



COMUNE DI BELLUSCO

Provincia di Monza e Brianza



DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 22 DICEMBRE 2005 – N. 8/1566:

Criteri ed indirizzi per la definizione della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma, 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12

DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 30 NOVEMBRE 2011 – N. IX/2616:

Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374

DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 19 GIUGNO 2017 – N. X/6738:

Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del F. Po.

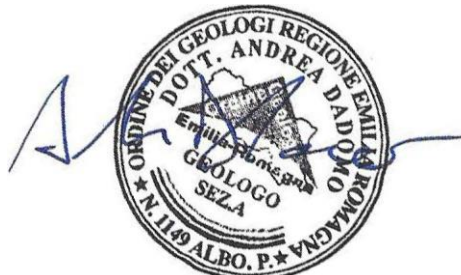
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Rapporto Tecnico

Dr. Geol. Roverselli Davide



Dr. Geol. Dadomo Andrea





Sommario

1	PREMESSA	4
1.1	Precedenti piani	4
1.2	Aggiornamento attuale	4
2	STRUTTURA DELLO STUDIO	6
3	ANALISI COMPATIBILITA' PTCP – PROVINCIA DI MONZA BRIANZA.....	8
4	ASSETTO GEOLOGICO	15
4.1	Aspetti geologici-geomorfologici.....	15
4.2	Aspetti geomorfologici	17
4.3	Aspetti pedologici	17
4.4	Aspetti geotecnici	21
4.4.1	Problematica “Occhi Pollini”	23
5	ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	30
5.1	La struttura idrogeologica a grande scala	30
5.2	Idrogeologia locale	31
5.3	Pozzi pubblici sul territorio comunale	34
5.4	Piezometria.....	39
5.5	Soggiacenza	39
5.6	Vulnerabilità	40
5.6.1	Descrizione del metodo GOD	40
5.6.2	Applicazione del metodo GOD al territorio comunale	42
5.6.3	Idrochimica	43
6	ASSETTO IDROGRAFICO E IDRAULICO	45
6.1	Idrografia	45
6.1.1	Reticolo Idrografico Minore	46
6.2	Elementi idraulici	47



6.3	Attuazione PGRA.....	49
7	CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	53
7.1	La normativa sismica.....	53
7.1.1	Evoluzione normativa, pre 2003	53
7.1.2	La nuova normativa sismica a livello nazionale.....	55
7.1.3	Normativa sismica a livello regionale.....	60
7.2	Attività sismica ed elementi neotettonici e strutturali, con cenni sulla sismicità del territorio.....	62
7.3	La Pericolosità Sismica Locale	73
7.3.1	Premessa	73
7.3.2	Analisi e valutazione degli effetti di sito finalizzati alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio (d.g.r. 30 novembre 2011, n.9/2616)	73
7.3.3	Valutazione della Pericolosità Sismica Locale del Comune di Bellusco - (1° Livello)	80
7.3.4	Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi (Fa) – (2° Livello)	82
7.4	Valutazione dell'azione sismica di progetto (NTC 2018)	93
7.4.1	Descrizione del moto sismico.....	93
7.4.2	Azione sismica di progetto e spettro di risposta del sito	94
8	CARTA DEI VINCOLI.....	102
9	CARTA DI SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOAMBIENTALI.....	106



1 PREMESSA

Il comune di Bellusco è situato nella parte orientale della provincia di Monza e della Brianza; confina con i comuni di Busnago, Mezzago, Ornago, Roncello, Sulbiate, Vimercate. Il Comune di Bellusco occupa una superficie di circa 6.54 km² e presenta quote comprese tra 184 e 214 m s.l.m.

1.1 Precedenti piani

Il Comune di Bellusco è dotato del Piano di Governo del Territorio approvato con Delibera di Consiglio Comunale n.23 del 18.04.2009, pubblicato ai fini della sua efficacia sul B.U.R.L. n.23 serie Avvisi e Concorsi del 09.06.2010, la cui variante è stata approvata con deliberazione di Consiglio comunale n.34 del 29.07.2014, pubblicata sul B.U.R.L. n.48 – serie Avvisi e Concorsi del 26.11.2014.

1.2 Aggiornamento attuale

Il presente studio, sviluppato sull'intero territorio comunale di Bellusco, è stato redatto a supporto della variante generale del Piano di Governo del Territorio vigente in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 57 della l.r. n. 12/2005 e secondo i criteri definiti da:

- **d.g.r. 22 dicembre 2005 – n. 8/1566** (*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12*);
- **d.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616** (*Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374*);
- **l.r. 28 novembre 2014 – n. 31** (*Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato*);
- **d.g.r. 19 giugno 2017 – n. X/6738** (*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del F. Po*);
- **d.g.r. 9 settembre 2019 - n. XI/2120**, (*Aggiornamento dell'allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 30 novembre 2011, n. 2616*);



- **d.g.r. 10 maggio 2021 - n. XI/4685**, (*Ulteriore aggiornamento Dell'allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 (d.g.r. 2616/2011 e d.g.r. 2120/2019)*).

In merito agli aspetti idraulici, il presente documento considera:

- **l.r. 11 marzo 2005 - n. 12** (*Legge per il governo del territorio*) in particolare all'art. 58 bis (*Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile*);
- **Direttiva Alluvioni 2007/60/CE**;
- **d.lgs. 2010 – n. 49** (*Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni*);
- **d.g.r. 10 dicembre 2015 - n. X/4549** (*Direttiva 2007/60/CE – Contributo di Regione Lombardia al piano di gestione del rischio di alluvioni relativo al distretto idrografico padano, in attuazione dell'art. 7 del d.lgs. 49/2010*);
- **l.r. 15 marzo 2016, n. 4** (*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*);
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 ottobre 2016** (*Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano*);
- **l.r. 10 marzo 2017, n. 7** (*Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti*)
- **r.r. 23 novembre 2017 – n. 7** (*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*) approvato con **d.g.r. 20/11/2017 - n. 7372**. Contiene le modifiche e le integrazioni introdotte dalle norme sotto riportate con l'indicazione della loro entrata in vigore:
 - **r.r. 29 giugno 2018 – n. 7**, entrato in vigore il 4 luglio 2018;
 - **r.r. 19 aprile 2019 – n. 8**, entrato in vigore il 25 aprile 2019;
 - **l.r. 26 novembre 2019 – n. 18**, entrata in vigore il 11 dicembre 2019.

Per gli aspetti sismici prende atto infine di:

- **d.g.r. 11 luglio 2014 – n.10/2129** (*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*), modifica la zona sismica da 4 a 3;
- **d.g.r. 10 ottobre 2014 – n.10/2489** (*Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 luglio 2014, n. 2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia" (l.r. 1/2000, art.3, comma 108, lett. d)*);





- **l.r. 12 ottobre 2015 – n. 33** (*Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*)
- **d.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001** (*Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)*)
- **Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018** (*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*).

L'attuale documento analizza inoltre la compatibilità con il vigente PTCP della Provincia di Monza Brianza approvato con deliberazione del Consiglio Provinciale n.16 del 10 luglio 2013 e pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, Serie Inserzioni, ai sensi dell'art.17 comma 10 della l.r.12/2005.

2 STRUTTURA DELLO STUDIO

Lo studio geologico nel suo complesso è articolato in tre distinte e consequenziali fasi di lavoro. Tali fasi sono eseguite preliminarmente allo sviluppo del progetto urbanistico ed hanno avuto come finalità quella di offrire al processo progettuale di pianificazione urbanistica del territorio comunale, gli elementi conoscitivi indispensabili all'individuazione delle potenzialità, vocazioni e vulnerabilità del territorio dal punto di vista geologico, con specifico riferimento alla prevenzione del rischio ed alla mitigazione del dissesto idrogeologico ed ambientale.

Gli specifici aspetti presi in esame riguardano la geologia, litologia, stratigrafia, geomorfologia, pedologia, idrografia, idrogeologia, idraulica, sismica, geotecnica e geologia ambientale.

Facendo riferimento alle fasi di studio contemplate nelle norme regionali, il presente studio è stato quindi articolato nelle seguenti tre fasi di lavoro: analisi preliminare, fase di sintesi/valutazione e fase di proposta.

1. **Fase di analisi preliminare:** è stata inizialmente basata sulla raccolta, analisi, interpretazione critica ed omogeneizzazione dei dati esistenti, integrati da analisi fotointerpretativa e controlli sul terreno. L'indagine bibliografica preliminare ha consentito la raccolta dei dati geologici, geognostici, geotecnici, idraulici ed idrogeologici puntuali.

Tale fase ha portato alla redazione delle seguenti cartografie:

- **Tav. 1 – Carta geologica, geomorfologica e pedologica**
- **Tav. 2 – Tavola geologico-tecnica e delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli "Occhi Pollini"**
- **Tav. 3 – Carta idrogeologica**
- **Tav. 4 – Assetto idrografico-idraulico**



La Carta PAI-PGRA, valutata l'esigua estensione del territorio comunale interessato, è stata riprodotta in specifici riquadri a diversa scala nel testo al paragrafo di riferimento.

2. **Fase di sintesi/valutazione**: in questa fase, attraverso una valutazione incrociata degli elementi analitici raccolti, il territorio è stato interpretato in funzione degli attuali e prevedibili livelli di integrità, rischio e vulnerabilità.

Tale fase ha portato alla redazione delle seguenti cartografie:

- **Tav. 5 – Carta della Pericolosità Sismica Locale**
- **Tav. 6 – Carta dei Vincoli**
- **Tav. 7 – Carta di Sintesi**

3. **Fase di proposta**: in questa fase, le unità idro-geo-morfologiche individuate nella fase precedente sono state distinte in classi omogenee di fattibilità geologica delle azioni di piano in conformità alle disposizioni regionali vigenti.

Tale fase ha portato alla redazione della seguente cartografia:

- **Tav. 8 – Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano**

In tale tavola, l'intero territorio comunale viene suddiviso in classi (e sottoclassi, contraddistinte dalle stesse condizioni idro-geo-morfologiche, geotecniche ed idrauliche) di fattibilità geologica per le azioni di piano previste dalle direttive regionali, fornendo gli input per la formulazione delle nuove previsioni urbanistiche di PGT.



3 ANALISI COMPATIBILITA' PTCP – PROVINCIA DI MONZA BRIANZA

Con deliberazione di Consiglio Provinciale n.31 del 12 novembre 2018, pubblicata su BURL-SAC n.1 del 2 gennaio 2019, la Provincia di Monza e Brianza ha approvato la variante alle Norme del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e al contempo lascia inalterate le cartografie di piano.

Relativamente ai contenuti individuati come minimi negli atti dei PGT nella normativa del PTCP vigente alla data di adozione del PGT, di seguito sono analizzati e definiti nel dettaglio locale gli elementi geoambientali riportati in:

- **Tavola 8 – Assetto idrogeologico** (Fig. 1)
- **Tavola 9 – Sistema geologico ed idrogeologico** (Fig. 2)

e descritti nelle Norme di Piano nella Sezione II – “Ambiti a prevalenza ambientale e naturalistico” (artt. 8 e 9) e nella Sezione III – “Ambiti, Sistemi ed elementi di rilevanza paesaggistica provinciale” (artt. 10 ed 11).

Nello specifico, in ottemperanza ai contenuti minimi degli atti del PGT, in corrispondenza del territorio del Comune di Bellusco si verifica che:

Art. 8 – Assetto idrogeologico

- ***Rilevazione dei dissesti idrogeologici***

Non si segnalano nuovi dissesti nel territorio comunale.

- ***Attribuzione ai predetti dissesti di adeguata classificazione di fattibilità geologica [...]***

La **Tav. 8** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” recepisce quanto già inserito nelle precedenti cartografie.

- ***Aree a suscettività al fenomeno degli “occhi pollini”***

La **Tav. 2** – “*Tavola geologico-tecnica e delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli “occhi pollini”*” è stata redatta con l’intenzione di raccogliere i principali elementi conoscitivi diretti (penetrometrie/sondaggi) di analisi del territorio eseguiti nel passato.

La **Tav. 7** – “*Carta di Sintesi*” delimita planimetricamente il territorio potenzialmente interessato evidenziando il settore con elevata suscettività al fenomeno degli “occhi pollini”, recependo la classificazione del territorio definita dal PTCP.



La **Tav. 8** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” classifica tali aree e le relative **Norme Geologiche di Piano** definiscono le misure e le regole specifiche per la problematica, richiamando altresì le linee guida inserite nella relazione del PTCP.

- ***Aree allagabili con tempo di ritorno di cento anni [...]***

La **Tav. 7** – “*Carta di Sintesi*” (mediante gli estratti della “*Carta PAI-PGRA*” ivi contenuti) delimita planimetricamente il territorio potenzialmente interessato da tale fenomeno.

La **Tav. 8** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” classifica tali aree e le relative **Norme Geologiche di Piano** definiscono le misure e le regole specifiche per la problematica.

- ***Recepimento dei contenuti del PAI [...]***

La “*Carta PAI-PGRA*”, riportata per estratti nel testo, ha recepito le delimitazioni delle aree PAI presenti nel territorio comunale.

- ***Problematica antisismica***

Il Comune di Bellusco, ai sensi della d.g.r. 11 luglio 2014 – n.10/2129, risulta classificato in **zona sismica 3**. Le problematiche e le linee d’applicazione secondo il D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” aggiornate con D.M. del 17 gennaio 2018 sono esplicitate nel paragrafo dedicato che segue e nella **Tav. 5** – “*Carta della Pericolosità Sismica Locale*”.

La **Tav. 8** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” riporta la classificazione sismica e le relative **Norme Geologiche di Piano** definiscono le misure e le regole specifiche per la problematica.



Art. 9 – Sistema delle acque sotterranee

- *Analisi storica delle oscillazioni piezometriche*

La tematica è affrontata nello specifico capitolo inerente l'idrogeologia e nella **Tav. 3** – “*Carta idrogeologica*”.

- *Vulnerabilità degli acquiferi*

Nella **Tav. 7** – “*Carta di Sintesi*” viene riportata l'ubicazione dell'industria a Rischio d'Incidente Rilevante, oltre alla classificazione della vulnerabilità intrinseca calcolata nel capitolo riguardante l'idrogeologia.

- *Zone di rispetto dei pozzi pubblici*

Nella **Tav. 3** – “*Carta idrogeologica*” vengono definiti, nel dettaglio, l'ubicazione dei pozzi pubblici attivi.

Nella **Tav. 6** – “*Carta dei Vincoli*” sono riportate tali ubicazioni e relative fasce di rispetto.

- *Criteri progettuali per le nuove trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali volti:*

○ *1 - Immissione delle acque meteoriche nel sottosuolo;*

In funzione dei gradi “alto” e “molto alto” di suscettività al fenomeno degli occhi pollini, in **Tav. 8** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” è stata inserita una classe specifica per gli occhi pollini che, in accordo con lo stesso PTCP (Linee guida specifiche per gli occhi pollini, Relazione PTCP) non permette l'immissione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

○ *2 - Invaso temporaneo delle acque meteoriche;*

○ *3 - Risparmio idrico, riciclo e riutilizzo delle acque meteoriche*

Ricadendo il Comune di Bellusco in zona ad alta criticità idraulica (All. C, R.R. 23 novembre 2017, n. 7 - “*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*”), per una migliore definizione di quanto all'Art. 9.3.e del PTCP, si rimanda allo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico di cui al comma 7, Art. 14 del R.R. 23 novembre 2017, n. 7, redatto dal gestore del SII nel giugno 2020.



Art. 10 – Sistema delle acque superficiali

- Reticolo idrografico

Per la definizione del reticolo idrografico si rimanda allo specifico Studio del Reticolo Idrico Minore e relativa Tav. 1, oltre che alla **Tav. 4** – “Assetto idrografico-idraulico”.

- Invarianza idraulica e idrologica

Ricadendo il Comune di Bellusco in zona ad alta criticità idraulica (All. C, R.R. 23 novembre 2017, n. 7 - “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”), per una migliore definizione di quanto all’Art. 9.3.e del PTCP, si rimanda allo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico di cui al comma 7, Art. 14 del R.R. 23 novembre 2017, n. 7, redatto dal gestore del SII nel giugno 2020.

Art. 11 – Elementi geomorfologici

- Elementi geomorfologici

Gli elementi individuati sono stati inseriti nelle tavole **Tav. 1** – “Carta geologica, geomorfologica e pedologica”, nella **Tav. 6** – “Carta dei Vincoli” e nella **Tav. 8** – “Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano”. Nel dettaglio, nel territorio comunale sono presenti:

- Orli di terrazzo

Si tratta di elementi specifici di delimitazione tra le valli fluviali ed i terrazzi fluvioglaciali.

La definizione planimetrica del PTCP è stata verificata nel dettaglio a seguito di uno specifico rilievo geomorfologico; sono state escluse le ridotte modificazioni morfologiche, in parte a volte assorbite dalle modificazioni dell’uso del suolo locale a scopi agricoli.

In ambito urbano, laddove gli orli di terrazzo mostrano ampi tratti rimaneggiati che hanno compromesso la loro originale identità e continuità morfologica, se ne propone l’esclusione dalla salvaguardia di cui all’Art. 11.

Nella **Tav. 8** – “Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano” a tali aree si sono applicate le specifiche previsioni prescrittive e prevalenti descritte al punto 4d.



- Ambiti vallivi dei corsi d'acqua

Nella **Tav. 6** – “*Carta dei Vincoli*” si è rappresentato l’ambito vallivo del Rio Vallone, area individuata in Tavola 9 del PTCP.

Nella **Tav. 8** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” a tali aree si sono applicate le specifiche previsioni prescrittive e prevalenti descritte al punto 3c.

- Geositi di rilevanza provinciale

Viene integrato l’elemento di pregio geomorfologico individuato in Tav. 9 relativo alla valle del Rio Vallone (elemento n. 5, Sezione Loc. Cascina Gallo). Per questa area si confermano indirizzi e prescrizioni di cui all’Art.11 oltre alla normativa specifica del geosito.

- ***Riconoscimento ulteriori elementi geomorfologici***

Non sono stati censiti ulteriori elementi geomorfologici locali caratterizzanti.

- ***Attribuzione classe di fattibilità agli elementi geomorfologici***

Nella **Tav. 8** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” agli elementi geomorfologici segnalati è stata applicata un’adeguata classe di fattibilità geologica.

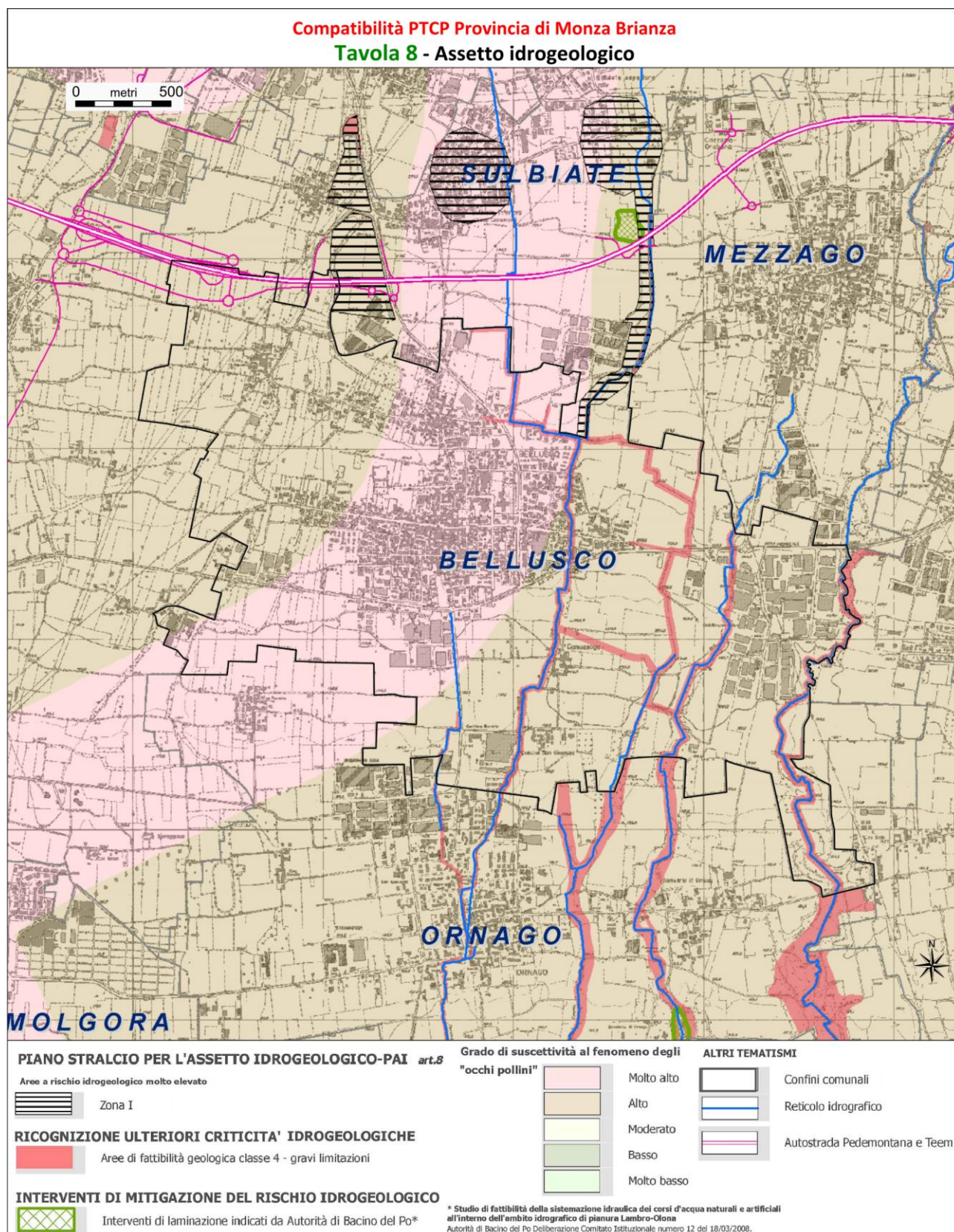


Fig. 1. Estratto fuori scala della Tavola 8 del PTC di Monza Brianza.

Compatibilità PTCP Provincia di Monza Brianza
Tavola 9 - Sistema geologico e idrogeologico

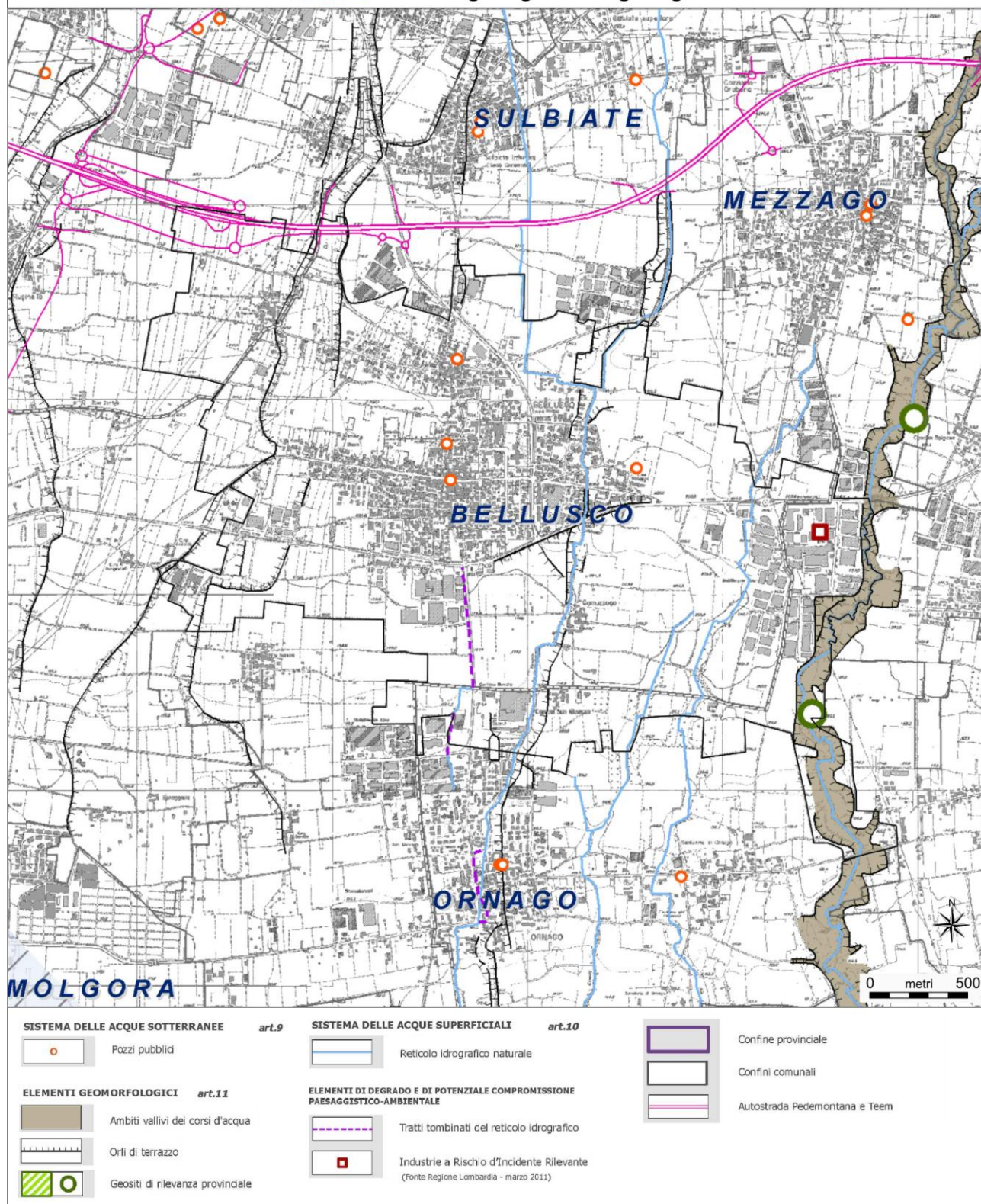


Fig. 2. Estratto fuori scala della Tavola 9 del PTCP di Monza Brianza.



4 ASSETTO GEOLOGICO

4.1 Aspetti geologici-geomorfologici

Le nozioni principali per l'inquadramento geologico, idrologico e morfologico sono state desunte, nella gran parte, dalle note illustrative della "Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000–Foglio 45 Milano".

Il territorio di Bellusco si colloca in corrispondenza del margine inferiore dall'alta pianura terrazzata lombarda che è caratterizzato da depositi quaternari di origine alluvionale risalenti ai periodi interglaciali delle grandi glaciazioni pleistoceniche.

Si tratta, dal punto di vista litologico, di materiali sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in matrice limosa spesso subordinata; a questi si intercalano orizzonti argillosi e argilloso-limosi.

Localmente è presente un livello conglomeratico, più o meno cementato e di spessore variabile, noto in letteratura come Ceppo e costituito da ciottoli di calcari, selci, dioriti, tonaliti, graniti, gneiss, micascisti, filladi e quarziti inglobati in matrice sabbioso limosa a cemento calcareo, con grado di cementazione variabile ed elevata permeabilità.

Secondo le Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Foglio 45 Milano (fonte ISPRA):

- **Diluvium Antico** (fluvioglaciale Mindelliano – q1): depositi alluvionali costituenti i ripiani altimetricamente più elevati, composti da ghiaie sabbiose con strato di alterazione superficiale argilloso ocraceo.
- **Diluvium Medio** (fluvioglaciale Riss – q2): costituisce i ripiani terrazzati che occupano una posizione altimetricamente intermedia tra il Diluvium Antico ed il Livello Fondamentale della Pianura; composto da ghiaie sabbiose con strato di alterazione superficiale argilloso ocraceo.
- **Diluvium Recente** (fluvioglaciale Riss-Wurm – q3): depositi ghiaiosi-sabbiosi-argillosi che costituiscono il livello fondamentale della pianura, composti da ghiaie sabbiose e sabbie con strato superficiale di alterazione limitato a 40-60 cm, generalmente brunastro, costituenti il livello fondamentale della pianura.

Secondo la "Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 97 Vimercate" (fonte ISPRA), il territorio del Comune di Bellusco si sviluppa su depositi quaternari appartenenti per la maggior parte alle Unità del Bacino



dell'Adda. Solamente in piccole porzioni a valle del terrazzo affiora un'unità denominata Sintema del Po che è l'unità più recente non riferibile al Bacino dell'Adda. Nel dettaglio affiorano le seguenti Unità:

- **POI – Sintema del Po:** Ghiaie a supporto clastico, in prevalenti starti planari; sabbie e limi da massivi a laminati; limi e argille. Il Sintema del Po è la testimonianza principalmente di depositi fluviali e di esondazione. Ha iniziato la sua deposizione circa 15.000 anni fa non appena il ghiacciaio dell'Episodio Cantù ha iniziato a ritirarsi: le piane fluviali postglaciali che si sono venute a formare erano di piccole dimensioni e comprese entro i terrazzi del Sintema di Cantù o delle piane riconducibili al Supersintema di Besnate. Superficie limite superiore caratterizzata da suoli poco evoluti. *Pleistocene Sup.-Olocene*.
- **BEE – Unità di Cadorago:** Ghiaie massive o organizzate a supporto di clasti o di matrice, ciottoli con dimensioni massime da centimetriche a 30cm, poligenica; intercalazioni sabbiose (depositi fluvioglaciali). Diamicton a supporto di matrice (depositi glaciali). Alterazione moderata, più elevata nei livelli superiori. *Pleistocene Medio - Pleistocene Superiore*.
- **PEO – Sintema della Specola:** Diamicton a supporto di matrice (depositi glaciali). Ghiaie a supporto di matrice con locali intercalazioni sabbiose (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da un profilo di alterazione evoluto con spessori che possono arrivare fino a 6-8m. Carbonati argillificati, arenarie arenizzate, cristallini e metamorfici da totalmente arenizzati a con cortex. Colore in genere compreso nella pagina 7.5YR delle tavole *Munsell*, occasionalmente in quella 5YR e in quella 10 YR. Copertura loessica a *fragipan* sempre presente. *Pleistocene Medio*.
- **VE – Supersintema di Venegono:** Limi debolmente argillosi con clasti debolmente alterati, sparsi (loess colluviati). Limi debolmente sabbiosi, ghiaie fini e sabbie grossolane, ghiaie poligeniche poco alterate, limi argillosi con clasti sparsi (depositi fluviali). Costituisce gran parte delle coperture dei principali versanti, del fondovalle del torrente Molgora. I depositi di questa unità, che sono rimaneggiati lungo il versante o in ambiente fluviale, coprono tutte le unità a partire dal Supersintema del Bozzente. Non hanno un'età ben definita ma si può stabilire un'età massima coincidente con quella dei corrispondenti eventi glaciali. *Pleistocene Inferiore (terminale) – Pleistocene Superiore*.
- **RZZ – Formazione di Trezzo sull'Adda:** Ghiaie a prevalente supporto di matrice, massive o rozzamente organizzate; ciottoli poligenici arrotondati, fortemente alterati; limite inferiore per fronte di alterazione (depositi fluviali). *Calabriano – Pleistocene Medio*

Il territorio comunale risulta inoltre sporadicamente interessato dalla presenza di piccoli accumuli di materiale vario (*h*) la cui quantificazione e la cui natura sono di difficile definizione. Risulta invece ben delimitata l'area di riporto di terre naturali provenienti da scavi situata a sud della S.P.2 al confine occidentale



del territorio comunale. Tale riporto, che va a colmare l'area morfologicamente depressa situata in corrispondenza della scarpata costituita dal terrazzo fluvioglaciale, ha uno spessore approssimativo di circa 5-6 m.

4.2 Aspetti geomorfologici

Si segnala l'esistenza di alcune tracce di paleoalvei che interessano il territorio comunale di Bellusco (Fig. 3), nonché l'esistenza lungo il rio Vallone di un sito di interesse geomorfologico in Loc. Cascina Gallo. Da segnalare inoltre la presenza di due aree morfologicamente depresse nei pressi dell'incrocio tra Corso Alpi e Via Mezzago.

4.3 Aspetti pedologici

In funzione delle cartografie messe a punto da ERSAF e della conseguente classificazione (Fig. 3) è possibile osservare che il territorio di Bellusco è situato dal punto di vista pedologico principalmente nelle "Superfici terrazzate del Pleistocene medio-superiore, emergenti dalla piana proglaciale Wurmiana" (Sistema T) e nelle "Piana proglaciale Wurmiana ("Livello Fondamentale della Pianura"), esterna alle cerche costruite dalle morene frontali" (Sistema L). All'interno di queste due macro aree nel territorio di Bellusco sono stati riconosciuti i seguenti sottosistemi e relative unità:

SISTEMA T:

- **TA**, *"Lembi residui di piane fluvioglaciali pre-würmiane costituenti superfici terrazzate sulla pianura, distinti in terrazzi superiori, attribuiti ad epoche glaciali più antiche del riss (mindel e precedenti), e terrazzi inferiori rissiani, entrambi costituiti da sedimenti grossolani molto alterati, ricoperti da coltri eoliche e/o colluviali"*
 - **TA1**, *"Terrazzi ben conservati e solo marginalmente in erosione, a morfologia subpianeggiante o dolcemente ondulata. La pendenza è generalmente nulla o bassa (range modale delle pendenze =2%, range estremo 1÷10%)".* Bellusco è rappresentata dalle unità tipologiche di suolo: **PDN1, CNA1, VLO1, RUG1**.

SISTEMA L:

- **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";*
 - **LC1**, *"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". Bellusco è rappresentata dall'unità tipologica di suolo **ROA1**.

Nella seguente Tabella sono descritte in dettaglio le unità tipologiche di suolo sopracitate che verranno successivamente riportate anche in Tav. 1 (fonte ERSAF).

PEDO-PAESAGGIO	UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO	DESCRIZIONE
TA1	PDN1 (NUM_UC 202)	<p>Il pedopaesaggio è quello dei pianalti mindeliani delle zone di Lomagna e Verderio, su substrati limoso ghiaiosi con sabbia, non calcarei e inoltre sulla superficie modale del terrazzo di Trezzo, con morfologia più o meno ondulata, con quota media di 225 m. s.l.m. e pendenza media del 0,8%. Sono tipici dei terrazzi fluvioglaciali antichi e sono caratterizzati dalla presenza di potenti coperture di materiali fini (limi eolici). L'uso del suolo prevalente è il seminativo. I suoli PDN1 sono moderatamente profondi limitati da fragipan, scheletro scarso, tessitura media, con reazione neutra in superficie e subacida in profondità, saturazione bassa, CSC media, AWC alta, con drenaggio da mediocre a lento e permeabilità bassa. [...]</p> <p><u>Morfologia</u>: Subpianeggiante di terrazzo elevato;</p> <p><u>Drenaggio</u>: Mediocre;</p> <p><u>Permeabilità</u>: Moderatamente bassa.</p>
	RUG1 (NUM_UC 262)	<p>Il pedopaesaggio è quello delle superfici terrazzate, rilevate rispetto al livello fondamentale della pianura a rappresentare antiche superfici risparmiate dall'erosione. Tale unità si trova sulle superfici meglio conservate, modali, dei terrazzi rissiani, comprese le porzioni prossimali e centrali dei terrazzi intermedi della pianura milanese a morfologia subpianeggiante con quota media di 203 m. s.l.m. e pendenza media del 0,4%, con substrato ciottoloso a matrice sabbioso-limosa, di origine fluvioglaciale, mediamente alterati (possono presentare clasti molto alterati a partire da circa un metro di profondità). I suoli RUG1 sono molto profondi, con scheletro assente, abbondante nel substrato, a tessitura media, reazione subacida, talvolta neutra in profondità, saturazione bassa, AWC molto alta; sono suoli non calcarei con drenaggio buono e permeabilità moderatamente bassa. [...]</p> <p><u>Morfologia</u>: Superfici subpianeggiante di terrazzo intermedio rissiano;</p> <p><u>Drenaggio</u>: Buono;</p> <p><u>Permeabilità</u>: Moderata.</p>
	VLO1 (NUM_UC 261)	<p>Il pedopaesaggio è quello delle superfici rappresentative modali e meglio conservate dei terrazzi rissiani caratterizzate da una morfologia subpianeggiante regolare con quota media di 196 m. s.l.m. e pendenza media dell'1%, con suoli sviluppati su substrati ghiaiosi a matrice sabbiosa mediamente alterati. L'uso del suolo prevalente è costituito da seminativi non irrigui. I suoli VLO1 sono molto profondi, su ghiaie sabbioso-ciottolose mediamente alterate, con scheletro da assente</p>



		<p>a scarso, a tessitura media, reazione subacida, talvolta neutra in profondità, saturazione bassa, AWC molto alta, con drenaggio buono e permeabilità moderatamente bassa. [...]</p> <p><u>Morfologia</u>: Subpianeggiante di terrazzo intermedio;</p> <p><u>Drenaggio</u>: Buono;</p> <p><u>Permeabilità</u>: Moderata.</p>
	CNA1 (NUM_UC 259)	<p>Il pedopaesaggio di appartenenza è quello dei terrazzi subpianeggianti che costituiscono antiche superfici isolate nella pianura. Sono stati riconosciuti sui terrazzi più antichi, mindeliani e si ritrovano nella porzione sud orientale, maggiormente erosa ed incisa dello stesso terrazzo di Trezzo con quota media di 185 m. s.l.m. e pendenza media del 0,5%. Sono aree tipiche dei terrazzi fluvio-glaciali antichi, accomunate dalla presenza di potenti coperture di materiali fini (limi eolici), con più cicli pedogenetici che hanno dato origine ad orizzonti argillici abbinati a orizzonti sbiancati (glossici) e induriti (fragipan). L'utilizzazione del suolo è il seminativo avvicendato con dominanza del mais. I suoli CNA1 sono moderatamente profondi limitati da fragipan, scheletro assente o scarso in profondità, tessitura media, reazione subacida, saturazione media, bassa in profondità, AWC alta, drenaggio mediocre e permeabilità moderatamente bassa. [...]</p> <p><u>Morfologia</u>: Subpianeggiante di terrazzo elevato;</p> <p><u>Drenaggio</u>: Mediocre;</p> <p><u>Permeabilità</u>: Moderatamente bassa.</p>
LC1	ROA1 (NUM_UC 264)	<p>Il pedopaesaggio è quello della piana fluvio-glaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura su paleovalle o depressioni di origine torrentizia, privi di sedimentazione attiva delimitati da orli di terrazzo o raccordati dall'alta pianura ghiaiosa, con quota media di 252 m. s.l.m. e pendenza media del 1,1%, con substrati caratterizzati da sabbie limose con ghiaie, non calcarei. L'uso del suolo prevalente è a seminativi. I suoli ROA1 sono profondi su substrato a scheletro molto abbondante, tessitura media con scheletro comune, a reazione acida in superficie e subacida in profondità, saturazione media, CSC medio-bassa, AWC da molto alta ad alta, con drenaggio buono e permeabilità moderata. [...]</p> <p><u>Morfologia</u>: Pianeggiante o leggermente ondulata;</p> <p><u>Drenaggio</u>: Buono;</p> <p><u>Permeabilità</u>: Moderata.</p>

All'unità tipologica ROA1 è associabile un k di 10^{-5} m/s; alle restanti unità tipologiche VLO1, PDN1, RUG1, CNA1 è associabile un k da 10^{-4} m/s a 10^{-5} m/s.

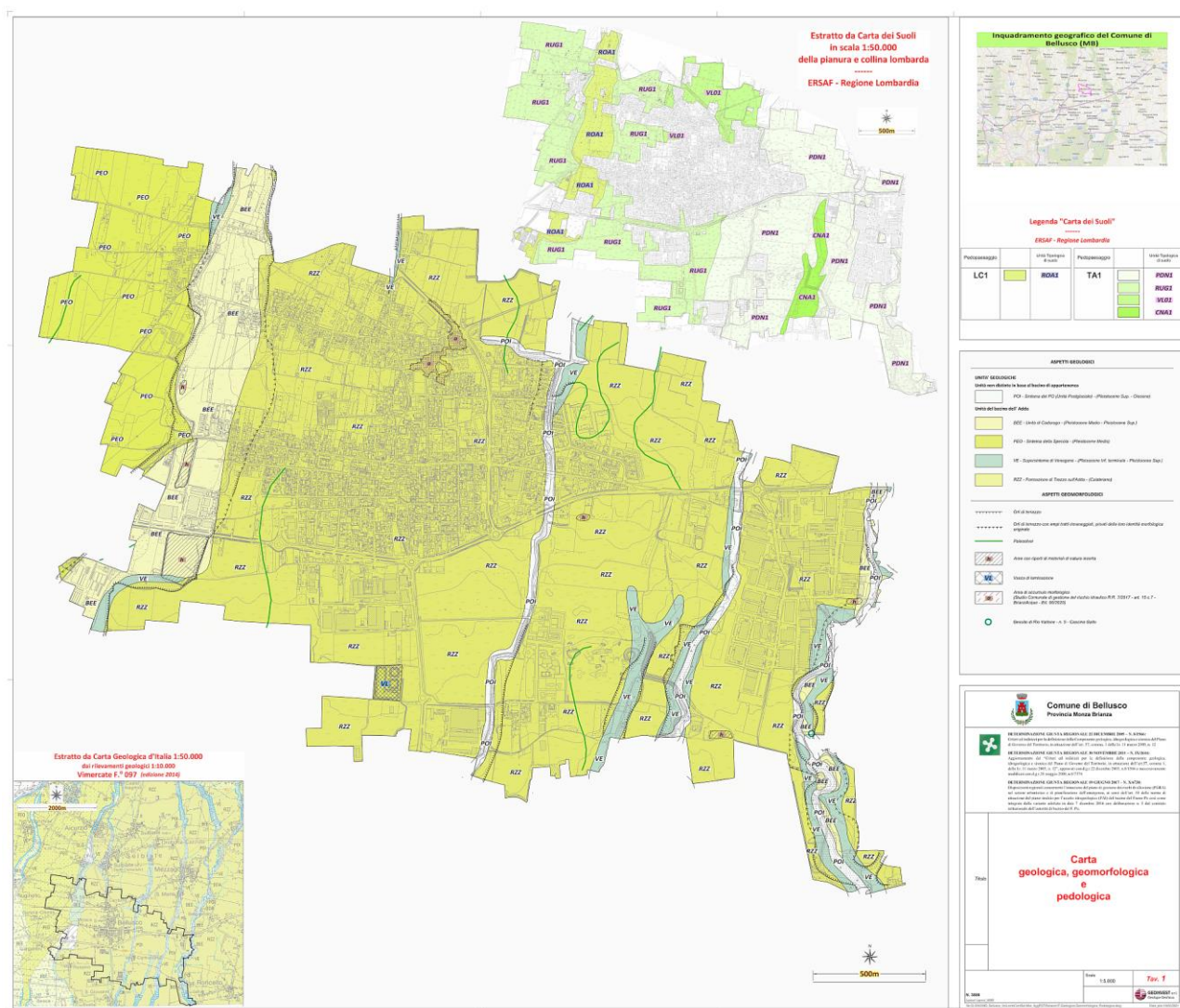


Fig. 3. Carta geologica, geomorfologica e pedologica (Tav. 1, fuori scala).



4.4 Aspetti geotecnici

I dati riguardanti la composizione e le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il primo sottosuolo del territorio comunale di Bellusco sono stati ricavati sulla base di diversi studi geologico-tecnici relativi ad interventi edificatori, nonché allo studio geologico di supporto al precedente PGT (*). In particolare in Tav. 2 sono state ubicate le aree d'indagine a disposizione, con relativo numero d'ordine; per ogni nuova indagine inserita è stato riportato un profilo rappresentativo oltre ad eventuali problematiche specifiche.

Punto d'indagine n.1 – Via Battisti *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	E (kg/cm ²)
0-10.5	1.70÷1.75	25÷27	100÷110
10.5 – 11.4	1.75 ÷ 1.85	30÷33	125÷200
> 11.4	1.90 ÷ 1.95	> 39	> 300

Punto d'indagine n.2 – Via C.A. dalla Chiesa *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	E (kg/cm ²)
I parametri non sono disponibili			
Note: terreno scadente, presenza di “occhi pollini”			

Punto d'indagine n.3 – Borgo di Camuzzago *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	E (kg/cm ²)
0-1.5	1.60 ÷ 1.70	< 30	80÷100
1.5 – 3.0	1.70 ÷ 1.80	30÷32	100÷150
3.0 – 11.0	1.80 ÷ 1.90	> 32	> 150

Punto d'indagine n.4 – Via Europa *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)
0 – 0.9	1.85	34.5
0.9 – 3.6	1.75	30
3.6 – 9.3	1.60	< 25
> 9.3	2.00	> 38
Note: terreno scadente, presenza di “occhi pollini”		

Punto d'indagine n.5 – Via Grigna *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	E (kg/cm ²)
0-1.8	1.65 ÷ 1.70	23÷24	30÷40
1.8 – 7.5	1.75 ÷ 1.80	27÷29	140÷180
Note: terreno scadente			

**Punto d'indagine n.6 – Centro Servizi CEM ***

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	C
0 – 1.0	1.75		2
1.0 – 4.0	1.80	29	
4.0 – 8.0	1.75	26.9	
Note: terreno scadente			

Punto d'indagine n.7 – ampliamento Asilo *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)
0 – 2.1	1.70	27
2.1 – 3.0	1.75 ÷ 1.80	30.5 ÷ 31
> 3.0	1.85 ÷ 1.90	34.5 ÷ 35
Note: terreno da mediocre a discreto		

Punto d'indagine n.8 – P.L. Via dell'artigianato *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	C (ton/m ²)
0 – 1.0	1.75		1-2
1.0 – 4.0	1.80	29	
4.0 – 8.0	1.75	26.0	
> 8.0	1.80	28.0	
Note: terreno mediocre – zona a rischio “occhi pollini”			

Punto d'indagine n.9 – P.L. Via del commercio/Via dell'artigianato *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	C (ton/m ²)
I parametri non sono disponibili			
Note: terreno scadente, zona a rischio “occhi pollini”			

Punto d'indagine n.10 – Vasche volano strada per Ornago *

Profondità dal p.c. (m)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	C (ton/m ²)
I parametri non sono disponibili			
Note: terreno scadente, zona a rischio “occhi pollini”			

Sulla base dei dati pregressi (*) e dei nuovi dati acquisiti si conferma per i terreni costituenti il sottosuolo del territorio comunale una spiccata eterogeneità areale per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche.

In linea generale emerge come per i depositi Rissiani e Mindelliani l'elevata percentuale di materiale fine limoso argilloso, abbondante soprattutto nei primi metri di sottosuolo conferisca a queste unità geologiche



pesse proprietà geotecniche, inoltre in queste unità sussiste il pericolo concreto di riscontrare la presenza di “occhi pollini”.

Come premesso, i dati illustrati sono il risultato di indagini geognostiche ed analisi geotecniche effettuate nel corso degli anni sul territorio comunale. Risulta chiaro che i valori riportati sono sito specifici dell'area d'indagine e non vanno assolutamente utilizzati come valori di riferimento per calcoli geotecnici, che dovranno essere basati su specifiche indagini in sito e/o laboratorio.

4.4.1 Problematica “Occhi Pollini”

Il territorio di Bellusco è interessato da un problema geotecnico peculiare dell'area brianzola: nei conglomerati e nei depositi non cementati sono presenti cavità di dimensioni variabili che possono portare a sprofondamenti del terreno e a cedimenti e lesioni degli edifici sovrastanti.

Il fenomeno, noto a livello locale con il termine di “occhi pollini”, può essere distinto in realtà in tre diverse tipologie principali che hanno caratteristiche leggermente diverse. La prima tipologia è costituita da cavità presenti in conglomerati (ceppo s.l.), la seconda è data da cavità, anche di diversi metri cubi di volume, interamente comprese in depositi non cementati, mentre l'ultima è costituita da gallerie in genere superficiali.

Tra gli operatori del settore e la gente locale è inoltre invalso l'uso di identificare con il termine “occhi pollini” qualunque situazione in cui vi siano, nel sottosuolo, sedimenti molto soffici e con scadenti caratteristiche geotecniche. Tipicamente, rientrano in questa categoria terreni con risposta $N_{(30)} < 3$ alle prove penetrometriche dinamiche, mentre negli occhi pollini veri e propri, che portano allo sviluppo di cavità vuote, si può assistere all'affondamento libero delle aste.

La variabilità di condizioni in cui gli occhi pollini possono presentarsi, legata anche alla complessità della costituzione del sottosuolo, è notevole. In particolare è stata riscontrata una predisposizione alla genesi degli “occhi pollini” in luoghi o aree in cui si è avuto un cambiamento nella circolazione idrica sotterranea, sia per abbassamenti/innalzamenti della falda, sia per immissione di acqua in sottosuolo, ad esempio tramite pozzi perdenti. È importante sottolineare che, una volta innescato, il fenomeno può avere un'evoluzione molto rapida con formazione improvvisa di pozzi di crollo.

L'ampio spettro di contesti in cui gli occhi pollini possono generarsi fa sì che sia difficile determinare, a priori, dove essi siano presenti. Si possono individuare solo zone in cui è possibile che siano presenti occhi pollini ma non indicare il sito esatto.



L'individuazione tramite indagini geotecniche non è facile; le prove penetrometriche sono eseguite in genere con una maglia troppo ampia per individuare e descrivere con precisione il fenomeno; si tenga presente, infatti, che anche occhi pollini molto piccoli possono potenzialmente ingrandirsi una volta che è stata costruita l'opera e causare danni notevoli. Inoltre la possibilità che le cavità siano parzialmente o totalmente riempite di materiale di crollo o sedimenti derivanti dalla circolazione idrica sotterranea può rendere difficile il riconoscimento delle cavità stesse solo dall'analisi delle prove penetrometriche.

Per iniziare a mettere ordine nelle informazioni geognostiche disponibili in Comune di Bellusco si è redatta la **Tav. 2** – *“Tavola geologico-tecnica e delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli “occhi pollini”* (Fig. 8), in cui sono state inserite le prove penetrometriche selezionate.

Nella stessa tavola è stato sovrapposto il tematismo ricavato dalla Tav. 8 “Assetto idrogeologico” del PTCP della Provincia di Monza e Brianza (Fig. 4) in cui è evidenziato per tutto il territorio provinciale il grado di suscettività al fenomeno degli “occhi pollini”. Il grado di suscettività nel territorio di Bellusco varia da Molto alto (colore rosa) a Alto (colore beige).

Dalla tavola è possibile verificare come i profili delle prove penetrometriche possono cambiare sensibilmente anche tra le prove eseguite a distanze tra loro contenute. L'estrema variabilità degli occhi pollini in termini di profondità, dimensioni e sviluppo areale può quindi portare a sottostimare o sovrastimare il problema.

Per l'approfondimento del fenomeno degli “occhi pollini”, il PTCP ha redatto apposite Linee Guida (riportate nel capitolo Fattibilità Geologica, a cui si rimanda). Tale tabella, che assume un valore prescrittivo e che è riportata integralmente nelle Norme di Piano, schematizza le indagini da eseguire al fine di determinare l'eventuale presenza di “occhi pollini” definendo potenzialità e limiti d'impiego, e indica le buone pratiche progettuali per evitare l'innesco o l'amplificazione del fenomeno. A tal fine, come ribadito e prescritto nelle specifiche linee guida del PTCP (Relazione), nelle aree con grado di suscettività Alto e Molto alto è vietato utilizzare i pozzi perdenti come modalità di smaltimento delle acque nel terreno.

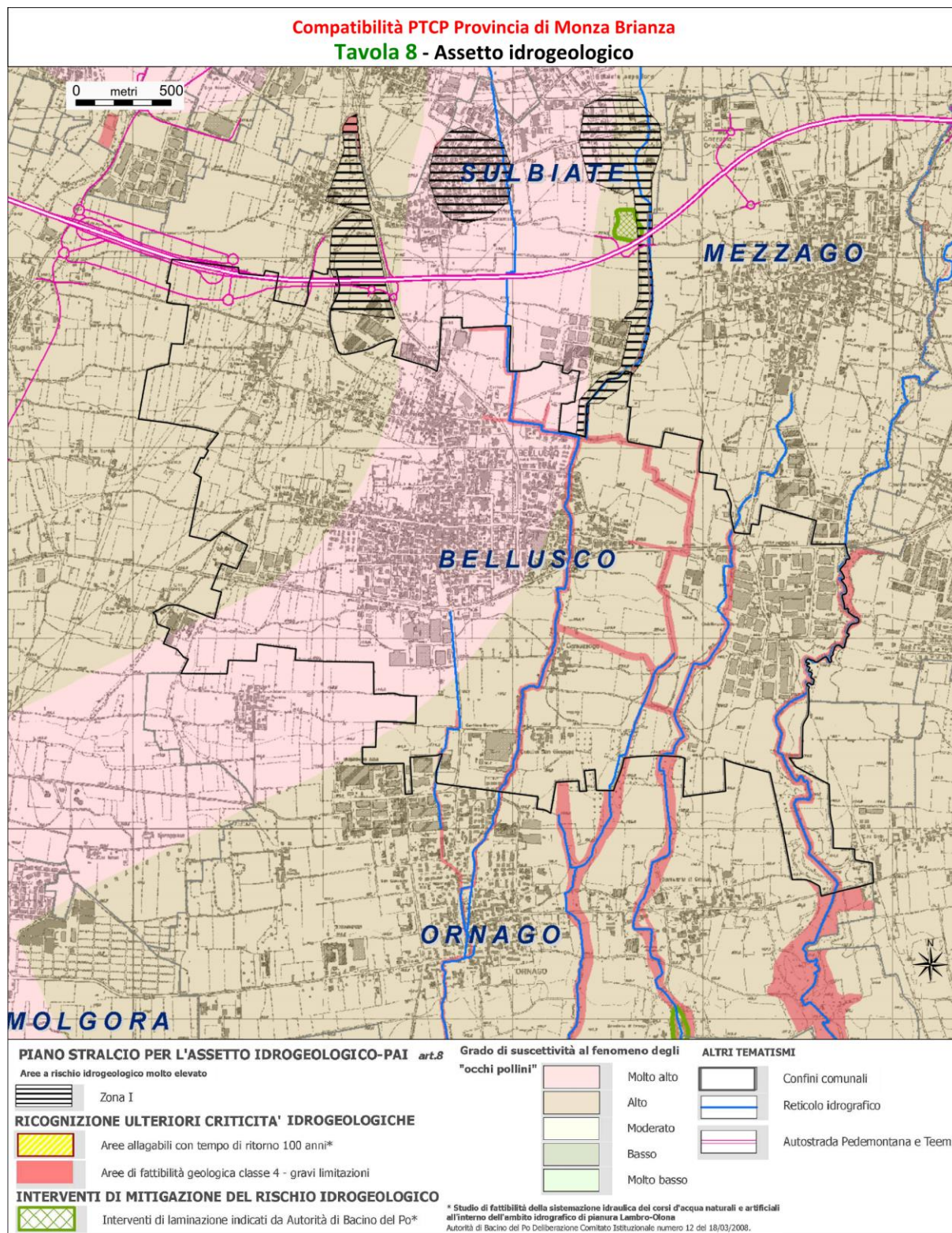


Fig. 4 - PTCP Estratto da Tav. 8 – Assetto idrogeologico.

Nel dicembre 2019 “Geo Sfera Studio Associato di Geologia”, per conto di “Brianzacque s.r.l.” (MB), ha redatto lo studio pilota di approfondimento *“Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli occhi pollini”*.

Lo studio ha raccolto capillarmente le informazioni geologiche disponibili presso 15 comuni selezionati interessati dalla sperimentazione (settore est della provincia), integrandole con quelle già presenti nella Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia (BDGS). I punti di indagine dedotti dalle relazioni ammontano a più di 1200, in particolare per il comune di Bellusco sono state raccolte ed esaminate 30 prove suddivise tra indagini dirette (sondaggi) e indirette (prove penetrometriche, indagini geofisiche etc.).

Dall’analisi dei dati, gli autori hanno potuto osservare che la presenza degli occhi pollini mostra una distribuzione estremamente variabile rispetto alla profondità (Fig. 5), generalmente compresa tra piano campagna e oltre 23 m di profondità, con un massimo nella fascia 3.5-8 m da p.c..

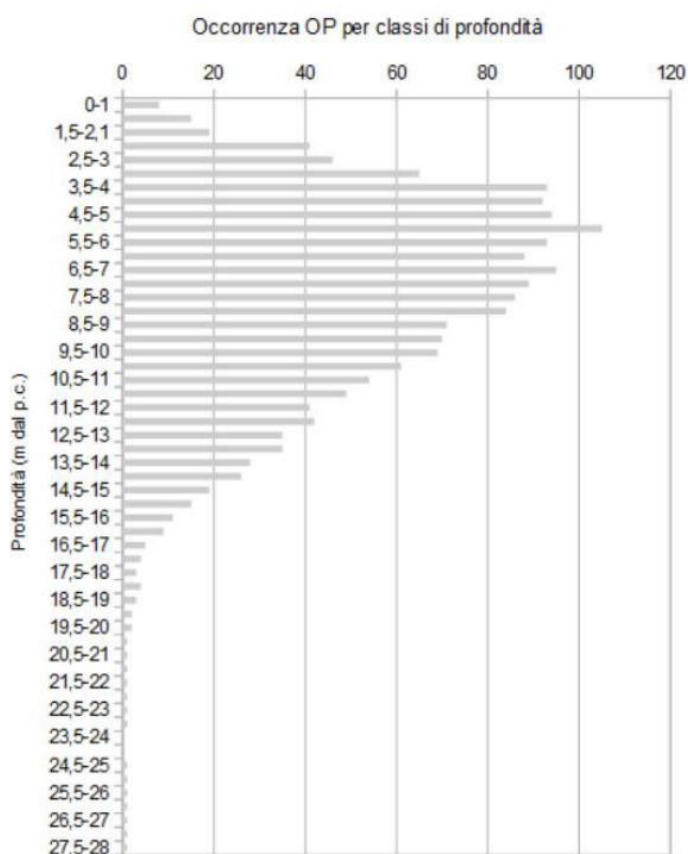


Fig. 5 - Distribuzione degli occhi pollini in base alle classi di profondità (in metri dal p.c.) (estratto della relazione 2019).

Dall'analisi di dettaglio compiuta gli autori hanno individuato 4 classi di pericolosità nei confronti degli occhi pollini (alta, media, moderata e molto bassa, identificate dalla classe H4 (alta) alla classe H1 (bassa)), raffinando il modello già proposto e incluso nel vigente PTCP di Monza e Brianza (Fig. 6).

Le classi sono state definite in base al contesto geologico di superficie e di sottosuolo ricostruito in base ai dati disponibili e tenendo in considerazione il modello genetico di sviluppo delle cavità nel quale gioca un ruolo fondamentale la presenza in superficie o nel sottosuolo di depositi con alterazione medio elevata e la presenza di conglomerato.

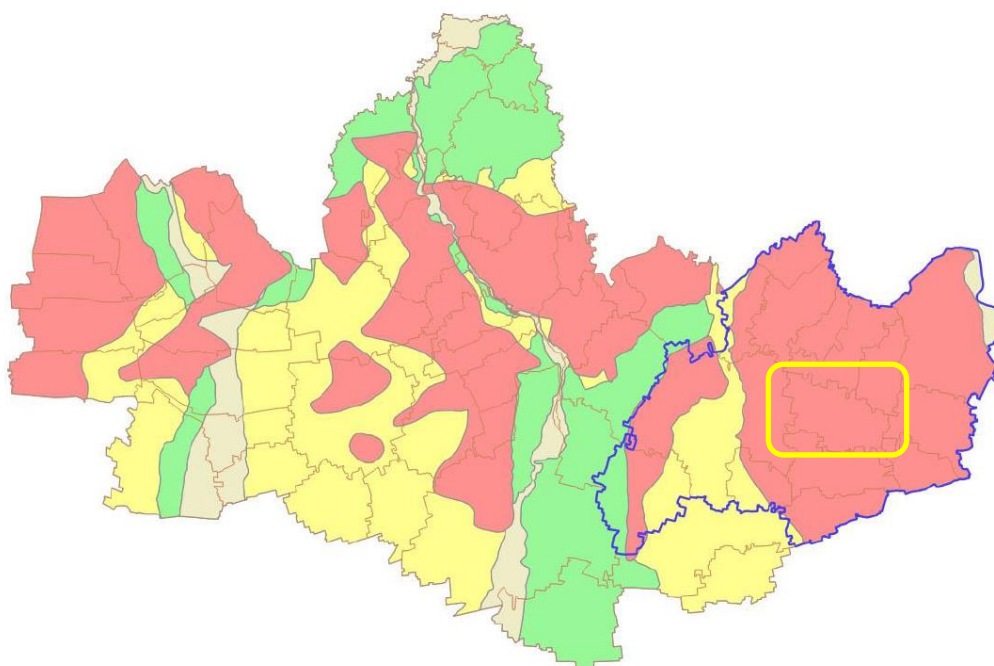


Fig. 6 - Carta della pericolosità agli OP della Provincia di Monza e della Brianza. In rosso classe H4 (alta), in giallo H3 (media), in verde H2 (moderata), in grigio H1 (bassa). In blu i confini dell'area oggetto della sperimentazione. Dettaglio sul comune di Bellusco. Estratto della relazione 2019

A valle della suddivisione del territorio in aree con differente grado di pericolosità, hanno provveduto ad una mappatura preliminare del rischio connesso al fenomeno degli occhi pollini (Fig. 7).

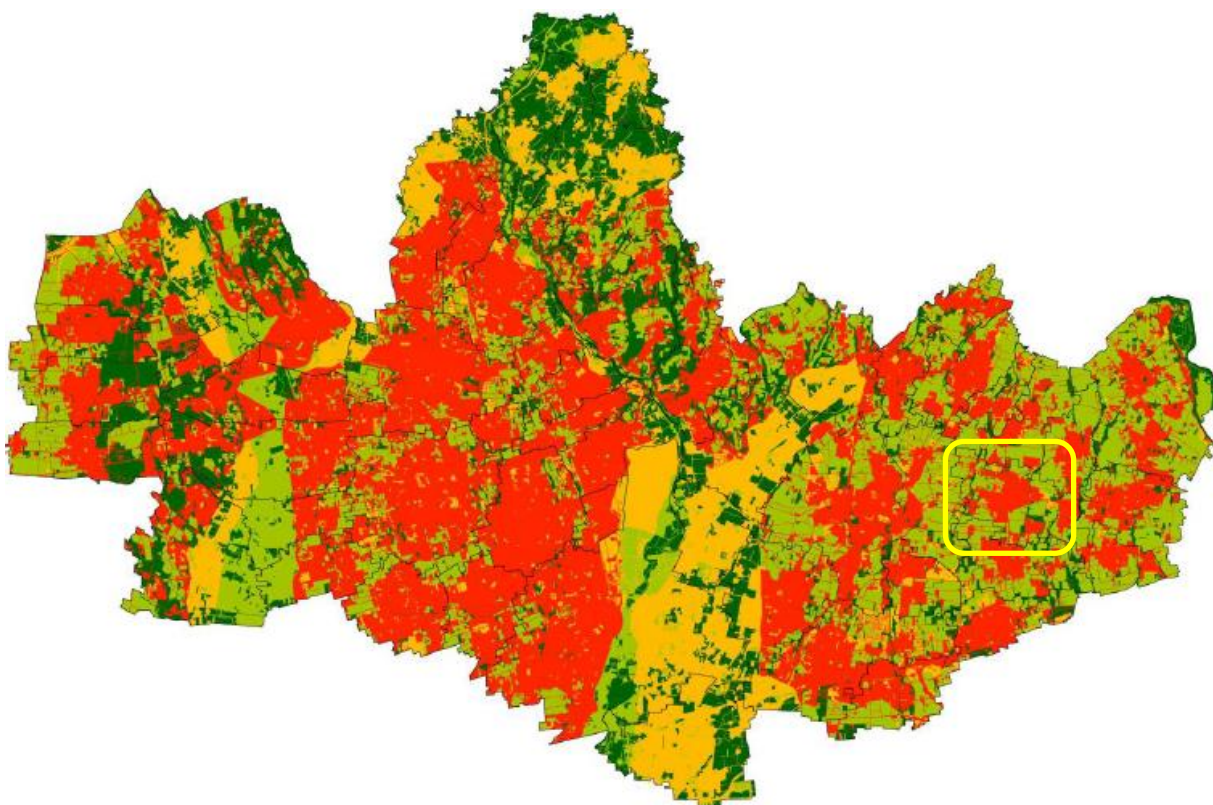


Fig. 7 - Carta del rischio agli OP della Provincia di Monza e della Brianza. In rosso classe R4 (rischio alto), in arancio classe R3 (media), in verde R2 (moderata), in verde chiaro R1 (bassa). Dettaglio sul comune di Bellusco. Estratto della relazione 2019.

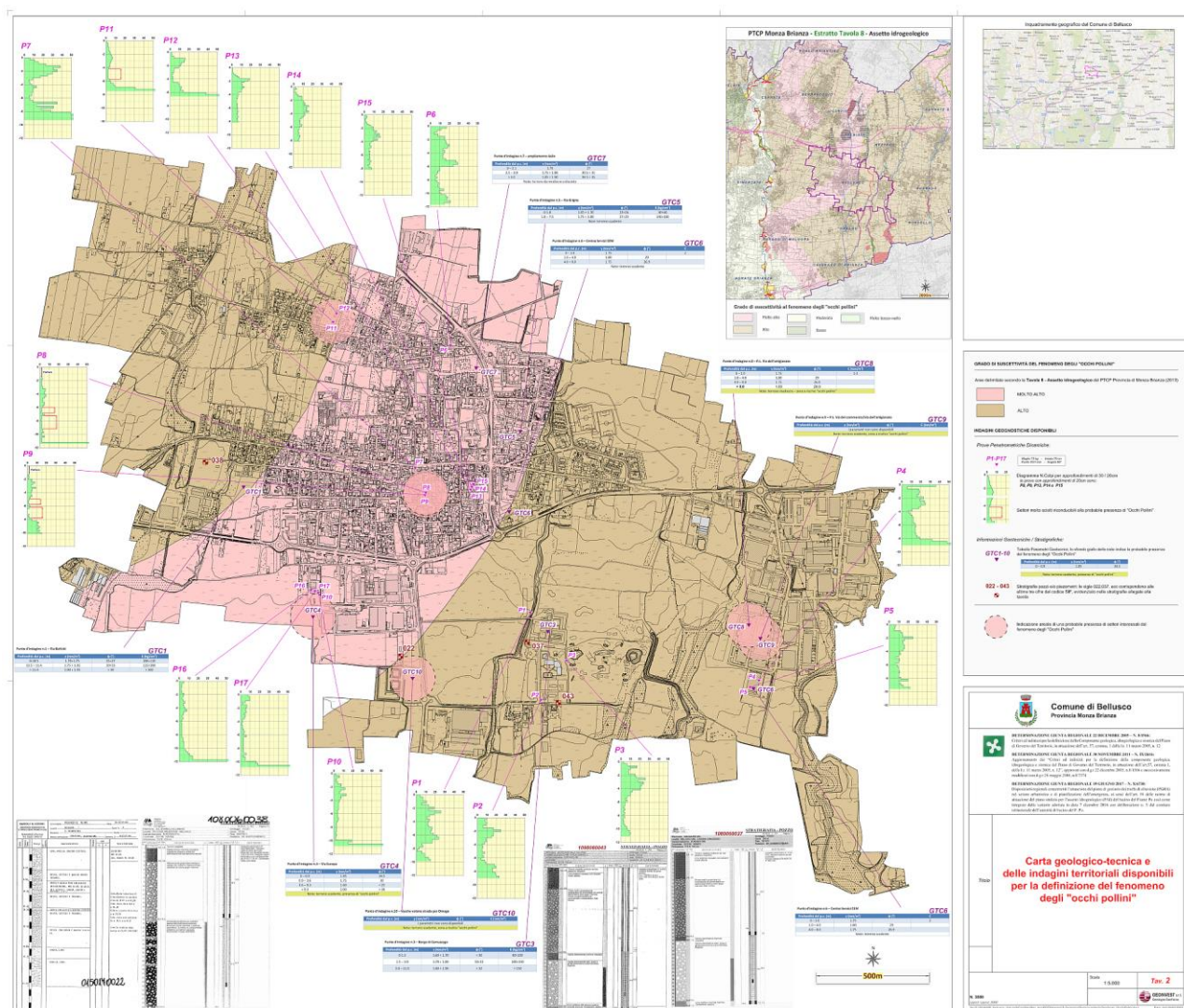


Fig. 8. Carta delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli Occhi Pollini (Tav. 2, fuori scala).

5 ASSETTO IDROGEOLOGICO

5.1 La struttura idrogeologica a grande scala

La ricostruzione della struttura idrogeologica ha la finalità di individuare la geometria e la litologia dei differenti corpi acquiferi, cioè di quei sedimenti da cui, per le loro caratteristiche di permeabilità e spessore, sono estratte ed utilizzate le acque nella pianura. Per la definizione a grande scala degli orizzonti acquiferi si rimanda alla pubblicazione di riferimento “Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia”, edita da Regione Lombardia-Eni. Tale studio, basato sull’applicazione della stratigrafia sequenziale allo studio dei depositi alluvionali della Pianura Padana, ha permesso di riconoscere quattro unità idrostratigrafiche definite da barriere di permeabilità ad estensione regionale (Gruppi Acquiferi A-B-C-D, in Fig. 9).

Il Gruppo Acquifero A è attualmente sfruttato in modo intensivo, ancorché interessato da fenomeni di inquinamento; i Gruppi Acquiferi B e C sono sfruttati nelle aree di margine del bacino. Il Gruppo Acquifero D, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è sfruttato solo localmente (Fig. 10).

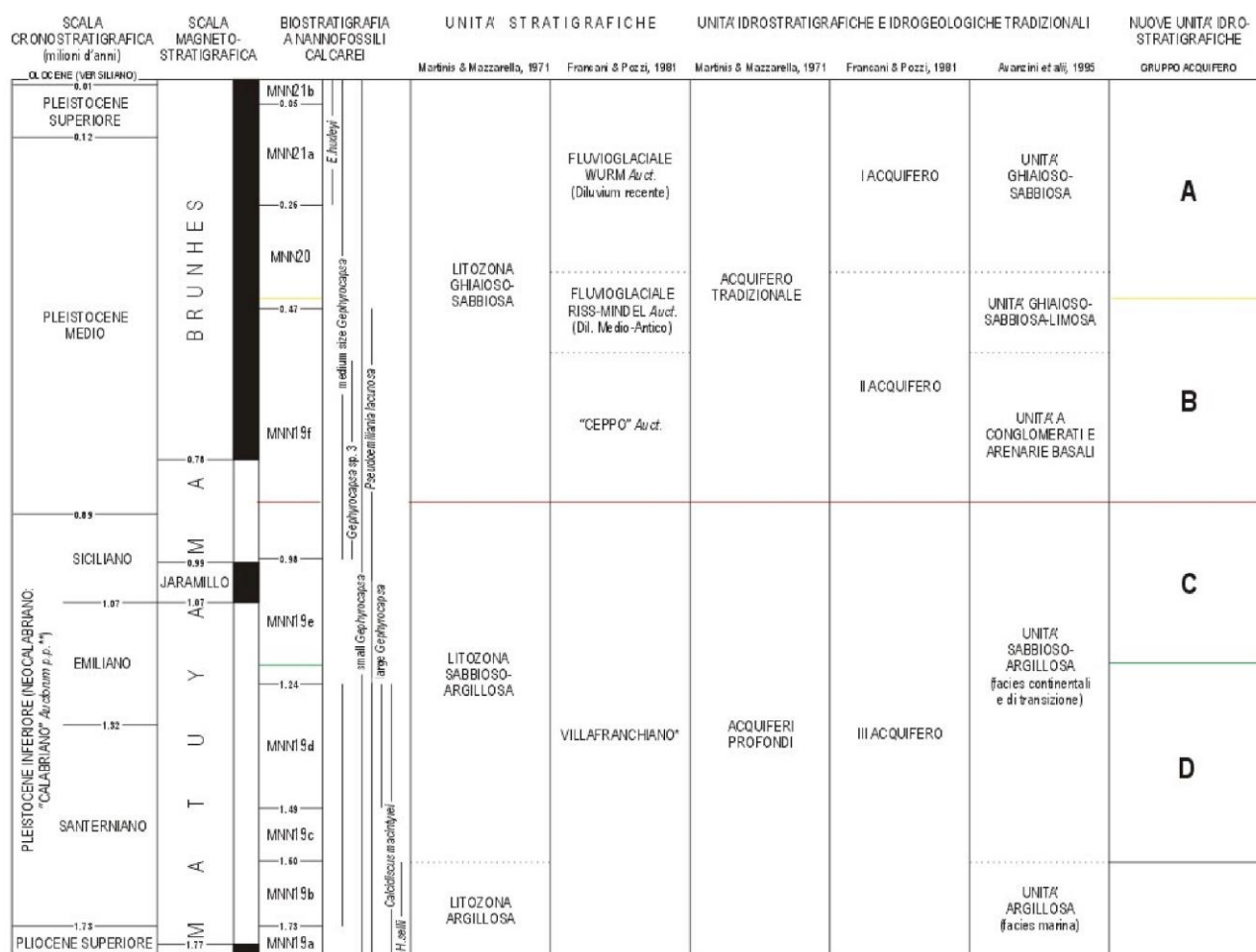


Fig. 9. Schema dei rapporti stratigrafici degli acquiferi in Lombardia.

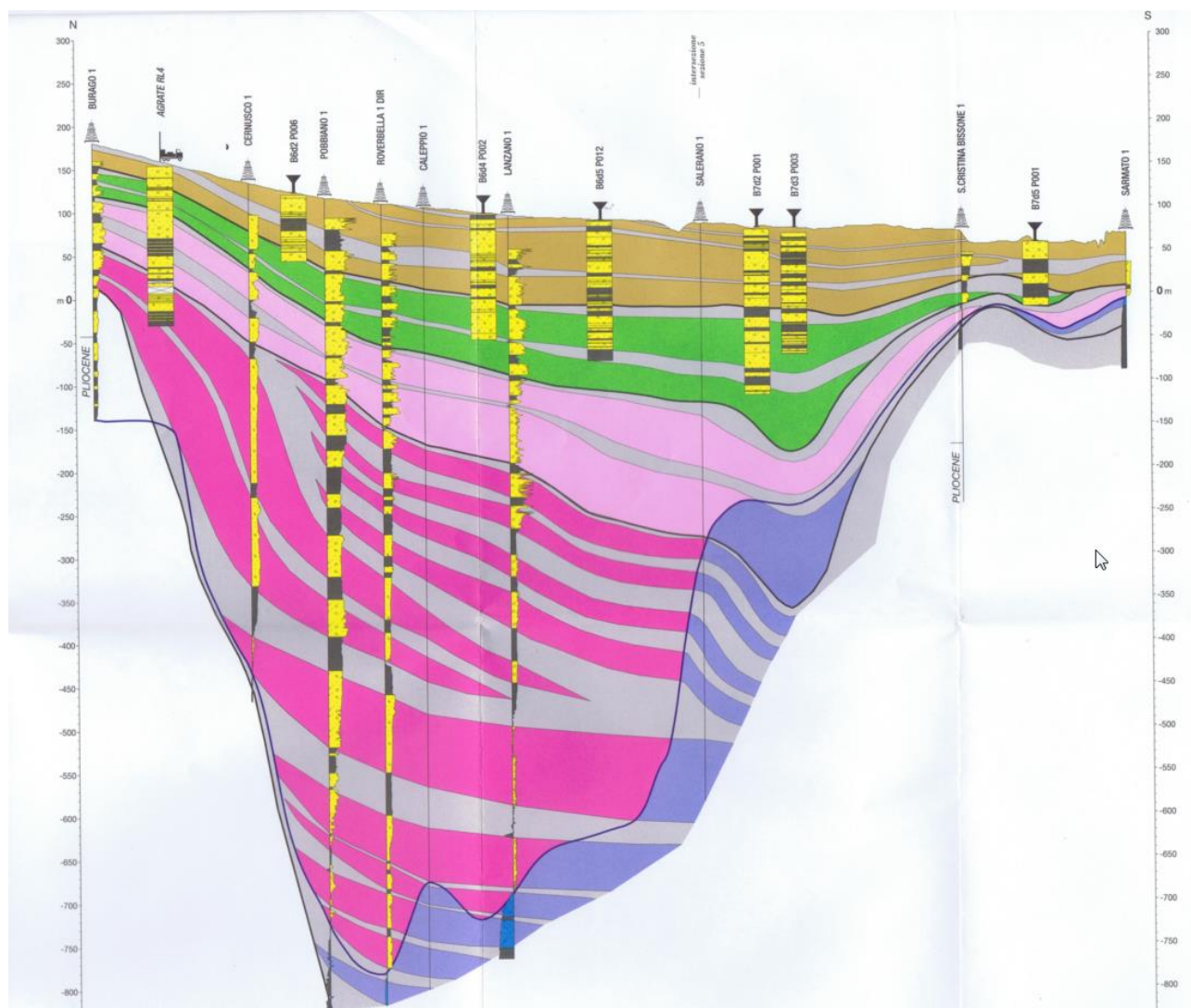


Fig. 10. Sezione idrogeologica a scala di bacino (da pubblicazione Regione Lombardia - Eni).

5.2 Idrogeologia locale

L'evoluzione geologica risulta caratterizzata da due eventi sedimentari attribuibili a differenti ambienti deposizionali che sinteticamente possono essere così definiti:

Evento deposizionale quaternario – ambiente continentale – caratterizzato dalla messa in posto di depositi terrigeni a granulometria prevalentemente grossolana durante le differenti fasi glaciali, e rimobilizzati ed erosi durante le fasi interglaciali, preceduti da un evento deposizionale continentale conseguente all'innalzamento dell'area corrispondente ai depositi dei livelli conglomeratici del cosiddetto "Ceppo Lombardo"; tale evento copre un arco di tempo valutato in circa 500.000 anni dai giorni nostri (Pleistocene medio-superiore).



Evento deposizionale Villafranchiano – ambiente marino – caratterizzato dalla messa in posto di depositi marini in ambiente di piana costiera costituiti da materiali a granulometria prevalentemente fine (sabbie fini, limi ed argille, con torbe fossilifere e locali intercalazioni di depositi più grossolani), che costituiscono un orizzonte continuo che si approfondisce oltre i 200 metri dal piano campagna; tale evento viene cronologicamente attribuito al Pliocene superiore – Pleistocene inferiore (Villafranchiano).

Queste differenti unità geologiche presentano caratteristiche idrogeologiche distinte che consentono di definire la struttura idrogeologica suddividendo la successione sedimentaria secondo le seguenti unità:

- **LITOZONA SABBIOSO-GHIAIOSA:** questa litozona contiene il cosiddetto acquifero tradizionale ed è possibile una suddivisione in una parte più superficiale (fluvioglaciale del Wurm) che ospita una falda libera ed una più profonda con presenza di conglomerati talora sede di falda confinata. Si distingue in:
 - o Unità Ghiaioso-Sabbiosa: questa unità è costituita da depositi alluvionali recenti e antichi dai fluvioglaciali wurmiani, in cui le frazioni fini limose argillose risultano particolarmente scarse. In linea generale occupano la porzione più estesa e costituiscono un'estesa superficie pianeggiante, incisa solamente dagli alvei dei Fiumi Ticino, Olona, Lambro e Adda. Spessi fino a qualche decina di metri, questi sedimenti costituiscono la parte superiore dell'acquifero tradizionale, dalla superficie topografica fino ad una variazione della granulometria, in quanto si assiste alla presenza di una matrice di materiali più fini. L'elevata permeabilità consente la ricarica dell'acquifero da parte delle acque meteoriche e di quelle di filtrazione da corsi d'acqua o canali artificiali. La conducibilità idraulica che caratterizza questa unità è compresa tra valori di 10^{-2} e 10^{-4} cm/s e si possono raggiungere valori di portata specifica oltre 20 l/s m. in linea generale la trasmissività è superiore a 10^{-2} m²/s. la falda contenuta in questi depositi non è confinata.
 - o Unità Ghiaioso-Sabbiosa Limosa e conglomeratica: fanno parte di questa unità i depositi glaciali e fluvioglaciali antichi (Mindel e Riss) che si ritrovano in affioramento nell'alta pianura. Dal punto di vista litologico, si tratta di ciottoli, ghiaie e sabbie immerse in una matrice limoso-argillosa; nel sottosuolo si possono ritrovare anche livelli pedogenizzati. Anche per questa unità lo spessore è variabile e può arrivare a 40-50 metri. In profondità sono presenti conglomerati e arenarie che spostandosi verso sud, sfumano nelle ghiaie e sabbie sciolte dalle quali si sono originati. In letteratura, per analogie litologiche e stratigrafiche, questa unità viene correlata con l'orizzonte conglomeratico del "Ceppo dell'Adda" (datato Pleistocene inf.) affiorante soprattutto lungo il corso del fiume omonimo. Non è comunque sempre certo che i livelli arenaceo-conglomeratici rinvenuti al tetto della

litozona sabbioso-argillosa, siano attribuibili o correlabili al “Ceppo dell’Adda” in quanto potrebbero anche far parte dei termini fluvioglaciali Mindel e Riss. La frazione fine riduce le caratteristiche di permeabilità e quindi di trasmissività di questa unità. Per quanto riguarda la conducibilità idraulica si registrano valori pari a circa 10^{-4} - 10^{-6} cm/s, mentre per la trasmissività i valori sono generalmente compresi tra 10^{-2} - 10^{-3} m²/s. Per quanto riguarda i conglomerati si hanno caratteristiche idrauliche molto variabili in relazione al grado di cementazione e fratturazione dei litotipi. La falda contenuta in questa unità si presenta libera o semiconfinata e generalmente in collegamento con quella soprastante.

- **LITOZONA SABBIOSO-ARGILLOSA:** è costituita da limi con livelli di sabbie e raramente ghiaietto, con talora presenza di torbe (Villafranchiano).
 - o Unità Sabbioso-Argillosa: i litotipi che fanno parte di questa unità sono soprattutto argille e argille-limose tipicamente marine e depositi argillosi litorali, lagunari e paludosi insieme a torbe. In letteratura questa unità è spesso definita come argille sotto il Ceppo e argille villafranchiane, mentre le falde in essa contenute sono denominate falde profonde. Gli spessori di questa unità non sono sempre definibili con certezza anche per i fenomeni tettonici che hanno interessato il settore NE dell’area di studio e che hanno portato, per conseguenza, ad una marcata erosione sin e post deposizionale. In generale si osserva un aumento di spessori andando verso sub e si passa da poco più di 100 metri nella zona pedemontana, agli oltre 1000-1200 metri al di sotto della bassa pianura. A prescindere dagli elementi tettonici si individua una tendenza all’approfondimento andando da Nord verso Sud, con un’inclinazione media dello 0,5%. Trattandosi di litotipi a granulometria estremamente fine i valori di conducibilità idraulica sono piuttosto bassi, dell’ordine di 10^{-6} - 10^{-8} cm/s nei livelli più produttivi; anche la trasmissività risulta mediocre ed in genere inferiore a 10^{-3} m²/s. Per quanto riguarda le acque sotterranee questa unità rappresenta il substrato dell’acquifero tradizionale dato il contrasto di permeabilità. L’acqua è contenuta in livelli sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi; si tratta principalmente di falde confinate con presenza talora di sostanze tipiche di ambiente riducente (idrogeno, ferro e manganese) che rendono difficilmente utilizzabile la risorsa idrica per gli usi civili ed industriali.
- **LITOZONA ARGILLOSA:** sono rari i livelli permeabili contenuti in questa litozona, sottostante la precedente, che si presenta talora in facies marina. Le falde in essa contenute sono semiconfinite e confinate. I litotipi attribuiti a questa unità sono prevalentemente argille e argille-limose tipicamente marine e depositi argillosi litorali, lagunari e paludosi insieme a torbe. Gli spessori di questa unità

vanno aumentando da Nord verso Sud, presentando anche una progressiva tendenza all'approfondimento con inclinazione media dello 0,5%. Trattandosi di litotipi a granulometria molto fine, i valori di conducibilità idraulica sono piuttosto bassi e dell'ordine di 10^{-5} - 10^{-6} m/s nei livelli più produttivi, con valori di trasmissività in genere inferiori a 10^{-3} m²/s.

5.3 Pozzi pubblici sul territorio comunale

Nel territorio comunale di Bellusco sono presenti 3 pozzi pubblici attivi (ubicazione in **Tav. 3**, estratto in Fig. 17). Le profondità dei pozzi acquedottistici (stratigrafie da Fig. 11 a Fig. 14) sono riassunte in Tabella 1.

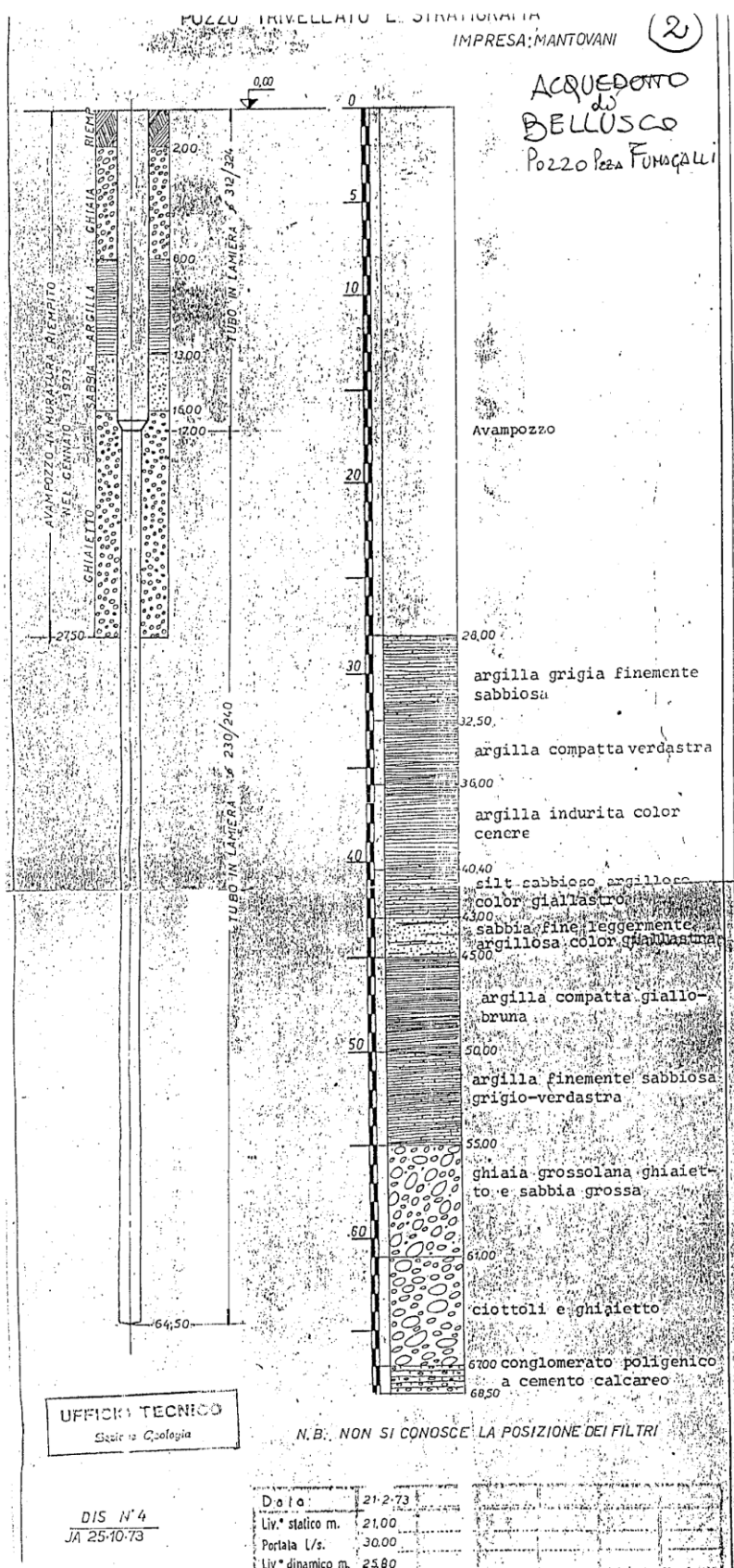
Cod. SIF Pozzo	Ubicazione	Profondità (m)	Stato
0150170002	P.zza Fumagalli	68,0	Attivo
0150170004	Via Rimembranze	110,0	Attivo
0150170005	Via Dolomiti	136,0	Attivo

Tabella 1. Principali caratteristiche dei pozzi acquedottistici attivi di Bellusco.

In Tabella 2 sono riportate le misure di soggiacenza disponibili reperite presso l'attuale gestore.

Cod. SIF Pozzo	Gennaio 2018		Ottobre 2018		Settembre 2019		Settembre 2020	
Livello	statico	dinamico	statico	dinamico	statico	dinamico	statico	dinamico
0150170002			22.50	23.90			21.30	23.90
0150170004			21.5		25.40	27.35	21.75	22.70
0150170005	34.05	34.95	32.55	33.55	34.10	35.15	29.15	30.20

Tabella 2. Soggiacenza (statica e dinamica) registrata nei pozzi ad uso acquedottistico (Fonte BrianzaAcque Spa).



0150170002

Fig. 11. Stratigrafia del pozzo acquedottistico P2.



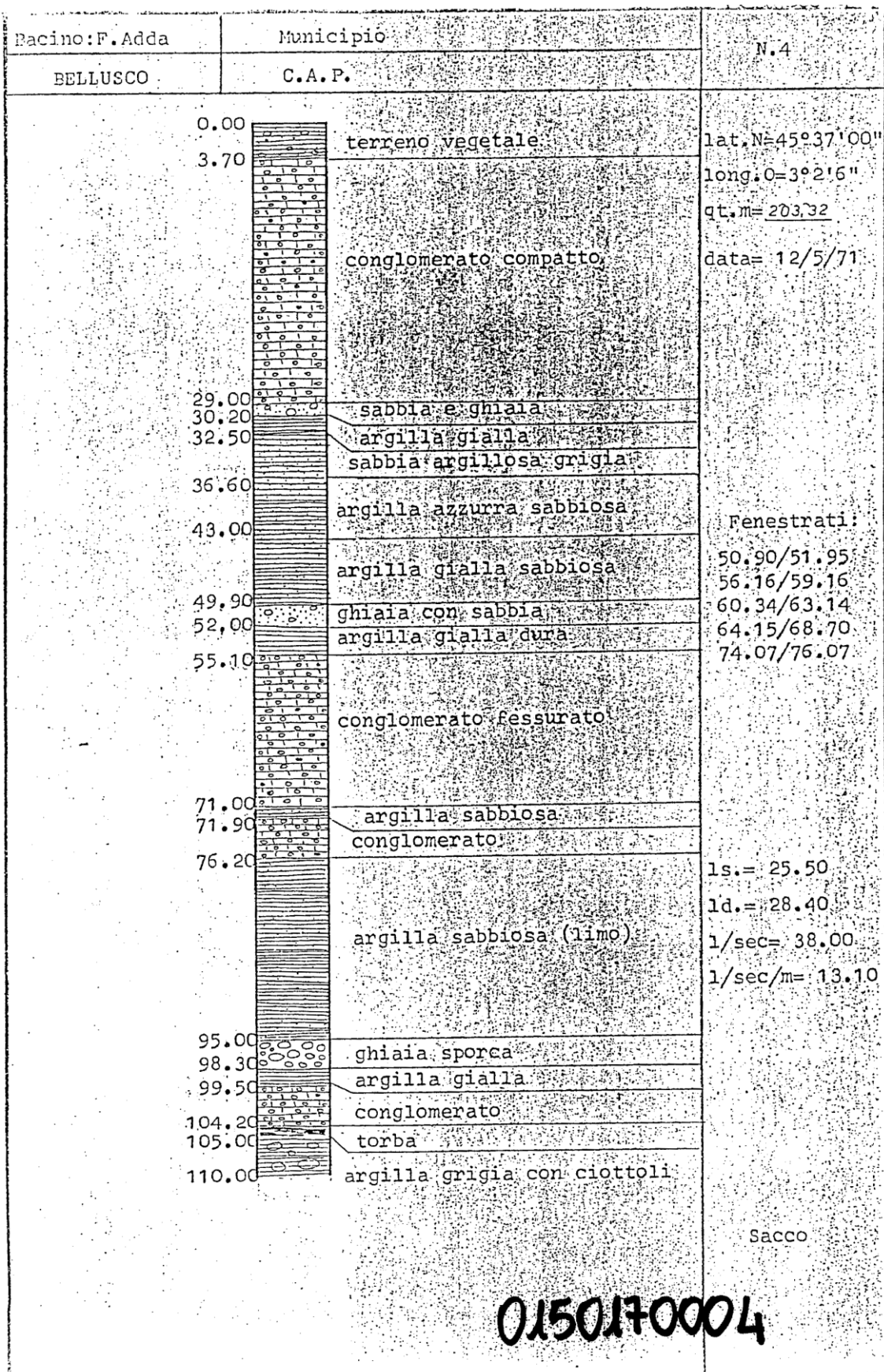
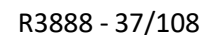


Fig. 12. Stratigrafia del pozzo acquedottistico P4.





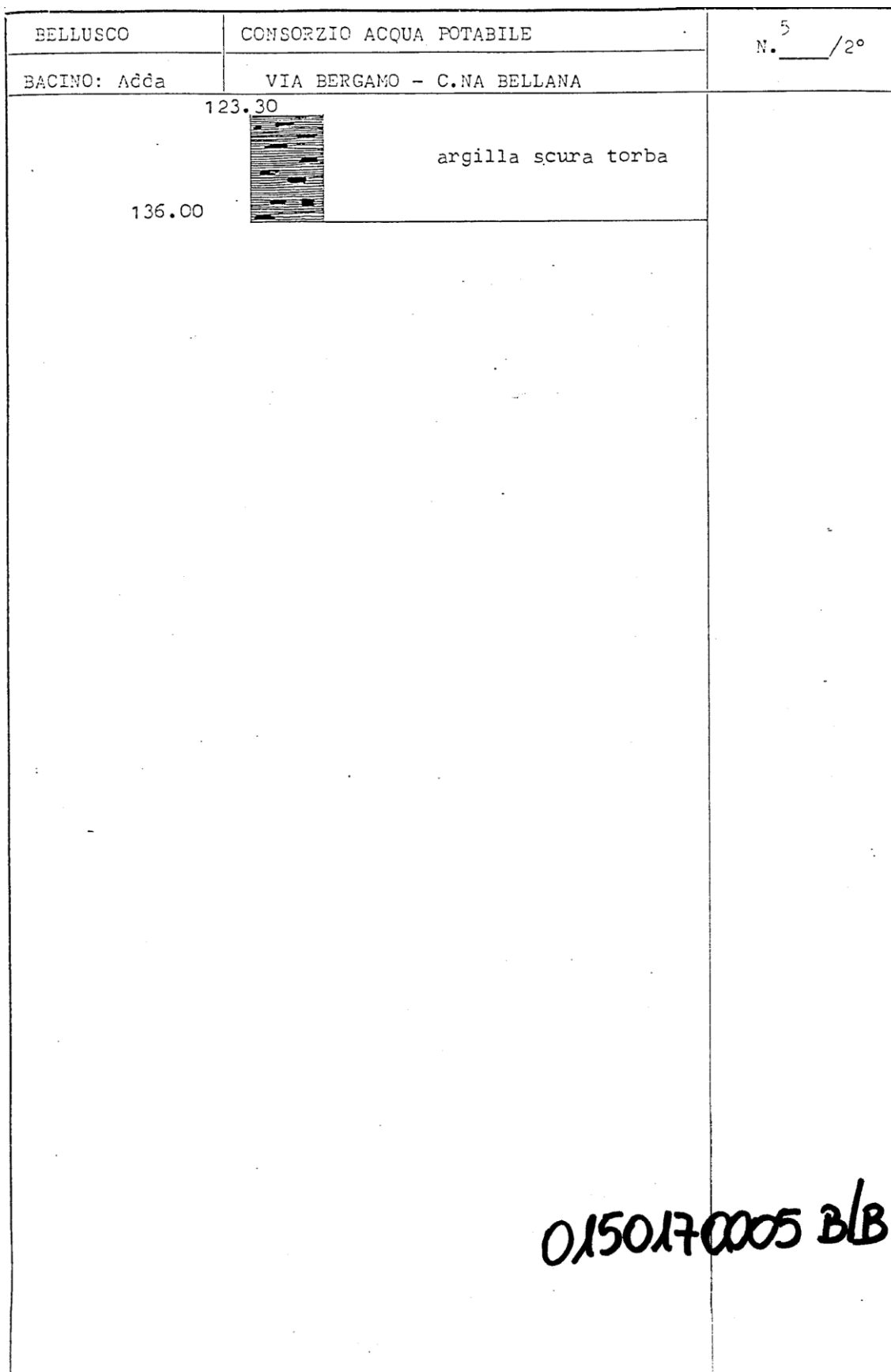


Fig. 14. Stratigrafia del pozzo acquedottistico P5 (seconda parte).

5.4 Piezometria

La ricostruzione piezometrica della falda freatica è stata ottenuta a partire dai dati piezometrici presenti nel portale SIF della Provincia di Monza opportunamente elaborati.

Dai risultati ottenuti, evidenziati nella Tavola 3, si evince che la superficie piezometrica presenta una soggiacenza media di circa 20-35m, con una quota piezometrica compresa tra i 190 m s.l.m. nel margine nord-occidentale e 162 m s.l.m. per quello sud-orientale, la direzione di deflusso risulta marcatamente NNO-SSE, mentre il gradiente si attesta attorno all' 8 ‰.

5.5 Soggiacenza

La soggiacenza rappresenta la profondità alla quale si trova il livello superiore della falda dal piano campagna è stata redatta una carta che riporta le aree di ugual soggiacenza riferite al mese di settembre 2020. La carta è un'elaborazione della carta delle isopiezometriche considerando inoltre le variazioni puntuali di quota.

La distanza della tavola d'acqua rispetto alla superficie del terreno rappresenta un importante fattore di vulnerabilità della falda stessa: nel non-saturo infatti si svolgono reazioni chimico-fisiche (potere auto depurante del terreno), che determinano generalmente un'attenuazione del carico inquinante, tanto maggiore quanto maggiore è il tempo di percorrenza necessario per raggiungere la falda.

In **Tav. 3** (miniatura in Fig. 17) sono rappresentate 4 classi di soggiacenza, una ogni 5 metri; la principale variazione delle profondità della tavola d'acqua è osservabile nel settore ovest del territorio comunale.

Per quanto concerne la soggiacenza media dell'acquifero è possibile osservare un trend piuttosto costante negli anni con oscillazioni contenute nell'ordine di pochi metri. (Fig. 15, Fonte PGT 2008).

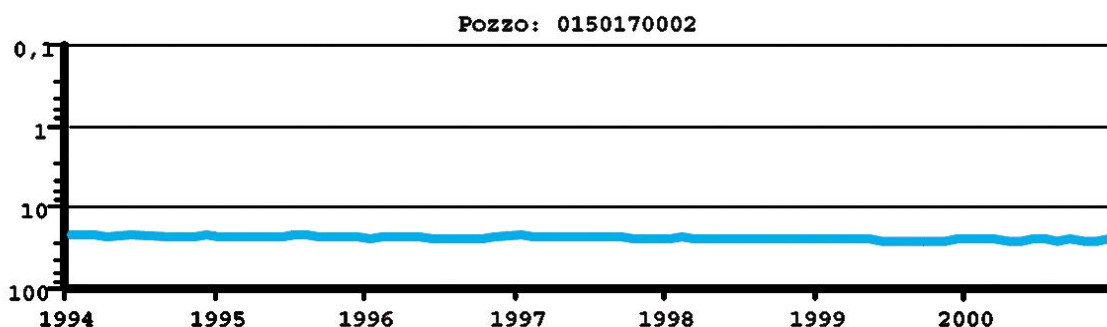


Fig. 15. Andamento della soggiacenza del pozzo P2 (Fonte: precedente PGT).

5.6 Vulnerabilità

La vulnerabilità rappresenta la facilità con cui un acquifero può essere raggiunto da un inquinante introdotto sulla superficie del suolo. Maggiore è la vulnerabilità di un acquifero, più facilmente esso potrà essere contaminato da un carico inquinante rilasciato dalla superficie. La vulnerabilità intrinseca, in particolare, considera essenzialmente le caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi.

I metodi di valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi sono molteplici (DRASTIC, Aller et Al., 1987; GOD - Foster e Hirata 1987; SINTACS, Civita 1988; VOC, De Luca e Verga 1988). Essi si differenziano in base al grado di approfondimento delle fasi in cui si attua il processo di contaminazione di un acquifero (veicolazione del contaminante attraverso la zona non satura, e veicolazione e dispersione dello stesso nell'acquifero), attraverso l'utilizzo di parametri idonei a caratterizzarle.

Le metodologie proposte negli ultimi anni si basano su metodi differenti di valutazioni dei fattori della vulnerabilità, affrontando l'argomento con approcci ed impostazioni teoriche diversi. Se si eccettua il ricorso a modelli matematici, che però vengono usualmente applicati per l'analisi di dettaglio di singoli fenomeni di contaminazione, i metodi di valutazione della vulnerabilità di un acquifero si dividono fondamentalmente in tre categorie: metodi di zonazione per aree omogenee, metodi parametrici e metodi numerici.

Nello specifico, al fine di indicare alcuni indici di vulnerabilità del territorio comunale, si è utilizzato il metodo parametrico a punteggio semplice definito GOD di Foster e Hirata.

5.6.1 Descrizione del metodo GOD

Il metodo GOD (acronimo di Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer, Depth to groundwater table or strike) è stato proposto da Foster e Hirata nel 1987. Tale metodo per la valutazione della vulnerabilità intrinseca di un acquifero considera tre fattori:

- **G** = tipologia della falda (libera, confinata, semiconfinata);
- **O** = tipo di acquifero, ed in particolare caratteristiche litologiche e grado di consolidazione delle rocce della zona non satura (per gli acquiferi non confinati) e dei livelli confinanti a tetto (per gli acquiferi confinati);
- **D** = soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato o tetto dell'acquifero per gli acquiferi confinati.

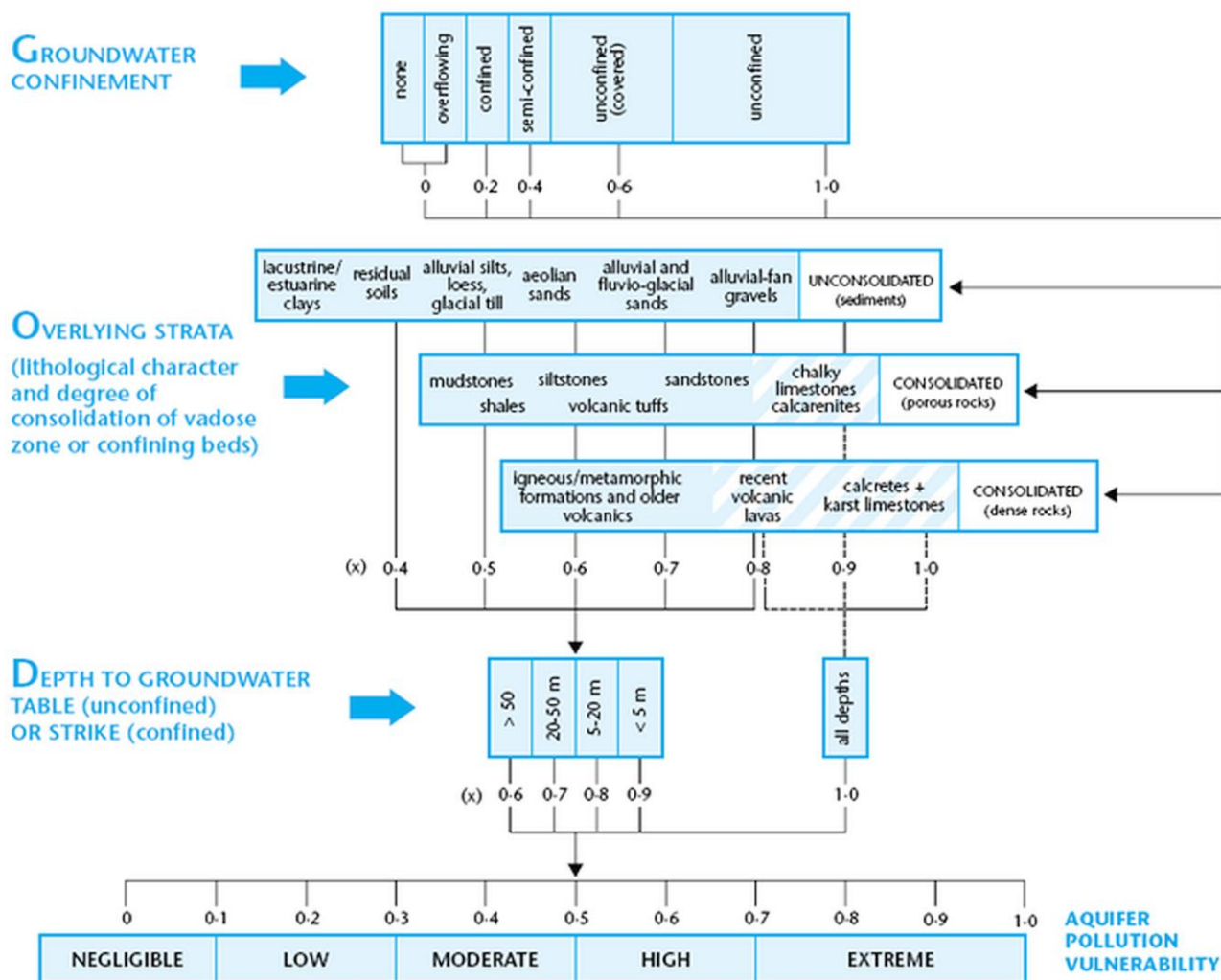


Fig. 16. Schema dei punteggi del metodo GOD.

Per quanto concerne il grado di confinamento (G), è possibile scegliere tra sei classi alle quali vengono attribuiti punteggi variabili tra 0 e 1. Alle caratteristiche litologiche (O) e allo stato di consolidazione delle rocce della zona non satura, per gli acquiferi non confinati, o degli strati confinanti, per gli acquiferi in pressione, compete un punteggio variabile tra 0.4 e 1. Alla soggiacenza della falda (D) a superficie libera nel caso di acquifero non confinato ed alla profondità del tetto dell'acquifero, per gli acquiferi confinati, può essere assegnato un punteggio compreso tra 0.6 e 1.

La vulnerabilità intrinseca è valutata come il prodotto dei tre indici numerici corrispondenti ai parametri suddetti:

$$\text{Indice GOD} = G \cdot O \cdot D$$

L'Indice GOD è compreso tra 0 e 1 e corrisponde a cinque gradi di vulnerabilità individuati dagli autori, a cui si aggiunge la classe vulnerabilità inesistente o nulla in caso si sia in mancanza di acquifero (Fig. 16).



5.6.2 Applicazione del metodo GOD al territorio comunale

In funzione delle caratteristiche litologiche delle unità geologiche presenti nell'area, sono stati definiti tre raggruppamenti:

- Depositi alluvionali di fondovalle (unità BEE, POI)
- Depositi fluvioglaciali (unità RZZ, PEO, h)
- Depositi fini, loess (unità VE)

Tuttavia, nello specifico caso di Bellusco, occorre tenere in debita considerazione il fenomeno degli "Occhi Pollini" che, localmente e purtroppo senza particolari segnali premonitori, può modificare drasticamente il peso degli indici.

Su indicazione della Provincia di Monza-Brianza, nei settori interessati da suscettività Alta e Molto Alta al fenomeno degli occhi pollini, si è considerata direttamente la situazione connessa all'apertura degli occhi pollini.

	0.8	0.85	1	0.68	Vulnerabilità Intrinseca
Depositi alluvionali di fondovalle	0.8	0.85	1	0.68	Alta
Depositi fluvioglaciali	0.8	0.85	1	0.68	Alta
Depositi fini, loess	0.8	0.85	1	0.68	Alta

In tabella, per ognuno dei raggruppamenti di cui sopra e in funzione del grado di protezione, litologia e soggiacenza della falda, sono stati applicati i coefficienti G, O e D e calcolati i relativi indici GOD, da cui si è ricavato il grado di Vulnerabilità Intrinseca.

L'elaborazione ha restituito per il territorio comunale un grado di Vulnerabilità Intrinseca ALTO in tutto il territorio comunale.

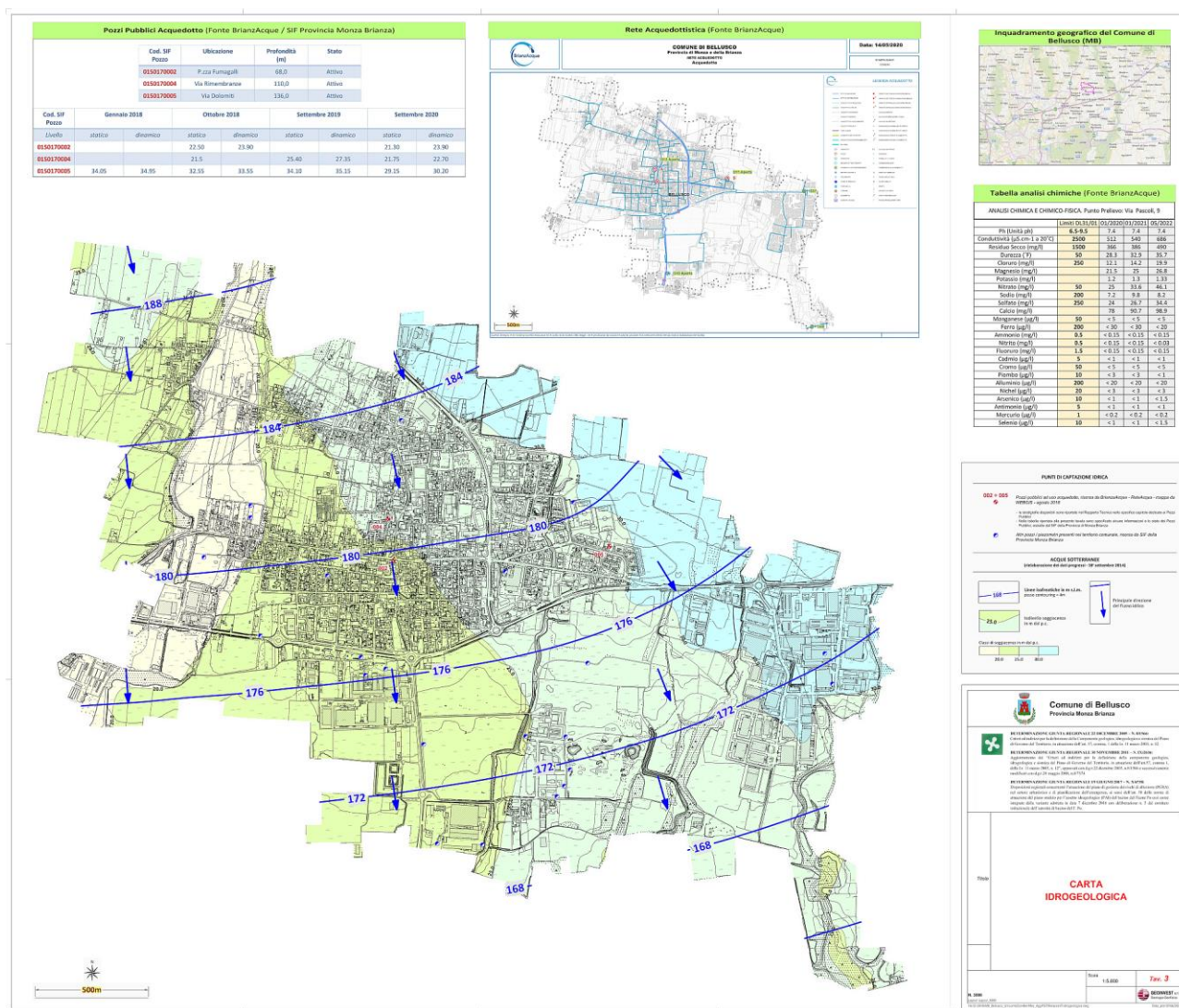


Fig. 17. Carta idrogeologica (Tav. 3, fuori scala).

5.6.3 Idrochimica

In Fig. 18 sono riassunti i valori medi dei principali parametri chimici delle acque distribuiti da BrianzaAcque nel Comune di Bellusco.

ANALISI CHIMICA E CHIMICO-FISICA. Punto Prelievo: Via Giovanni Pascoli, 9.																			
	pH (Unità pH)	Conduttività ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 20°C)	Residuo Secco (mg/l)	Durezza (°F)	Cloruro (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Potassio (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Sodio (mg/l)	Solfato (mg/l)	Calcio (mg/l)	Manganese ($\mu\text{g/l}$)	Ferro ($\mu\text{g/l}$)	Ammonio (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Fluoruro (mg/l)	Cadmio ($\mu\text{g/l}$)	Cromo ($\mu\text{g/l}$)	Piombo ($\mu\text{g/l}$)
Limiti DL31/01	6.5-9.5	2500	1500	50	250			50	200	250	78	50	200	0.5	0.5	1.5	5	50	10
01/2020	7.4	512	366	28.3	12.1	21.5	1.2	25	7.2	24	90.7	<5	<30	<0.15	<0.15	<0.15	<1	<5	<3
01/2021	7.4	540	386	32.9	14.2	25	1.3	33.6	9.8	26.7	90.7	<5	<30	<0.15	<0.15	<0.15	<1	<5	<3
05/2022	7.4	686	490	35.7	19.9	26.8	1.33	46.1	8.2	34.4	98.9	<5	<20	<0.15	<0.03	<0.15	<1	<5	<1

Fig. 18. Caratteristiche chimiche e chimico-fisiche distribuite in Comune Bellusco (Fonte sito web BrianzaAcque).

La breve serie storica riportata in Fig. 18 indica che gli acquiferi captati mostrano una problematica connessa a contaminazioni di nitrati con concentrazioni prossime a quelle di legge (50 mg/l).

Ulteriori informazioni sullo stato degli acquiferi sono fornite dal PTUA 2016, che per i due corpi idrici sotterranei IT03GWBISPAMPLO e IT03GWBISAPTA indica uno stato chimico "scarso" (Fig. 19) nel periodo 2010-2013 dovuto alla presenza naturale di arsenico nelle acque.

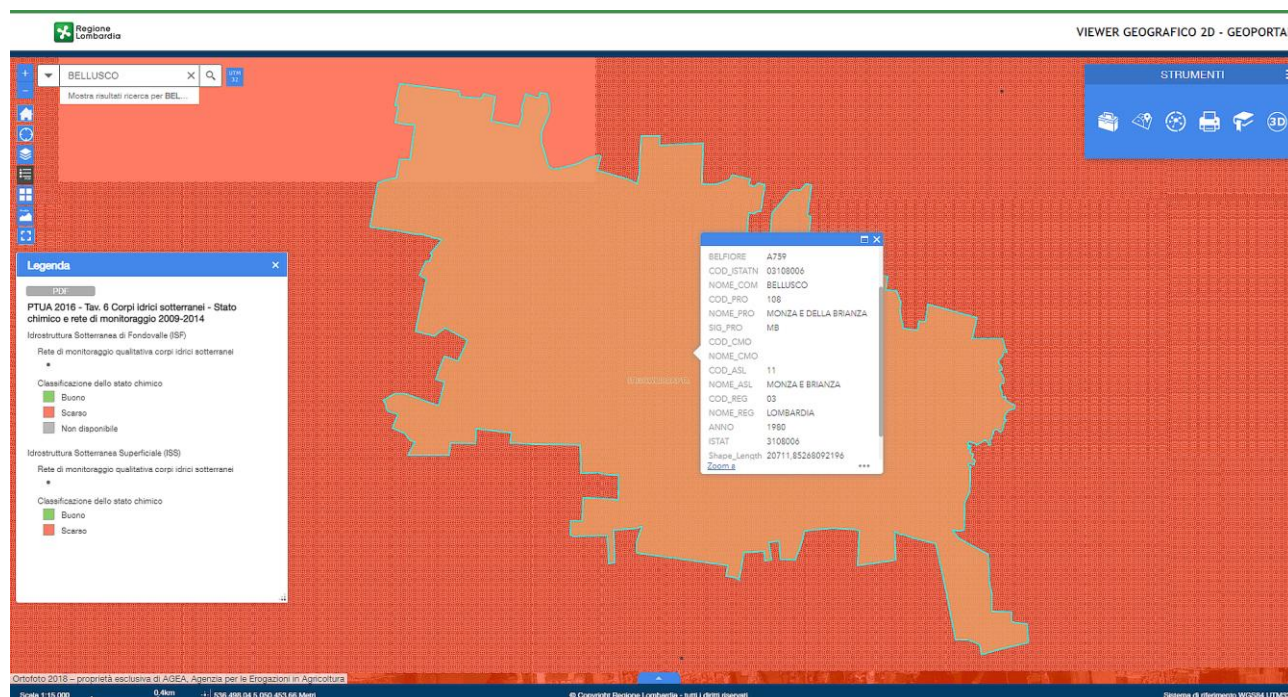


Fig. 19. Caratteristiche chimiche e chimico-fisiche distribuite in Comune Bellusco (Fonte sito web BrianzAcque).

Classificazione dello stato chimico

OBJECTID	14
COD_PTUA16	IT03GWBISPAMPLO
Nome Corpo Idrico	Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombarda
Stato quantitativo	Buono
Confidenza SQ	alta
Stato chimico	Scarso
Confidenza SC	alta
Sostanze naturali	sì
Elenco sostanze	Arsenico
Anni classificazione	2010-2013

Classificazione dello stato chimico

COD_PTUA16	IT03GWBISAPTA
Nome Corpo Idrico	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Ticino - Adda
Stato quantitativo	Buono
Confidenza SQ	alta
Stato chimico	Scarso
Confidenza SC	alta
Sostanze naturali	sì
Elenco sostanze	Arsenico
Anni classificazione chimica	2010-2013

Fig. 20. Dettaglio dello stato chimico dei due corpi idrici sotterranei che interessano Bellusco.



6 ASSETTO IDROGRAFICO E IDRAULICO

6.1 Idrografia

Il territorio può essere suddiviso in due bacini imbriferi principali (Rio Vallone e Torrente Cava) afferenti più a sud nel comune di Cambiago, nel bacino del Torrente Trobbia. A sua volta il bacino del Torrente Cava può essere suddiviso in quattro sottobacini (bacino del T. Cava, sottobacino del rio Cavetta, sottobacino del Rio Pissanegra e sottobacino del fosso Trobbia).

Una parte del reticolo idrografico di fondamentale importanza per il corretto drenaggio delle acque superficiali, anche se di scarsa rilevanza dal punto di vista morfologico e delle portate in gioco, è costituita dai canali agricoli che percorrono diffusamente la quasi totalità del territorio comunale. Essi hanno un andamento che generalmente asseconda la suddivisione degli appezzamenti agricoli ed il loro andamento risulta abbastanza discontinuo in quanto spesso vengono interrotti da interventi agricoli che ne occludono parzialmente o totalmente l'alveo.

Il regime idraulico naturale dei corsi d'acqua che scorrono sul territorio comunale è sostanzialmente controllato dagli scarichi civili ed industriali i quali determinano un forte degrado della rete idrografica.

In seguito ad eventi alluvionali verificatisi nel 1987 che hanno causato notevoli danni nei comuni attraversati dal **Torrente Cava**, la Regione Lombardia-Assessorato ai Lavori Pubblici ed Edilizia Residenziale, ha riconosciuto per tale bacino la situazione di oggettivo rischio idraulico e quindi ha predisposto un Piano di Difesa Idraulica del bacino. Esso ha previsto la realizzazione di una serie di interventi atti ad assicurare per le zone a rischio condizioni di sicurezza rispetto ad eventi di piena mediante la regolazione dei deflussi ed il contenimento in alveo delle portate di piena.

L'intervento a difesa dell'abitato di Ornago ricade nel territorio Comunale di Bellusco e consta di un by-pass che, all'altezza della Cascina Camuzzago devia il Torrente Cava in un primo momento nel Rio Cavetta e successivamente nel Rio Pissanegra. Esso raccogliendo quasi completamente le acque del Torrente Cava e del Rio Cavetta, (nei periodi di normale piovosità il T. Cava a sud della derivazione risulta praticamente privo d'acqua) costituisce il principale corso d'acqua dell'area meridionale del territorio e scorre interrato fino quasi alla confluenza con il Rio Cavetta e successivamente a cielo aperto fino alla confluenza con il Rio Pissanegra. Per quanto riguarda il Rio Pissanegra, ricevendo esso le acque del T. Cava e del Rio Cavetta, si è provveduto al suo rizezionamento per l'adeguamento alle nuove portate.

Per quanto riguarda il **Rio Vallone** esso si origina in provincia di Como e termina nel canale Trobbia a Inzago; scorre in un'incisione valliva nei depositi argillosi del Terrazzo fluvioglaciale Mindeliano ed è caratterizzato da anse molto accentuate che gli conferiscono un andamento quasi meandriforme; per lunghi periodi



dell'anno è completamente asciutto fatto salvo il tratto che scorre all'interno del territorio di Bellusco alimentato, lungo il tratto adiacente all'area industriale, dagli scarichi delle acque meteoriche provenienti dai piazzali delle industrie ed i relativi reflui.

Il **Rio della Cavetta** ha origine nei pressi della S.P.2 e nel primo tratto termina confluendo nel by pass; esso viene alimentato dalle acque piovane di scolo provenienti dai terreni agricoli. Lo stesso Rio è ancora presente a sud del by-pass riprendendo il percorso precedente l'intervento di difesa idraulica del T. Cava; in questo tratto è alimentato dalle acque di scolo provenienti dall'area del vicino campo da golf.

Il **Rio Pissanegra** ha origine a Mezzago dallo scarico dell'impianto di depurazione dei reflui fognari e confluisce nel Torrente Trobbia all'altezza di Cambiago; ha una lunghezza complessiva di circa 7 km di cui 1.5 nel territorio di Bellusco. Esso appartiene al bacino del T. Cava ed è caratterizzato da scarse portate (il suo regime idraulico è determinato quasi esclusivamente dagli scarichi civili ed industriali che intercetta lungo il suo percorso) e da un andamento che risulta sinuoso ed in alcuni tratti anastomizzato dando origine ad un'area umida con presenza di vegetazione igrofila; sulle sue sponde è generalmente presente una fitta vegetazione arborea.

6.1.1 Reticolo Idrografico Minore

Il Comune di Bellusco, nell'ambito della presente variante, ha predisposto lo studio del Reticolo Idrico Minore. In **Tav. 4** è riportato un estratto della cartografia del RIM aggiornata al 2021. Si rimanda al documento specifico per tutto quanto attiene la definizione e il riconoscimento del reticolo idrico a livello comunale nonché per la definizione delle aree bagnate dei corsi d'acqua e relative fasce di rispetto.

6.2 Elementi idraulici

Nella **Tav. 4 “Assetto Idrografico-Idraulico”** (Fig. 22) sono stati rappresentati i tratti di reticolo e gli elementi che possono presentare un rischio idraulico:

- opere di attraversamento potenzialmente interferenti con Torrente Cava, Rio della Cavetta, Rio della Pissanegra, Rio Vallone, Fosso Trobbia (ponti e passerelle pedonali);
- rete fognaria (Fig. 21).

Un'area soggetta a sporadici ristagni d'acqua si trova nei pressi dell'incrocio tra Corso Alpi e Via Mezzago. In questa piccola area la concomitanza fra la morfologia depressa e la costituzione dei depositi (scarsamente permeabili) non permette, nei periodi particolarmente piovosi, un adeguato drenaggio delle acque superficiali. Tale area è stata considerata nel successivo capitolo inerente la “Carta di Sintesi”.

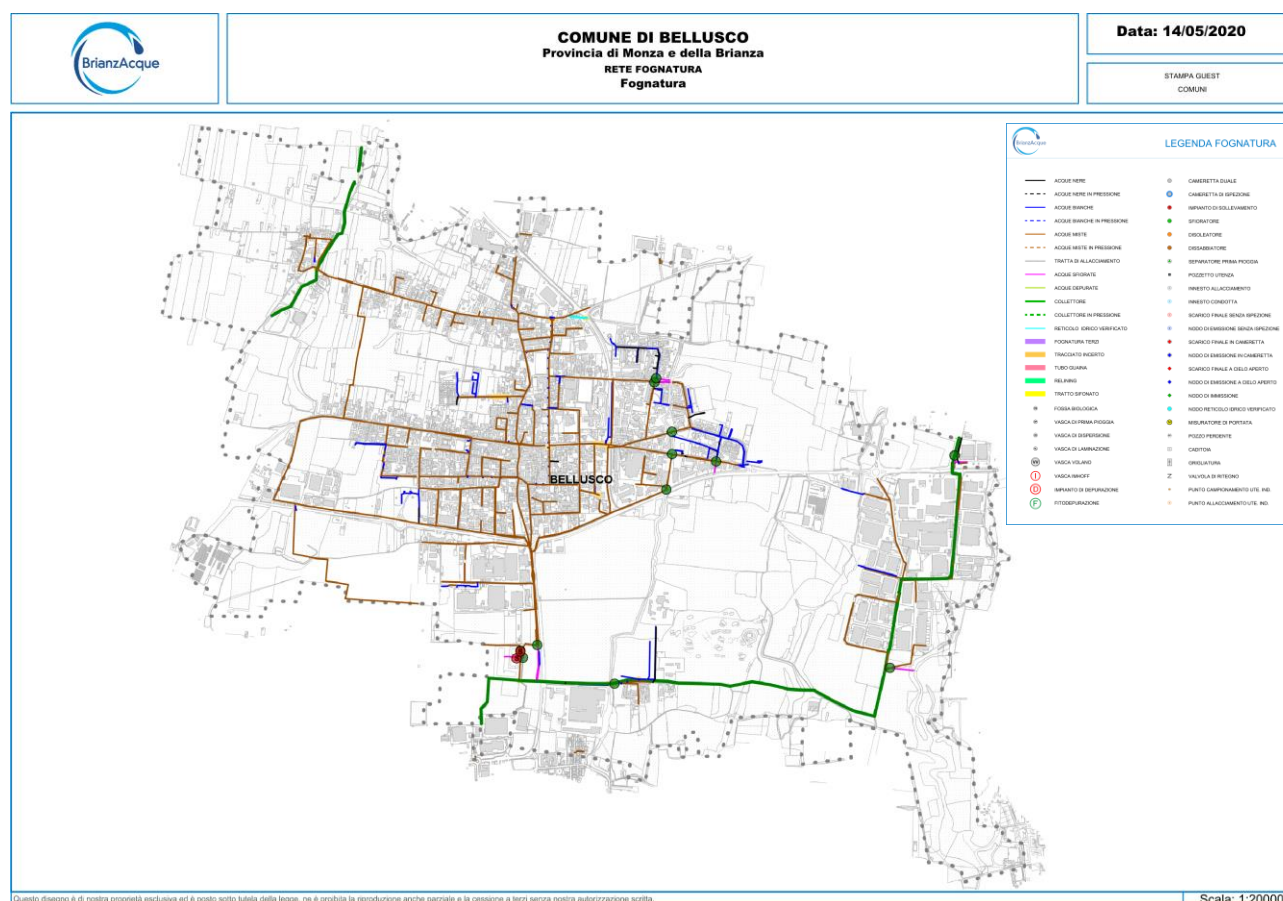


Fig. 21. Estratto fuori scala della cartografia della rete fognaria (fonte WebGIS BrianzAcque).

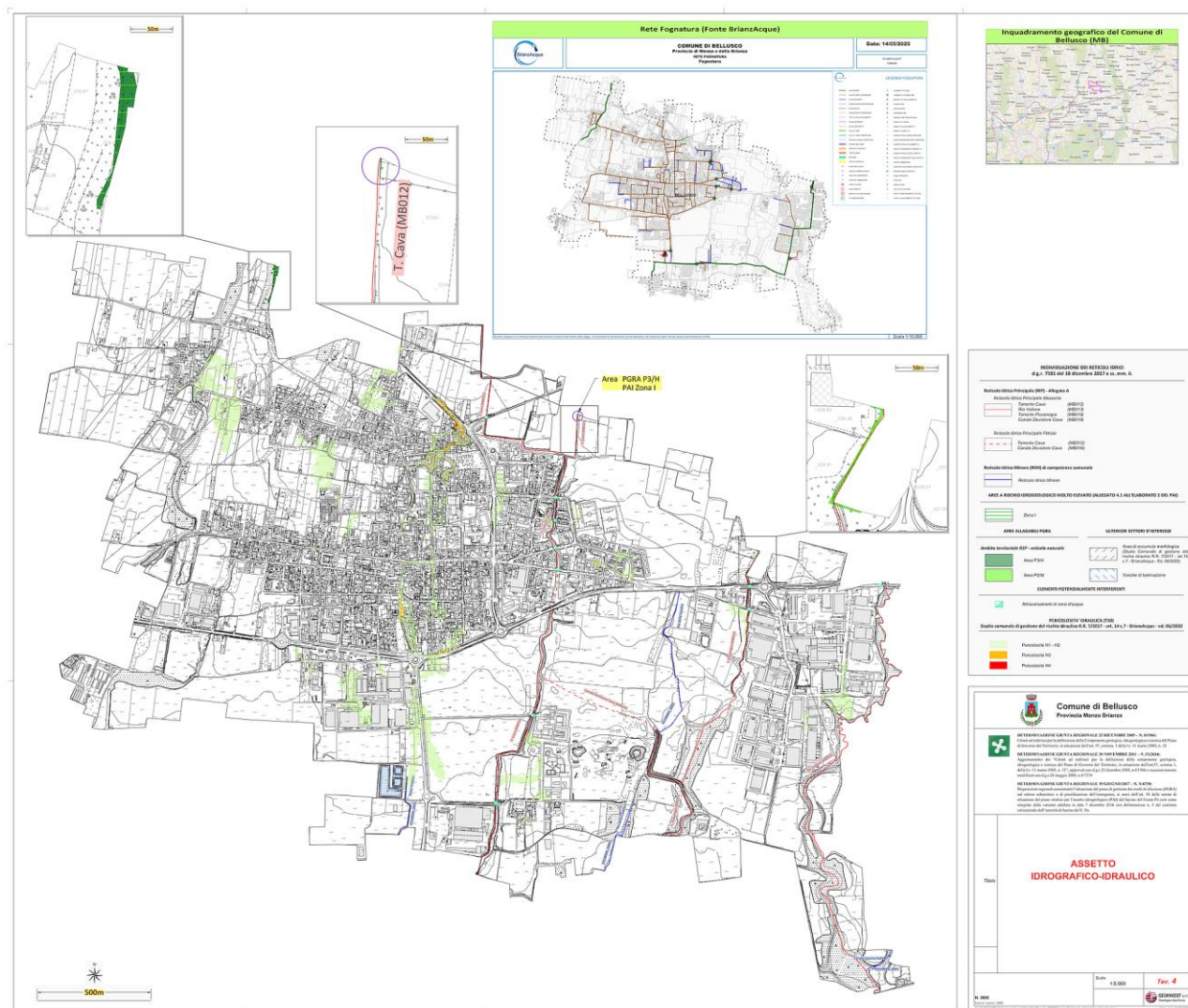


Fig. 22. Carta dell'assetto idrografico-idraulico (Tav. 4, fuori scala).



6.3 Attuazione PGRA

In funzione della recente d.g.r. del 19/06/2017 n. X/6738, inerente le *“Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’Art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetti Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po”*, le amministrazioni e gli enti pubblici *“devono prendere atto dei contenuti del PGRA, in particolare delle mappature della pericolosità e del rischio, delle informazioni associate - relative alle caratteristiche dell’alluvione potenziale - e della normativa vigente su tali aree, già presente nelle Norme di Attuazione del PAI così come approvato con DPCM 24 maggio 2001, introdotta dal nuovo Titolo V delle N.d.A. del PAI nonché dalle presenti disposizioni e ne tengono conto da subito in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori e in funzione dei loro successivi aggiornamenti e riesami”*.

Le disposizioni di cui sopra dettano indirizzi e limitazioni d’uso del suolo, e comportano la necessità, per i Comuni interessati dalle aree allagabili del PGRA, di procedere obbligatoriamente ad una verifica di coerenza tra i contenuti del proprio strumento urbanistico (PGT) e il PGRA e, ove necessario, di procedere con l’adeguamento del PGT. Parimenti è necessario procedere con una verifica di coerenza tra il Piano di Emergenza Comunale (PEC) vigente e il PGRA e, ove necessario, procedere con l’aggiornamento del PEC.

Ai fini dell’applicazione delle presenti disposizioni si è reso necessario individuare, attraverso la sovrapposizione tra il nuovo quadro conoscitivo derivante dal PGRA (revisione 2020) e quello proprio dello strumento urbanistico comunale vigente:

- 1) le aree allagabili del territorio per le quali vigono e sono confermate norme, disposizioni, indirizzi, direttive che ne regolamentano l’uso e garantiscono adeguatamente la tutela di persone e beni in relazione a possibili fenomeni alluvionali;
- 2) le aree allagabili di nuova introduzione o oggetto di modifica, per le quali valgono le presenti disposizioni.

Nell’Allegato 2 della norma, per ciascun Comune lombardo, è riportata l’indicazione della presenza o meno di porzioni di territorio ricadenti entro le fasce fluviali del PAI vigenti e/o entro le nuove aree allagabili, in riferimento ai seguenti ambiti territoriali:

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL)

Le figure Fig. 23 e Fig. 24 mostrano la situazione del Comune di Bellusco, in relazione a Pericolosità e Rischio, come presenti sul Geoportale Regionale.

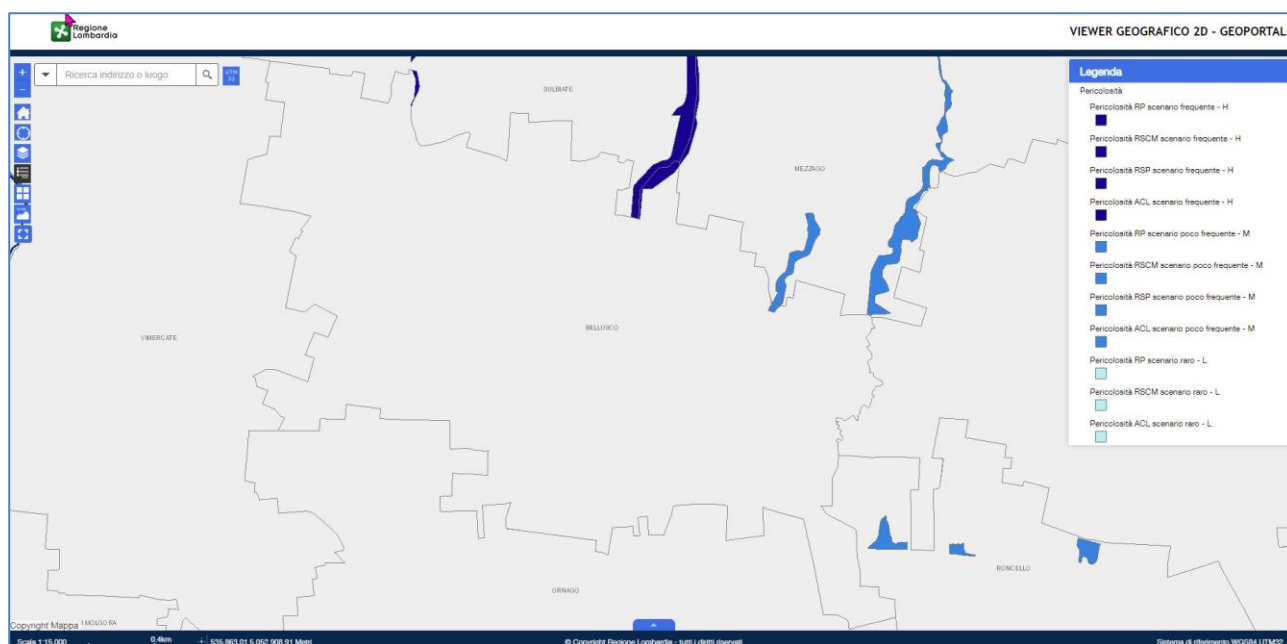


Fig. 23. Estratto del Geoportale di Regione Lombardia - Tema Pericolosità PGRA (Aggiornamento 2020).

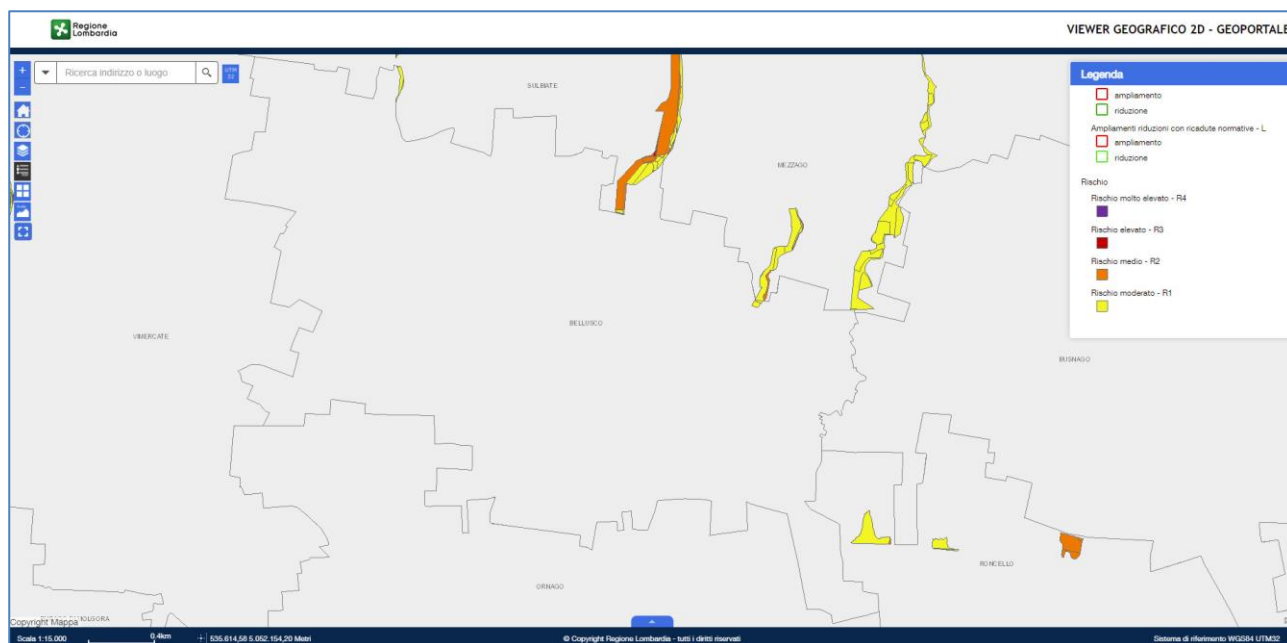


Fig. 24. Estratto del Geoportale di Regione Lombardia - Tema Rischio PGRA (Aggiornamento 2020).



COMUNE	PROVINCIA	CODICE ISTAT	AMBITO RP		AMBITO RSCM				AMBITO RSP				AMBITO ACL	
			COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RP	COMUNI CON FASCE FLUVIALI PAI VIGENTI	COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RSCM	COMUNI TENUTI ALL'AGGIORNAMENTO DELL'ELABORATO 2 DEL PAI DA D.G.R. VII/7365/2001	AMBITO RSCM AREE ALLAGABILI DERIVANTI DA STUDI DI SOTTOBACINO IDROGRAFICO, EVENTI ALLUVIONALI RECENTI O SEGNALATE DA COMUNI (PARAGRAFO 3.2 DELLE DISPOSIZIONI)		AREE ALLAGABILI CORRISPONDENTI ALLE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO DI TIPO IDRAULICO GIÀ PRESENTI NEL PAI (NORME TITOLO IV)	COMUNI APPARTENENTI NELL'AMBITO RSP (NON TENUTI ALL'AGGIORNAMENTO DELL'ELABORATO 2 DEL PAI DA D.G.R. VII/7365/2001)	COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RSP	AREE ALLAGABILI TRATTATE DAI PGT DEI COMUNI (S - CARA DI SINTESI, P - CARTA PAI)	SEGNALAZIONI DI AREE ALLAGABILI DA CONSORZI DI BONIFICA	AREE ALLAGABILI DA STUDI SOVRACOMUNALI
BELLUSCO	MB	108006						x	X	X		X		

Fig. 25. Estratto dell'Allegato 2 della d.g.r. del 19/06/2017 n. X/6738.

Secondo la vigente versione del PGRA (Fig. 25) il comune di Bellusco è interessato da:

- aree allagabili corrispondenti alle aree a rischio idrogeologico molto elevato di tipo idraulico (area I) già presenti nel PAI;
- aree allagabili ricadenti nell'ambito **RSP** (NON TENUTI ALL'AGGIORNAMENTO DELL'ELABORATO 2 DEL PAI DA D.G.R. VII/7365/2001);
- Aree allagabili in ambito **RSP**;
- Aree allagabili segnalate da ANBI (AMBITO RSP SEGNALAZIONI DA CONSORZI DI BONIFICA).

In funzione dell'All. 2 della d.g.r. del 19/06/2017 n. X/6738 e dei dati presenti nel Geoportale di Regione Lombardia all'interno del comune di Bellusco NON sono presenti aree allagabili nei seguenti ambiti territoriali: **RP** (Reticolo Principale), **RSCM** (Reticolo Secondario Collinare e Montano) e **ACL** (Aree Costiere Lacuali).

Dall'osservazione degli estratti si verifica che il comune di Bellusco, anche se per brevi tratti¹, è interessato dal PGRA e dalla Zona I del PAI in una fascia molto ristretta dei Torrenti Cava e Pissanegra.

¹ Per quanto riguarda l'estensione effettiva del territorio comunale interessato dalla Zona I (e dal PGRA), è opportuno puntualizzare che tale area risulta essere molto meno estesa di quanto indicato nella cartografia del PAI (Fig. 26), in quanto in quest'ultima il confine del territorio comunale è stato erroneamente ubicato molto più a nord di quello effettivo (Fig. 26).

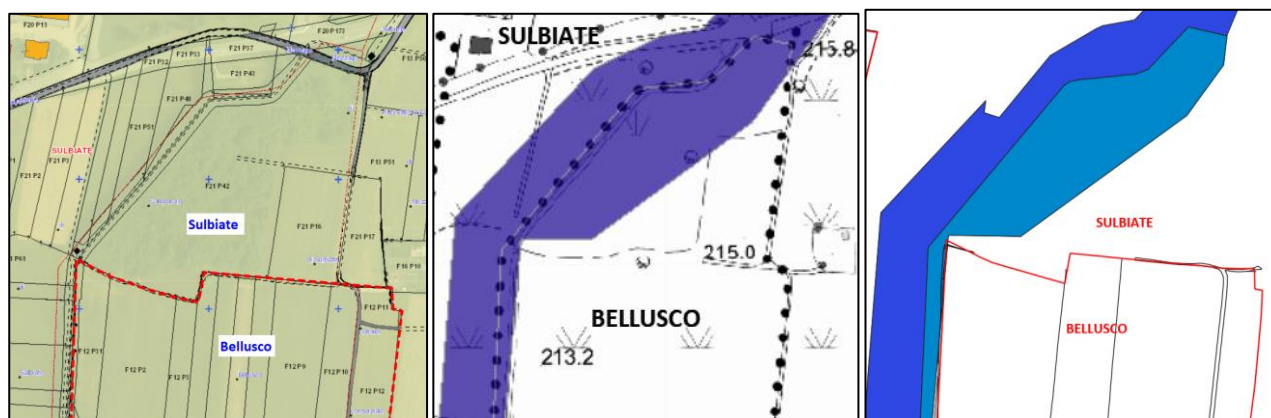


Fig. 26. Confronto tra confini comunali Catastale-DBTR e CTR e relativa area di pertinenza del PGRA del comune di Bellusco.

Le aree allagabili del PGRA presenti sul Geoportale di Regione Lombardia per l'ambito territoriale **RSP** sono quindi rappresentate da:

- Scenario frequente – **H**
- Scenario poco frequente – **M**

In funzione delle informazioni desumibili dal Geoportale di Regione Lombardia, il reticolo di riferimento sotteso alle aree di cui sopra risulta di competenza di Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi.

Tutto ciò osservato, come richiesto al paragrafo 5 dell'All. A e in accordo alle indicazioni dell'Allegato 5 della Deliberazione, specificatamente per le sole aree interessate dal PGRA si sono predisposti i relativi zoom di approfondimento, oltre agli shp opportunamente codificati. Considerate le esigue dimensioni delle aree in esame, invece di produrre una tavola specifica si è scelto di inserirle nella Tav. 4 – “Assetto idrografico-idraulico”.



7 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

7.1 La normativa sismica

7.1.1 Evoluzione normativa, pre 2003

L'individuazione delle zone sismiche, in Italia, è avvenuta agli inizi del 1900 attraverso lo strumento del Regio Decreto, emanato a seguito dei terremoti distruttivi di Reggio Calabria e Messina del 28 dicembre 1908.

Dal 1927 le località colpite sono state distinte in due categorie, in relazione al loro grado di sismicità ed alla loro costituzione geologica. Pertanto, la mappa sismica in Italia non era altro che la mappa dei territori colpiti dai forti terremoti avvenuti dopo il 1908, mentre tutti i territori colpiti prima di tale data - la maggior parte delle zone sismiche d'Italia - non erano classificati come sismici e, conseguentemente, non vi era alcun obbligo di costruire nel rispetto della normativa antisismica. La lista originariamente consisteva, quindi, nei comuni della Sicilia e della Calabria gravemente danneggiati dal terremoto del 1908, che veniva modificata dopo ogni evento sismico aggiungendovi semplicemente i nuovi comuni danneggiati.

La legislazione antisismica vigente è essenzialmente basata sull'apparato normativo costituito dalla **legge 2 febbraio 1974, n. 64**, recante *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*, che ha integralmente sostituito la legge 25 novembre 1962, n. 1684, nonché della legge 5 novembre del 1971, n. 1086, recante *"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica"*.

È quindi solamente nel 1974, attraverso la legge n. 64, è stato stabilito il quadro di riferimento per le modalità di classificazione sismica del territorio nazionale, oltre che di redazione delle norme tecniche. Tale legge ha delegato il Ministro dei lavori pubblici:

- emanazione di norme tecniche per le costruzioni sia pubbliche che private, da effettuarsi con decreto ministeriale, di concerto con il Ministro per l'interno, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, e con la collaborazione del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR);
- aggiornamento della classificazione sismica attraverso appositi decreti ministeriali.

Si ricorda che il carattere distintivo di tale legge è stata la possibilità di aggiornare le norme sismiche ogniqualvolta fosse giustificato dall'evolversi delle conoscenze dei fenomeni sismici, mentre, per la classificazione sismica si è operato, come per il passato, attraverso l'inserimento di nuovi comuni colpiti dai nuovi terremoti.

Successivamente, gli studi di carattere sismologico effettuati all'indomani del terremoto del Friuli Venezia Giulia del 1976 e di quello in Irpinia del 1980, svolti all'interno del Progetto finalizzato *"Geodinamica"* del



CNR, hanno portato ad un notevole aumento delle conoscenze sulla sismicità del territorio nazionale ed hanno consentito la formulazione di una proposta di classificazione sismica presentata dal CNR al Governo, che è stata tradotta in una serie di **decreti del Ministero dei lavori pubblici approvati tra il 1980 ed il 1984**, che hanno costituito, pertanto, la classificazione sismica italiana fino all'emanazione dell'ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003. La proposta del CNR, per la prima volta in Italia, è stata basata su indagini di tipo probabilistico della sismicità italiana e la classificazione sismica ha preso in considerazione tre categorie sismiche.

Relativamente, invece, alle **norme tecniche**, già con il **DM del 3 marzo 1975**, sono state emanate le prime disposizioni successivamente integrate da una serie di successivi decreti, tra cui si ricordano il DM 12 febbraio 1982, a sua volta sostituito dal **DM 16 gennaio 1996**, come modificato dal DM 4 marzo 1996, che ha provveduto ad integrare il DM del 3 marzo 1975 con alcune indicazioni contenute in alcune circolari ministeriali.

Su tale impianto normativo si è inserito il nuovo processo di distribuzione delle competenze fra Stato, regioni ed enti locali, attuato con le cd "leggi Bassanini" del 15 marzo 1997, n. 59. Conseguentemente, la competenza per l'**individuazione delle zone sismiche**, la formazione e l'**aggiornamento** degli elenchi delle medesime zone che, fino al 1998 era attribuita al Ministro dei lavori pubblici, è stata trasferita, con il **decreto legislativo n. 112 del 1998** - art. 94, comma 2, lett. a) - **alle Regioni**, mentre spetta allo **Stato** quella di definire i relativi **criteri generali** per l'individuazione delle zone sismiche e le **norme tecniche per le costruzioni** nelle medesime zone - art. 93, comma 1, lett. g).

Si ricorda, ancora, che tale residua competenza statale è rimasta incardinata nel Ministero dei Lavori Pubblici fino all'approvazione del decreto legislativo n. 300 del 1999, che l'ha assegnata alla neo istituita Agenzia di protezione civile e nuovamente attribuita al Dipartimento della protezione civile con il decreto legge n. 343 del 2001, convertito con modificazioni dalla legge n. 401 del 2001 che ha soppresso l'Agenzia, peraltro mai entrata nella piena operatività.

Inoltre, in conseguenza del riordino normativo della materia edilizia, le disposizioni antisismiche previste dalla legge n. 64 del 1974 sono confluite, con alcune modifiche, nel **DPR 6 giugno 2001, n. 380**, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia, il cui Capo IV reca "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", con disposizioni specifiche relative alle norme per le costruzioni in zone sismiche, alla relativa vigilanza, nonché alle modalità di repressione delle violazioni.

Il DPR n. 380, come modificato ed integrato dal decreto legislativo 27 dicembre 2002, n. 301, ha stabilito che tutte le costruzioni di rilievo per la pubblica incolumità, se realizzate in zone sismiche, devono essere



conformi, oltre che alle disposizioni tecniche applicabili ad ogni tipo di costruzione edificata su tutto il territorio nazionale, anche a specifiche norme tecniche, la cui emanazione è affidata al Ministro dei lavori pubblici, di concerto con il Ministro dell'interno e sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, il CNR, nonché la Conferenza unificata (art. 83). Negli articoli successivi sono state poi dettati i criteri generali cui dovranno uniformarsi le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

7.1.2 La nuova normativa sismica a livello nazionale

Immediatamente dopo il terremoto del 31 ottobre 2002 che ha colpito i territori al confine fra il Molise e la Puglia, è emanata l'**Ordinanza del 20 marzo 2003, n. 3274 del Presidente del consiglio dei Ministri**, pubblicato sulla G.U. n. 105, S.O. n. 72 del 08/05/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, al fine di fornire una risposta immediata alla necessità di aggiornamento della classificazione sismica e delle norme antisismiche.

Alla luce dell'ordinanza n. 3274 e, a differenza di quanto previsto dalla normativa precedente, **tutto il territorio nazionale è stato classificato come sismico e suddiviso in 4 zone**, caratterizzate da pericolosità sismica decrescente; tali zone sono individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo con probabilità di accadimento del 10% in 50 anni.

Zona 1	È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
Zona 2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti
Zona 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
Zona 4	È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

A ciascuna zona è attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Le prime tre zone della nuova classificazione corrispondono, dal punto di vista degli adempimenti previsti dalla legge n. 64 del 1974, alle zone di sismicità alta, media e bassa, mentre per la zona 4, di nuova introduzione, viene data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica. Il collegamento tra la classificazione e le norme tecniche risulta, pertanto, molto stretto.

Oltre ai criteri per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, con l'ordinanza sono state, infatti, approvate le seguenti norme tecniche (contenute negli allegati 2, 3 e 4 dell'ordinanza, di cui fanno parte integrante) che riguardano, per la prima volta, la quasi totalità di tipologie di costruzioni: edifici, ponti ed opere di fondazione e di sostegno dei terreni.



L'art. 2, comma 2, dell'ordinanza n. 3274 prevede l'applicazione delle norme tecniche previgenti per le seguenti opere:

- opere i cui lavori siano già iniziati;
- opere pubbliche già appaltate o i cui progetti siano stati già approvati alla data della presente ordinanza;
- opere di completamento degli interventi di ricostruzione in corso.

Viene altresì previsto, in tutti i restanti casi, la possibilità di continuare ad applicare le norme tecniche previgenti per non oltre 18 mesi, termine più volte prorogato da una serie di successive ordinanze, di cui l'ultima – la n. 3467 del 2005 – ne ha differito l'applicabilità al **23 ottobre 2005**, data di **entrata in vigore** della nuova disciplina antisismica introdotta dal **DM 14 settembre 2005**.

Con l'ordinanza n. 3274 lo Stato ha provveduto a fissare i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche, dando mandato alle **regioni**, in armonia con il dettato dell'art. 112 del decreto legislativo n. 112 del 1998, per **l'individuazione delle zone sismiche**.

Alle regioni, compete, quindi, la predisposizione dell'elenco dei comuni classificati rispettivamente in zona 1, 2, 3 e 4. Per procedere a tale identificazione le regioni potevano elaborare in proprio una mappa di pericolosità sismica regionale, oppure utilizzare quella fornita dallo Stato per tutto il territorio nazionale e allegata ai criteri per l'individuazione delle zone sismiche nella veste dell'elenco di tutti i comuni italiani con la loro classificazione sismica.

Con il **DM 14 settembre 2005** sono state quindi approvate le **Norme tecniche per le costruzioni**, allo scopo di riunire in un unico testo la disciplina tecnica relativa alla progettazione ed all'esecuzione delle costruzioni e di realizzarne nel contempo l'omogeneizzazione e la razionalizzazione.

Il testo, composto da un'introduzione e dodici capitoli, rappresenta una messa a punto completa della complessa normativa in materia di costruzioni, relativa alla progettazione strutturale degli edifici ed alle principali opere di ingegneria civile, accanto alle caratteristiche dei materiali e dei prodotti utilizzati, e consiste, inoltre, in un ampio aggiornamento del quadro legislativo nazionale in campo strutturale, basato sulle leggi fondamentali n. 1086 del 1971 e n. 64 del 1974.

Da ultimo occorre accennare che l'entrata in vigore del DM 14 settembre 2005 ha determinato la piena operatività della nuova classificazione sismica, comportando la necessità dell'applicazione dell'**art. 104 del T.U. in materia edilizia, n. 380 del 2001**, relativo alle *“Costruzioni in corso in zone sismiche di nuova classificazione”*. In base a tale articolo, coloro che in una zona sismica di nuova classificazione avevano iniziato



una costruzione prima dell'entrata in vigore del provvedimento di classificazione, erano tenuti a farne denuncia, entro quindici giorni dall'entrata in vigore del provvedimento stesso, al competente ufficio tecnico della regione.

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'opcm 3274/03, è stato adottato con l'**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519** del 28 aprile **2006** e ha previsto la suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (Fig. 27):

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità. Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Dal 1 luglio 2009, con un anno di anticipo rispetto a quanto in previsione anche a causa del terremoto che ha colpito l'Abruzzo nell'Aprile 2009, entra in vigore il **decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14.01.2008**, anche conosciuto come NTC2008 (**Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008**); tali norme d'altronde erano completamente operative in quanto a Febbraio 2009 è stata pubblicata sulla gazzetta ufficiale la **Circolare del Ministero delle Infrastrutture n.617 del 2 febbraio 2009** recante le istruzioni per l'applicazione delle nuove norme. Tali norme hanno colmato le lacune presenti nel Testo Unico del 2005 e non solo si sono allineate con gli Eurocodici, ma si pongono tra le più avanzate a livello mondiale.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

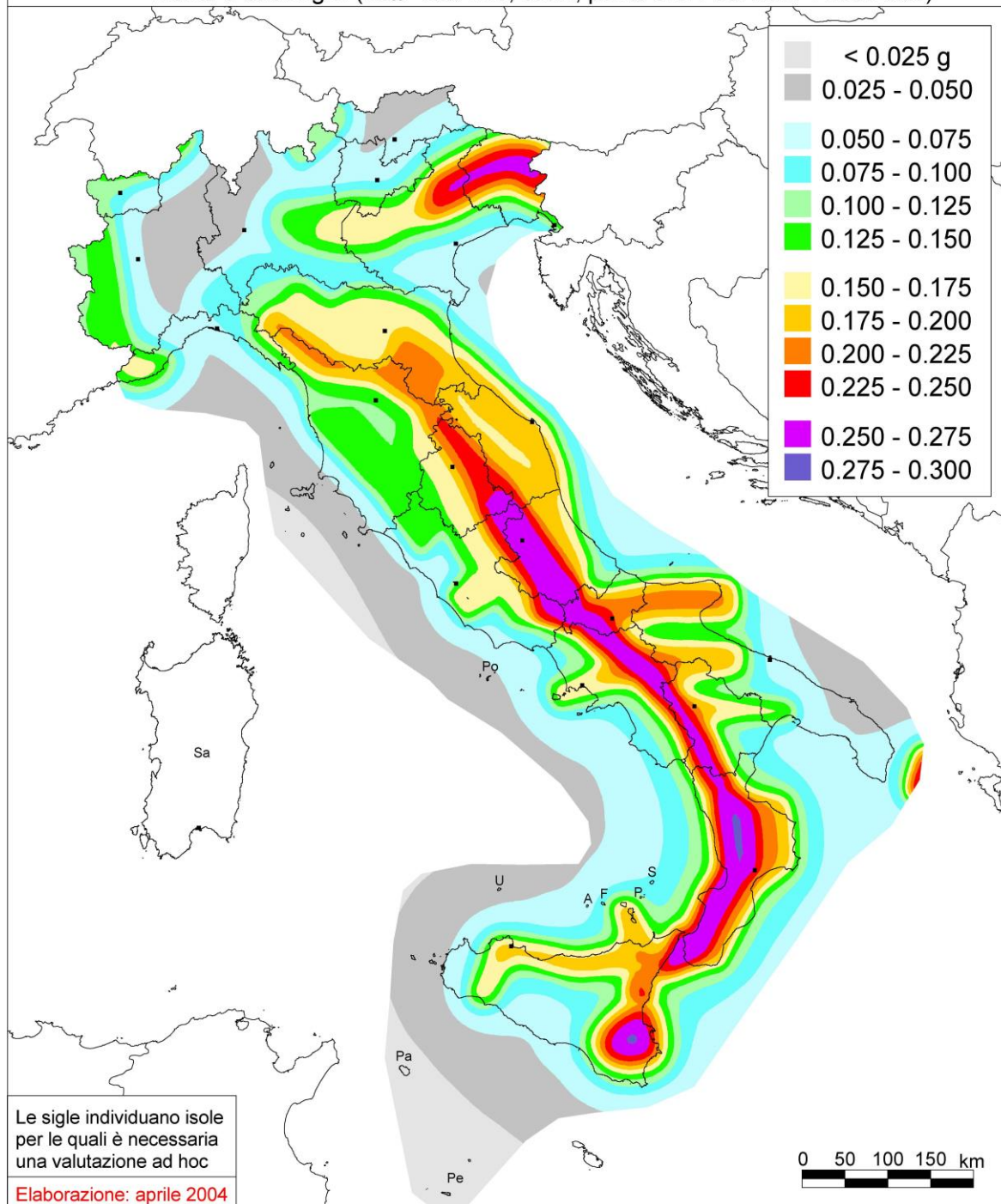


Fig. 27 - Mapa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/2006).



I dodici capitoli che le compongono, confermando la natura prestazionale delle norme già parzialmente anticipata nel T.U. del 2005, hanno comportato una sensibile variazione della filosofia delle verifiche ed hanno introdotto il concetto di pericolosità sismica locale: è stata abbandonata la concezione del territorio italiano diviso in zone sismiche ed è stata formulata una completa zonizzazione mediante adozione di un reticolo i cui vertici sono dotati di caratteristiche puntuali di pericolosità sismica.

Ricapitolando, le Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – dove precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si doveva invece riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Infine, il 20 febbraio 2018 in Gazzetta Ufficiale sono state pubblicate le nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018)**, approvate con Decreto del Ministero delle Infrastrutture il 17/01/2018. Le nuove norme, composte da un decreto (tre articoli e un allegato di 12 capitoli) e una circolare esplicativa, entrano in vigore il 22/03/2018.

Per ciò che riguarda in particolare la presente componente geologica, si segnala la riformulazione delle categorie di sottosuolo, che vede eliminate le classi S1 e S2 e meglio definite le altre classi, chiarendo che la priorità è quella dello studio della Risposta Sismica Locale eliminando la possibilità di una classificazione diretta sulla base del valore del NSPT e della resistenza non drenata. È stata lasciata però al progettista la facoltà di determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno utilizzando correlazioni empiriche (a scelta del progettista e consolidate nella letteratura scientifica) con i risultati di prove in sito.

7.1.3 Normativa sismica a livello regionale

In relazione all'Ordinanza n. 3274/2003, Regione Lombardia ha emanato la d.g.r. 7 novembre 2003, n. 7/14964, che ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza. Successivamente, con **d.g.r. 11/07/2014 – n.10/2129**, la Regione Lombardia definisce una nuova classificazione sismica riportata nella figura seguente.

Mapa di classificazione sismica
dei comuni lombardi

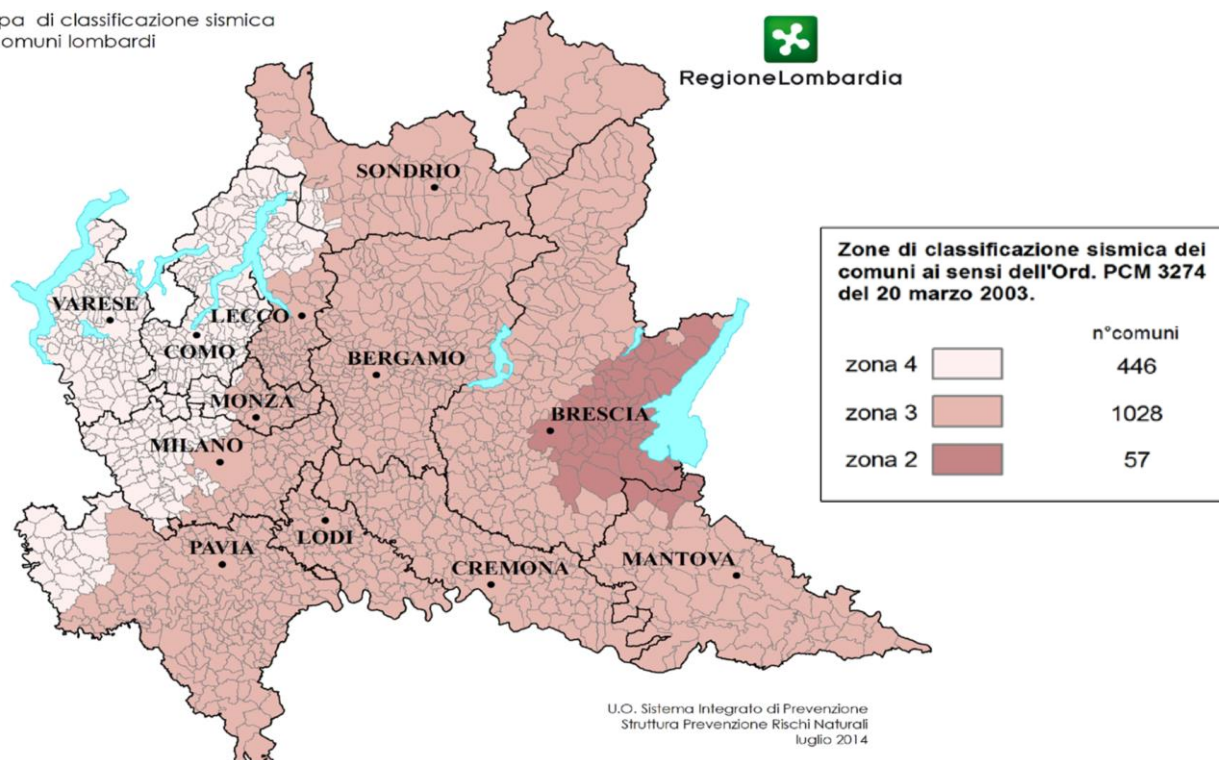


Fig. 28 - Classificazione sismica dei comuni lombardi (d.g.r. 2129/2014).

A seguire, la d.g.r. 10/10/2014 – n.10/2489 – “*Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 Luglio 2014, n. 2129 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia” (l.r. 1/2000, art.3, comma 108, lettera d)*” deliberò di:

- differire al 14 ottobre 2015 il termine dell'entrata in vigore della d.g.r. 21 luglio 2014, n.2129;
- disporre che nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, nei Comuni che saranno riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 e dalla Zona 3 alla Zona 2, tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni – pubbliche e private – siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti, rispettivamente, nelle Zone 3 e 2.



Più recentemente la Giunta Regionale ha approvato la **d.g.r. n. X/5001 del 30 marzo 2016**, che indica le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della **l.r. 33/2015**.

La nuova zonazione sismica e la l.r. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016.

In particolare, la l.r. 33/2015 aggiorna la normativa sulle costruzioni in zona sismica adeguandola al D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 (Testo Unico in materia Edilizia).

Le nuove norme si applicano ai lavori di cui all'art. 93, comma 1, del D.P.R. 380/2001 ("costruzioni, riparazioni e sopraelevazioni"), relativi a opere pubbliche o private localizzate nelle zone dichiarate sismiche, comprese le varianti influenti sulla struttura che introducano modifiche tali da rendere l'opera stessa, in tutto o in parte, strutturalmente diversa dall'originale o che siano in grado di incidere sul comportamento sismico complessivo della stessa.

Le novità immediate introdotte dalla l.r. 33/2015 e dalla d.g.r. 5001/2016 sono:

- trasferimento ai comuni delle competenze in materia di opere o costruzioni e vigilanza in zone sismiche, per le opere ricadenti sul loro territorio
- per i comuni in zona sismica 2 (alta sismicità): obbligo dell'autorizzazione preventiva all'avvio dei lavori
- per i comuni in zona 3 e 4 (sismicità bassa e molto bassa): obbligo del deposito della documentazione relativa al progetto prima dell'avvio dei lavori
- attività di controllo sistematico degli interventi relativi a opere o edifici pubblici o, in genere, edifici destinati a servizi pubblici essenziali, ovvero progetti relativi ad opere comunque di particolare rilevanza sociale o destinate allo svolgimento di attività, che possono risultare, in caso di evento sismico, pericolose per la collettività
- attività di controllo su tutti gli altri tipi di edifici in tutte le zone sismiche.

In termini di adeguamento della componente sismica del PGT occorre fare riferimento a:

- **d.g.r. 22 dicembre 2005 – n. 8/1566** (Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12)
- **d.g.r. 30 novembre 2011 – n. 9/2616** (Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione



dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374)

La direttiva **d.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616** era stata redatta in conformità al **D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”** da cui furono riprese le indicazioni relative all'azione sismica.

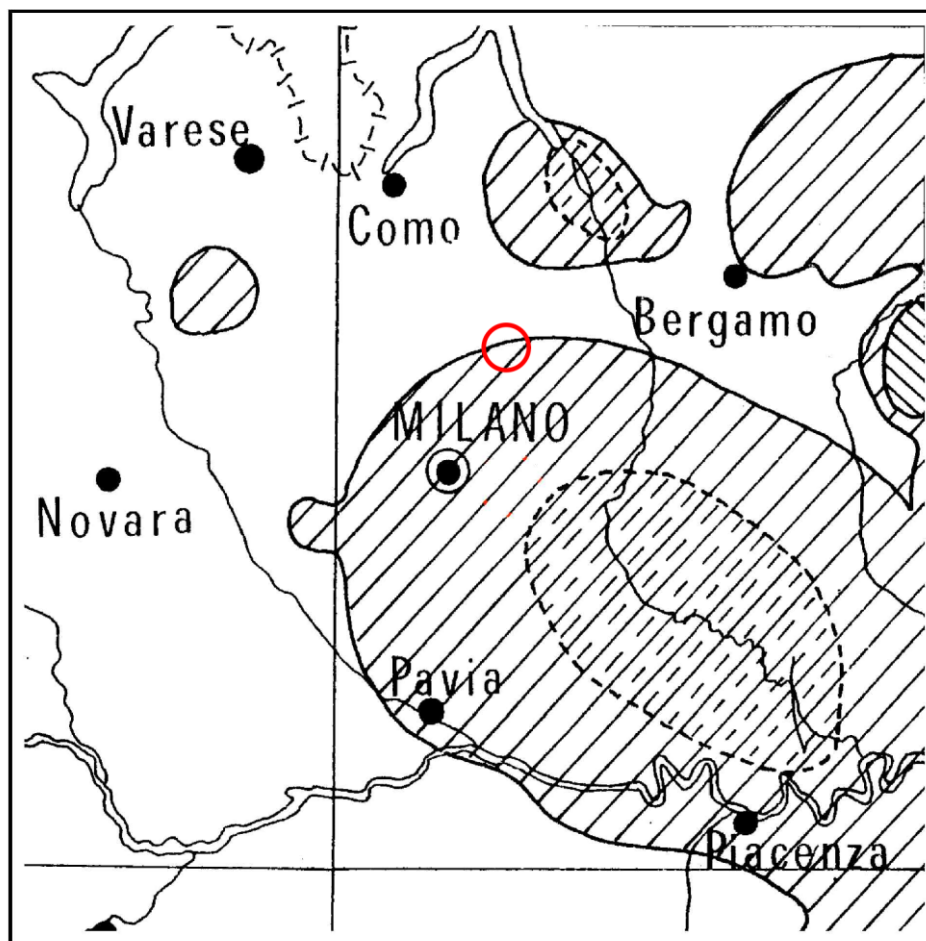
7.2 Attività sismica ed elementi neotettonici e strutturali, con cenni sulla sismicità del territorio

L'area comunale e quella provinciale nel suo complesso risultano caratterizzate da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VI° della scala Mercalli, come riscontrabile dai seguenti riferimenti bibliografici:

- *“Carta sismica d'Italia per il periodo 1893 - 1965 con le aree di massima intensità”* alla scala 1:1.000.000 a cura di E. Iaccarino per il Comitato Nazionale Energia Nucleare - Gruppo Attività Minerarie; Boschi E., Favali P., Scalera G. & Smeriglio G. (1995) - Fig. 29;
- *Massima intensità macrosismica risentita in Italia*. Carta scala 1:1.500.000, Istituto Nazionale di Geofisica - Fig. 30;
- Carta degli Ipocentri (Gasperini et al.) - Fig. 31;
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV) - Fig. 32 e Fig. 33.

Altre analisi (es. Molin D., Stucchi M. & Valensise G., 1996 - *Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Lombardia*. “Sicurezza - 96” - Milano Fiera, 26-30/11/96 – Fig. 36) includono il territorio comunale di Bellusco tra le aree in cui l'intensità massima dei sismi non ha superato in passato il VI° della scala MCS, dove gli effetti massimi attesi consistono in forti scuotimenti e possibilità di danni occasionali di lieve entità.

I maggiori terremoti lombardi si sono sviluppati nella zona bresciana, mentre nell'area brianzola gli eventi tellurici hanno sviluppato una magnitudo poco rilevante ed hanno risentito indirettamente dell'attività sismica dei comparti sismogenetici confinanti (aree appenniniche e zona bresciana in particolare).



LEGENDA



Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VI° grado della Scala Mercalli.



Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VI° - VII° grado della Scala Mercalli.

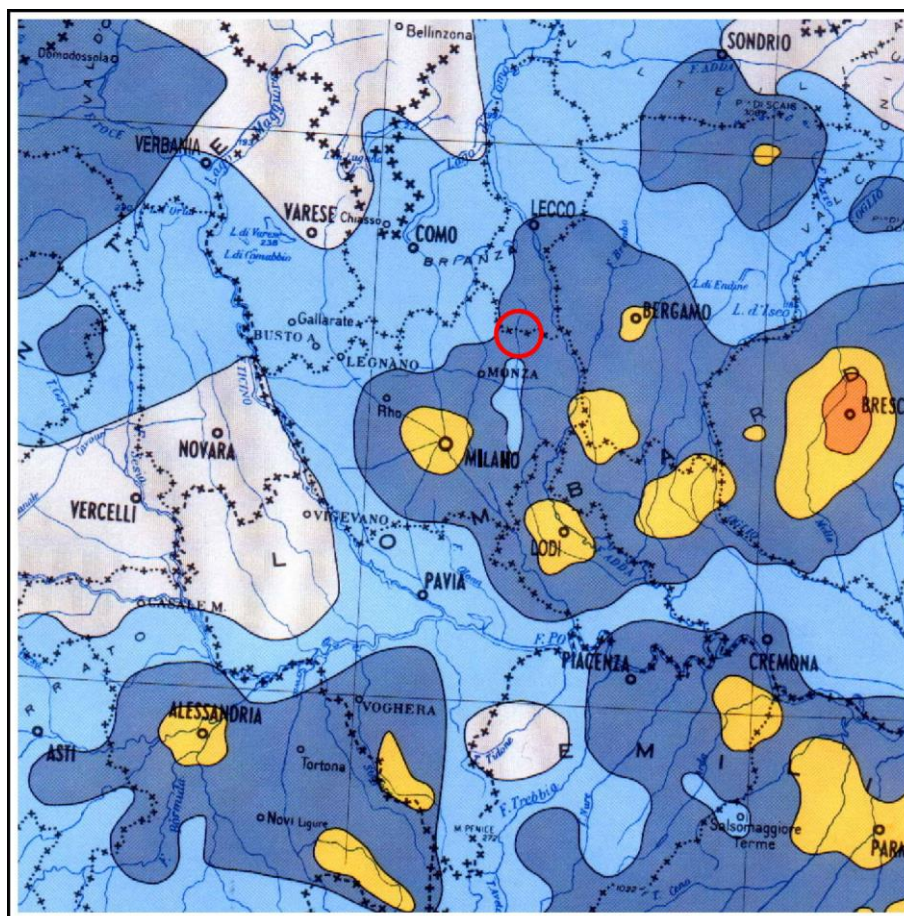


Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VII° grado della Scala Mercalli.

UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE



Fig. 29. Estratto della Carta Sismica d'Italia, periodo 1893-1965, con Aree di Massima Intensità.

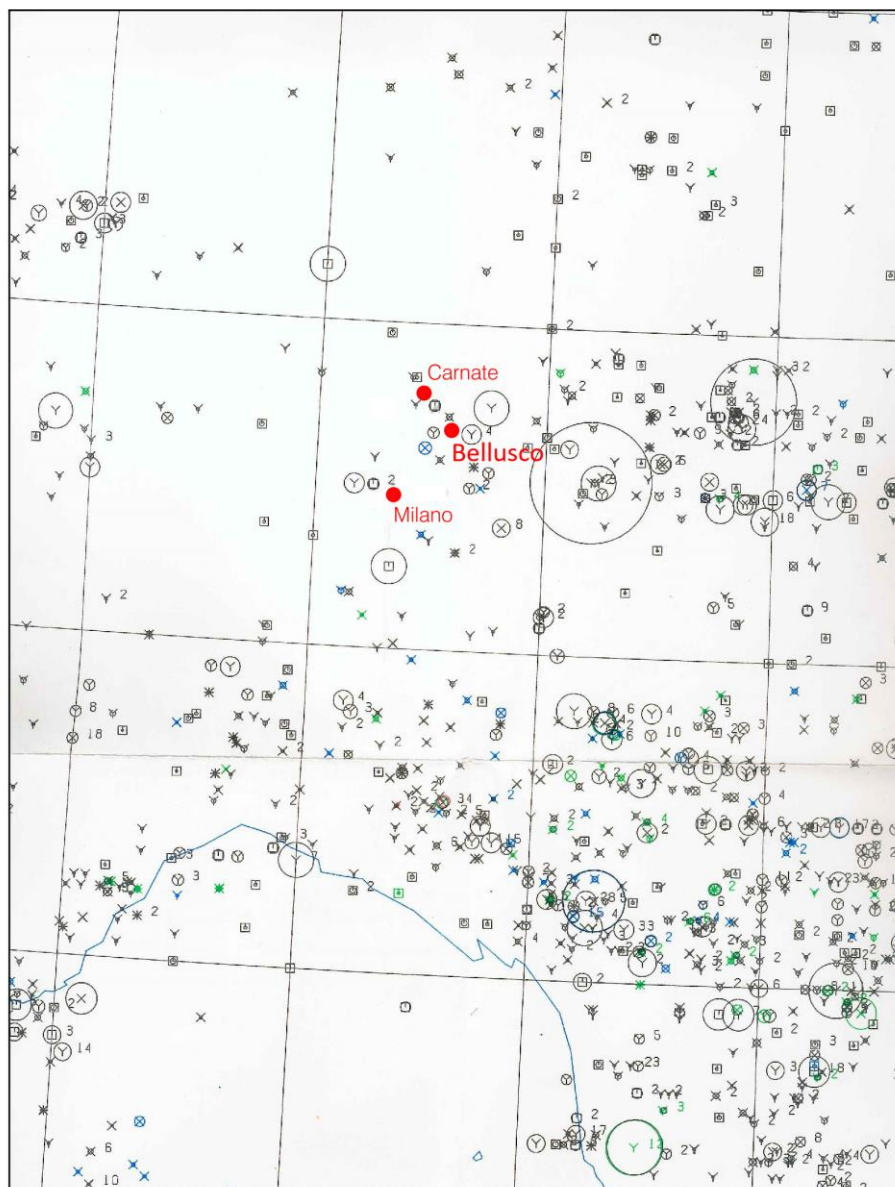


LEGENDA

Intensità espresse in scala M.C.S.

	Inferiore al VI grado Less than VI degree
	VI grado VI degree
	VII grado VII degree
	VIII grado VIII degree
	IX grado IX degree

Fig. 30. Estratto della Carta della Massima Intensità risentita in Italia.



Legenda

— Gli epicentri sono rappresentati per mezzo di cerchi il cui raggio è definito dal raggio della sfera del volume focale calcolato secondo la relazione di Bath e Duda (1964).
— La profondità (h) del fuoco è indicata per mezzo di diversi colori:

- $h \leq 5$ Km
- $5 \leq h \leq 25$ Km
e eventi per cui non si hanno informazioni
- $25 \leq h \leq 60$ Km
- $h \geq 60$ Km

Nel caso di terremoti che si sono ripetuti nello stesso luogo in periodi di tempo diversi può capitare che i diversi periodi sismici abbiano interessato diverse classi di profondità. Per evitare ambiguità e confusioni grafiche si è stabilito di rappresentare il focolaio sismico con il colore e il raggio che competono al terremoto a cui corrisponde la massima intensità; si hanno poi cerchi concentrici con raggi che decadono di 0,5 mm con colori corrispondenti alle altre classi di profondità interessate. Il numero totale di eventi che nel catalogo interessano lo stesso focolaio sismico viene indicato a lato del simbolo centrale.

Il colore del simbolo centrale è ancora quello che compete all'evento di massima intensità della sequenza di terremoti coincidenti, e il simbolo centrale è scelto in relazione alla classe di attendibilità della localizzazione epicentrale.

In particolare i simboli utilizzati sono i seguenti:

- * attendibilità della localizzazione inferiore a 10 Km
- X attendibilità della localizzazione inferiore a 25 Km
- Y attendibilità della localizzazione inferiore a 50 Km
- attendibilità della localizzazione superiore a 50 Km

Fig. 31. Estratto della Carta degli Epicentri (Gasparini et al.)



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_12783	Agliate	MB	4	1
IT_12492	Aicurzio	MB	3	1
IT_10694	Airuno	LC	F	2
IT_12507	Albiate	MB	3	3
IT_14249	Almenno San Bartolomeo	BG	5	3
IT_14269	Ambivere	BG	D	2
IT_14278	Arcene	BG	NF	2
IT_12519	Arcore	MB	4	2
IT_14295	Arzago d'Adda	BG	NF	2
IT_10748	Barzago	LC	5	4
IT_14327	Barzana	BG	3	1
IT_10759	Barzanò	LC	3	3
IT_12559	Basiano	MI	2-3	3
IT_12567	Bellinzago Lombardo	MI	3-4	2
IT_12569	Bellusco	MB	NF	2
IT_12573	Bernareggio	MB	NF	3
IT_12604	Besana in Brianza	MB	5-6	6
IT_12641	Biassono	MB	5	3
IT_14381	Boltiere	BG	NF	2
IT_14382	Bonate Sopra	BG	3	1
IT_14388	Bonate Sotto	BG	3-4	3
IT_13633	Bornago	MI	3-4	1
IT_14391	Bottanuco	BG	6	3
IT_14413	Brembate	BG	5	4
IT_14415	Brembate di Sopra	BG	4	2
IT_10804	Brivio	LC	4-5	5
IT_12728	Brugherio	MB	3	2
IT_12743	Burago di Molgora	MB	NF	1
IT_12749	Busnago	MB	3	2
IT_12755	Bussero	MI	3	4
IT_10836	Calco	LC	4-5	7
IT_14495	Calusco d'Adda	BG	6	5
IT_12765	Cambiago	MI	F	6
IT_12770	Camparada	MB	NF	1
IT_14511	Canonica d'Adda	BG	4-5	3
IT_14525	Capriate San Gervasio	BG	6	2
IT_14530	Caprino Bergamasco	BG	6	6
IT_12789	Carate Brianza	MB	4-5	5
IT_11326	Caravaggio	LC	2	1
IT_12800	Carnate	MB	NF	2
IT_12819	Carugate	MI	NF	2
IT_14566	Carvico	BG	F	4
IT_10911	Casatenovo	LC	3	3

Fig. 32. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Bellusco, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV) (pag. 1/4).



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_10940	Cassago Brianza	LC	NF	1
IT_12896	Cassano d'Adda	MI	6-7	4
IT_12907	Cassina de' Pecchi	MI	NF	2
IT_14596	Castel Rozzone	BG	NF	2
IT_10961	Castello di Brianza (Cologna)	LC	NF	1
IT_12938	Cavenago di Brianza	MB	3-4	3
IT_14534	Celana	BG	3	1
IT_10989	Cernusco Lombardone	LC	NF	2
IT_12952	Cernusco sul Naviglio	MI	6	8
IT_14653	Cisano Bergamasco	BG	4	3
IT_14661	Ciserano	BG	4-5	3
IT_11032	Colle Brianza (Nava)	LC	3-4	2
IT_14700	Comun Nuovo	BG	NF	1
IT_11421	Contra	LC	3	1
IT_13054	Cornate d'Adda	MB	3-4	3
IT_13077	Correzzana	MB	NF	1
IT_11117	Cremella	LC	F	3
IT_14765	Curno	BG	3-4	3
IT_14767	Dalmine	BG	6	4
IT_13119	Desio	MB	5	5
IT_14798	Fara Gera d'Adda	BG	5	3
IT_14803	Filago	BG	6	5
IT_13160	Gessate	MI	5	3
IT_13173	Gorgonzola	MI	4	11
IT_13188	Grezzago	MI	2-3	2
IT_12900	Gropello d'Adda	MI	4	1
IT_11276	Imbersago	LC	4-5	3
IT_13204	Inzago	MI	3-4	3
IT_14921	Lallio	BG	4	3
IT_13248	Lesmo	MB	3	2
IT_13275	Liscate	MI	7-8	3
IT_13279	Lissone	MB	3-4	3
IT_11328	Lomagna	LC	3	4
IT_11590	Loreto	LC	3	1
IT_14944	Lurano	BG	4	4
IT_13340	Macherio	MB	D	3
IT_14946	Madone	BG	NF	1
IT_14948	Mapello	BG	5-6	4
IT_13372	Masate	MI	3	4
IT_14963	Medolago	BG	2-3	3
IT_13421	Melzo	MI	4-5	5
IT_11401	Merate	LC	4-5	10
IT_13430	Mezzago	MB	3	2

Fig. 33. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Bellusco, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV)(pag. 2/4).



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_11442	Missaglia	LC	3-4	4
IT_12620	Montesiro	MB	3	1
IT_11491	Montevecchia	LC	F	1
IT_11500	Monticello Brianza	LC	5	3
IT_13492	Monza	MB	7-8	29
IT_15001	Mozzo	BG	NF	1
IT_11556	Olgiate	LC	3	1
IT_11551	Olgiate Molgora (Canova)	LC	2-3	2
IT_13565	Ornago	MB	NF	3
IT_15044	Osio Sopra	BG	NF	2
IT_15047	Osio Sotto	BG	2-3	2
IT_10988	Osnago	LC	3	1
IT_11592	Osnago	LC	NF	1
IT_11601	Paderno d'Adda	LC	3	3
IT_11403	Pagnano-Cicognola	LC	4	1
IT_15050	Paladina	BG	NF	1
IT_15065	Palazzago	BG	3-4	1
IT_10993	Paravino	LC	F	2
IT_11616	Perego	LC	3	2
IT_13635	Pessano con Bornago (Pessano)	MI	3-4	2
IT_13662	Pioltello	MI	4	4
IT_15100	Pognano	BG	3-4	2
IT_15111	Ponte San Pietro	BG	5	6
IT_15135	Pontida	BG	6	3
IT_15138	Pontirolo Nuovo	BG	NF	1
IT_13669	Pozzo d'Adda	MI	4-5	2
IT_13673	Pozzuolo Martesana	MI	3-4	3
IT_15152	Presezzo	BG	2	2
IT_14953	Prezzate	BG	3-4	1
IT_13681	Renate	MB	2	2
IT_19126	Rivolta d'Adda	CR	5	4
IT_11673	Robbiate	LC	NF	1
IT_13720	Ronco Briantino	MB	3	2
IT_11698	Rovagnate	LC	3-4	3
IT_71989	Sabbio Bergamasco	BG	6	1
IT_72224	San Genesio	LC	SF	1
IT_11729	Santa Maria Hoè	LC	3-4	4
IT_11406	Sartirana	LC	4	2
IT_13867	Segrate	MI	F	1
IT_11765	Sirtori	LC	NF	1
IT_15367	Solza	BG	6	2

Fig. 34. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Bellusco, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV)(pag. 3/4).



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_15382	Sotto il Monte Giovanni XXIII	BG	6	2
IT_13939	Sovico	MB	4	2
IT_15401	Stezzano	BG	4-5	3
IT_15407	Suisio	BG	6	3
IT_15424	Terno d'Isola	BG	3	2
IT_15441	Torre de' Busi	LC	3-4	3
IT_13674	Trecella	MI	4	1
IT_15474	Treviglio	BG	6-7	23
IT_15486	Treviolo	BG	4-5	3
IT_13964	Trezzano Rosa	MI	NF	1
IT_13970	Trezzo sull'Adda	MI	NF	2
IT_13997	Triuggio	MB	3-4	1
IT_14028	Usmate Velate (Usmate)	MB	3	1
IT_15510	Valbrembo (Scano al Brembo)	BG	3-4	3
IT_11832	Valgrehentino	LC	NF	2
IT_14053	Vaprio d'Adda	MI	4-5	7
IT_14062	Vedano al Lambro	MB	NF	1
IT_15547	Verdellino	BG	5	3
IT_15553	Verdello	BG	5	6
IT_11894	Verderio (Inferiore)	LC	3	3
IT_11906	Viganò	LC	NF	2
IT_14096	Vignate	MI	NF	4
IT_15572	Villa d'Adda	BG	F	3
IT_14108	Villasanta	MB	NF	3
IT_14123	Vimercate	MB	5	9
IT_14132	Vimodrone	MI	2-3	2
IT_15548	Zingonia	BG	6	1
IT_12630	Zoccorino	MB	3	1

Fig. 35. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Bellusco, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV)(pag. 4/4).

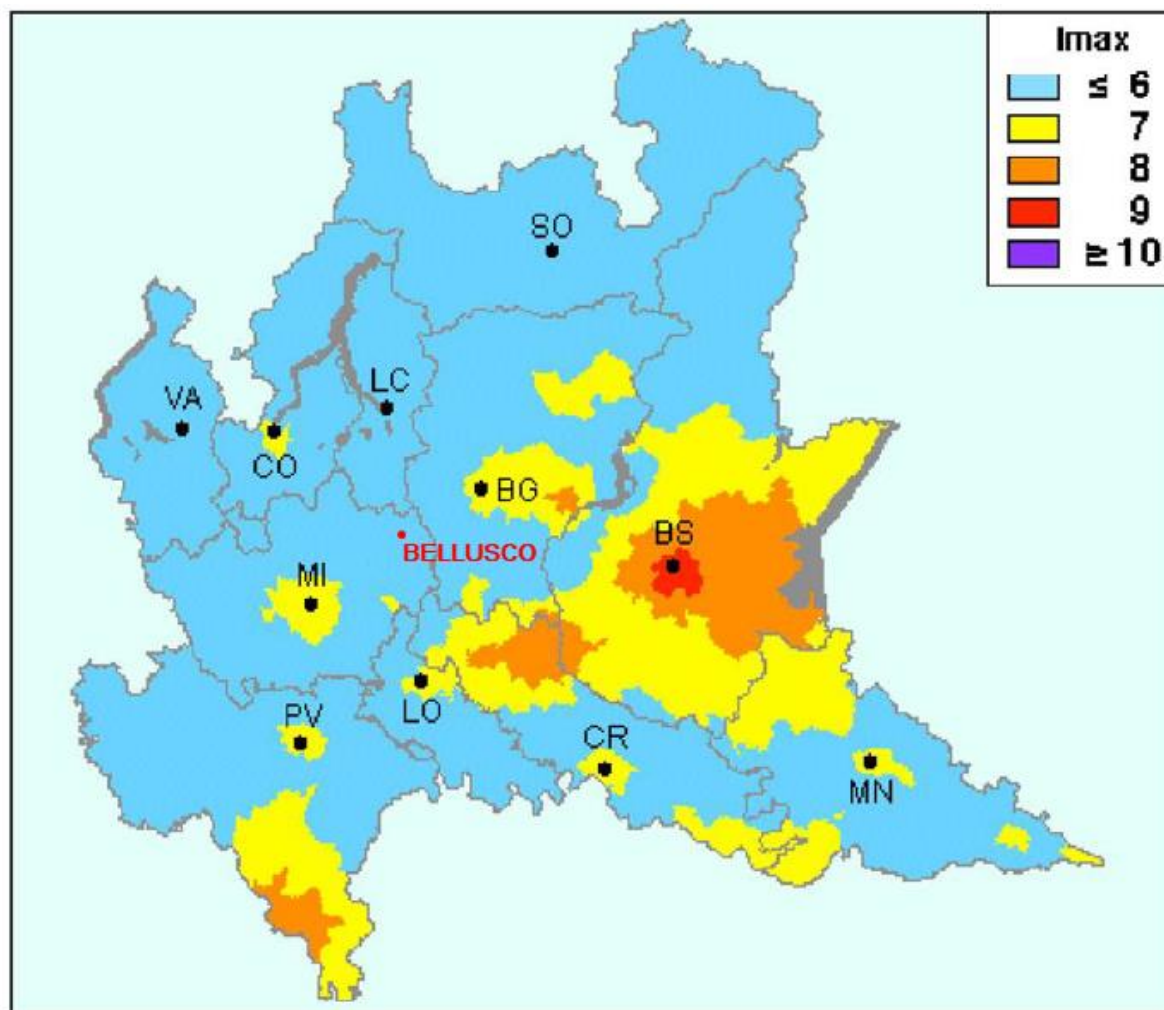


Fig. 36. Carta della Massime Intensità Macrosismiche osservate nei Comuni della Regione (Molin et al.).

Per quel che attiene all'aspetto sismotettonico, la zona in studio ricade in un ambito caratterizzato (M.S. Barbano et al., 1982) da uno spessore crostale dell'ordine dei 25÷30 Km e da una sismicità bassa. Infatti in tale porzione della Lombardia l'attività sismica è da considerarsi ovunque scarsa.

Tutto ciò trova giustificazione, dal punto di vista geologico, nella collocazione del territorio in esame all'interno di una vasta area caratterizzata da un notevole spessore di depositi alluvionali, che è stata interessata in passato da fenomeni di sollevamento modesti e pressoché continui nel Pliocene e in parte nel Pleistocene inferiore, a cui sono succeduti deboli sollevamenti (Fig. 37).

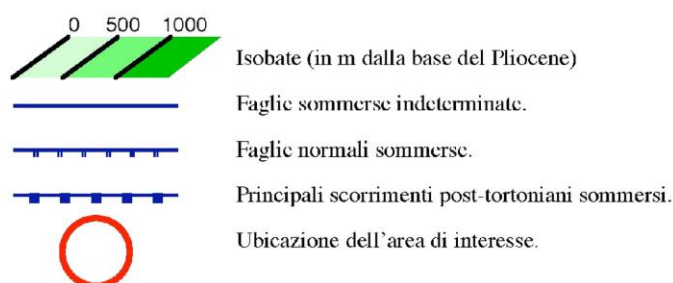
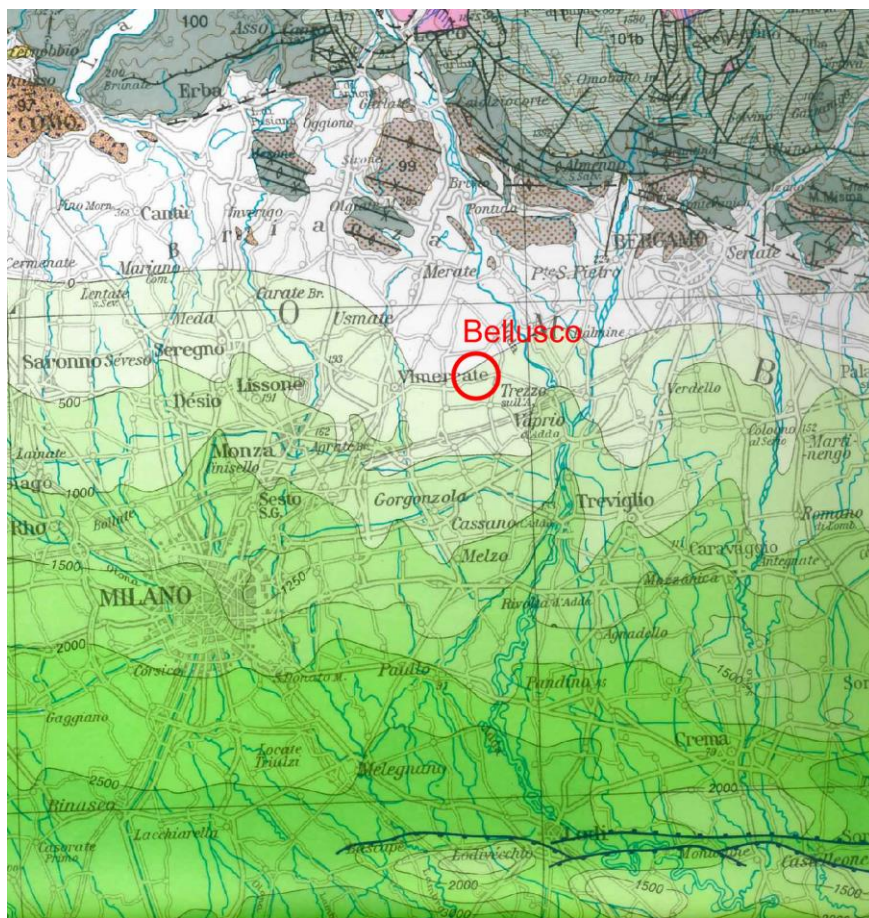
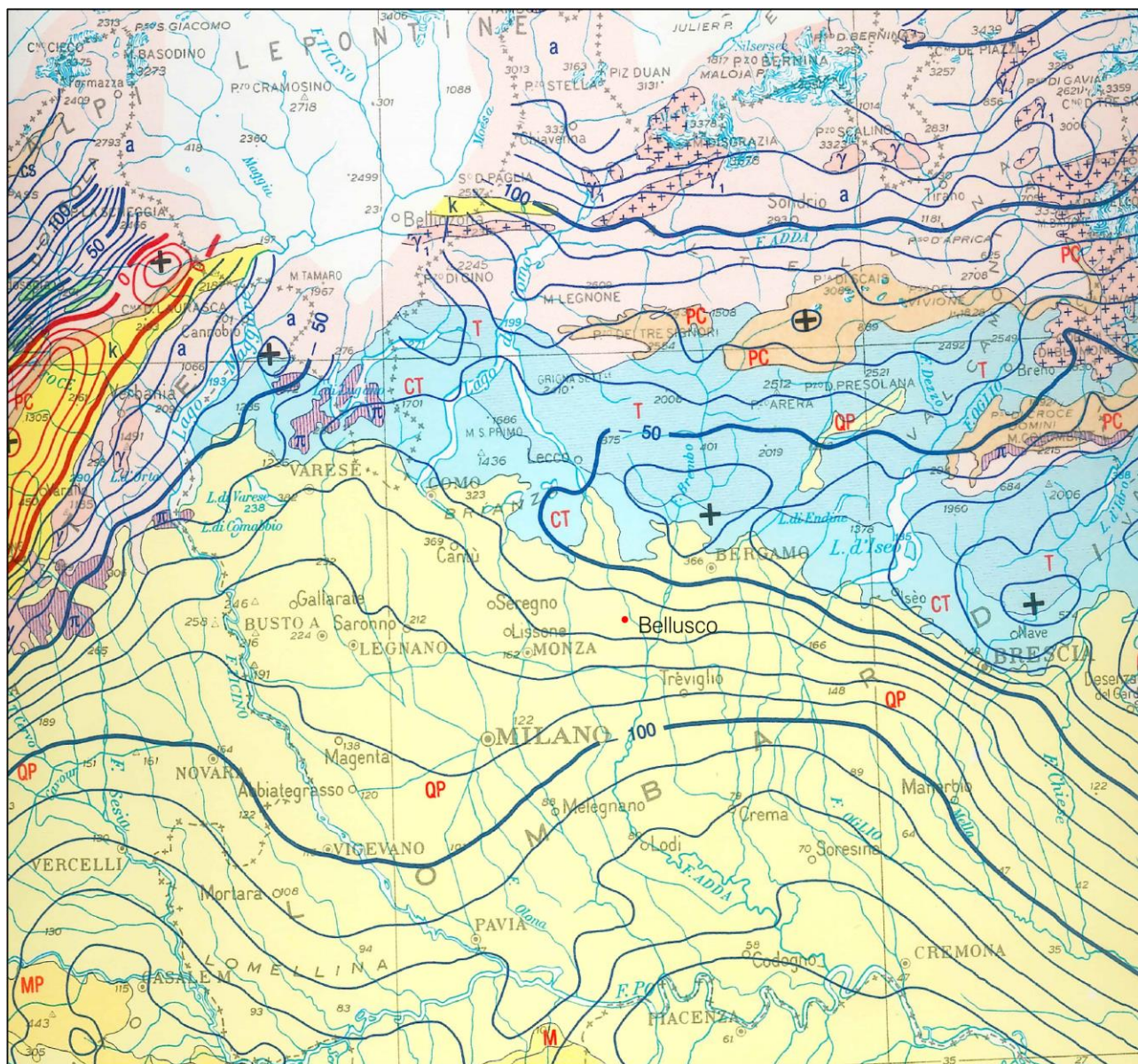


Fig. 37. Estratto del Modello Strutturale d'Italia (Barberi et al.).

Va inoltre fatto notare che l'area su cui ricade il territorio comunale, pur trovandosi a distanza piuttosto modesta rispetto a strutture sepolte della pianura o del pedemonte (Fig. 38), alcune delle quali si ritiene non abbiano ancora raggiunto un assetto tettonico definitivo, non risulta comunque direttamente interessata da alcuna di esse come osservabile anche dall'assenza di fenomeni morfologici particolari.



ISOANOMALE DI BOUGUER

(Equidistanza: 10 mgal)

DENSITÀ DI MISURA

- 1 staz./km² in pianura;
- 0,7 staz./km² in aree appenniniche e del mare Adriatico;
- 0,1 staz./km² in aree alpine e del mare Tirreno;

+100 Anomalie gravimetriche positive
-50 Anomalie gravimetriche negative
+ Massimi gravimetrici
- Minimi gravimetrici

QUOTA DI RIFERIMENTO: livello del mare.

GRAVITÀ NORMALE = $978,049 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2\varphi)$ mgal.

Carta Gravimetrica

Fig. 38. Estratto della Carta Gravimetrica d'Italia (Servizio Geologico d'Italia).





7.3 La Pericolosità Sismica Locale

7.3.1 Premessa

A seguito dell'aggiornamento normativo della Regione Lombardia introdotto con la d.g.r. 2129/2014 il **territorio Comunale di Bellusco è stato classificato nella Zona 3.**

ELENCO DEI COMUNI CON INDICAZIONE DELLE RELATIVE ZONE SISMICHE E DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA (AGMAX) PRESENTE ALL'INTERNO DEL TERRITORIO COMUNALE (O.P.C.M. 3519/06 E DECRETO MIN. INFRASTRUTTURE 14/01/08)

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03108006	MB	BELLUSCO	3	0,076241

L'area d'interesse, è classificata a rischio sismico medio-basso (Zona 3). L'accelerazione orizzontale prevista su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s) è di $A_{gmax} = 0,076241g$.

Come contemplato dalla citata d.g.r. n.9/2616 del 30/11/2011, si è quindi provveduto ad analizzare le problematiche inerenti la sismicità locale ed a predisporre la Carta della Pericolosità Sismica Locale, con alcuni approfondimenti di secondo livello in aree selezionate.

7.3.2 Analisi e valutazione degli effetti di sito finalizzati alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio (d.g.r. 30 novembre 2011, n.9/2616)

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:



- **gli effetti di amplificazione topografica** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio e la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico;
- **gli effetti di amplificazione litologica** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali e orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del



materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

7.3.2.1 Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente:

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

7.3.2.2 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi (modalità indicate nel § 7.11.3 – NTC2018). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di seguito definite, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo (§ 6.2.2 – NTC 2018).

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche per i terreni a grana fine.

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

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, N il numero di strati e H la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

7.3.2.3 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.



7.3.2.4 Procedure per l'analisi della sismicità del territorio e la redazione della carta della pericolosità sismica locale

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno «Studio-Pilota» redatto dal Politecnico di Milano - Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1° Livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo.

2° Livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

Fa di soglia				
Intervallo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1-0.5 s	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5-1.5 s	1.7	2.4	4.2	3.1

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano).

Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore e, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Il secondo livello è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) e interferenti con l'urbanizzato c/o con le aree di espansione urbanistica.



Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2a/b e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

3° Livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti c/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2a/b e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dalla normativa, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

7.3.2.5 Sintesi delle procedure

La tabella sotto riportata illustra in modo sintetico e esemplificativo, i percorsi da seguire, gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica di appartenenza e del livello di approfondimento richiesto:



	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.

7.3.3 Valutazione della Pericolosità Sismica Locale del Comune di Bellusco - (1° Livello)

La normativa regionale, prevede per tutti i Comuni, la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL). Nella carta deve essere riportata la perimetrazione areale degli scenari di pericolosità secondo quanto stabilito dalla normativa regionale.

Dall'esame della **Tav. 5** (Fig. 39) si possono evidenziare i seguenti aspetti:

- gran parte del territorio comunale è classificato con la sigla **Z4a** "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi";
- le aree oggetto di riempimenti e/o riporti sono cartografate come zone **Z2a**.



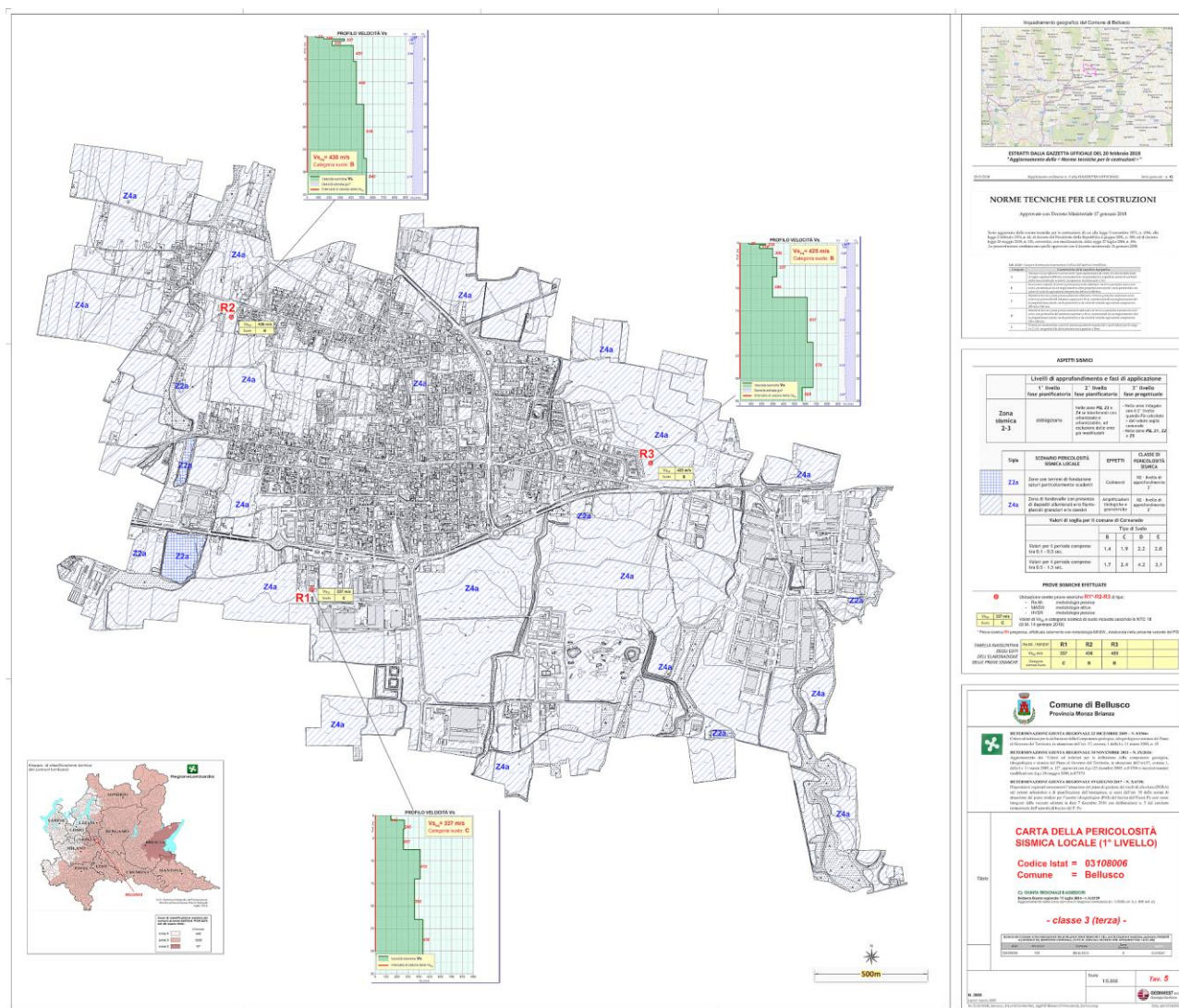


Fig. 39. Carta della Pericolosità Sismica Locale (Tav. 5, fuori scala).

Come si può osservare dalla tabella sotto riportata, i possibili effetti per la categoria **Z4a** sono essenzialmente limitati a possibili amplificazioni litologiche, mentre per la categoria **Z2a** sono prevedibili cedimenti.



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

7.3.4 Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi (Fa) – (2° Livello)

L'analisi di 2° livello prevede un approccio di tipo semi-quantitativo e fornisce una stima del valore del **Fattore di amplificazione (Fa)** dell'area. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale, in particolare:

- l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide;
- l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte più flessibili.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento della Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi delle prove SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie sabbiose.

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento della V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 800 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2. Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte. All'interno della scheda di valutazione si seleziona, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicate con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T .

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s.

7.3.4.1 Indagini geofisiche per la ricostruzione del profilo V_s

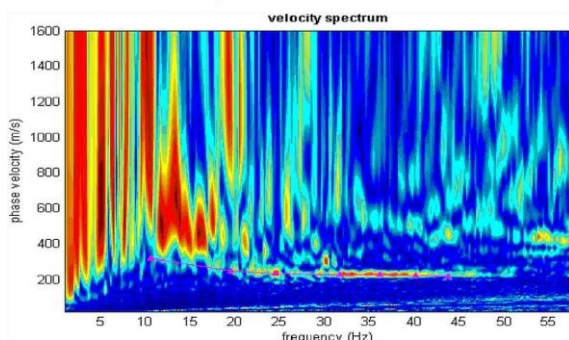
Per una valutazione delle tipologie dei terreni di fondazione come definito dal D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" sono state realizzate una serie di misure sismiche passive e attive (Re.Mi. e MASW, es. Fig. 40), i cui esiti e ubicazioni sono evidenziati nelle figure seguenti (da Fig. 41 a Fig. 43).



Fig. 40. Stendimento sismico per la prova ReMi/MASW sul sito d'indagine R3.

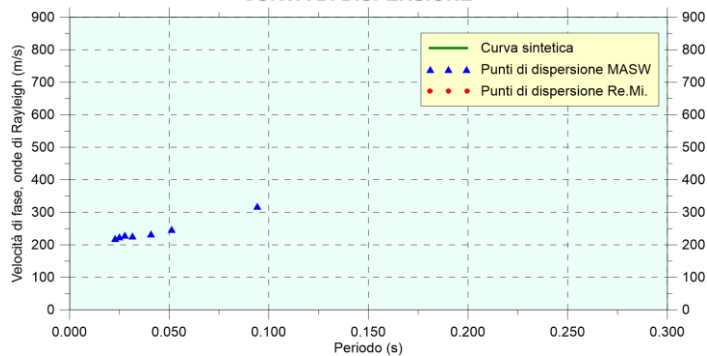
Prova Masw – R1

PROVA MASW - Spettro medio

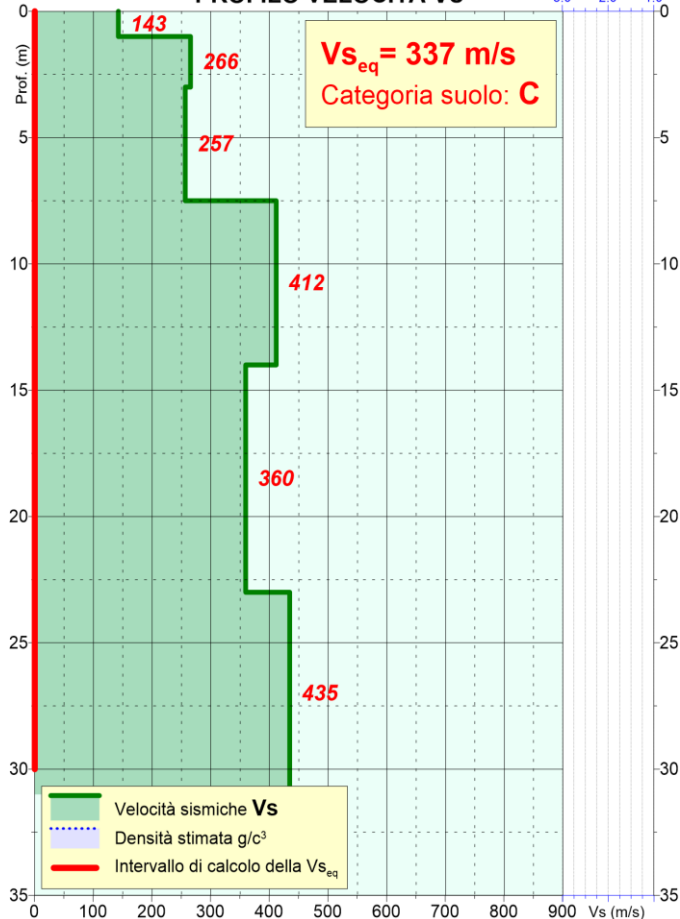


PROVA REMI - Spettro medio

CURVA DI DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ V_s



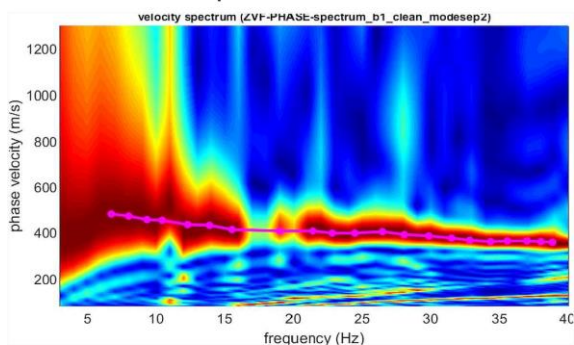
Ubicazione prova



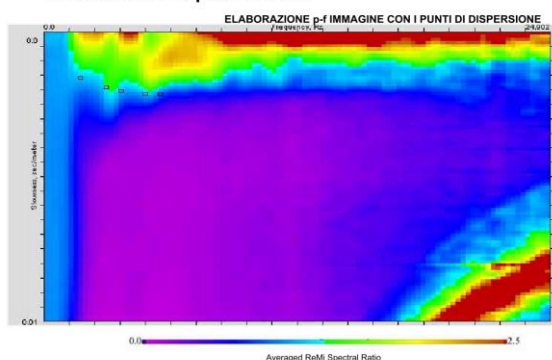
Fig. 41. Scheda prova sismica ReMi R1 (fonte: Relazione da archivio comunale).

Prova Masw/Re.Mi. – R2

PROVA MASW - Spettro medio



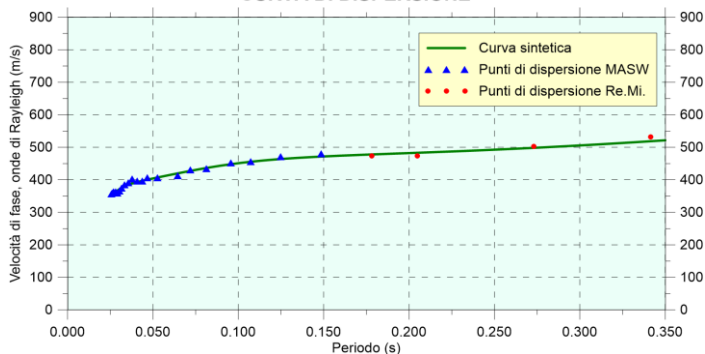
PROVA REMI - Spettro medio



Ubicazione prova



CURVA DI DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

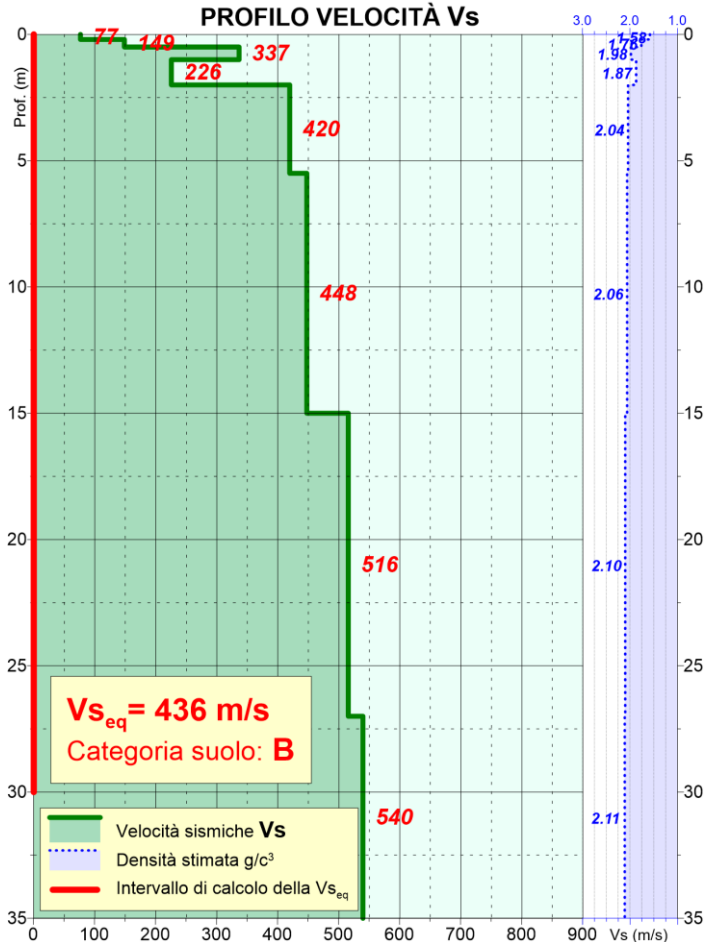
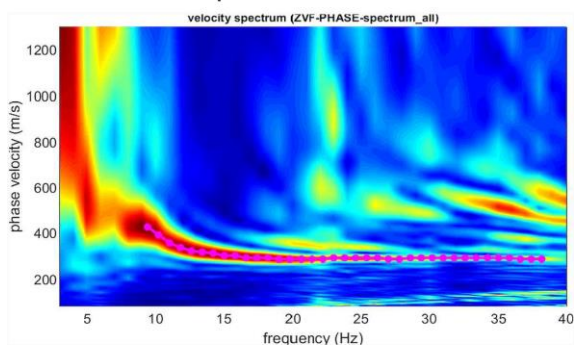


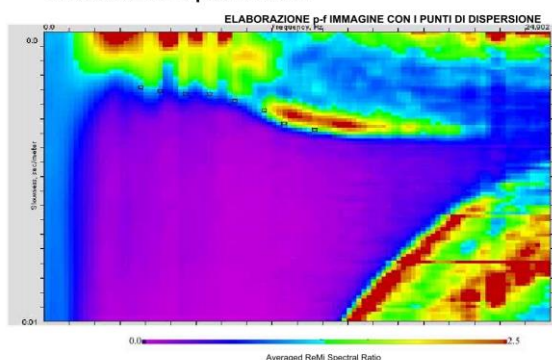
Fig. 42. Scheda prova sismica Remi/MASW R2.

Prova Masw/Re.Mi. – R3

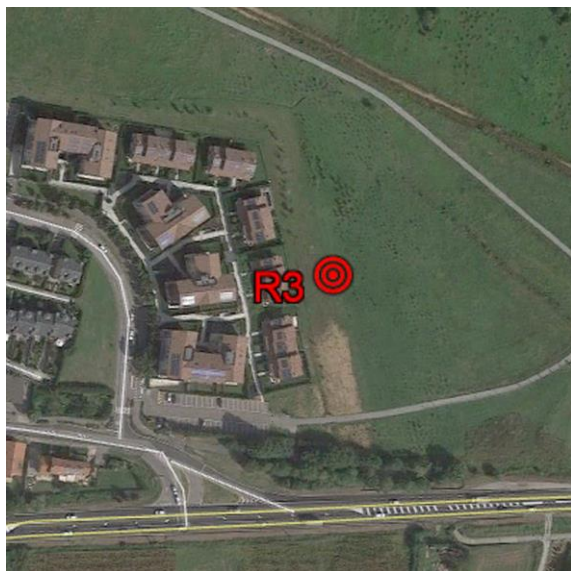
PROVA MASW - Spettro medio



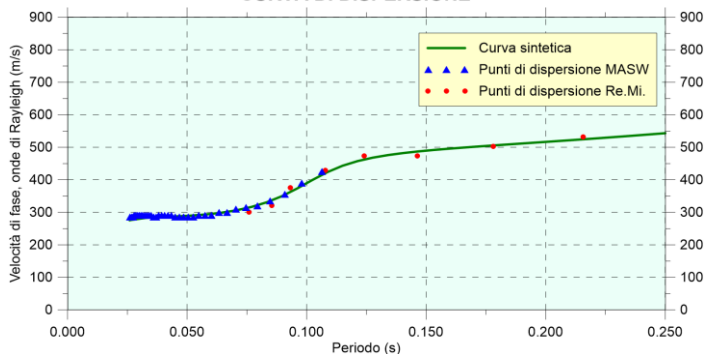
PROVA REMI - Spettro medio



Ubicazione prova



CURVA DI DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ V_s

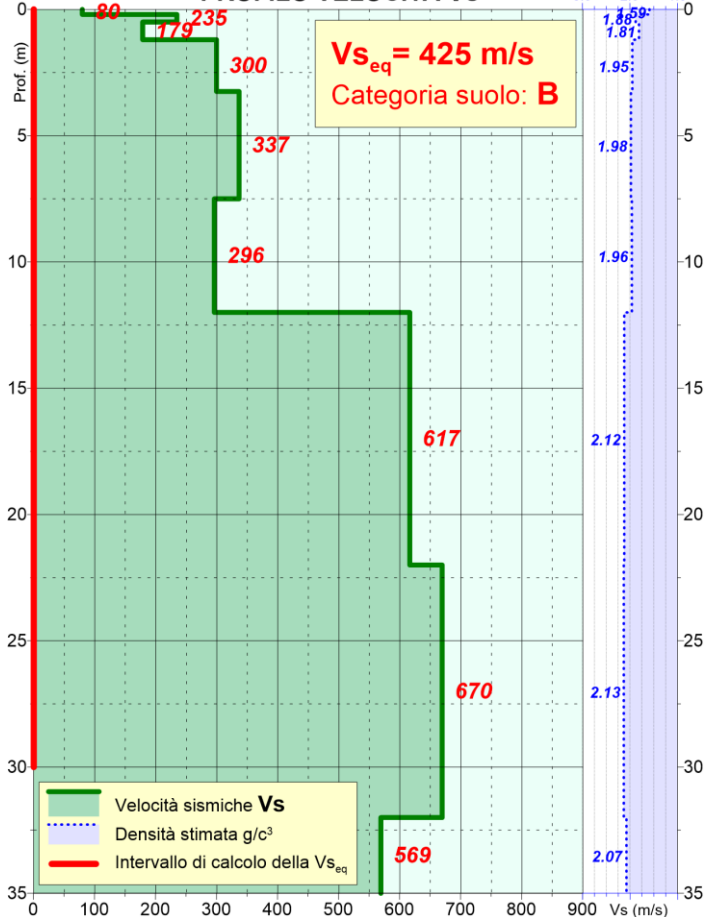


Fig. 43. Scheda prova sismica Remi/MASW R3.



7.3.4.2 Stima del fattore di amplificazione

Per valutare il fattore di amplificazione in base alla normativa regionale il profilo di velocità delle “onde S” ottenuto è stato confrontato con quelli relativi alle singole schede litologiche di riferimento (Fig. 44 a Fig. 46).

In base sia a criteri litologici che al profilo di velocità delle “onde S”, per il calcolo dell’amplificazione è stata scelta la scheda sabbiosa, l’unica che ricomprende l’intero profilo Vs nel campo di validità.

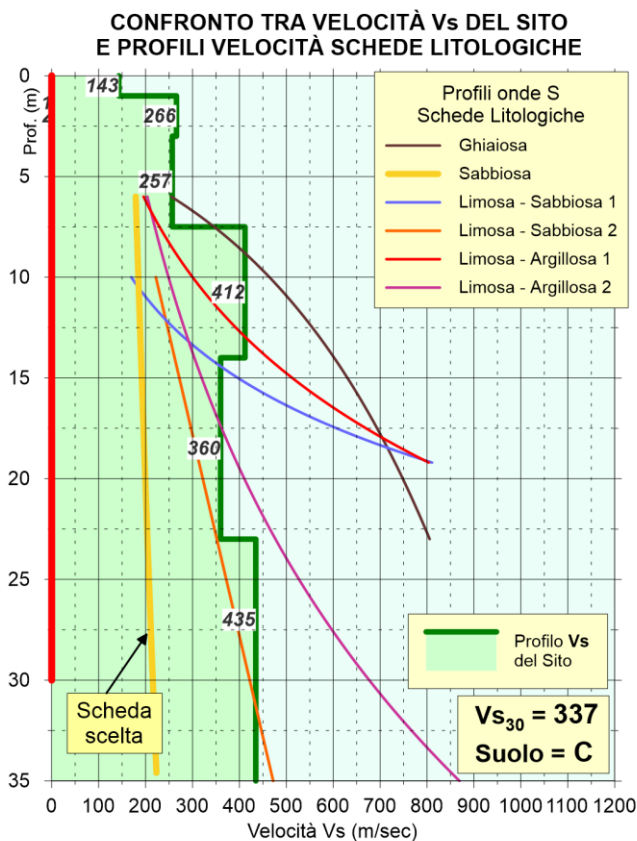
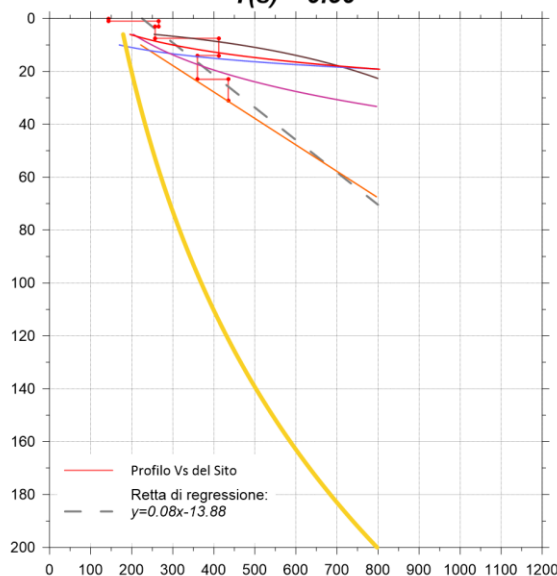
Per ogni punto di misura è stata definita la profondità del Bedrock sismico e assegnata una categoria di suolo da verificare.

Il periodo proprio del sito è stato calcolato a partire dal profilo delle velocità Vs ricostruito mediante le prove ReMi-MASW.

Punto di misura	Prof. Bedrock sismico	Periodo T di sito	Categoria di suolo assegnata e da verificare
R1	70 m	0.56 s	C
R2	92 m	0.64 s	B
R3	83 m	0.57 s	B

All’interno delle schede di valutazione, in base alla velocità degli strati superficiali, per i punti R1 e R2 è stata scelta la curva 2, mentre per il punto R3 è stata scelta la curva 1. I fattori di amplificazione calcolati sono stati confrontati con i valori di soglia calcolati per il Comune dalla Regione Lombardia.

Punto di misura	Suolo da verificare	Periodo tra 0.1 e 0.5 s		Periodo tra 0.5 e 1.5 s	
		Calcolato	Soglia	Calcolato	Soglia
R1	C	1.34	1.85 (+0.1)	1.92	2.41 (+0.1)
R2	B	1.22	1.44 (+0.1)	1.98	1.71 (+0.1)
R3	B	1.53	1.44 (+0.1)	1.56	1.71 (+0.1)

**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**
Comune di Riferimento: **BELLUSCO****R1****SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA****CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**
 $T(s) = 0.56$ **SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**
(In funzione della profondità e velocità V_s dello strato superficiale)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
450	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
600	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
700	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.1 e 0.5

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a0.1-0.5} = 1.00$

CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.5 e 1.5

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a0.5-1.5} = 0.57 T^2 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

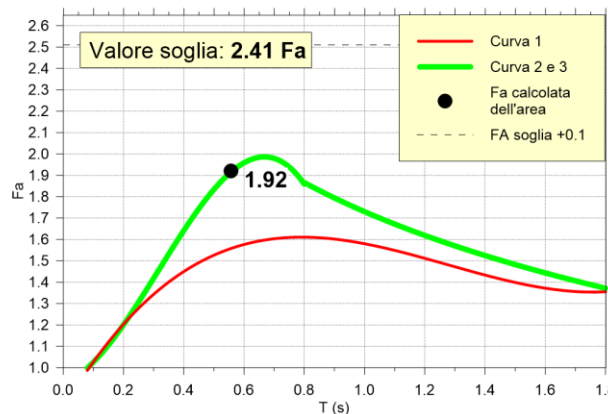
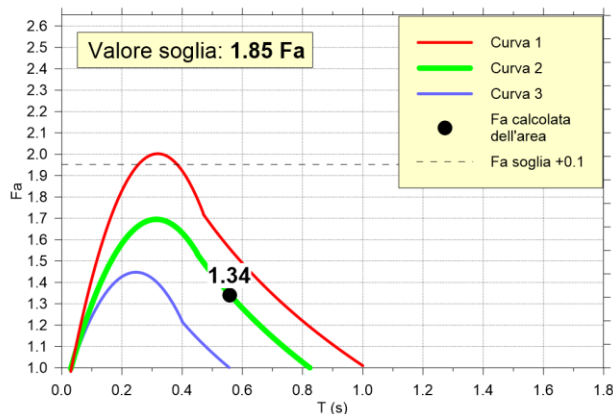
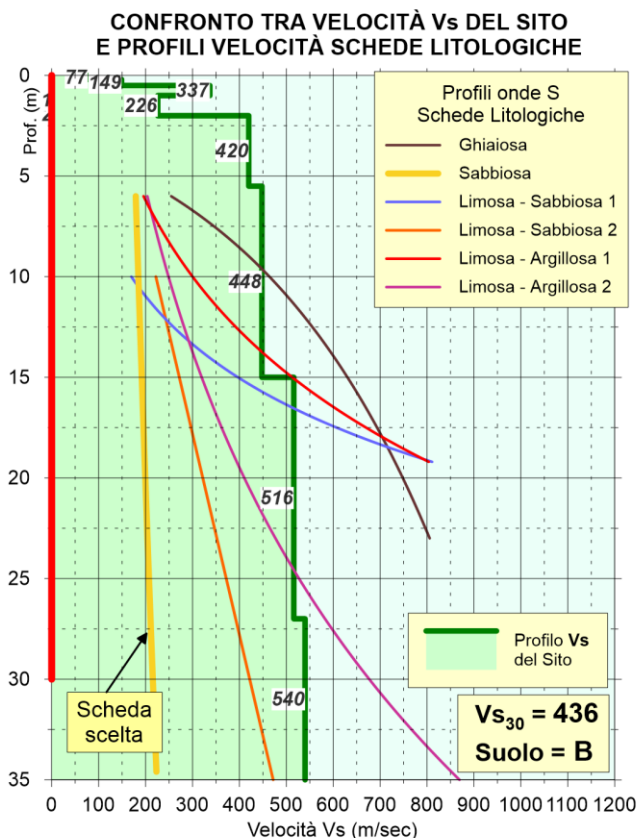
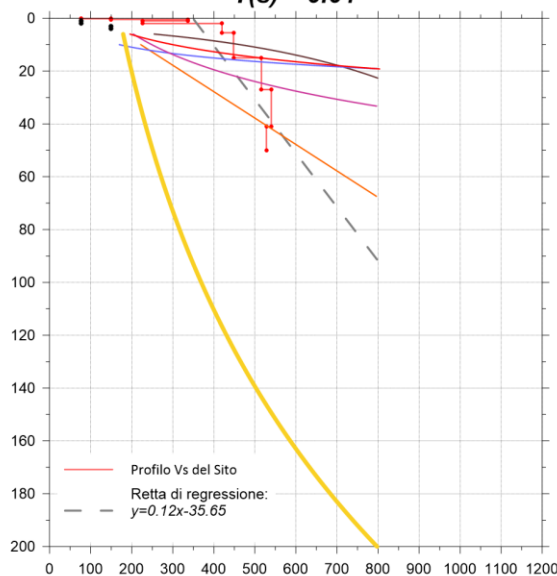


Fig. 44. Scheda litologica per il punto di prova R1.



**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**
Comune di Riferimento: **BELLUSCO****R2****SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA****CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**
 $T(s) = 0.64$ **SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**
(In funzione della profondità e velocità V_s dello strato superficiale)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
450	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
600	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
700	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.1 e 0.5

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a 0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 \leq T \leq 1.00$ $F_{a 0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a 0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a 0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 \leq T \leq 0.80$ $F_{a 0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a 0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a 0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 \leq T \leq 0.55$ $F_{a 0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a 0.1-0.5} = 1.00$

CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.5 e 1.5

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a 0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T \leq 0.80$ $F_{a 0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a 0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

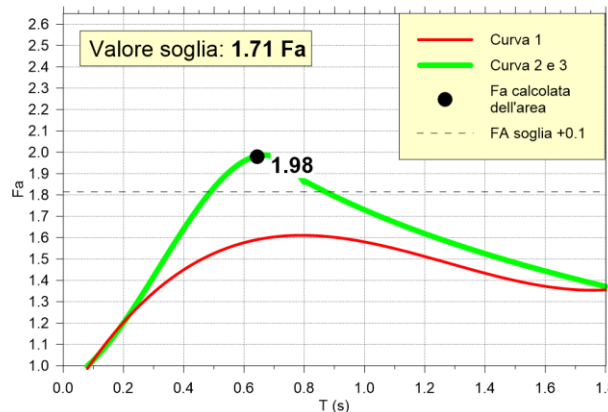
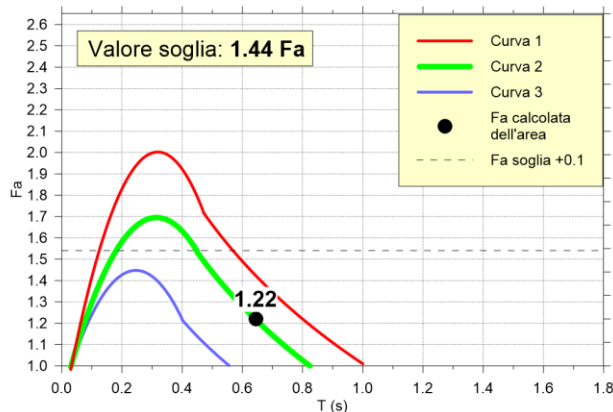
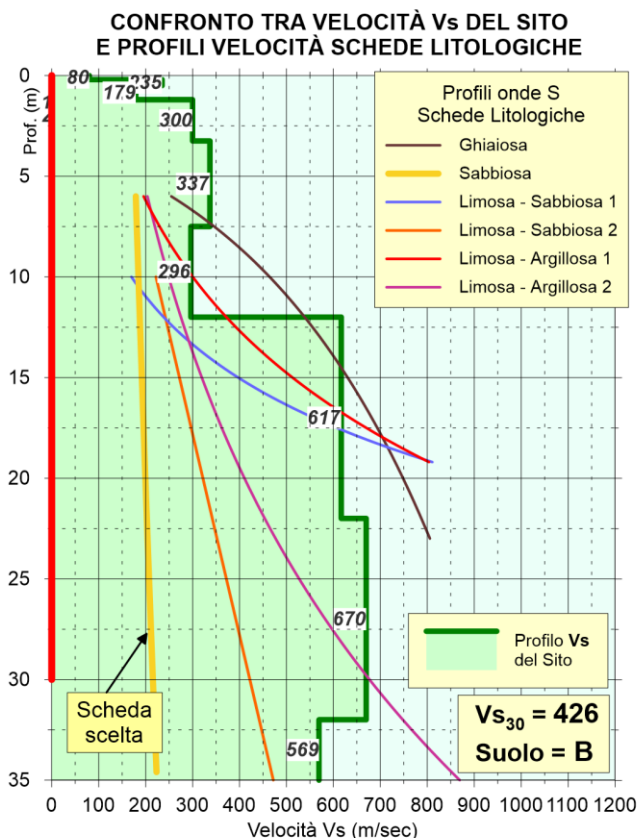
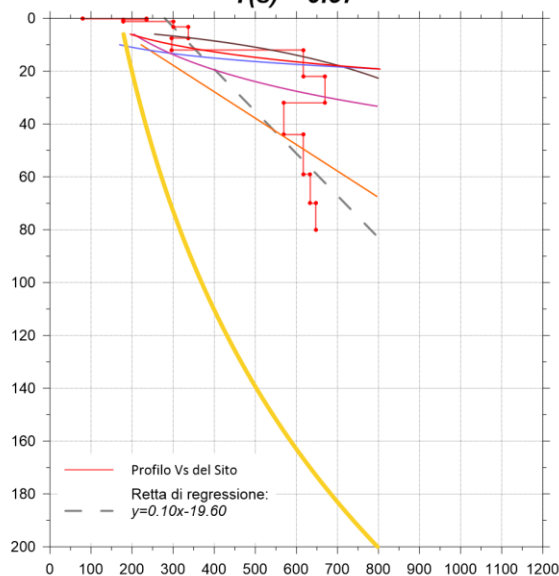


Fig. 45. Scheda litologica per il punto di prova R2.



**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**
Comune di Riferimento: **BELLUSCO****R3****SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA****CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**
 $T(s) = 0.57$ **SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**
(In funzione della profondità e velocità V_s dello strato superficiale)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
250	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
300	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
350	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
450	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
500	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
600	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
700	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.1 e 0.5

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a,0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a,0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a,0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a,0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a,0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a,0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a,0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a,0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a,0.1-0.5} = 1.00$

CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.5 e 1.5

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a,0.5-1.5} = 0.57 T^2 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a,0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a,0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

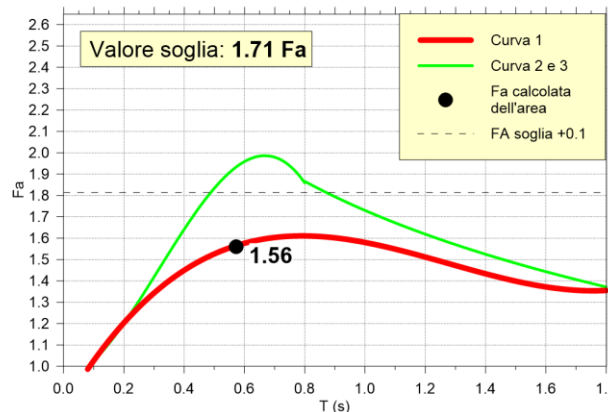
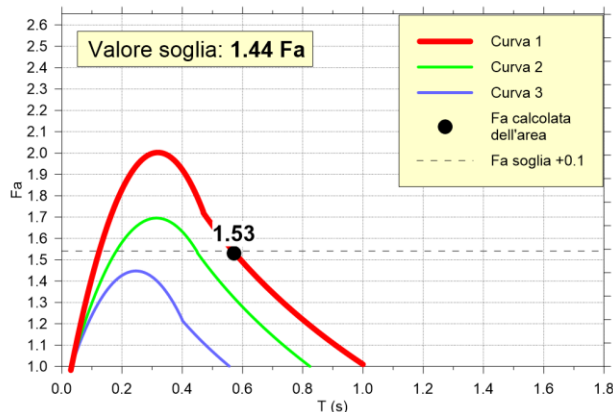


Fig. 46. Scheda litologica per il punto di prova R3.

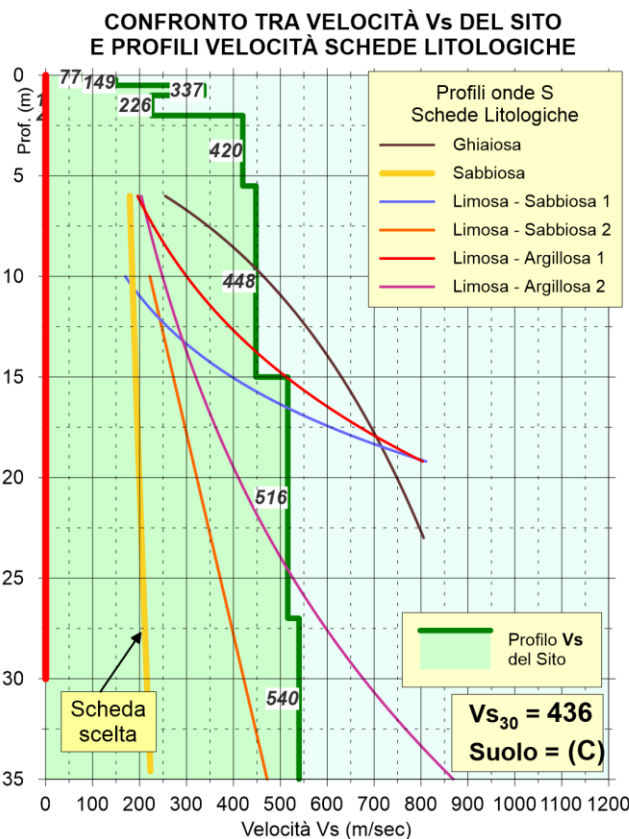




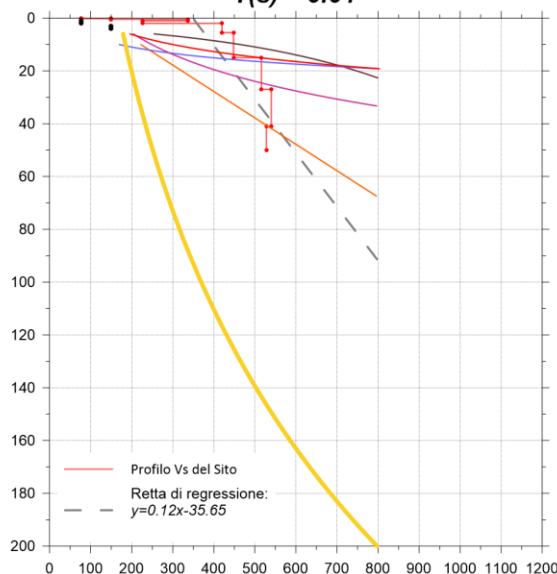
Dai risultati delle elaborazioni si può evidenziare che:

- Il valore del fattore di amplificazione calcolato per il periodo 0.1-0.5 s è **sempre inferiore al valore soglia** in tutti i punti di verifica e quindi la normativa nazionale è da ritenersi applicabile senza operare un declassamento della categoria di suolo;
 - o occorre tuttavia osservare che nel punto R3 il valore del fattore di amplificazione calcolato è inferiore al valore soglia solo applicando la tolleranza di +0.1; si raccomanda perciò particolare attenzione in tale aree e si segnala l'opportunità di ulteriori puntuali e specifiche valutazioni in occasione di interventi edilizi che riguardino tale tipologie di costruzioni, fino alla realizzazione di eventuali studi di terzo livello o declassamento della categoria del suolo
- Il valore del fattore di amplificazione calcolato per il periodo 0.5-1.5 s (riferibile a strutture alte e più flessibili) è inferiore al valore soglia in tutti i punti di verifica ad eccezione del punto R2:
 - o nei punti R1 e R3 la normativa nazionale è da ritenersi formalmente applicabile senza operare un declassamento della categoria di suolo.
 - o nel punto R2 la normativa nazionale NON è da ritenersi applicabile utilizzando un suolo di tipo B; si è quindi provveduto ad effettuare la verifica declassando il suolo da B a C, ottenendo in questo modo la compatibilità con la normativa nazionale per la categoria di suolo C (tabella seguente) per il periodo 0.5-1.5 s.

Punto di misura	Suolo da verificare	Periodo tra 0.1 e 0.5 s		Periodo tra 0.5 e 1.5 s	
		Calcolato	Soglia	Calcolato	Soglia
R2	C			1.98	2.41 (+0.1)

**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**
Comune di Riferimento: **BELLUSCO****R2****SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA****CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**

$$T(s) = 0.64$$

**SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**(In funzione della profondità e velocità V_s dello strato superficiale)

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

CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.1 e 0.5

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a(0.1-0.5)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a(0.1-0.5)} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.94$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a(0.1-0.5)} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a(0.1-0.5)} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.96$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a(0.1-0.5)} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.00$

CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA F_a 0.5 e 1.5

Curva		
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$	
	$F_{a(0.5-1.5)} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$	$0.80 \leq T \leq 1.80$
	$F_{a(0.5-1.5)} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$F_{a(0.5-1.5)} = 1.73 - 0.61 \ln T$

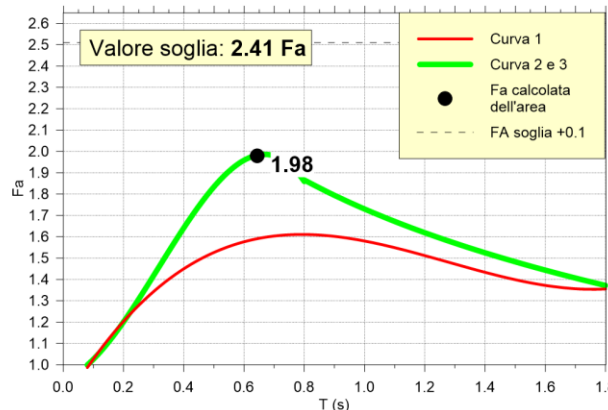
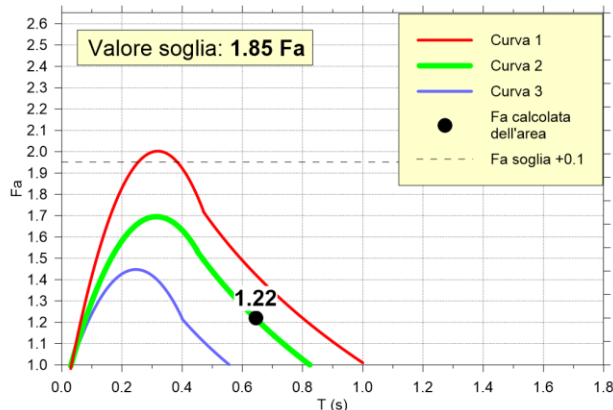


Fig. 47 – Scheda litologica per il punto di prova R2, declassato a suolo C.





7.4 Valutazione dell'azione sismica di progetto (NTC 2018)

7.4.1 Descrizione del moto sismico

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie;
- storia temporale del moto del terreno.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Ai fini della normativa NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vg} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per tali valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle **NTC**, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente



presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche definiscono la risposta sismica locale.

7.4.2 Azione sismica di progetto e spettro di risposta del sito

Nel presente lavoro l'azione sismica è descritta in termini di "accelerazione massima e relativo spettro di risposta atteso in superficie".

Una volta determinati i parametri del sito (accelerazione massima in superficie, suolo di fondazione e categoria topografica) è possibile calcolare con appositi programmi di calcolo, lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Per il calcolo dell'azione sismica e degli spettri di risposta del sito (da Fig. 48 a Fig. 54), è stato utilizzato il programma di calcolo fornito dal Ministero dei Lavori Pubblici "Spettri di Risposta" versione 1.0.3.

Le prove sismiche realizzate e la conseguente verifica del fattore di amplificazione come da norma di Regione Lombardia hanno consentito di osservare la presenza di due tipologie di suoli di fondazione, rispettivamente le categorie "B" e "C".

I parametri di input relativi alle aree in cui sono state realizzate le prove, riferiti allo stato limite **SLV** ($T_R = 475$ anni), sono:

Accelerazione massima in superficie	0.072 g
F_0, valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	2.542
T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	0.281 s

Gli ulteriori parametri selezionati sono:

V_N vita nominale della costruzione	50 anni
c_u coefficiente d'uso della costruzione	1
Categoria topografica	T1
S_t Coefficiente di amplificazione topografica	1.00

Di seguito sono riportate le elaborazioni effettuate per la categorie di suolo B e C individuate nel territorio comunale nei punti presi in esame.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

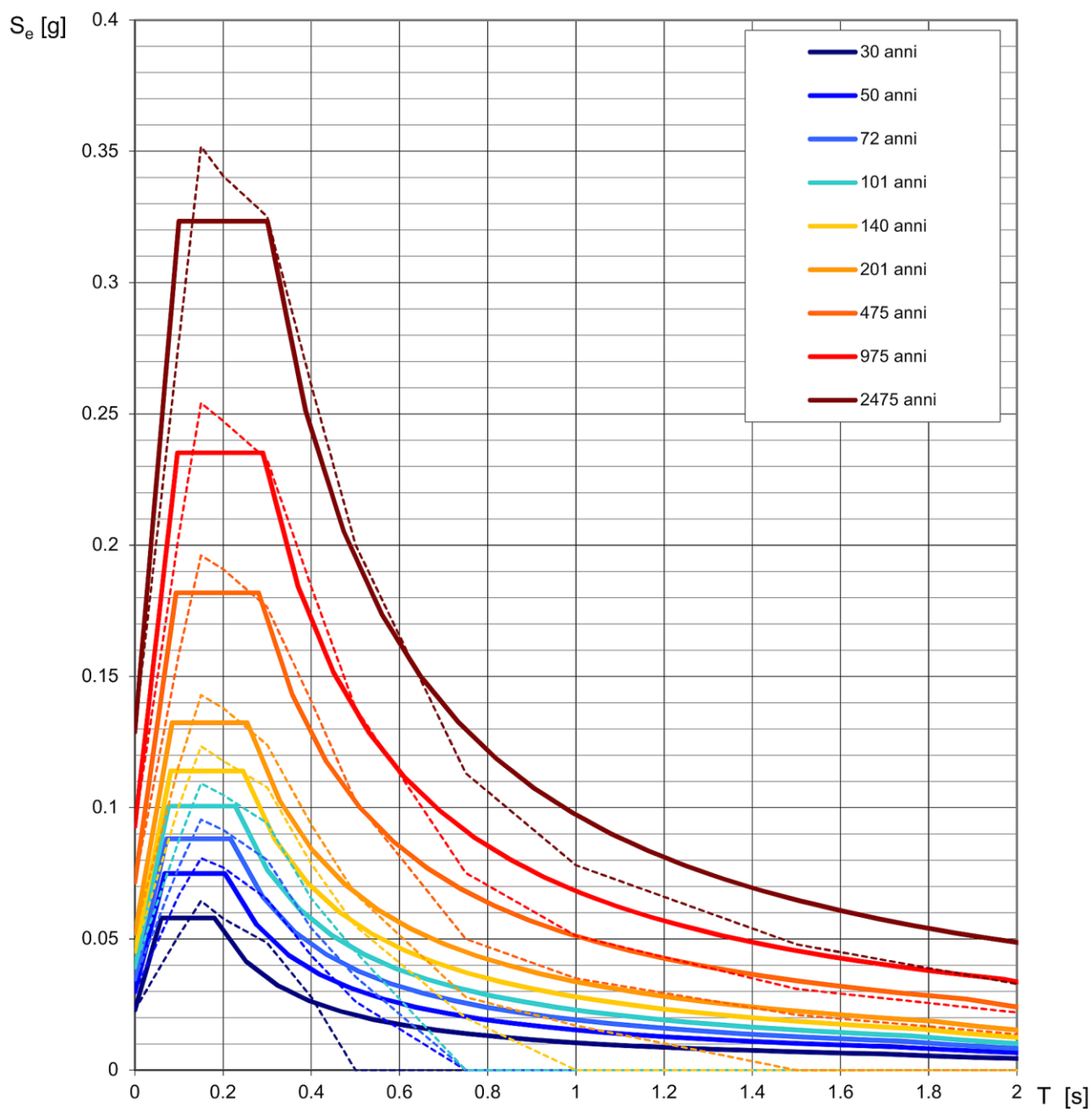


Fig. 48. Spettri di risposta elastici di input dei diversi Stati Limite (componenti orizzontali) per il Comune di Bellusco.

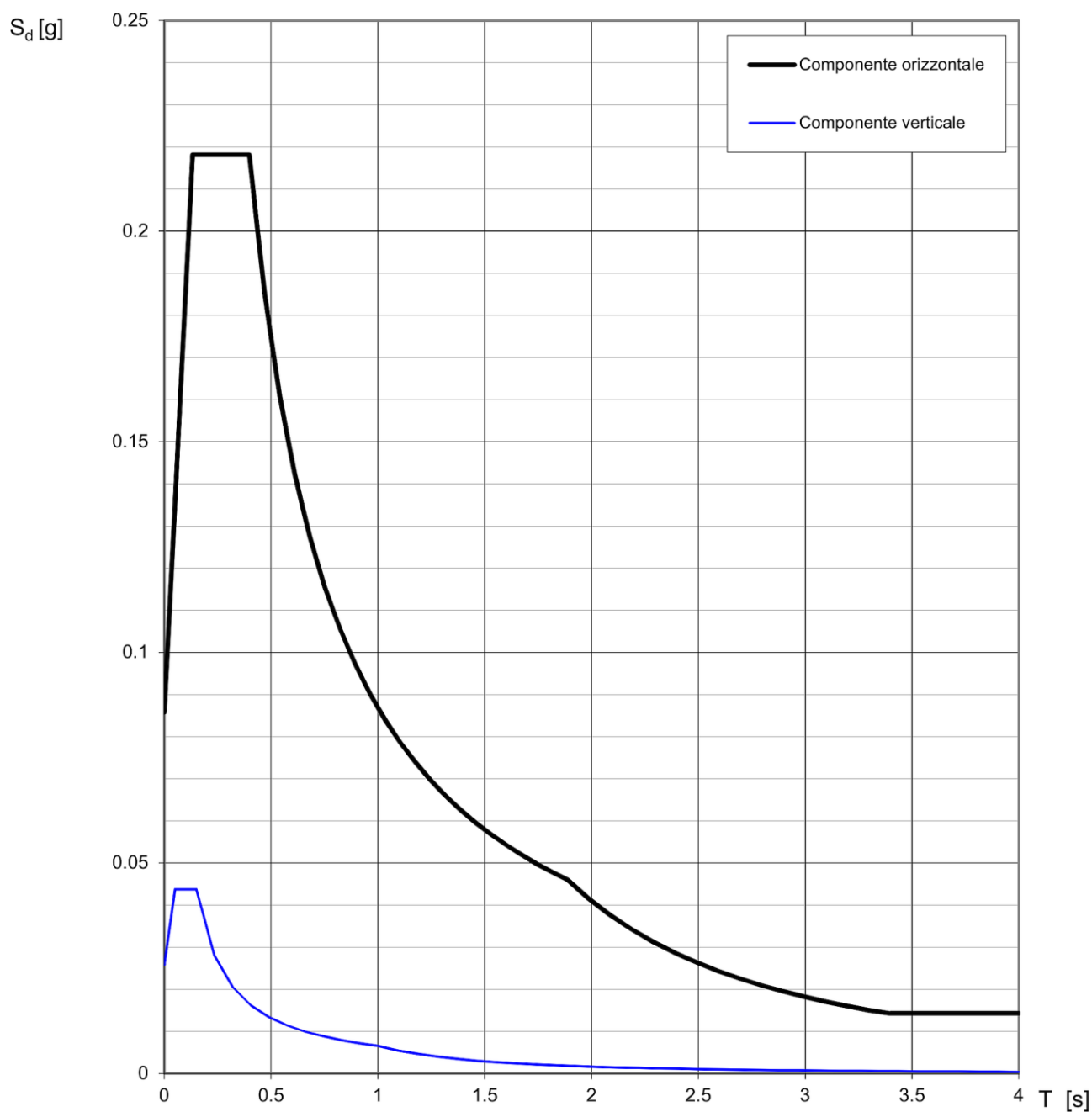
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

Fig. 49. Spettri di risposta elastici con suolo di tipo **B** per il Comune di Bellusco.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.072 g
F_o	2.542
T_C	0.281 s
S_S	1.200
C_C	1.418
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.133 s
T_C	0.398 s
T_D	1.886 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.086
$T_B \leftarrow$	0.133	0.218
$T_C \leftarrow$	0.398	0.218
	0.469	0.185
	0.540	0.161
	0.611	0.142
	0.681	0.127
	0.752	0.115
	0.823	0.105
	0.894	0.097
	0.965	0.090
	1.036	0.084
	1.107	0.078
	1.177	0.074
	1.248	0.070
	1.319	0.066
	1.390	0.062
	1.461	0.059
	1.532	0.057
	1.603	0.054
	1.673	0.052
	1.744	0.050
	1.815	0.048
$T_D \leftarrow$	1.886	0.046
	1.987	0.041
	2.087	0.038
	2.188	0.034
	2.289	0.031
	2.389	0.029
	2.490	0.026
	2.591	0.024
	2.691	0.023
	2.792	0.021
	2.893	0.020
	2.993	0.018
	3.094	0.017
	3.195	0.016
	3.295	0.015
	3.396	0.014
	3.497	0.014
	3.597	0.014
	3.698	0.014
	3.799	0.014
	3.899	0.014
	4.000	0.014

Fig. 50. Parametri dello spettro orizzontale per il suolo di tipo B per il Comune di Bellusco.

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	
a_{gv}	0.026 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.918
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.026
T_B ←	0.050	0.044
T_C ←	0.150	0.044
	0.235	0.028
	0.320	0.021
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.007
T_D ←	1.000	0.007
	1.094	0.005
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Fig. 51. Parametri dello spettro verticale per il suolo di tipo B per il Comune di Bellusco.

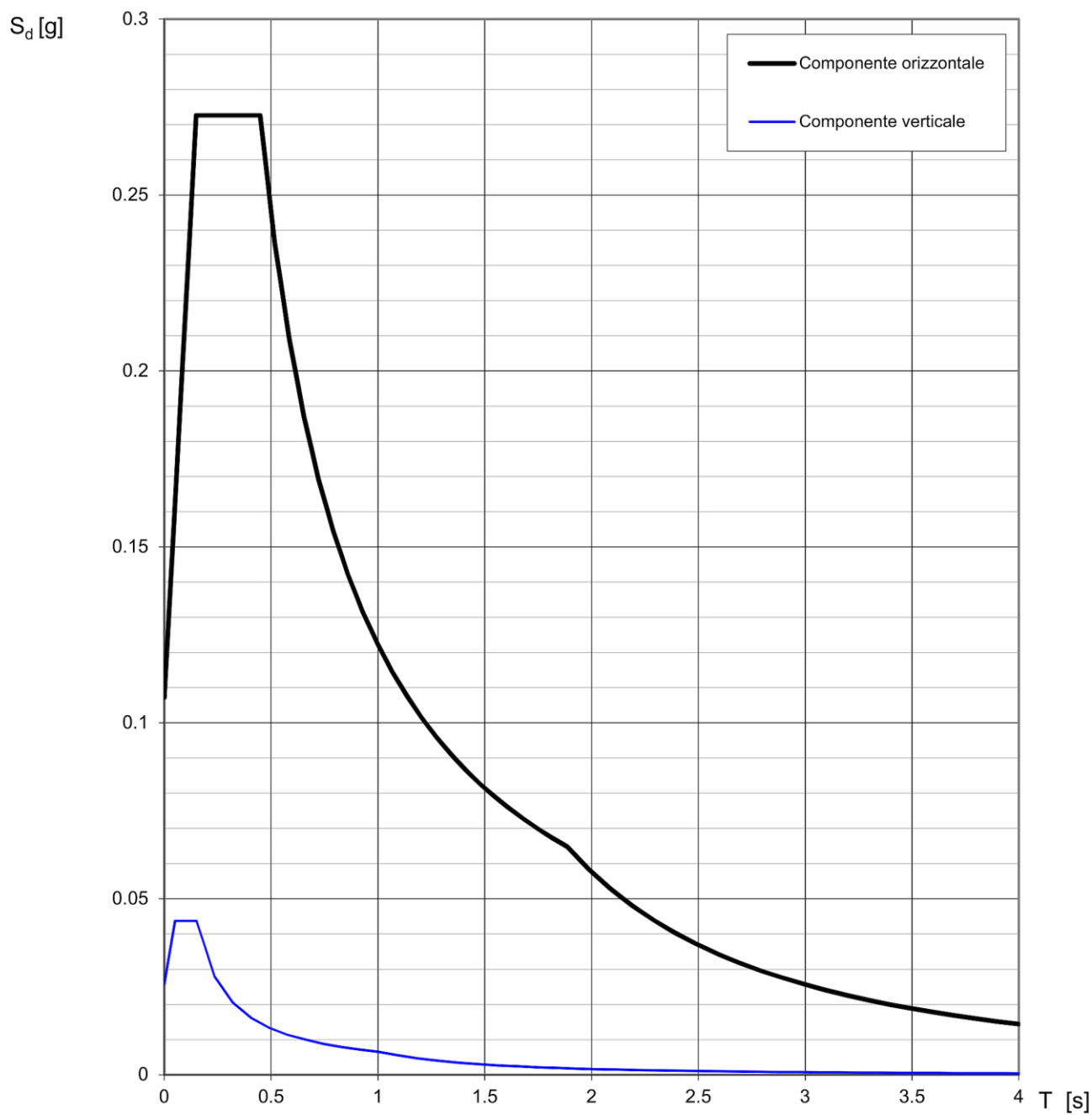
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

Fig. 52. Spettri di risposta elastici con suolo di tipo C per il Comune di Bellusco.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.072 g
F_o	2.542
T_C	0.281 s
S_S	1.500
C_C	1.597
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.149 s
T_C	0.448 s
T_D	1.886 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.107
$T_B \leftarrow$	0.149	0.273
$T_C \leftarrow$	0.448	0.273
	0.517	0.237
	0.585	0.209
	0.654	0.187
	0.722	0.169
	0.791	0.155
	0.859	0.142
	0.927	0.132
	0.996	0.123
	1.064	0.115
	1.133	0.108
	1.201	0.102
	1.270	0.096
	1.338	0.091
	1.407	0.087
	1.475	0.083
	1.544	0.079
	1.612	0.076
	1.681	0.073
	1.749	0.070
	1.818	0.067
$T_D \leftarrow$	1.886	0.065
	1.987	0.058
	2.087	0.053
	2.188	0.048
	2.289	0.044
	2.389	0.040
	2.490	0.037
	2.591	0.034
	2.691	0.032
	2.792	0.030
	2.893	0.028
	2.993	0.026
	3.094	0.024
	3.195	0.023
	3.295	0.021
	3.396	0.020
	3.497	0.019
	3.597	0.018
	3.698	0.017
	3.799	0.016
	3.899	0.015
	4.000	0.014

Fig. 53. Parametri dello spettro orizzontale per il suolo di tipo C per il Comune di Bellusco.

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
a_{gv}	0.026 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.918
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.026
$T_B \leftarrow$	0.050	0.044
$T_C \leftarrow$	0.150	0.044
	0.235	0.028
	0.320	0.021
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.007
$T_D \leftarrow$	1.000	0.007
	1.094	0.005
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Fig. 54. Parametri dello spettro verticale per il suolo di tipo C per il Comune di Bellusco.



8 CARTA DEI VINCOLI

L'elaborazione della Carta dei Vincoli (**Tav. 6**) prende atto degli elementi di vincolo geologico territoriale presenti sul territorio (Fig. 56) che possiamo suddividere in:

- **Vincoli determinati nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – PGRA**

Sono riassunti in questa dicitura i vincoli connessi al Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA), che per il territorio comunale prevede alcuni lembi al confine nord caratterizzati da due scenari in funzione del grado di pericolosità (ambito RSP):

- Scenario P3/H (aree allagabili per piena frequente con tempo di ritorno T_r di 10 anni);
- Scenario P2/M (aree allagabili per piena poco frequente con tempo di ritorno $T_r \geq 100-200$ anni);

- **Vincoli PAI**

Sono riassunti in questa dicitura i vincoli connessi al Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), ridefiniti dalla Tavola All. 1 – Carta PAI-PGRA.

- **Vincoli di Polizia Idraulica**

Sono riassunti in questa dicitura i vincoli connessi alla presenza del:

- Reticolo Idrico Principale (Torrente Cava, Rio Vallone, Torrente o Rio Pissanegra, Canale deviatore Cava), con pertinente fascia di rispetto di 10 metri – Art. 96 R.D. n. 523/1904
- Reticolo Idrico Minore di competenza comunale, con pertinente fascia di rispetto di 10 metri – Art. 96 R.D. n. 523/1904;

così come rappresentati e descritti nello specifico Studio del Reticolo Idrico Minore.

- **Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile:**

- **Zone di tutela assoluta ($r = 10$ metri)** – D.Lgs. n. 258/00 art. 5 comma 4, d.g.r. n. 7/12693 del 10/04/03, D.Lgs. n. 152/06 – art. 94;



- ***zona di rispetto ($r = 200\text{ m}$) secondo il criterio geometrico*** - D.Lgs. n. 258/00 art. 5 comma 5, 6 e 7 - d.g.r. n. 7/12693 del 10/04/03 – D.Lgs. n. 152/06 – art. 94.

- **Vincoli territoriali – Norme del Piano PTCP di Monza-Brianza**

- ***Settori con grado di suscettività Alto e Molto Alto al fenomeno degli “occhi pollini” (Art. 8);***
- ***Sistema delle acque superficiali (Art. 10)***
 - **Reticolo idrografico naturale ed artificiale:** previsioni prescrittive e prevalenti di cui al comma 4;
- ***Elementi geomorfologici (Art. 11)***
 - ***Orli di terrazzo;***
 - ***Ambiti vallivi dei corsi d’acqua:*** riferiti a settori specifici della valle del Rio Vallone;
 - ***Geositi***

- **Vincoli territoriali – Norme del Piano del Parco Agricolo Nord Est:** Parco istituito con Decreto Deliberativo Presidenziale della Provincia Monza Brianza, n. 83 del 20/07/2017. Incorpora l’ex Parco del Torrente Molgora.

- ***Aree industriali per trasformazione d’uso*** che in fase di modifica dovranno essere sottoposte alle analisi di caratterizzazione secondo le procedure del D.Lgs. n. 152/06 “Norme in materia ambientale” – Titolo V parte quarta – siti contaminati – valori di riferimento: Tab. 1 – colonne A e B – Allegato 5 del Titolo V.

- **Aree sottoposte a bonifica o con AdR in corso:** Dal confronto tra la banca dati dei siti bonificati/contaminati di Regione Lombardia, database ARPA Lombardia, banca dati della Provincia di Monza e Brianza e da quanto riportato dall'Ufficio Tecnico comunale, al momento della redazione del presente elaborato è segnalata la sola analisi di rischio del sito "ex Biella Petroli" come da estratto cartografico riportato di seguito (Fig. 55).



Fig. 55. Area sottoposta ad Analisi di Rischio in corso.

- **"Aree escluse dal recupero dei vani e locali seminterrati esistenti"** – secondo la l.r. n. 7/2017 (BURL N. 11 del 13/03/2017) e la Delib. del Consiglio Comunale n. 25 del 38 del 29/09/2017;





9 CARTA DI SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOAMBIENTALI

La sintesi proposta evidenzia e riorganizza gli elementi conoscitivi raccolti in funzione del loro significato rispetto alle scelte di utilizzo del territorio e, in particolare, alle destinazioni e trasformazioni d'uso definibili in sede di pianificazione locale.

L'elaborato cartografico di Sintesi (**Tav. 7**, fuori scala in Fig. 58) è stato redatto a partire dalle indagini di base condotte sul territorio comunale, per le quali si rimanda ai capitoli precedenti.

A tal fine, sono stati individuati differenti problematiche, di seguito brevemente descritte:

- **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO**

Il problema della salvaguardia delle acque sotterranee può essere affrontato sia considerando la litologia dei complessi idrogeologici e le caratteristiche della loro copertura (vulnerabilità intrinseca degli acquiferi) sia da quello delle possibili fonti di rischio presenti sul territorio (quali le fonti di rischio industriale).

Un'elevata vulnerabilità idrogeologica, o la prossimità di punti di captazione idrica ad uso idropotabile, richiedono forme crescenti di salvaguardia del territorio e la limitazione o l'esclusione di forme di uso del suolo che possano costituire una fonte di rischio - inquinamento - per le acque sotterranee o che possano interferire in senso fisico con gli acquiferi sotterranei e con la loro ricarica.

In funzione delle elaborazioni di cui al capitolo relativo all'Idrogeologia, per l'intero territorio comunale è definita una Vulnerabilità Intrinseca ALTA

Per quanto riguarda le possibili fonti di rischio presenti sul territorio (quali le fonti di rischio industriale) si evidenzia che gli insediamenti produttivi classificati a Rischio di Incidente Rilevante attualmente presenti nel Comune di Bellusco sono rappresentati dall'azienda Zincol Ossidi S.p.A.. L'azienda è classificata a pericolosità ambientale "ALTA" nel documento RIR vigente (versione giugno 2011), potenzialmente inquinante della falda ed eventualmente di acque superficiali per trasporto di polveri in aria. (estratto RIR in Fig. 57).

CONSEGUENZE SCENARI AMBIENTALI

Corpi idrici sotterranei e superficiali	Soggiacenza falda: 40 m.
	Rio Vallone: 120 m.
	Rio Pissanegra: 200 m.
	Torrente Cava: 1100 m.
	pozzi privati uso non potabile: 100 m e 200 m.
	pozzo ad uso potabile di Bellusco: 1000 m.
Tempo di arrivo in falda:	>6 mesi (alta)
Velocità di migrazione orizzontale:	<0.5 m/giorno (molto bassa)

Fig. 57 - Estratto del documento RIR circa le possibili conseguenze ambientali.

- **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO**

In funzione dell'analisi delle situazioni di possibile alluvionamento e conseguente rischio idraulico, espresse nella presente relazione e nel collegato “*Studio comunale di gestione del rischio idraulico*” (ed. giugno 2020, a cui si rimanda), sono definite:

- Aree frequentemente inondabili in occasione di eventi con tempo di ritorno di 10 anni (scenario P3/H del PGRA);

Attesi significativi valori di velocità ed altezze d'acqua tali da pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche;

- Aree potenzialmente inondabili in occasione di eventi con tempo di ritorno superiore a 100 anni (scenario P2/M del PGRA);

Attesi valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche;

- Aree morfologicamente depresse con problematiche di drenaggio;
- Aree a pericolosità H3 e H4 relative al tempo di ritorno di 10 anni, desunte dallo “*Studio comunale di gestione del rischio idraulico*” (ed. giugno 2020).

- **AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

Vengono cartografate le aree caratterizzate da:

- settori con limi/argille superficiali con spessore dell'ordine di 2-6 metri e con caratteristiche geotecniche molto variabili;
- settori caratterizzati dalla presenza di occhi pollini, suscettività Alta e Molto Alta;
- aree con riporti di materiale, aree colmate.

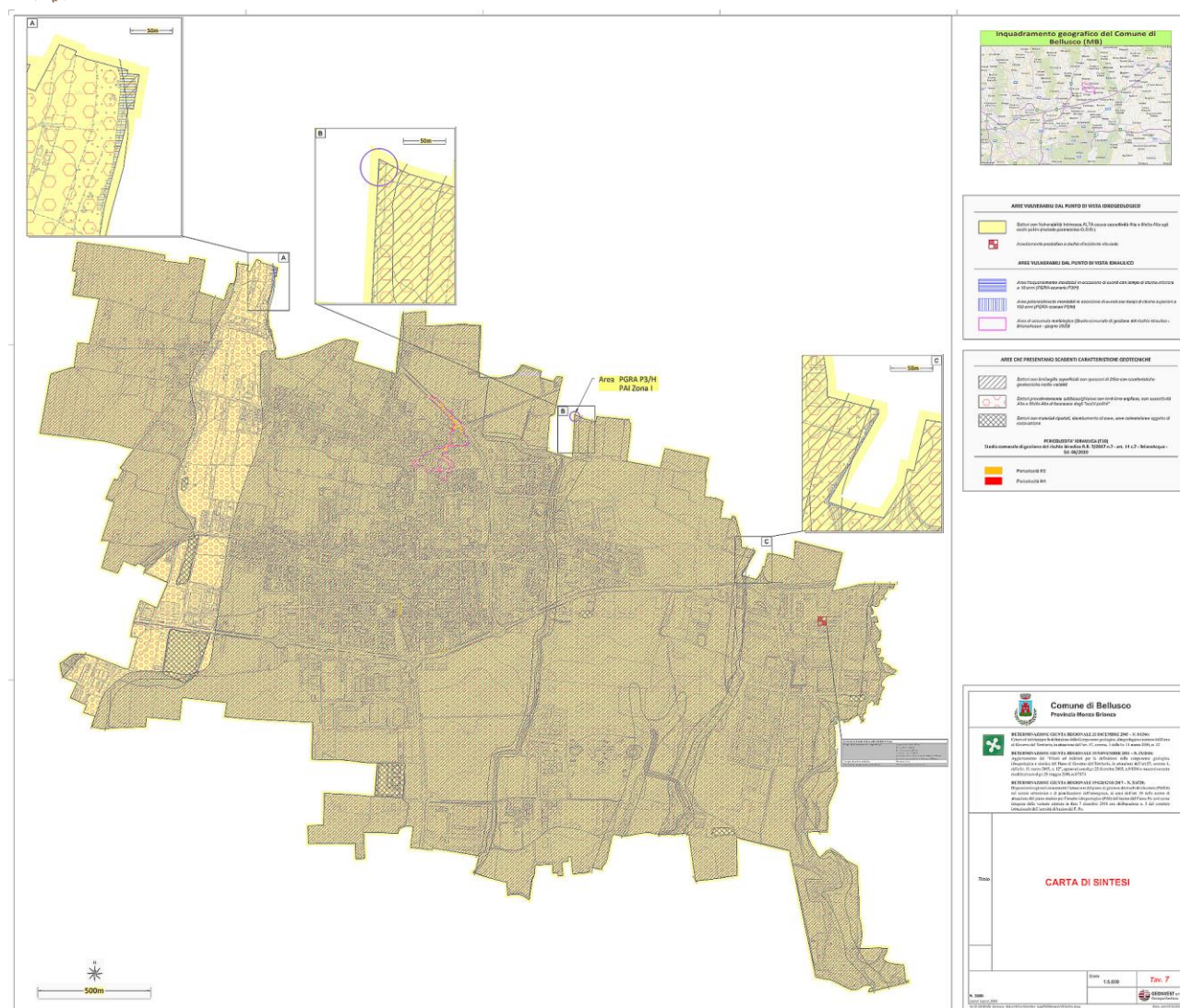


Fig. 58 – Carta di Sintesi (Tav. 7, fuori scala)