 39 comma 3. **Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite:**

Le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

SOTTOCLASSE 4b

Le superfici inserite in tale sottoclasse sono costituite dagli **alvei occupati dalle piene** del reticolo idrografico artificiale di competenza del Consorzio di Bonifica DUNAS. All'interno di tali superfici sono

consentiti soli interventi di manutenzione ordinata e straordinaria finalizzati al mantenimento delle corrette condizioni di deflusso delle acque, risultando soggette alla medesima disciplina della sottoclasse 4a.

SOTTOCLASSE 4c

L'area corrisponde alla zona di **tutela assoluta dei pozzi pubblici** ad uso idropotabile o meglio definiti "*che erogano acqua potabile a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse*". La superficie interessata è quella compresa entro il raggio di 10 m dall'opera di captazione, all'interno della quale non è possibile lo svolgimento di alcuna attività e "*deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio* ."

SOTTOCLASSE 4d

Le aree collocate in questa sottoclasse sono individuate dalla presenza di otto fontanili riconosciuti presenti in toto o parzialmente del territorio comunale, dove trovano applicazione le norme **dell'art. 16.5 del PTCP vigente** che riconoscono l'importanza delle strutture in quanto testimonianze storiche della cultura materiale dei luoghi e per l'elevato valore ecologico e naturalistico.

La tutela di tali superfici è data dal **divieto di realizzazione di opere di urbanizzazione** e di nuova edificazione per un raggio di **50 metri dalla testa del fontanile** e per una fascia di 10 metri su entrambi i lati lungo i **primi 200 metri dell'asta**, distanze eventualmente estendibili da parte del Comune, 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 a quella della testa del fontanile. Non è ammesso comunque prevedere urbanizzazioni che isolino completamente l'elemento di tutela; ovvero 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 mt.

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

Inoltre, le fasce vegetali cresciute attorno al capofonte e ai primi 200 m dell'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. Il consolidamento delle sponde potrà essere attuato con interventi di ingegneria naturalistica e limitando le opere di sostegno (come palizzate, fascinate ed, eventualmente, palificate) ai soli punti di effettiva necessità, mentre le operazioni di spurgo dovranno prevedere il rilascio di "isole" di vegetazione emersa e sommersa, anche in adiacenza alle rive, quali luoghi 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.

Classi coincidenti: criterio di applicazione delle prescrizioni nelle aree interessate da più classi di fattibilità. Nelle porzioni di territorio dove nella **Tav. 7/7 Fattibilità geologica** sono indicate più classi di fattibilità sovrapposte, nell'attuazione degli interventi si dovrà tenere conto della condizione più restrittiva prevista, e dovranno essere eseguiti tutti gli approfondimenti tecnici indicati in relazione alle varie problematiche geologiche individuate.