

Dott. Geol. Massimo Compagnoni

Studio di Geologia Applicata Ambientale e Territoriale

Via G. Falcone, 5/7 – 25038 Rovato (BS) – Tel. 3384679767 – email massimo.compagnoni@geo3studio.it



COMUNE DI PUEGNAGO DEL GARDA

Ufficio Tecnico

Area Tecnica – Servizio Urbanistica Edilizia Privata

Piazza Beato Don Giuseppe Baldo, 1 Provincia di Brescia Cap 25080

Tel. 036555311 - Fax 0365554051

C.F. 00842980179 – P. I.V.A. 00581420981

www.comune.puegnagodelgarda.bs.it

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (PGT)



RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

ai sensi dei criteri attuativi dell'art. 57 L.R. n. 12/2005

approvati con D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011

e integrati con D.G.R. X/6738 del 19 giugno 2017 e con D.G.R. XI/4685 del 10 maggio 2021

Il tecnico incaricato

dott. Geol. Massimo Compagnoni

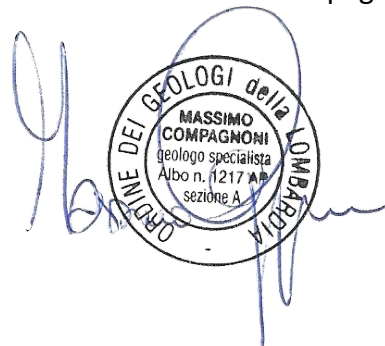
Redatto in data: GIUGNO 2021

Versione 1.0

Data adozione: _____

Data parere regionale: _____

Data approvazione: _____



INDICE

1. Premessa	3
2. Aspetti metodologici	4
3. Documentazione di riferimento	5
4. Inquadramento geografico e meteo-climatico del territorio	6
4.1. Premessa	6
4.2. Caratteristiche pluviometriche e termometriche serie 1956-1989	8
4.3. Caratteristiche pluviometriche e termometriche serie 1993-2021	11
5. Inquadramento geologico e geomorfologico del territorio	24
5.1. Aspetti stratigrafici generali dell'area	24
5.2. Unità geo-litologiche affioranti nel territorio comunale	33
5.3. Principali processi di dinamica del versante	41
5.4. Bacini idrografici e reticolo idrografico superficiale	46
Bacino idrografico Fosso Soffaino	48
Bacino idrografico Rio Naviglio	49
Bacino Idrografico Fosso Aione	55
Bacino idrografico Fosso Monteaucuto e Fosso Riotto	59
Bacino idrografico Fosso Cascina il Dosso e Fosso Videlle	62
Bacino Idrografico Fosso Crociale Raffa	66
Bacino idrografico residuo di San Quirico	67
5.5. Laghi e specchi d'acqua principali	69
5.6. Criticità idrauliche	69
6. Inquadramento idrogeologico del territorio	72
6.1. Aspetti generali	72
6.2. Sorgenti ed emergenze idriche	75
6.3. Pozzi idrici	77
6.4. Acquedotto comunale	84
POZZO FESTOLE – P1	85
POZZO FONTANE O CASTELLO – P2	91
6.5. Vulnerabilità degli acquiferi sotterranei e aree di salvaguardia	97
Zona di tutela assoluta:	98
Zona di rispetto:	98
7. Inquadramento sismico del territorio	102
7.1. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	102
7.2. Definizione della pericolosità sismica locale	108
PREMESSA	108
APPROFONDIMENTO DI 1° LIVELLO	110
Modello litotecnico e sismico del territorio comunale	111
APPROFONDIMENTO DI 2° LIVELLO	120
Valutazione semi-quantitativa dei fenomeni di amplificazione litologica o stratigrafica	120
Valutazione semi-quantitativa dei fenomeni di amplificazione morfologica o topografica	124
Confronto tra fattori di amplificazione e valori di soglia comunale	129
Aree soggette a fenomeni di instabilità cosismica	133
8. Inquadramento litotecnico del territorio comunale	135
9. Vincoli sovraordinati di carattere prettamente geologico	138
9.1. Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89	138
9.2. Vincoli di polizia idraulica	142
9.3. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile	143
9.4. Altri vincoli sovraordinati	143
10. Carta PAI – PGRA	144
11. Sintesi e limitazioni geologiche	154
12. Fattibilità geologica per le azioni di piano	155
12.1. Classe di fattibilità 1 senza particolari limitazioni	155
12.2. Classe di fattibilità 2 con modeste limitazioni	156
12.3. Classe di fattibilità 3 con consistenti limitazioni	157
12.4. Classe di fattibilità 4 con gravi limitazioni	158
12.5. Prescrizioni di carattere sismico	158
12.6. Considerazioni finali	160

TAVOLE CARTOGRAFICHE

- TAVOLA n. 1 Carta di inquadramento geo-litologico – scala 1:5000
- TAVOLA n. 2 Carta geomorfologica – scala 1:5000
- TAVOLA n. 3 Carta idrogeologica – scala 1:5000
- TAVOLA n. 4 Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5000
- TAVOLA n. 5 Carta litotecnica – scala 1:5000
- TAVOLA n. 6 Carta dei vincoli – scala 1:5000
- TAVOLA n. 7 Carta PAI - PGRA – scala 1:5000
- TAVOLA n. 8 Carta di sintesi e delle limitazioni geologiche – scala 1:5000
- TAVOLA n. 9 Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5000

ALLEGATI

- ALLEGATO n. 1 Estratti indagini sismiche attive e passive
- ALLEGATO n. 2 Estratti indagini geotecniche in sito

NORME GEOLOGICHE DI PIANO

**ALLEGATO 6 – NUOVA SCHEDA ASSEVERAZIONE D.G.R. X/6738/2017
(ex Allegato 15 D.G.R. IX/2616/2011)**

1. Premessa

L'Amministrazione Comunale di Puegnago del Garda ha affidato al sottoscritto l'incarico di redigere la Componente Geologica, idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio (PGT) per l'intero territorio comunale.

L'Amministrazione Comunale dispone dello Studio Geologico redatto dal Dott. Geol. Alberto Trivioli nell'ottobre 2009 ai sensi della D.G.R. n. VIII/1566 del 22 dicembre 2005.

Il presente studio si è reso necessario in quanto l'Amministrazione Comunale intende aggiornare il proprio PGT comunale e, nel frattempo, la normativa di settore è stata aggiornata con successive delibere, di seguito elencate:

- D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 con cui sono stati aggiornati i criteri e 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. n. 12 del 11 marzo 2005;
- D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno 2017 con cui sono state approvate le disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Po;
- D.G.R. n. XI/4685 del 10 maggio 2021 con cui è stato approvato l'allegato 1 "Studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l'aggiornamento della componente geologica dei PGT".

Dalla documentazione messa a disposizione allo Scrivente dall'Amministrazione Comunale, relativamente all'aggiornamento dello studio geologico comunale dell'ottobre 2009 (Dott. Geol. A. Trivoli), si ritrovano n. 3 cartografie di analisi (Tav. 1 Geologica e geomorfologica – Tav. 2 Idrologica e idrogeologica – Tav. 3 Pericolosità Sismica Locale), n. 2 cartografie di valutazione (Tav. 5 Sintesi e Tav. 6 Vincoli) e n. 1 cartografia di proposta (Tav. 5 Fattibilità Geologica); si segnala che non è disponibile una cartografia del dissesto uniformato con legenda PAI, la quale non è citata nella relazione geologica generale.

2. Aspetti metodologici

La metodologia di studio si fonda su tre fasi:

- Fase di analisi

I dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici disponibili nel precedente studio sono stati verificati mediante specifici sopralluoghi ed aggiornati agli studi più recenti, anche mediante consultazione del Sistema Informativo Territoriale Regionale; l'attività ha portato alla compilazione della cartografia d'inquadramento a scala 1:5000 utilizzando come base topografica la Carta Tecnica Regionale a scala 1:10000:

- TAV. 1: Carta d'inquadramento Geo-Litologico
- TAV. 2: Carta Geomorfologica
- TAV. 3: Carta idrogeologica
- TAV. 4: Carta della Pericolosità Sismica Locale
- TAV. 5: Carta Litotecnica

- Fase di sintesi/valutazione

La fase di sintesi e di valutazione ha consentito di recepire le aree soggette a vincolo e limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico e di caratterizzare le aree soggette a pericolosità geologica, geotecnica e sismica e le aree soggette a vulnerabilità idraulica ed idrogeologica che sono state riportate nelle tavole:

- TAV. 6: Carta dei Vincoli
- TAV. 7: Carta PAI – PGRA
- TAV. 8: Carta di sintesi

- Fase di proposta

La fase di proposta ha consentito di assegnare le classi di fattibilità geologica di piano agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica, permettendo la redazione della tavola conclusiva:

- TAV. 9: Carta della fattibilità geologica di piano

3. Documentazione di riferimento

Durante la redazione del presente studio si è fatto riferimento principalmente allo studio geologico comunale disponibile (Dott. Geol. A. Trivoli), il quale ha fatto riferimento ai più significativi documenti geologici presenti in letteratura, quali:

- Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello scala 1:50'000 "Note illustrative della legenda stratigrafica" – A. Boni, G. Cassinis, 1973;
- Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 – Foglio 48 - Peschiera del Garda;
- Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 "Note illustrative della carta geologica d'Italia" – Servizio Geologico d'Italia.
- Geologia degli Acquiferi padani della Regione Lombardia – Regione Lombardia – ENI;
- Alpi e Prealpi Lombarde, Guide Geologiche Regionali a cura della Società Geologica Italiana, 1990.

Si è fatto riferimento inoltre al recente Studio di Microzonazione Sismica redatto dallo Scrivente nel maggio 2018 ai sensi degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS, 2008) e al Documento di Polizia Idraulica redatto dallo Scrivente nell'ottobre 2020.

Dalla consultazione dell'allegato 1 "Studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l'aggiornamento della componente geologica dei PGT" approvato con D.G.R. n. XI/4685 del 10 maggio 2021 non si ritrovano studi geologici specifici che abbiano interessato direttamente il territorio comunale; si è pertanto fatto riferimento ai dati generali contenuti nel Sistema informativo Territoriale Regionale.

Per quanto riguarda l'inquadramento delle alloformazioni geologiche presenti nel territorio si è fatto riferimento alla pubblicazione:

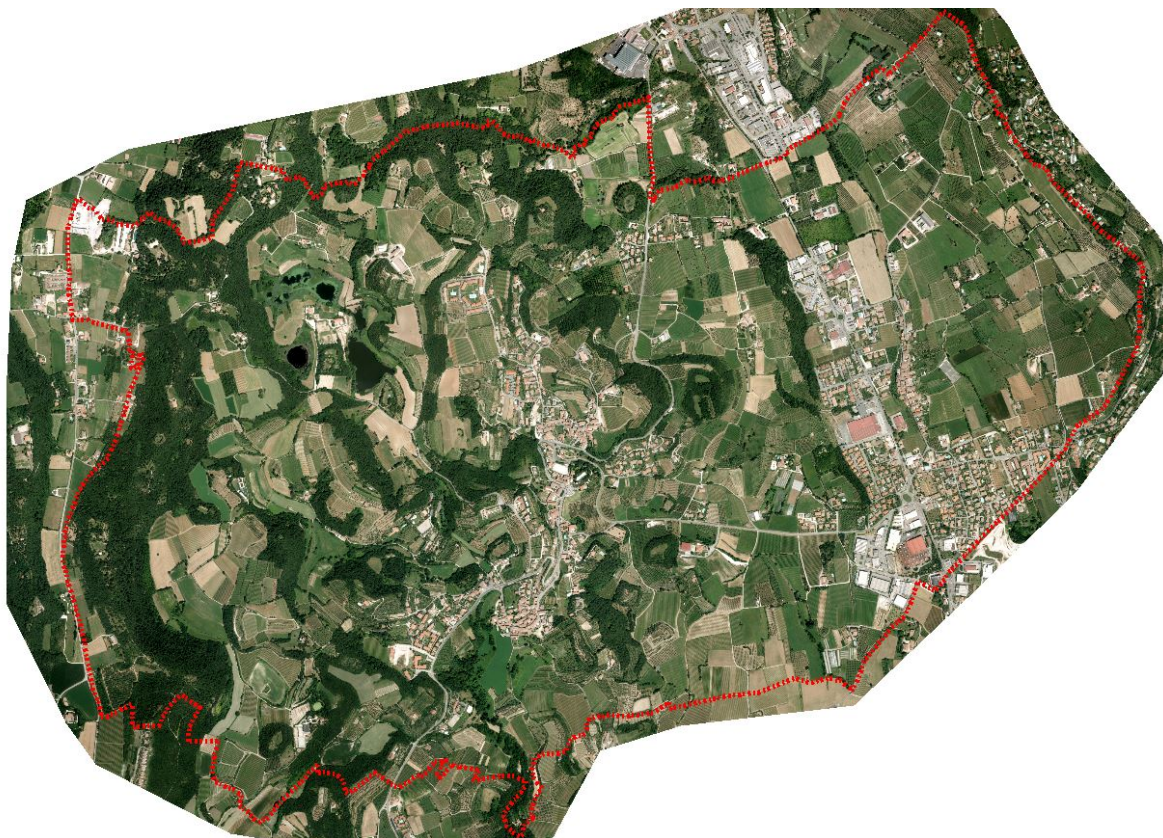
Bini A., Zuccoli L. "Prime note sul rilevamento dell'Anfiteatro del Garda: metodi e unità provvisorie" – Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences 17 (2/1), 2004, 333-342.

4. Inquadramento geografico e meteo-climatico del territorio

4.1. Premessa

Il Comune di Puegnago del Garda è ubicato nel territorio della Provincia di Brescia sulla sponda occidentale del Lago di Garda, circa 35 km ad est del capoluogo provinciale ed al centro di un'ampia zona collinare denominata Valtenesi.

Il territorio comunale è collocato ad una quota compresa tra i 130 m s.l.m. (Crociale Raffa) ed i 365 m s.l.m. (M. Forca) con una superficie complessiva pari a circa 10.9 km²:



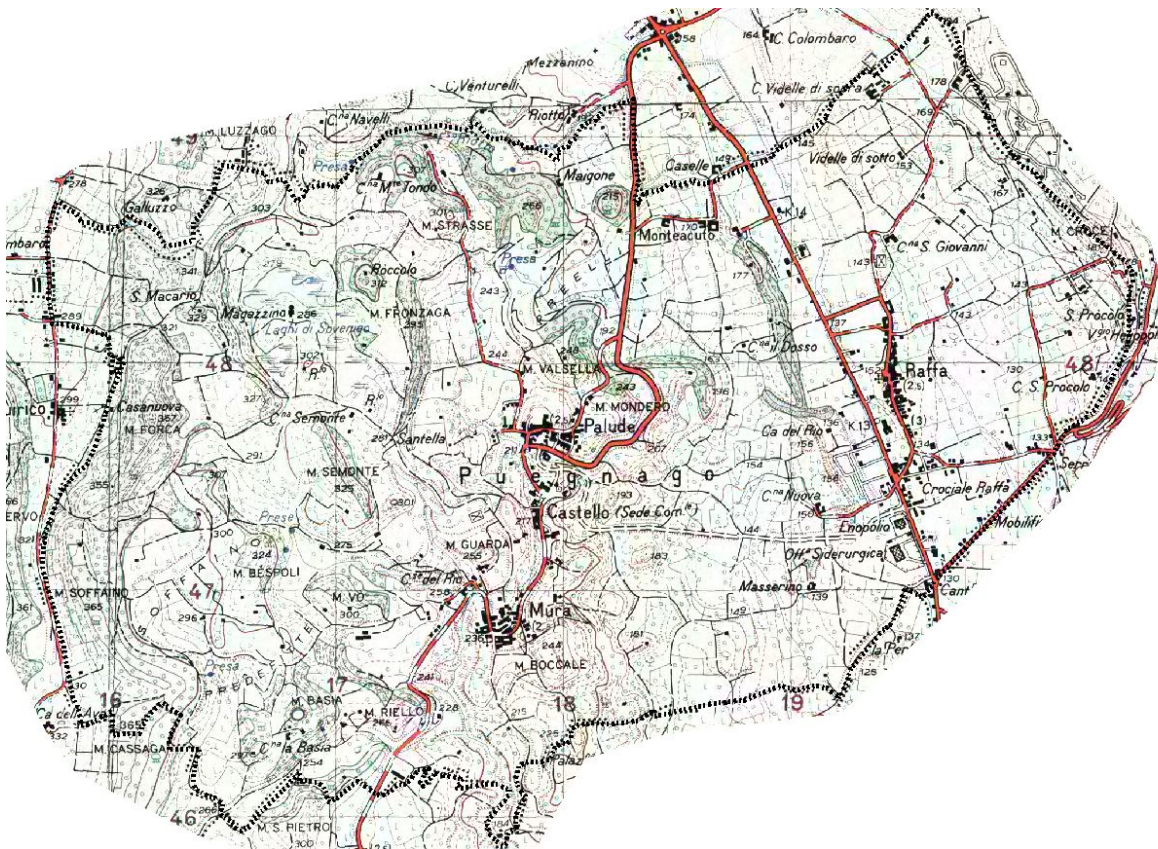
Dal punto di vista amministrativo il territorio comunale confina con i comuni di Salò e Gavardo (nord), Muscoline (ovest), Polpenazze del Garda (sud), Manerba del Garda e San Felice del Benaco (est).

I principali centri abitati del comune sono:

Castello (sede comunale), Mura, Monteacuto, Raffa e Crociale Raffa.

La viabilità principale è rappresentata dall'ex SS N. 527, che attraversa il territorio comunale in direzione nord-sud in zona di fondo valle, e la SP N. 25 "Cunettone-Esenta", che attraversa il territorio in direzione nord-sud in zona pedecollinare.

Il territorio rientra nella tavoletta 048 IV-SO della cartografia IGM a scala 1:25000 e nelle sezioni cartografiche della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000: Sezione D5e5 "Gavardo"; Sezione E5a5 "Manerba del Garda".



In considerazione della sostanziale influenza dei fattori meteo-climatici sui processi geomorfologici e di quelli legati al reticolo idrografico, vengono analizzati i dati pluviometrici e termometrici relativi al territorio in esame, reperiti negli Annali Idrologici editi dall'Ufficio Idrografico di Parma (fonte Studio Geologico ottobre 2009).

Per quanto riguarda le precipitazioni meteoriche, si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica di Salò (BS); per le temperature dell'aria, mancando per questa stazione un sufficiente numero di registrazioni, si sono presi in considerazione i dati della stazione termometrica di Desenzano (BS).

Le stazioni si trovano a pochi chilometri dall'area in oggetto e possono essere ritenute sufficientemente rappresentative per gli scopi del presente studio.

In linea generale, si può affermare che il Comune di Puegnago del Garda si colloca in una regione climatica con caratteri intermedi tra quelli della montagna e quelli della pianura lombarda.

Il clima, fortemente caratterizzato dall'azione mitigatrice del lago (che funge da serbatoio termico) sulle temperature, è quello tipico delle zone che circondano i laghi prealpini e consente lo sviluppo di una vegetazione caratteristica delle regioni botaniche più meridionali.

4.2. Caratteristiche pluviometriche e termometriche serie 1956-1989

La stazione pluviometrica di Salò (75 m s.l.m.) ha registrato, nel periodo 1956-1989, una precipitazione media annua di 1077 mm ed un numero medio annuo di giorni piovosi pari a 91. La densità media delle piogge relative (rapporto tra precipitazione media annua e numero medio annuo di giorni piovosi) è pari a 11.8 mm.

Le precipitazioni maggiori sono concentrate in autunno e primavera, con valore massimo medio nel mese di ottobre (121 mm), mentre altezze di pioggia notevolmente inferiori vengono registrate in inverno e in estate, con valore minimo medio nel mese di gennaio (59 mm). Il numero massimo medio di giorni piovosi si realizza nei mesi di aprile, maggio e giugno (10 giorni), quello minimo nel mese di settembre (5 giorni).

Il regime pluviometrico, che risulta caratterizzato da due massimi e due minimi nell'anno medio, con moderata prevalenza del massimo autunnale su quello primaverile e con un minimo invernale inferiore a quello estivo, può essere definito di tipo "sublitoraneo alpino".

Nel corso del periodo esaminato, le maggiori precipitazioni annue sono state riscontrate nel 1960 (1744.8 mm; 129 giorni piovosi), mentre l'anno caratterizzato dagli apporti meteorici più ridotti è stato il 1969 (702.2 mm; 80 giorni piovosi); il minor numero di giorni piovosi (56) è invece stato registrato nel 1983.

La massima precipitazione mensile è stata registrata nell'ottobre 1982, con un'altezza di 403 mm ed una densità media di precipitazione pari a circa 33.6 mm/giorno; il valore minimo mensile è pari a 0 mm ed è stato registrato nel febbraio 1959, nell'ottobre 1969, nel febbraio 1980 e nel novembre 1981.

MESE	PRECIPITAZIONE MASSIMA		PRECIPITAZIONE MINIMA	
	altezza (mm)	anni	altezza (mm)	anni
Gennaio	212	1978	2	1983
Febbraio	158	1974	0	1959, 1980
Marzo	168	1977	0,8	1973
Aprile	297,7	1989	1,8	1980
Maggio	277	1977	18,8	1960
Giugno	218,2	1963	13,2	1976
Luglio	231	1977	10,8	1980
Agosto	285,4	1963	21	1962
Settembre	274,7	1960	5,6	1958
Ottobre	403	1982	0	1969
Novembre	232,4	1963	0	1981
Dicembre	155,5	1960	1	1980

Si riportano di seguito anche i valori delle precipitazioni massime con durata di 1, 2, 3, 4 e 5 giorni consecutivi:

Numero giorni consecutivi	Massima altezza di precipitazione	
	mm	data
1	100	14 settembre 1976
2	180	24-25 ottobre 1982
3	275	23-25 ottobre 1982
4	275	23-25 ottobre 1982
5	275	23-25 ottobre 1982

Nel periodo 1926-1972 la stazione termometrica di Desenzano (64 m s.l.m.) ha registrato una temperatura media annua pari a 13.8°C, con una massima media annua di 17.2°C ed una minima media annua di 10.4°C.

L'escursione termica annua è pari a 20.6°C; il gradiente termico è compreso tra 0.56°C (nella parte di pianura) e 0.50°C (nella parte collinare) per ogni 100 m di quota.

La temperatura media annua più elevata è stata riscontrata nel 1949 (15.8°C), mentre gli anni caratterizzati dalle temperature più basse sono stati il 1940 e il 1941 (12.7°C).

Le temperature più elevate si riferiscono al mese di luglio (media mensile: 23.9°C), le più basse al mese di gennaio (3.3°C); si osserva, in generale, un andamento lineare di crescita tra febbraio e giugno, mentre le temperature decrescono con andamento pseudo-lineare a partire dal mese di settembre. Il valore più elevato della temperatura massima media mensile (31.0°C) è stato raggiunto nel luglio 1928; il valore massimo assoluto di temperatura (36.3°C) è stato registrato il giorno 28 giugno 1935.

Il più basso valore della temperatura minima media mensile (-4.0°C) è stato raggiunto nel febbraio 1956; il valore minimo assoluto di temperatura (-10.5°C) è stato registrato nei giorni 12 e 13 febbraio 1929.

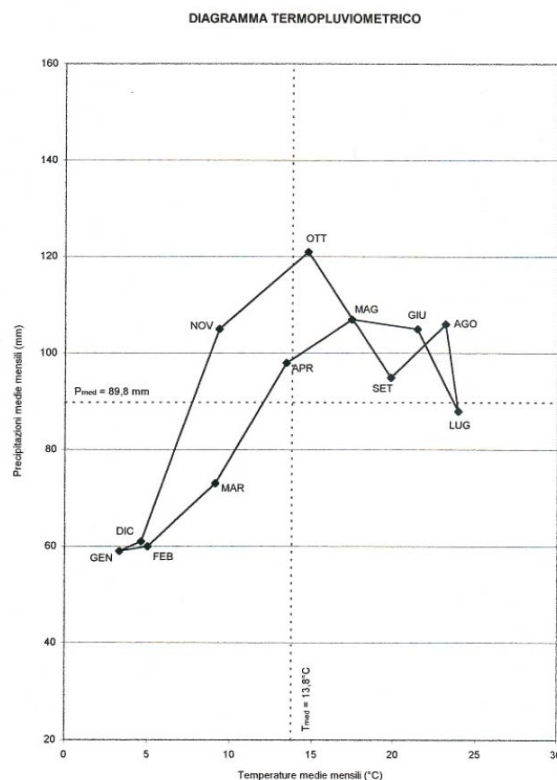
MESE	Max assoluta (°C)	Anni	Min assoluta (°C)	Anni
Gennaio	14,4	1957	-10,0	1948
Febbraio	19,5	1949	-10,5	1929
Marzo	24,0	1950	-5,5	1949
Aprile	27,6	1949	0,5	1931
Maggio	31,6	1931	3,6	1957
Giugno	36,3	1935	8,0	1951
Luglio	36,0	1950	10,0	1948
Agosto	34,8	1928, 1931	9,0	1926
Settembre	32,0	1949	7,5	1931
Ottobre	26,0	1949	1,6	1941
Novembre	20,2	1942	-4,0	1965
Dicembre	15,8	1954	-8,0	1939

Sulla base di quanto sopra esposto, considerando le temperature medie mensili e facendo riferimento al metodo di Conrad e Pollak (1950), è possibile classificare il regime termico della zona in esame come "Regime di tipo 2".

Noti i caratteri pluviometrici e termici del territorio, è possibile costruire il cosiddetto "diagramma termo-pluviometrico termoieta)", in cui sono riportati in ascissa valori delle temperature medie mensili e ordinate quelli delle precipitazioni mensili.

La suddivisione del campo del diagramma in quattro quadranti, per mezzo dell'ascissa dell'ordinata dei rispettivi valori mensili, permette l'apprezzamento del dominio dei due elementi climatici e dei loro rapporti di interdipendenza, considerando maggiore o minore sviluppo della linea di correlazione in ciascun quadrante.

Si nota chiaramente, per il caso in esame, l'assenza di un vero e proprio periodo "caldo-asciutto" (limitato al mese di luglio), mentre prevale il clima "caldo umido", della durata di circa 6 mesi (da maggio ad ottobre); da dicembre a marzo si ha il periodo "freddo-asciutto", mentre i mesi di aprile e novembre possono essere definiti "freddo-umidi".



4.3. Caratteristiche pluviometriche e termometriche serie 1993-2021

Nel territorio comunale di Puegnago del Garda nel 1993 è stato installato dalla Provincia di Brescia una centralina meteo-climatica appartenente alla rete agrometeorologica provinciale, alle seguenti coordinate Gauss-Boaga:

Latitudine (N): 5048354

Longitudine (E): 1619456

Quota: 142 m s.l.m.

Nei pressi di Villa Pasini.

Tipologia d'installazione

- Palo acciaio inox 2,5 mt 50 mm.
- Supporto pluviometro in testa a palo acciaio inox
- Bracci e supporti sensori in alluminio anodizzato

Sistema di alimentazione

- Alimentazione Pannello fotovoltaico 20W/40W
- Alimentatore da rete 220 Vac 12Vcc
- Batteria in tampone 12V 7,2Ah

Modalità di comunicazione

- Modulo Siemens TC-35 GSM/GPRS
- Canale RS232 per comunicazione locale

Sistema di rilevamento

- Centralina elettronica ECO2 (base) ([Scheda ECO2](#))
- Centralina elettronica ECO4 (base) ([Scheda ECO4](#))
- Centralina elettronica DMCS32 (base) ([Scheda ECO2](#))

Sensoristica

- Temperatura aria (-30 ÷ +70 °C) ([Scheda TU021](#))
- Umidità relativa (0 ÷ 100% U.R.) ([Scheda TU021](#))
- Precipitazione (ris. 0.2 mm) ([Scheda PL005](#))
- Velocità vento (0 ÷ 50 m/s) ([Scheda VO011](#))
- Direzione vento (0 ÷ 359 °) ([Scheda VD012](#))
- Radiazione solare (0 ÷ 1500 W/m²) ([Scheda RS031](#))
- Radiazione netta (-500 ÷ 1000 W/m²) ([Scheda RN010](#))
- Pressione atmosferica (880 ÷ 1040 mbar) ([Scheda PA011](#))



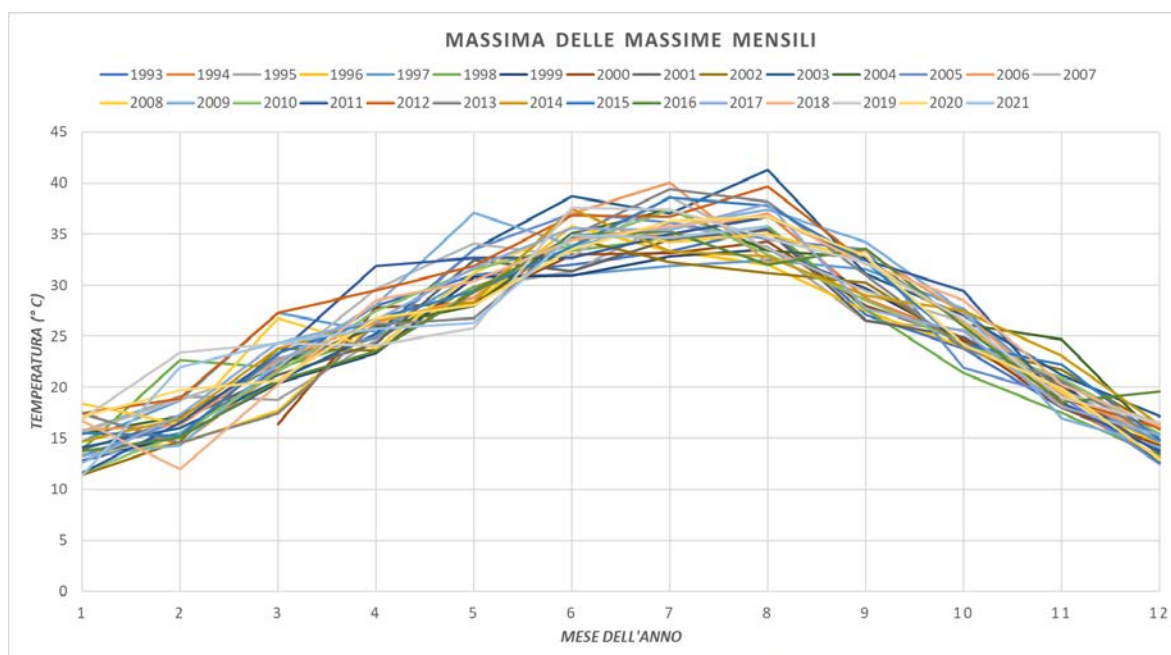
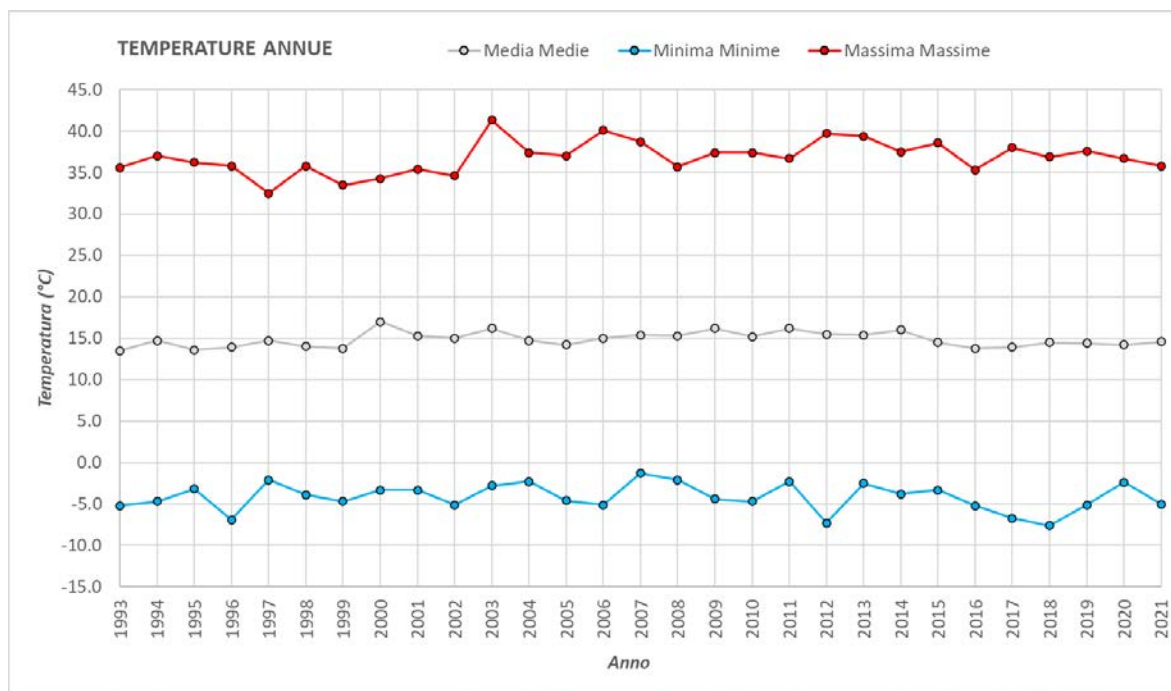
L'ubicazione della stazione è riportata in TAV. 2 – CARTA GEOMORFOLOGICA.

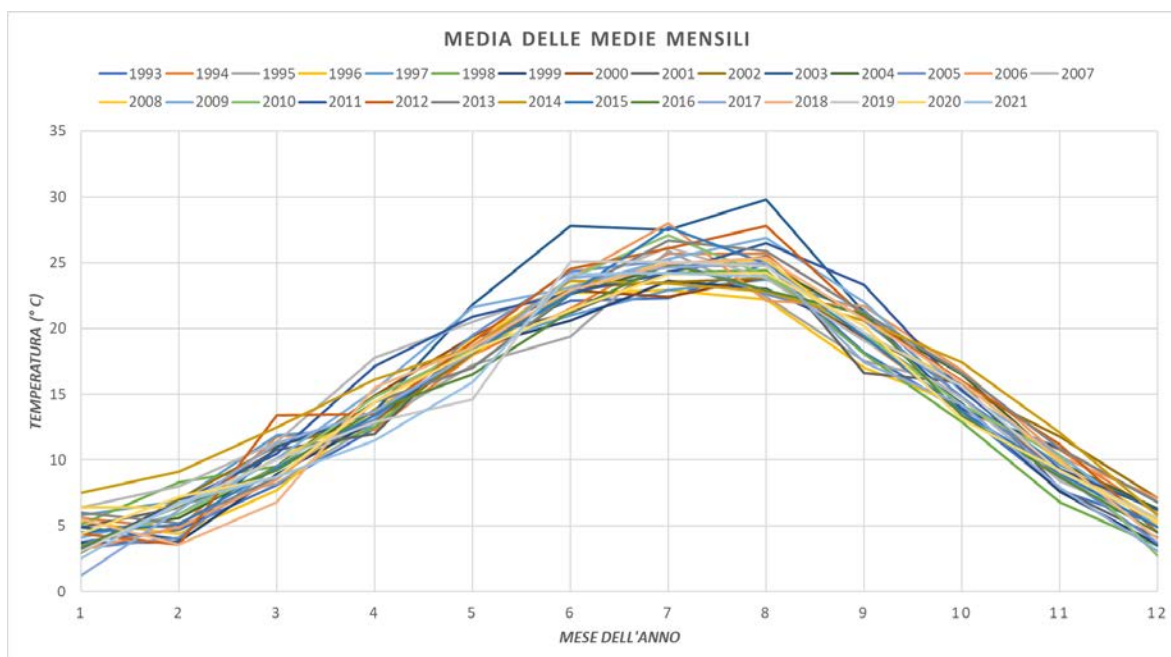
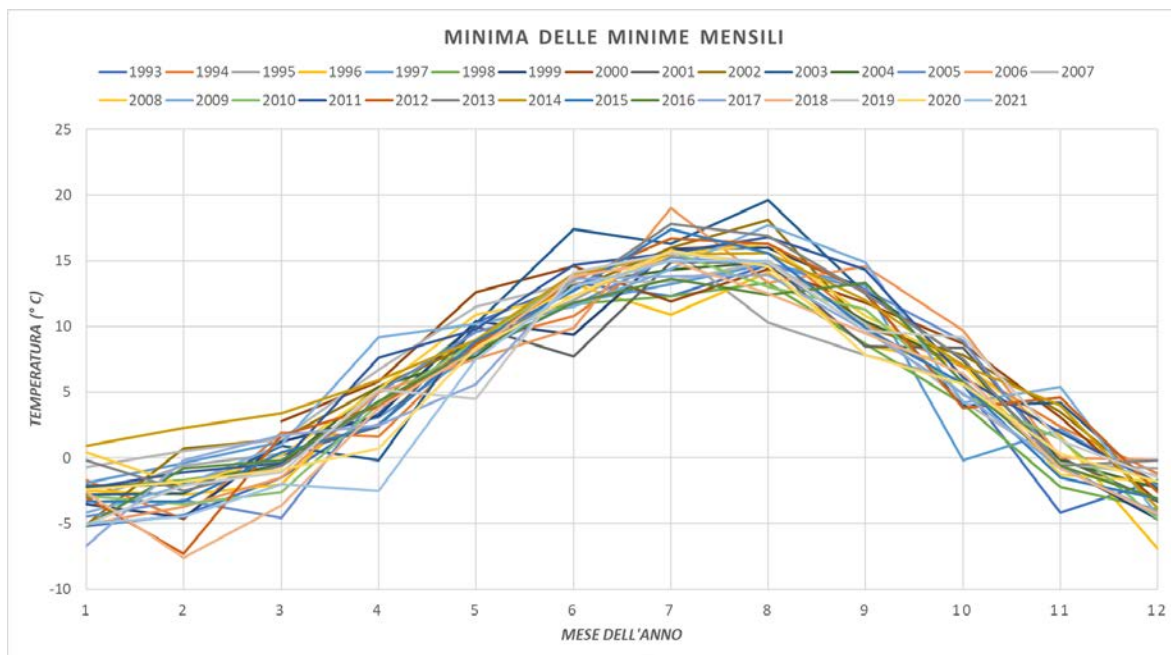
Referenze del servizio

Provincia di Brescia - Settore della Innovazione e dei Servizi ai Comuni
 Ufficio Infrastrutture (Tel. 0303748542)
assistenza_utenti@provincia.brescia.it

Responsabile Settore:
Dott. Fabio de Marco
 Referente del servizio:
Marco Rossi

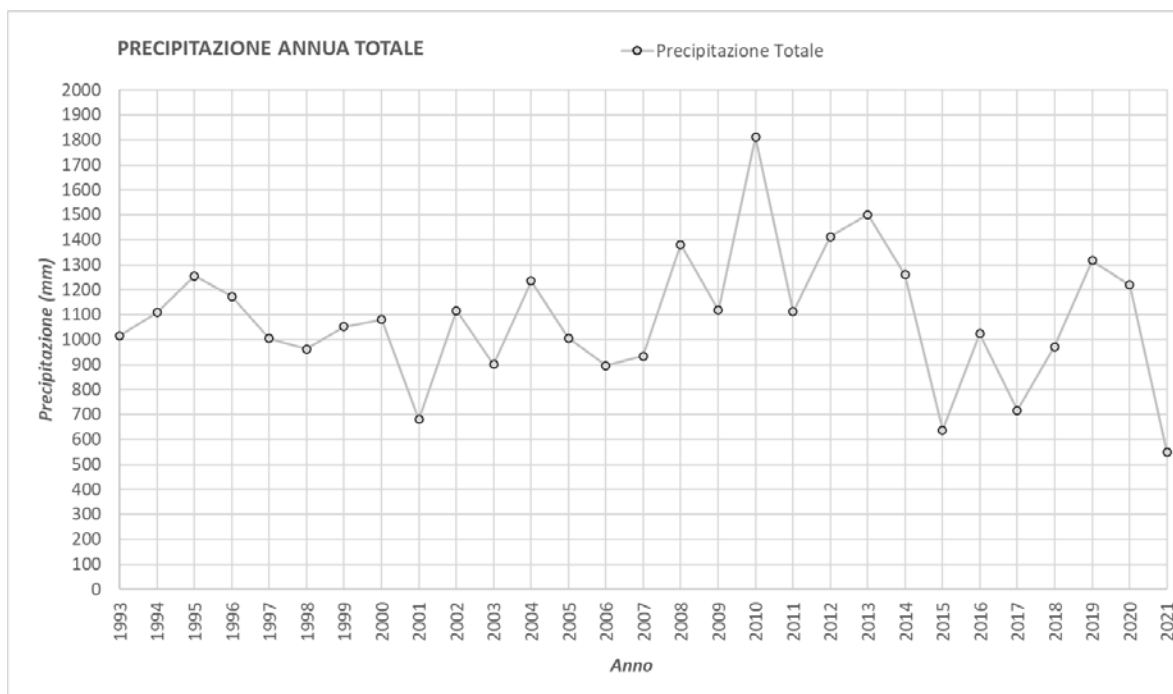
Attraverso la consultazione dell'archivio storico della stazione meteo e grazie al servizio automatico offerto dalla Provincia di Brescia è possibile determinare le seguenti serie storiche delle temperature:



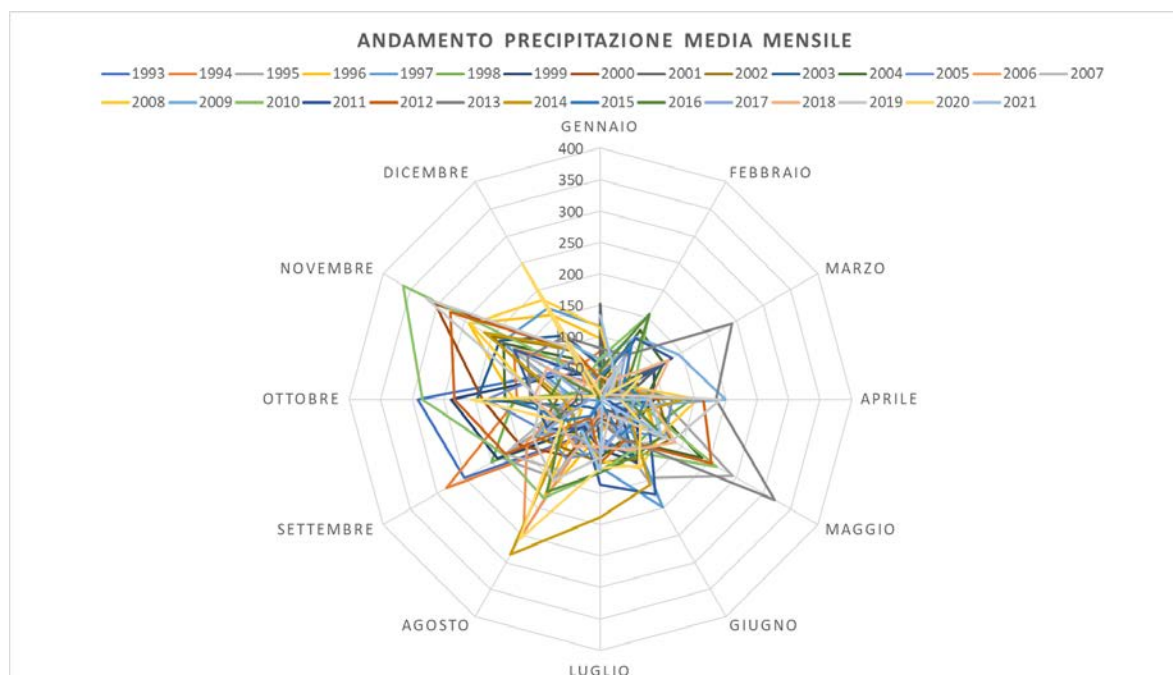


Il valore di temperatura massima assoluta è stato registrato nel mese di agosto 2003 ed è pari a 41.3°C, mentre la temperatura minima assoluta è stata di - 7.6°C nel mese di febbraio 2018

Per quanto riguarda le precipitazioni medie annue e mensili desunte dalla serie storica 1993-2021 si evidenzia il massimo di 1811.4 mm nel 2010 e il minimo di 638.6 mm nel 2015 (il valore riferito al 2021 è ovviamente parziale):



Per quanto riguarda i valori di precipitazione mensile si riporta il grafico radar seguente che mette in evidenza l'andamento allungato con i due massimi nelle stagioni primaverile ed autunnale e i due minimi nelle stagioni invernale ed estiva:



Il valore di precipitazione mensile massima è stato registrato nel novembre 2010 con 362.4 mm, mentre il valore minimo è pari a 0 mm ed è stato registrato nel dicembre 2001, nel febbraio 2003, nel gennaio 2011 e nel febbraio 2014.

Per quanto riguarda gli eventi meteorici di breve durata e forte intensità si fa riferimento al recente studio regionale relativo all'atlante delle piogge intense della Lombardia, predisposto nell'ambito del Progetto INTERREG IV/A STRADA (Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero), il quale aggiorna il precedente studio finanziato da ARPA Lombardia di De Michele, Rosso e Rulli, 2005, basato su un modello scala-invariante secondo la distribuzione probabilistica del valore estremo a tre parametri GEV (Generalized Extreme Value), che ha prodotto le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) su 69 punti strumentati e da questi su tutto il territorio regionale tramite tecniche di estrapolazione geostatistica (Web-Gis ARPA – [ftp://idro.arpalombardia.it](http://idro.arpalombardia.it)):

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\langle 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\rangle$$

ove

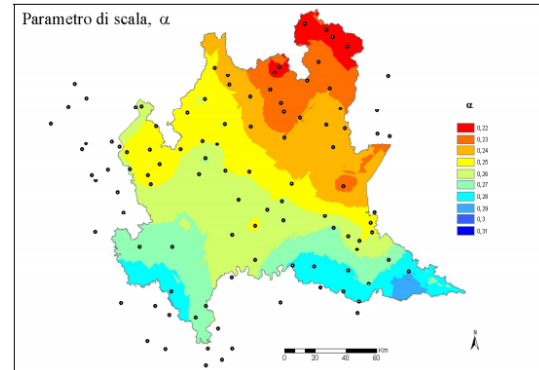
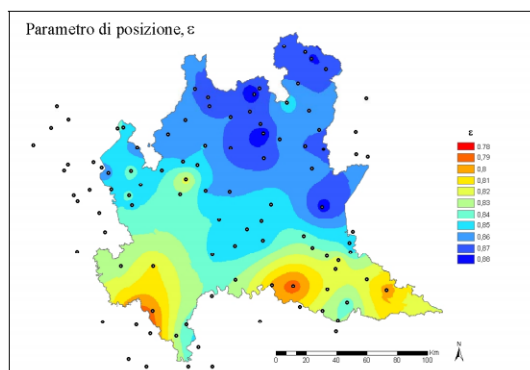
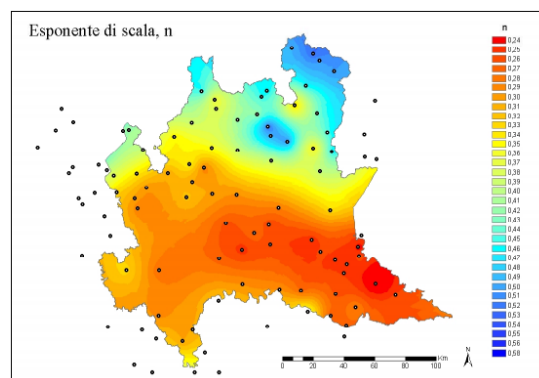
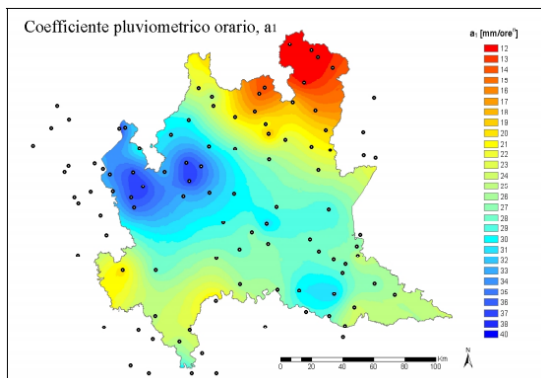
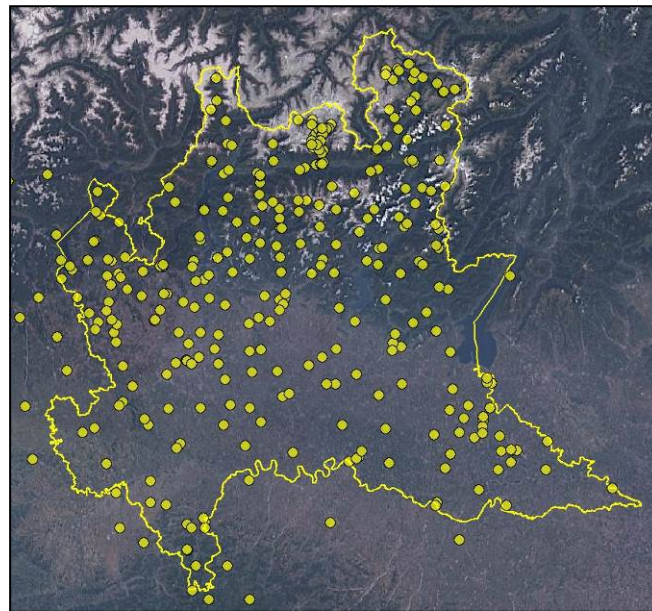
h = altezza di pioggia in mm,

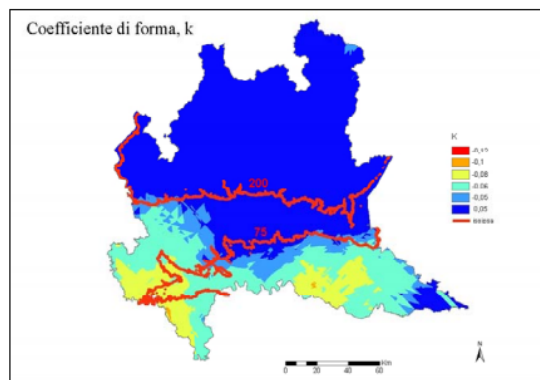
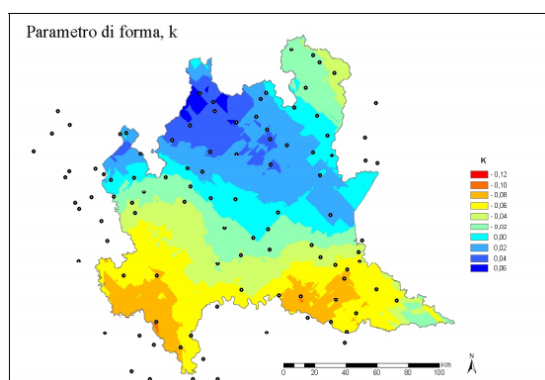
D = durata di pioggia in ore,

a_1 e n coefficienti funzione delle caratteristiche pluviometriche della zona,

w_T = coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T e funzione dei 3 parametri della legge probabilistica GEV

Di seguito si riportano le stazioni pluviometriche utilizzate nel Progetto Strada e la spazializzazione dei valori dei coefficienti pluviometrici per precipitazioni di durata compresa tra 1 e 24 ore:





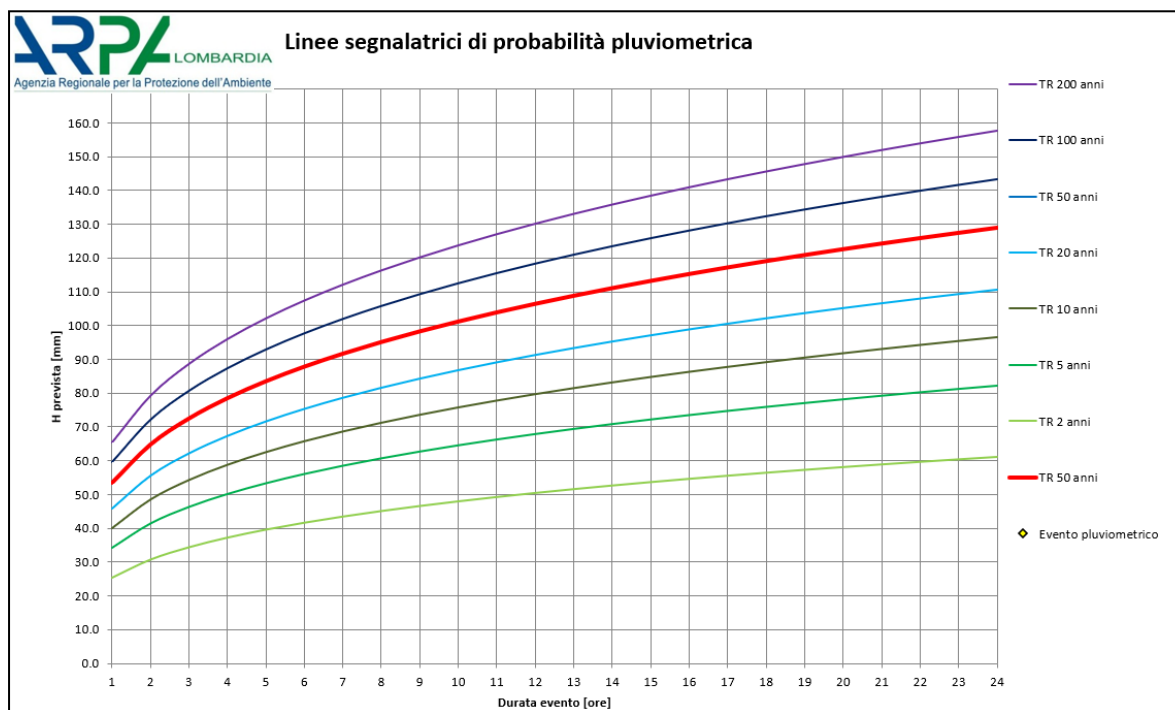
Per il territorio comunale i coefficienti pluviometrici a e n e i 3 parametri della legge probabilistica GEV variano da est (valori minimi) a ovest (valori massimi):

Parametro	Settore Occidentale M. Forca	Settore Orientale M. Croce
Coefficiente pluviometrico orario a	27.30	27.17
Coefficiente di scala n	0.2820	0.2766
GEV - parametro α	0.2798	0.2765
GEV - parametro κ	- 0.0228	- 0.0279
GEV - parametro ε	0.8319	0.8324

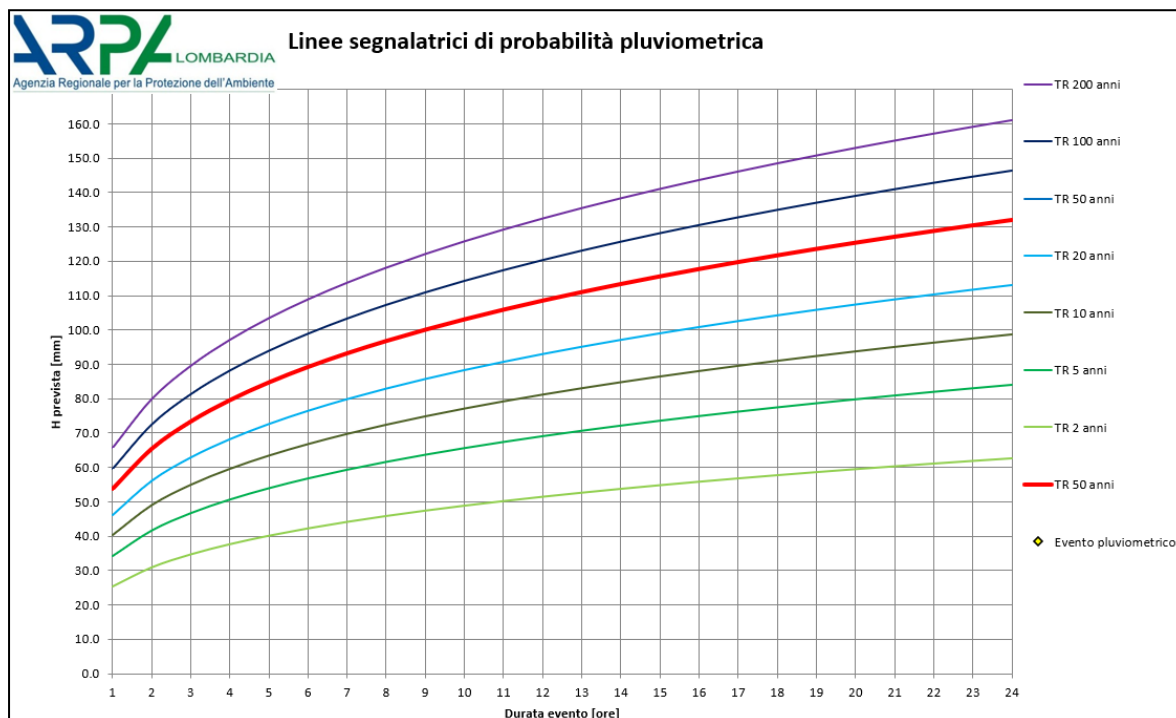
I corrispondenti valori di H (mm) validi per diverse durate di pioggia superiori o uguali all'ora e diversi T_r calcolati per il territorio comunale sono:

SETTORE ORIENTALE – Monte Croce

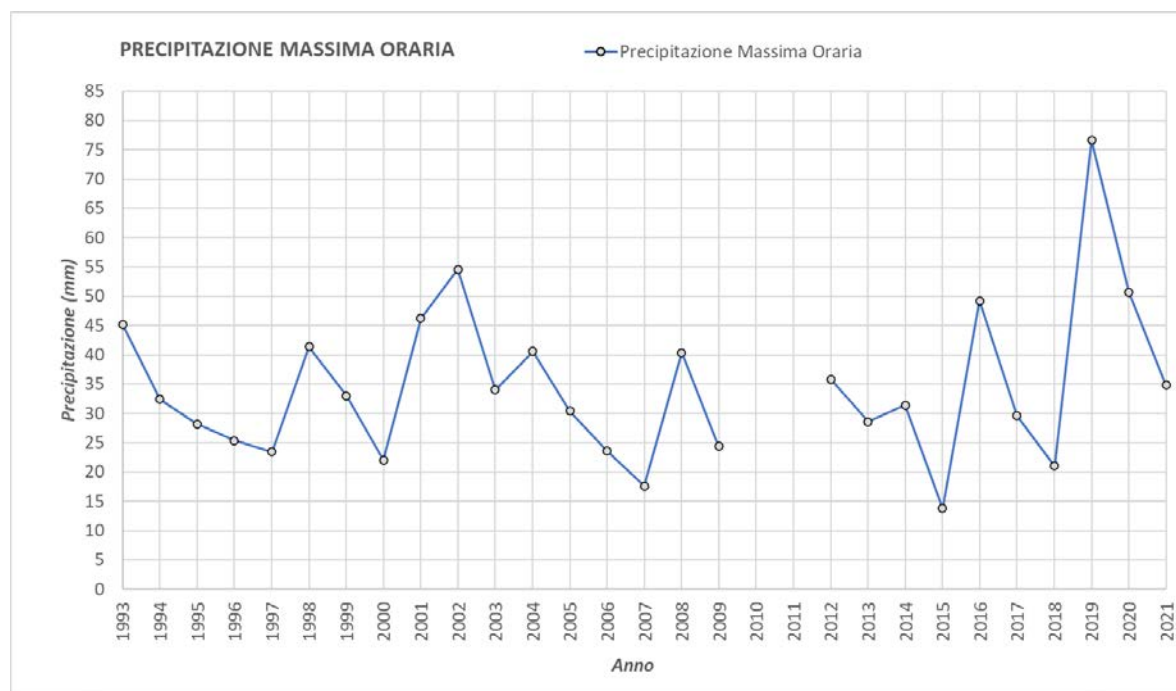
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	25.4	34.1	40.1	45.9	53.6	59.5	65.5
2	30.7	41.3	48.5	55.6	64.9	72.1	79.3
3	34.4	46.2	54.3	62.2	72.6	80.6	88.7
4	37.2	50.1	58.8	67.3	78.6	87.3	96.1
5	39.6	53.3	62.5	71.6	83.6	92.9	102.2
6	41.7	56.0	65.8	75.3	88.0	97.7	107.5
7	43.5	58.5	68.6	78.6	91.8	101.9	112.2
8	45.1	60.7	71.2	81.5	95.2	105.7	116.4
9	46.6	62.7	73.6	84.3	98.4	109.2	120.3
10	48.0	64.5	75.7	86.7	101.3	112.5	123.8
11	49.3	66.2	77.8	89.1	104.0	115.5	127.1
12	50.5	67.9	79.7	91.2	106.5	118.3	130.2
13	51.6	69.4	81.4	93.3	108.9	120.9	133.1
14	52.7	70.8	83.1	95.2	111.2	123.4	135.9
15	53.7	72.2	84.7	97.0	113.3	125.8	138.5
16	54.7	73.5	86.3	98.8	115.4	128.1	141.0
17	55.6	74.7	87.7	100.5	117.3	130.3	143.4
18	56.5	75.9	89.1	102.1	119.2	132.3	145.7
19	57.3	77.0	90.5	103.6	121.0	134.3	147.9
20	58.1	78.1	91.8	105.1	122.7	136.2	150.0
21	58.9	79.2	93.0	106.5	124.4	138.1	152.0
22	59.7	80.2	94.2	107.9	126.0	139.9	154.0
23	60.4	81.2	95.4	109.2	127.6	141.6	155.9
24	61.1	82.2	96.5	110.5	129.1	143.3	157.7

**SETTORE OCCIDENTALE – Monte Forca**

Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	25.5	34.4	40.3	46.2	53.9	59.8	65.7
2	31.0	41.8	49.1	56.2	65.5	72.7	79.9
3	34.8	46.8	55.0	63.0	73.4	81.5	89.6
4	37.7	50.8	59.7	68.3	79.7	88.3	97.1
5	40.2	54.1	63.5	72.7	84.8	94.1	103.4
6	42.3	57.0	66.9	76.5	89.3	99.0	108.9
7	44.2	59.5	69.8	79.9	93.3	103.4	113.7
8	45.9	61.8	72.5	83.0	96.9	107.4	118.1
9	47.4	63.9	75.0	85.8	100.1	111.0	122.1
10	48.9	65.8	77.2	88.4	103.1	114.4	125.8
11	50.2	67.6	79.3	90.8	106.0	117.5	129.2
12	51.4	69.3	81.3	93.1	108.6	120.4	132.4
13	52.6	70.8	83.2	95.2	111.1	123.2	135.4
14	53.7	72.3	84.9	97.2	113.4	125.8	138.3
15	54.8	73.8	86.6	99.1	115.6	128.2	141.0
16	55.8	75.1	88.2	100.9	117.8	130.6	143.6
17	56.7	76.4	89.7	102.7	119.8	132.9	146.1
18	57.7	77.6	91.2	104.3	121.7	135.0	148.5
19	58.6	78.8	92.6	106.0	123.6	137.1	150.7
20	59.4	80.0	93.9	107.5	125.4	139.1	152.9
21	60.2	81.1	95.2	109.0	127.1	141.0	155.1
22	61.0	82.2	96.5	110.4	128.8	142.9	157.1
23	61.8	83.2	97.7	111.8	130.5	144.7	159.1
24	62.5	84.2	98.9	113.2	132.0	146.4	161.0



Durante la serie sperimentale osservata compresa tra 1993 e il 2021 estesa quasi 30 anni sono stati registrati i seguenti valori della precipitazione massima oraria:



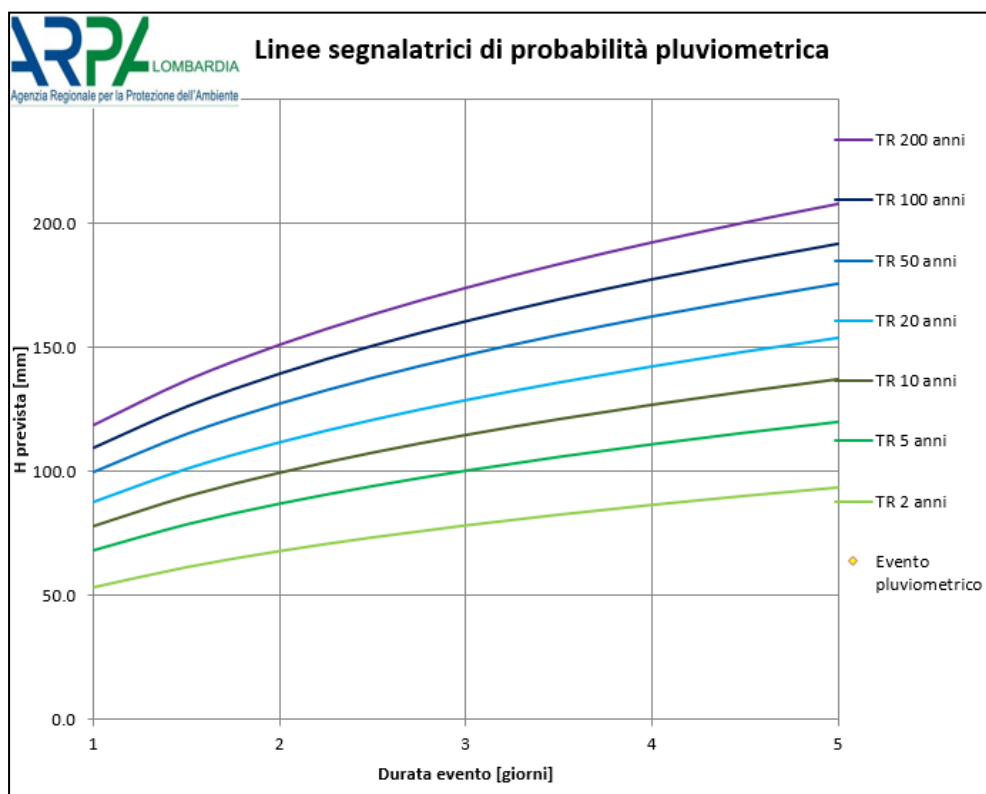
Emerge il valore misurato di 76.6 mm orari relativo all'evento del 2 agosto 2019 alle ore 14-15.

Per quanto riguarda le piogge di durata compresa tra 1 e 5 giorni per il territorio comunale i coefficienti pluviometrici a e n e i 3 parametri della legge probabilistica GEV variano da est (valori minimi) a ovest (valori massimi):

Parametro	Settore Occidentale M. Forca	Settore Orientale M. Croce
Coefficiente pluviometrico orario a	19.0042	18.738211
Coefficiente di scala n	0.346102	0.348941
GEV - parametro α	0.2293	0.230593
GEV - parametro κ	0.854671	0.855113
GEV - parametro ε	-0.009652	-0.003112

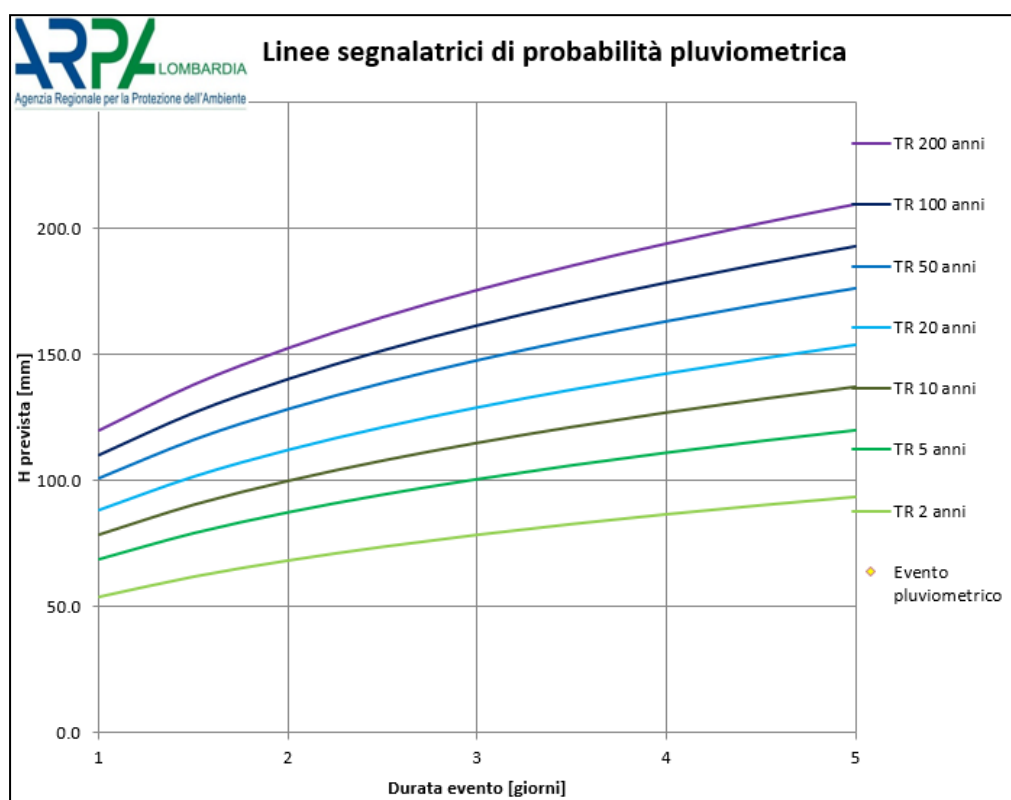
SETTORE ORIENTALE – Monte Croce

Durata (gg)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	53.4	68.3	78.1	87.7	100.0	109.3	118.5
1.5	61.5	78.6	90.0	101.0	115.2	125.9	136.5
2	68.0	86.9	99.5	111.6	127.3	139.1	150.9
2.5	73.5	94.0	107.6	120.7	137.7	150.4	163.2
3	78.3	100.2	114.7	128.6	146.7	160.3	173.9
3.5	82.6	105.7	121.0	135.7	154.8	169.2	183.5
4	86.6	110.7	126.8	142.2	162.2	177.2	192.2
4.5	90.2	115.4	132.1	148.1	169.0	184.7	200.3
5	93.6	119.7	137.0	153.7	175.3	191.6	207.8



SETTORE OCCIDENTALE – Monte Forca

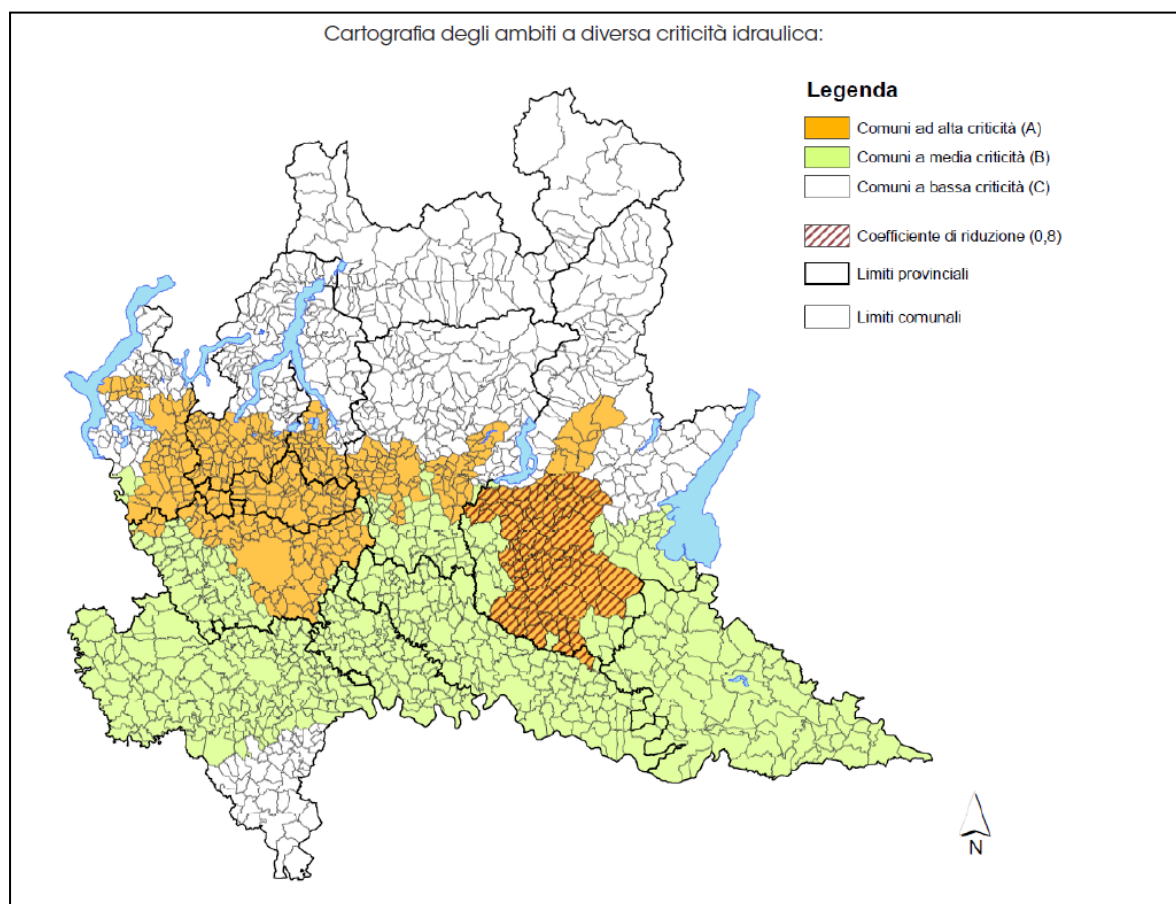
Durata (gg)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	53.6	68.6	78.6	88.2	100.8	110.4	119.9
1.5	61.7	78.9	90.4	101.5	116.0	127.0	138.0
2	68.1	87.2	99.9	112.2	128.2	140.3	152.4
2.5	73.6	94.2	107.9	121.2	138.5	151.6	164.7
3	78.4	100.3	114.9	129.1	147.5	161.4	175.4
3.5	82.7	105.8	121.2	136.1	155.6	170.3	185.0
4	86.6	110.8	127.0	142.6	162.9	178.3	193.8
4.5	90.2	115.4	132.2	148.5	169.7	185.7	201.8
5	93.6	119.7	137.1	154.0	176.0	192.6	209.3



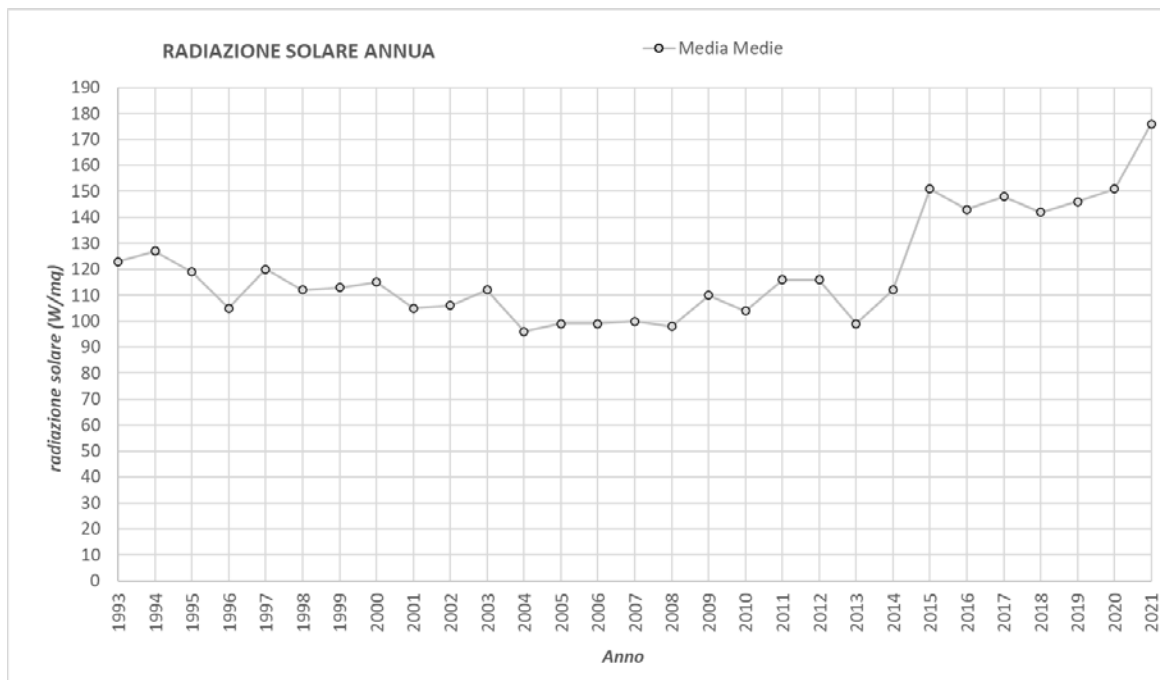
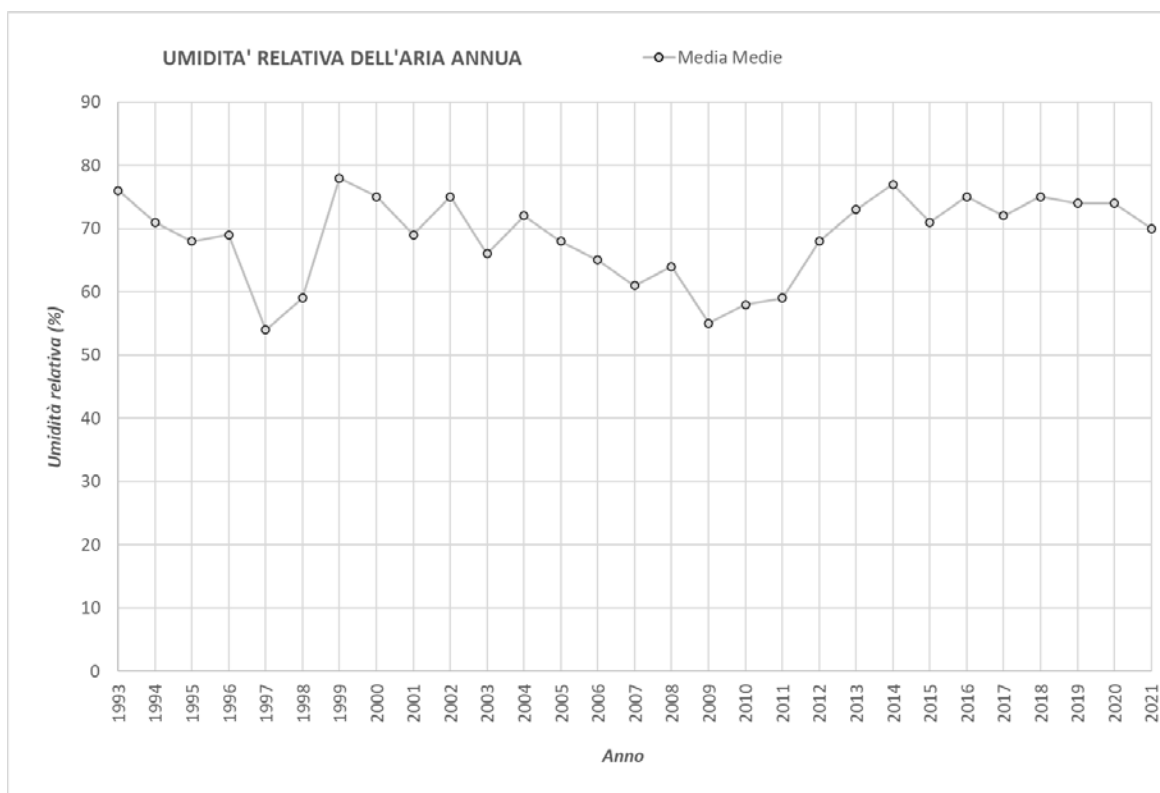
Le elaborazioni statistiche più recenti dei dati pluviometrici regionali mostrano per il territorio comunale una buona omogeneità in termini di probabilità di pioggia di durata oraria e di durata giornaliera fino a 5 giorni: ad esempio per tempi di ritorno di 50 anni sono attesi valori di precipitazione dell'ordine dei 54 mm per eventi di durata oraria, di 100-130 mm per eventi di durata giornaliera, fino a 180 mm per eventi piovosi di durata pluri-giornaliera.

Le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica rappresentano lo strumento di base per la determinazione della quantità di pioggia breve e intensa nell'ambito dei progetti di invarianza

idraulica ai sensi del regolamento regionale n. 7/2017, al cui art. 7 il Comune di Puegnago del Garda viene classificato a **criticità idraulica media B**:



Altri parametri meteorologici registrati dalla stazione provinciale in esercizio dal 1993 sono l'umidità relativa dell'aria e la radiazione solare, per i quali si riportano di seguito gli andamenti medi annuali:



Dall'ultimo grafico emerge che dal 2015 ad oggi la radiazione solare media annua per unità di superficie è nettamente aumentata; l'individuazione delle cause esula dagli scopi del presente studio e andrebbero ricercate verificando in primis l'esistenza di eventuali variazioni delle condizioni di ombreggiamento della stazione meteorologica.

5. Inquadramento geologico e geomorfologico del territorio

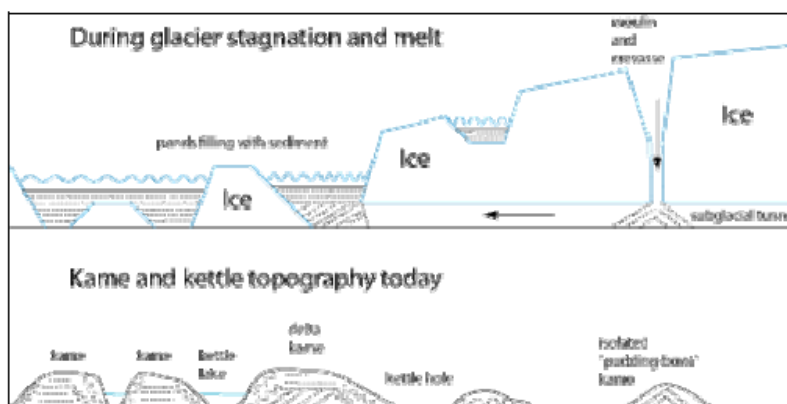
5.1. Aspetti stratigrafici generali dell'area

Dal punto di vista geomorfologico il comune di Puegnago del Garda si colloca all'interno del grande anfiteatro morenico del Garda. Si tratta di cordoni morenici depositati nel Pleistocene superiore e di limitati lembi appartenenti al Pleistocene medio, intervallati da numerose piane e vallecole inframoreniche caratterizzate da aree palustri e lacustri (area del M. Guarda, area a Sud di Mura, zona dei Laghi di Sovenigo, zona Predefitte).

Le cerchie moreniche, con andamento circa concentrico rispetto alla linea di costa del lago, segnano le diverse fasi di espansione dei ghiacciai. Da un punto di vista cronostratigrafico le cerchie moreniche possiedono in linea generale età crescente allontanandosi dalla linea di riva. Durante lo scioglimento delle masse glaciali si originavano torrenti fluvio-glaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie.

Tra i rilievi morenici sono talora presenti ampi ripiani, delimitati da scarpate, che corrispondono a terrazzi di kame formati durante le fasi di ritiro del ghiacciaio.

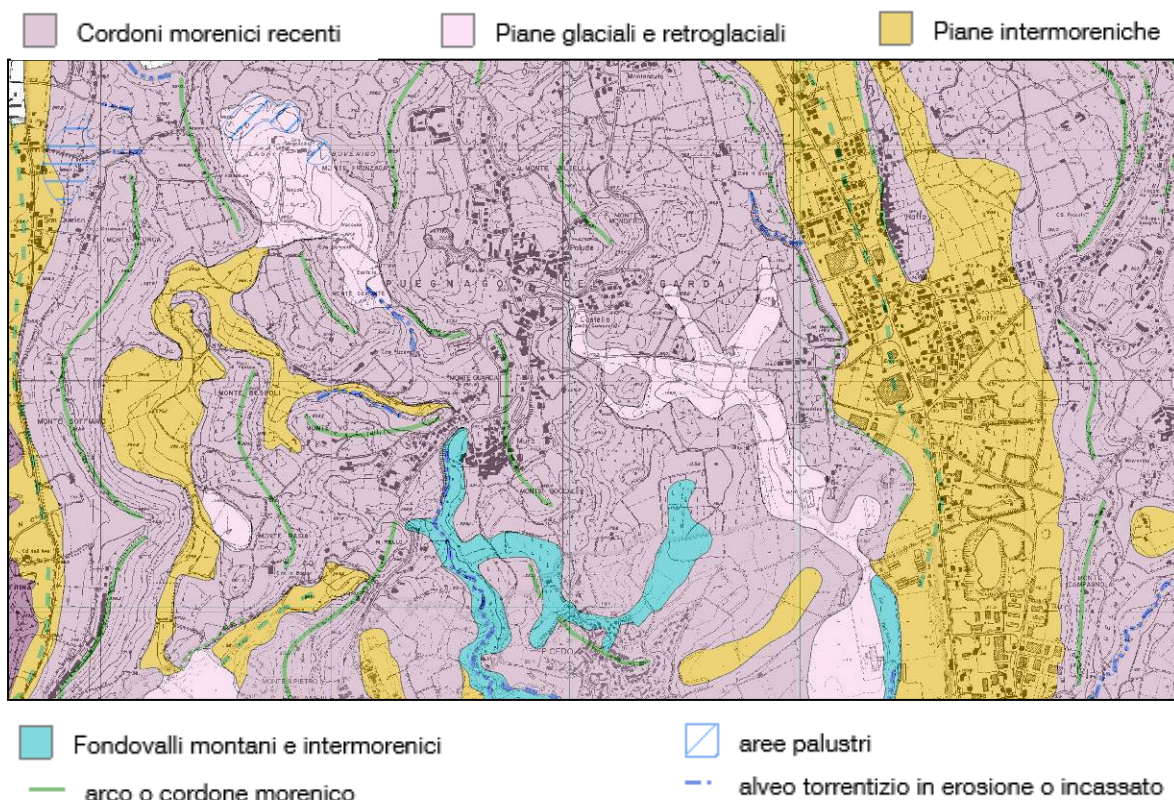
Il dilavamento del fronte dei ghiacciai ad opera delle acque di fusione ha determinato l'accumulo di materiali a contatto con le stesse masse glaciali. Talora le cerchie moreniche appaiono discontinue a seguito dell'azione di sfondamento praticata dagli stessi corsi d'acqua fluvio-glaciali. Alcune depressioni o conche presenti sul territorio corrispondono a strutture relitte, formate nei pressi del fronte glaciale.



L'aspetto del territorio è pertanto caratterizzato da una topografia estremamente variabile.

Le aree rilevate presentano pendii fortemente inclinati e scoscesi e sono fiancheggiate da aree a pendenza più moderata, che fanno da raccordo con gli avvallamenti e le piane intermoreniche. In queste ultime i depositi fluvioglaciali ghiaiosi sono prevalenti, i depositi più recenti e fini sono tipici degli avvallamenti formatisi dall'azione erosiva dei torrenti glaciali, mentre le aree a morfologia infossata corrispondono invece ad antiche conche lacustri.

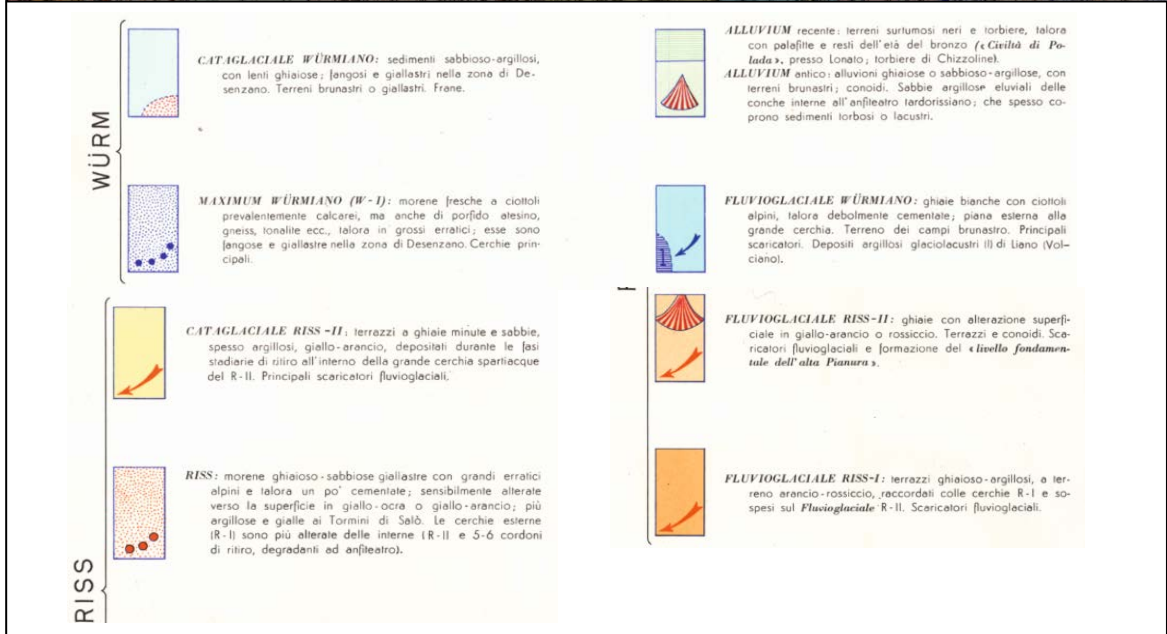
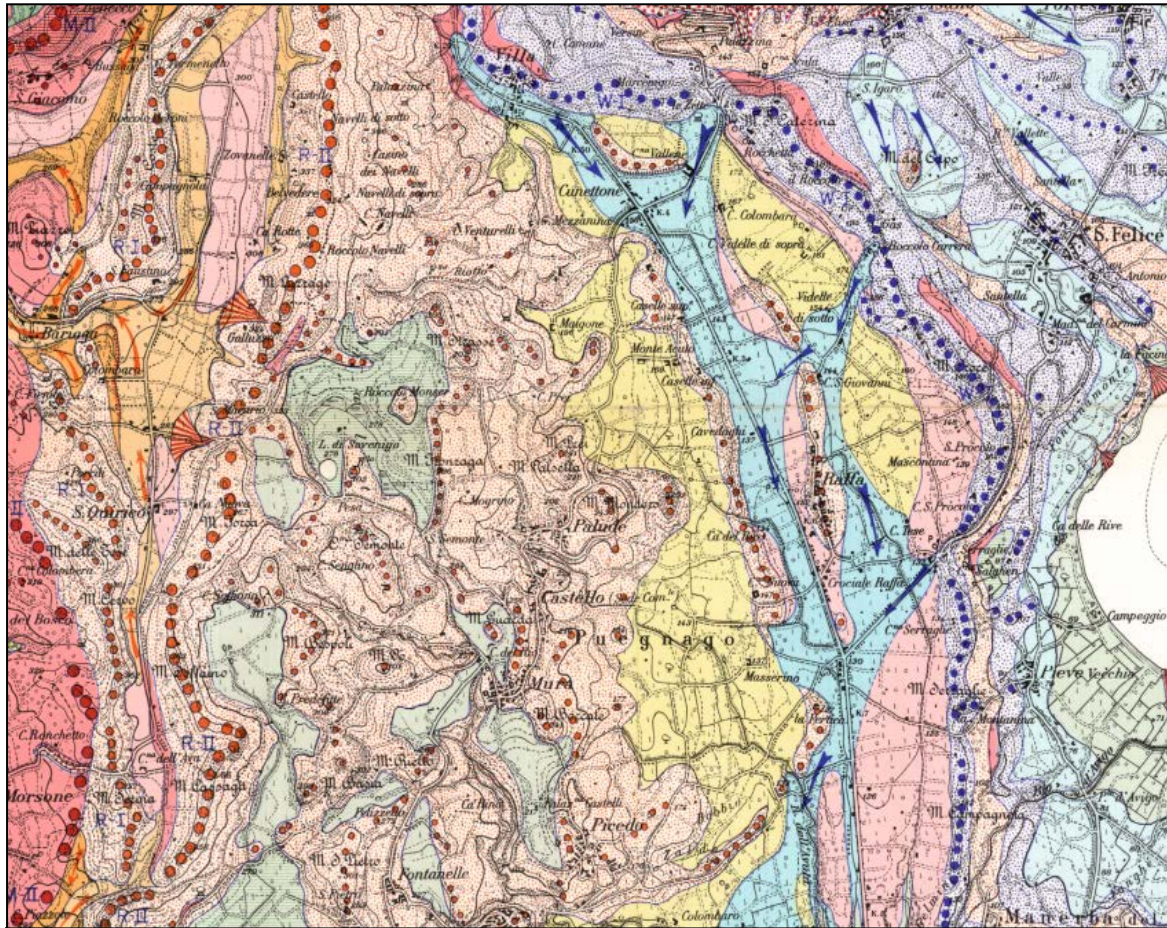
Sul Geoportale Regionale è disponibile la banca dati geomorfologica, che, nel territorio comunale di Puegnago del Garda, distingue:



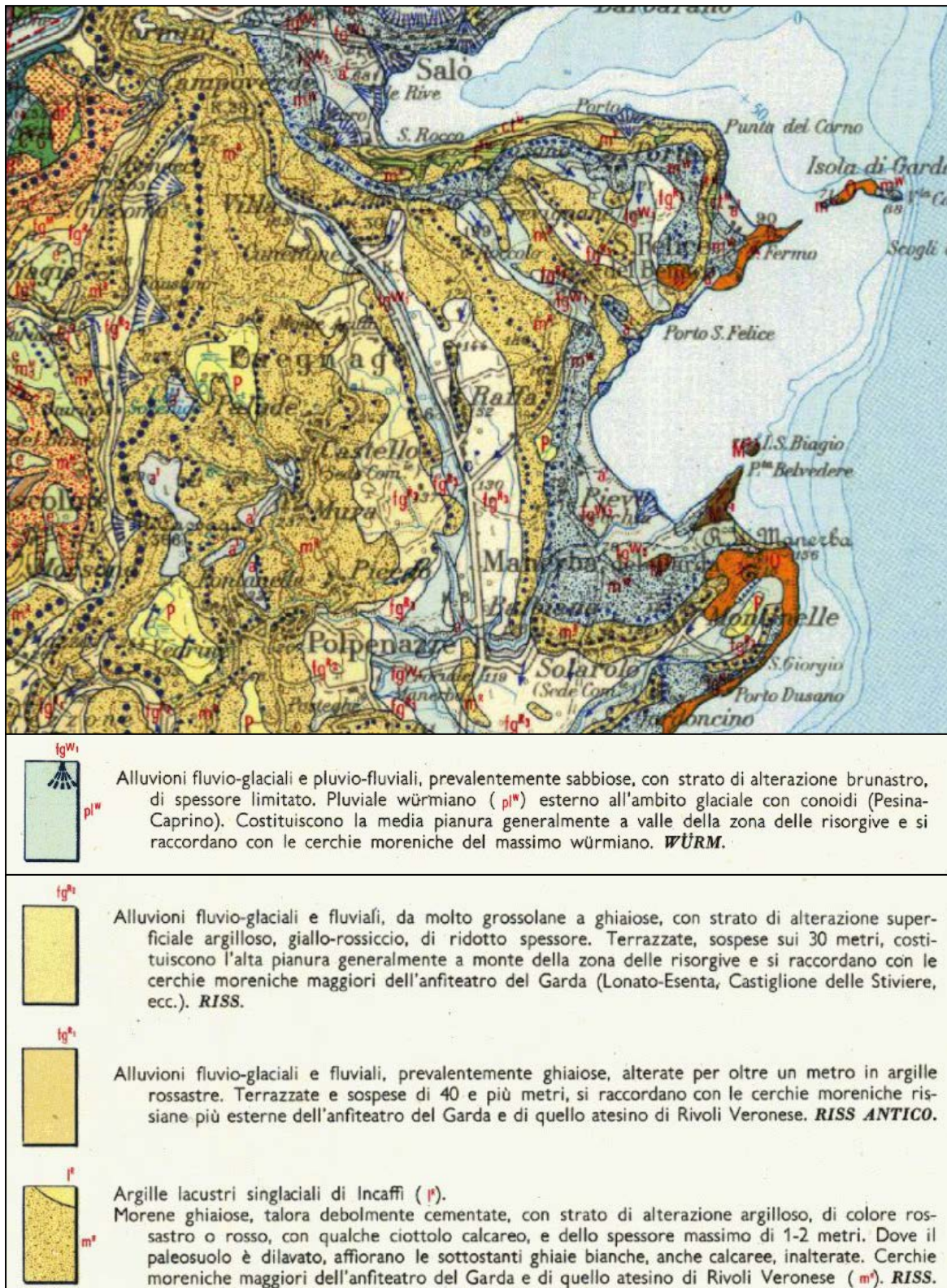
In letteratura le cerchie più interne sono riferite per lo più alla fase glaciale Würmiana, mentre quelle più esterne sono attribuite al Riss, anche se non esiste uniformità di classificazione delle cerchie moreniche alle singole glaciazioni da parte dei diversi Autori.

Va in ogni caso sottolineato come possono essere distinte oscillazioni del ghiacciaio di ordine minore nell'ambito delle singole fasi Würm e Riss sia per i periodi glaciali che per quelli interglaciali.

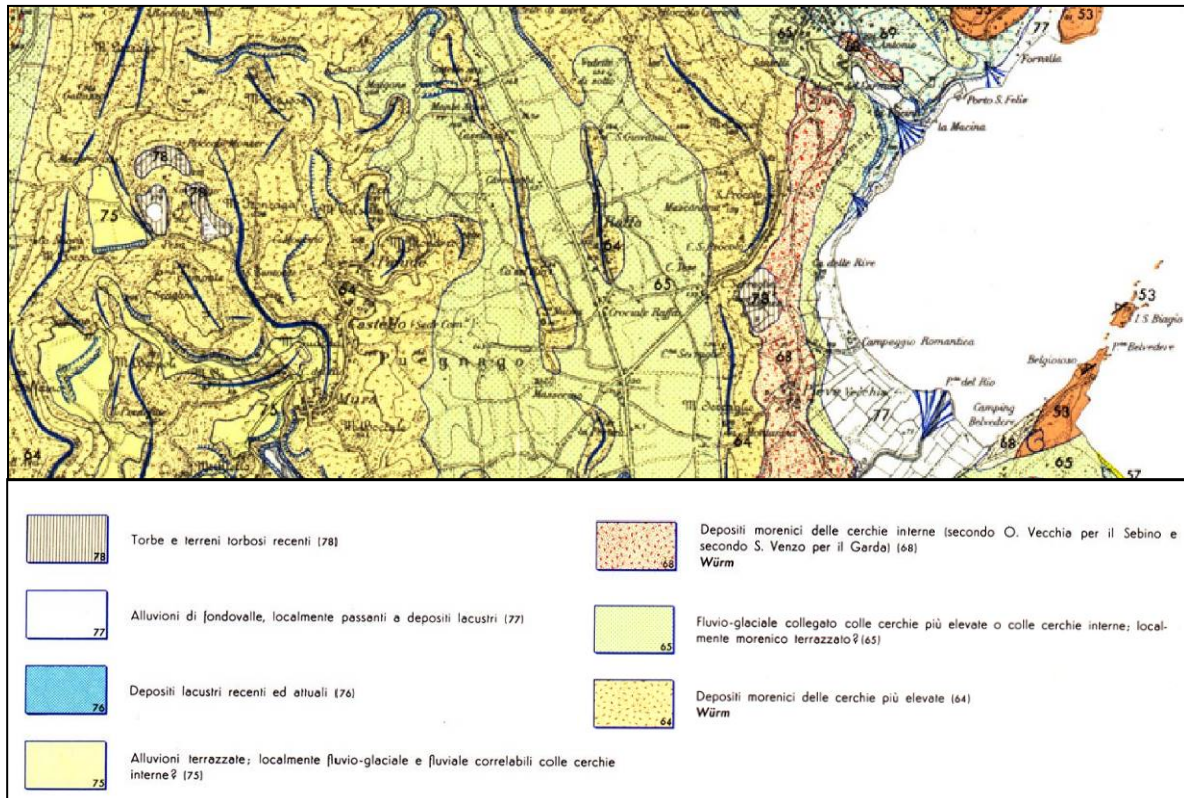
Un punto di riferimento per la cartografia geologica relativa a questo settore è la “Carta Geologica dell’anfiteatro morenico del Garda – Tratto occidentale”, redatta da Venzo nel 1957.



Altro riferimento di base è rappresentato dalla Carta Geologica del foglio 48 "Peschiera del Garda" a scala 1:100000, del quale si riporta di seguito un estratto:



Ultimo riferimento ufficiale in ordine cronologico è rappresentato dalla Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a Sud dell'Adamello a scala 1:50000 (Boni e Cassinis, 1973), del quale si riporta di seguito un estratto:

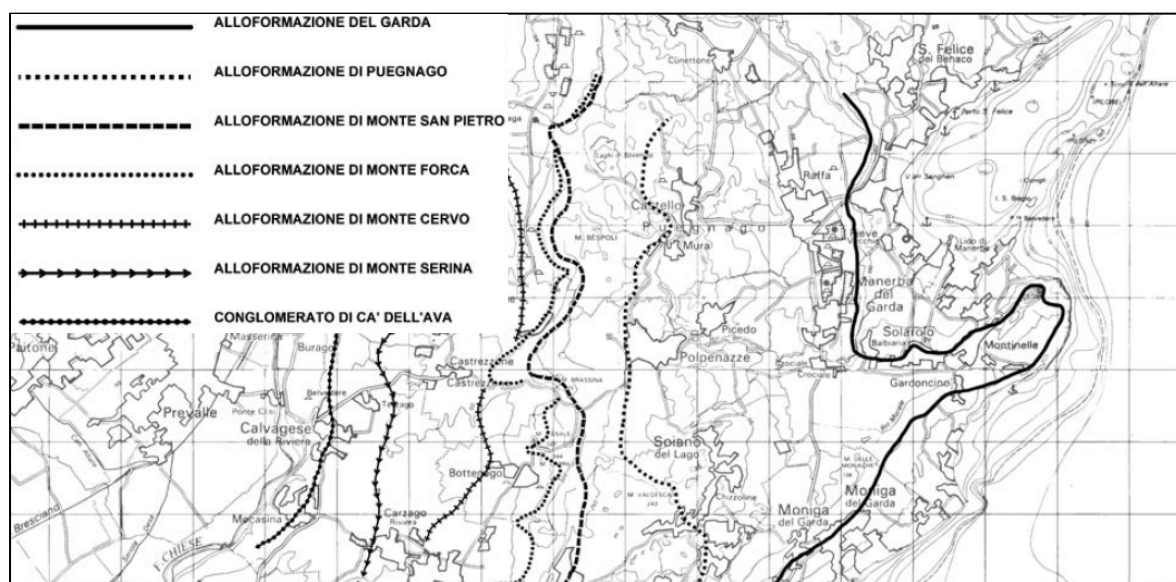


Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Puegnago del Garda è caratterizzato, come già accennato, dalla presenza di cordoni morenici che costituiscono i rilievi collinari e fanno parte dell'ossatura delle cerchie occidentali dell'anfiteatro morenico gardesano: si tratta di depositi eterogenei per natura e granulometria, caratterizzati da potenti sequenze deposizionali sabbioso-limoso-argillose sovraconsolidate, con ghiaia in percentuale variabile, alternate secondo intervalli e lenti discontinue. Questi terreni possiedono una marcata variabilità laterale e sono caratterizzati dalla presenza di frequenti livelli e/o corpi stratificati grossolani. Interposte entro i cordoni morenici si trovano piane fluvio-glaciali connesse al parziale smantellamento delle cerchie moreniche più elevate operato dai corsi d'acqua, derivanti dalla fusione delle masse glaciali.

Secondo alcuni studi le cerchie moreniche nell'area gardesana sono attribuibili alle glaciazioni del Riss e del Würm: le morene rissiane risultano in genere ben conservate e costituite da un ammasso caotico di blocchi, ciottoli e ghiaie poco cementati, con uno strato di alterazione argilloso di colore rossastro o rosso-bruno.

Secondo altri studi invece i depositi glaciali presenti nell'area del Garda, costituenti le cerchie più interne e più elevate, sono riconducibili esclusivamente alla glaciazione Würm del Pleistocene superiore.

In base alle prime valutazioni allostratigrafiche riferite agli studi del Prof. A. Bini condotti nell'Anfiteatro Morenico del Garda nei primi anni 2000, è possibile attribuire i depositi presenti nel territorio comunale all'ALLOGRUPPO DI POLPENAZZE e in particolare all'ALLOFORMAZIONE DI PUEGNAGO (PPu):



Di seguito si riporta la descrizione dei materiali costituenti l'Alloformazione di Puegnago estratta dalla pubblicazione di Bini & Zuccali, 2004 su *Italian Journal of Quaternary Sciences*:

“La superficie limite superiore è costituita da una superficie di erosione che decapita l'unità della parte superiore pedogenizzata. La decapitazione avviene in corrispondenza del tetto degli orizzonti calcici del suolo per cui molti affioramenti si presentano cementati a tetto per spessori di alcuni centimetri. In alcuni affioramenti è visibile la porzione basale del suolo subito al di sopra dell'orizzonte calcico. I ciottoli, esclusivamente carbonatici, sono alterati e il colore è compreso nella pagina 10YR delle tavole Munsell. Al di sotto dell'orizzonte calcico i clasti di natura cristallina sono arenizzati e il colore della matrice è compreso nella pagina 10YR delle tavole

Munsell, più raramente nella pagina 7.5YR. In alcuni affioramenti è presente, a tetto, loess limoso argilloso indurito con patine di ossidi di ferro e manganese di colore 10YR. La superficie limite inferiore è una superficie di erosione che tronca i depositi dell'Alloformazione di Monte San Pietro."

Nell'ambito dell'alloformazione di Puegnago si distinguono i depositi glaciali, i depositi fluvioglaciali e i depositi lacustri.

Con il termine generico di depositi morenici si intende depositi caotici, molto eterogenei e localmente debolmente cementati, costituiti in prevalenza da ghiaie, ciottoli e blocchi, con elementi calcarei predominanti in matrice limo-argillosa; essi risultano eterogenei per natura e granulometria e contengono spesso grossi massi erratici; la permeabilità, variabile in funzione della granulometria è generalmente piuttosto bassa; la sottile copertura pedogenizzata, generalmente brunastra, rientra nella categoria dei Luvisols.

Nel territorio comunale si individuano particolari forme di contatto glaciale:

- Cordoni morenici: caratterizzati da morfologia pronunciata ed allungata; testimoniano uno stazionamento o un'avanzata seguita da una fase di ritiro di un margine glaciale. Localmente mostrano scarsa continuità, dovuta a fenomeni di erosione glaciale e/o fluviale;
- Terrazzi di Kame: depositi a forma di terrazza, formati a fianco delle masse glaciali in via di scioglimento a cui in parte si appoggiano.
- Kettle-hole: depressioni formatesi nelle fasi di de-glaciazione, causate da masse di ghiaccio morto precedentemente sepolte nel detrito.

Tra i vari archi morenici affiorano, nell'area di interesse, depositi fluvioglaciali, costituiti da ciottoli e ghiaia, con uno strato di alterazione superficiale argilloso rossastro; sono depositi essenzialmente ghiaiosi e sabbiosi, localmente cementati, talvolta alternati a livelli di materiali fini, talora caotici e privi di stratificazione, altrove con stratificazione più o meno evidente; la prevalenza di termini grossolani, quali ghiaie e sabbie, è da mettere in relazione alla selezione idraulica operata dall'ambiente deposizionale di tipo fluvioglaciale, contraddistinto da scaricatori (torrenti glaciali) la cui genesi è connessa allo scioglimento delle masse glaciali; le piane ghiaiose passano talvolta, verso il basso e lateralmente, a limi argillosi connessi a cali di

energia dell'ambiente deposizionale; la permeabilità è generalmente piuttosto elevata; l'alterazione superficiale è di varia natura, in genere di colore bruno, e di spessore limitato con copertura pedogenizzata rientrante nella categoria dei Calcisols.

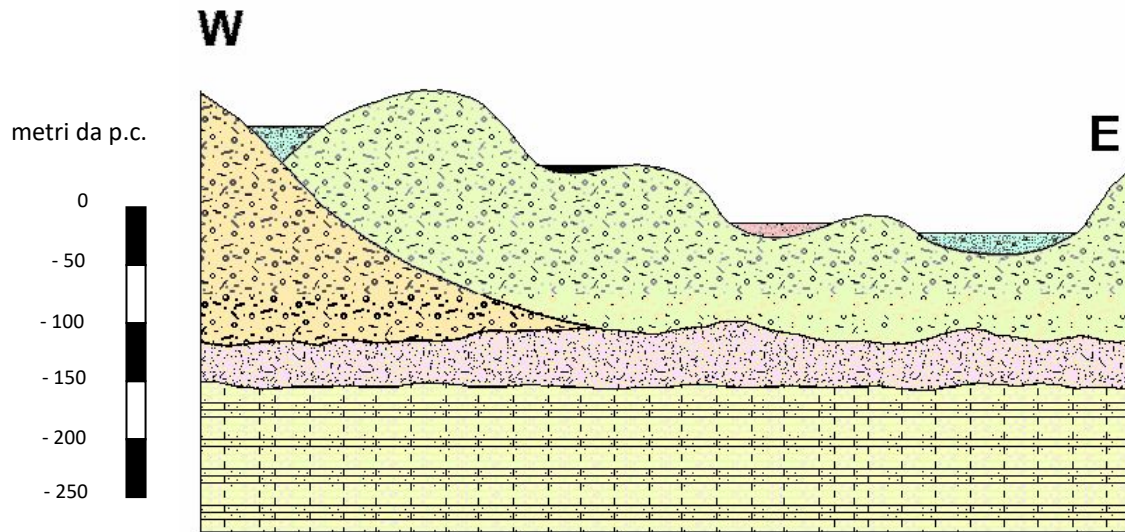
Sovrapposti ai depositi fluvioglaciali e glaciali del Pleistocene Superiore si rinvengono:

- depositi alluvionali antichi terrazzati (Olocene): depositi alluvionali, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi con copertura pedogenizzata, generalmente brunastra, rientrante nella categoria dei Luvisols;
- depositi argilloso-scuri, torbosi, di età recente, relativi a depressioni morfologiche poste tra una cerchia e l'altra, nelle quali si era instaurato un ambiente paludoso e sartumoso;
- depositi alluvionali attuali: depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi in corrispondenza di alvei attivi.

Le coperture quaternarie descritte poggiano su substrato a consistenza lapidea costituito da:

- Ceppo del Pleistocene medio: Conglomerato a supporto di matrice carbonatica con intercalazioni arenacee, alla cui base si ritrovano generalmente argille sabbiose glacio-lacustri a diatomee;
- Formazione di Manerba dell'Oligocene medio-superiore: Calcareniti con intercalazioni marnose cineree passanti superiormente a calcari arenacei, brecciolini quarzose, arenarie grossolane poco cementate fossilifere.

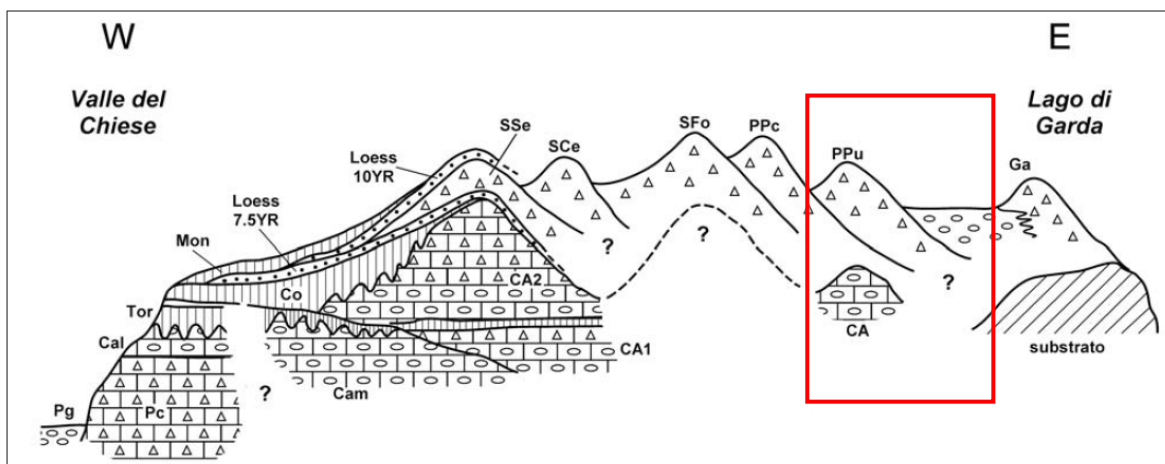
Per quanto riguarda i rapporti stratigrafici tra i diversi corpi sedimentari, sebbene essi risultino particolarmente complessi, è possibile schematizzarli nel seguente schema semplificato:



Legenda

- DEPOSITI ARGILLOSO-SCURI TORBOSI (OLOCENE)
- DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI TERRAZZATI (OLOCENE)
- DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI WURMIANI (PLEISTOCENE SUPERIORE)
- DEPOSITI GLACIALI WURMIANI (PLEISTOCENE SUPERIORE)
- DEPOSITI GLACIALI RISSIANI (PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE)
- CEPPPO (PLEISTOCENE MEDIO)
- FORMAZIONE DI MANERBA (OLIGOCENE SUPERIORE-MIOCENE INFERIORE)

Dal punto di vista dei rapporti stratigrafici con le diverse alloformazioni di recente individuazione (Bini et al, 2004) il territorio comunale di Puegnago del Garda si colloca nel riquadro rosso (Ppu – Alloformazione di Puegnago; CA – Conglomerato di Ca’ dell’Ava):



5.2. Unità geo-litologiche affioranti nel territorio comunale

In Tav. 1 – CARTA DI INQUADRAMENTO GEO-LITOLOGICO sono stati distinti:

- i depositi olocenici appartenenti alle unità Post-glaciali che ricoprono i depositi più antichi di origine glaciale;
- i depositi pleistocenici di origine glaciale appartenenti all'Alloformazione di Puegnago.

Tra i primi sono stati distinti i depositi recenti lacustri e palustri presenti nella conca dei Laghi di Sovenigo, per i quali non sono stati ritrovati affioramenti significativi e i depositi alluvionali a granulometria sabbioso-limosa riconducibili agli alvei attivi e terrazzati dei principali corsi d'acqua:



Tra i depositi pleistocenici di origine glaciale sono stati distinti:

- **DEPOSITI GLACIALI prevalentemente ghiaioso limosi:** costituenti l'ossatura dei principali rilievi collinari del territorio comunale e caratterizzati da litologie ghiaiose in abbondante matrice limoso sabbiosa, talora cementati e inglobanti ciottoli e blocchi di dimensioni anche metriche, che a seguito dei fenomeni erosivi possono venire isolati dal deposito e unirsi ai cosiddetti massi erratici; di seguito si riportano le fotografie di alcuni affioramenti ritenuti più significativi:









- **DEPOSITI di CONTATTO GLACIALE prevalentemente sabbioso limosi:** presenti in corrispondenza delle aree di raccordo con le principali piane fluvio-glaciali; sono poco osservabili e raramente si ritrovano in affioramento; sono costituiti da orizzonti limoso sabbiosi molto consistenti fino a sovra-consolidati e orizzonti sabbioso limosi addensati passanti a sottili orizzonti ghiaiosi ben stratificati e con clasti orientati lungo le antiche direzioni di deflusso:



- **DEPOSITI di CONTATTO GLACIALE / DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI prevalentemente ghiaiosi con abbondante matrice limoso-argillosa:** presenti in corrispondenza delle aree di raccordo con le principali piane fluvio-glaciali, sono costituiti da ciottoli e ghiaia a clasti subarrotondati pseudo-orientati, immersi in matrice limoso argillosa, in evidente contatto discordante (superficie erosionale) con i depositi glaciali :



- **DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi:** presenti nelle principali pianie fluvio-glaciali (Raffa – S. Quirico) costituiti da ghiaie e ciottoli a clasti arrotondati immersi in matrice sabbiosa, solo localmente sabbioso limosa; frequentemente sono ricoperte da un orizzonte di alterazione prevalentemente ghiaioso di spessore metrico con abbondante matrice limoso argillosa; per la particolare granulometria dei materiali costituenti tali depositi sono state e sono attualmente oggetto di attività estrattiva:



5.3. Principali processi di dinamica del versante

Nel territorio comunale, coerentemente con le litologie presenti, non si evidenziano fenomeni di instabilità di versante importanti, come osservato anche nel precedente studio geologico del 2009 (Dott. Geol. A. Trivoli).

Le aree soggette a fenomeni di instabilità di versante evidenziate nel precedente studio non hanno subito, ad oggi, evoluzioni areali importanti: tali aree, caratterizzate da alta acclività, sono caratterizzate da franosità superficiale diffusa con processi di scivolamento prevalentemente di tipo roto-traslazionale di modeste dimensioni e pertanto di difficile cartografabilità.

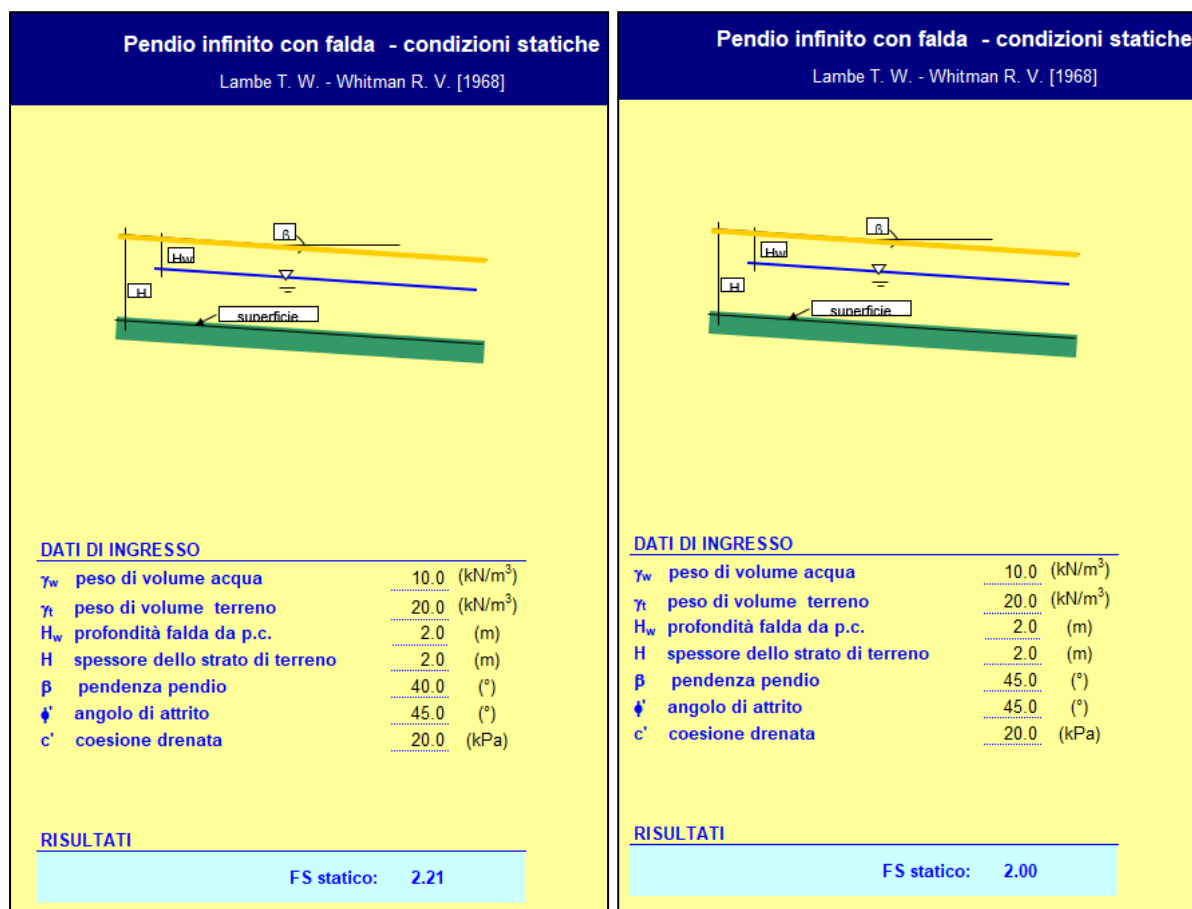
Le aree interessate dai fenomeni di instabilità sono state delimitate sulle ortofoto aggiornate al 2018 e sulla base cartografica rappresentata dal database topografico regionale, in uso nel Piano di Governo del Territorio.

Per questo motivo le perimetrazioni attuali risultano leggermente diverse da quelle precedentemente delineate nel 2009, anche se i fenomeni in atto o quiescenti non hanno subito sostanziali attivazioni e/o modifiche in termini areali.

Si ritiene pertanto che per alcune aree soggette a franosità diffusa ed indicate in passato come attive possano ragionevolmente essere considerate attualmente quiescenti, in quanto prive di indizi di attività e riattivabili dalle stesse cause di innesco.

In fase di delineazione delle aree soggette a franosità diffusa si è fatto riferimento alle potenziali caratteristiche meccaniche delle litologie presenti, le quali, essendo costituite da depositi glaciali a granulometria ghiaiosa talora cementati, presentano valori dei parametri di resistenza al taglio da buoni ad ottimi con valori dell'angolo di attrito superiori o uguali a 45° e valori di coesione drenata di almeno 20 kPa.

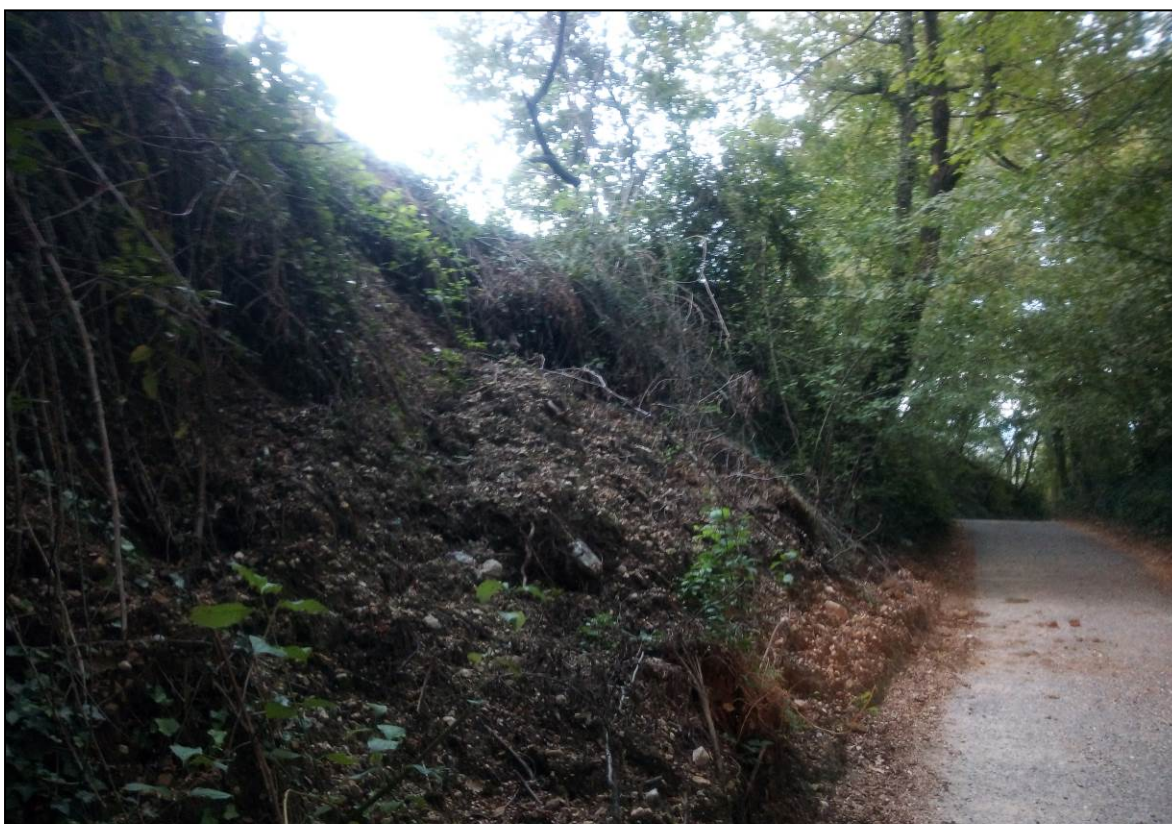
Applicando la procedura per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di frana di cui all'Allegato n. 2 dei criteri regionali (DGR 2626/11), adottando il metodo di verifica di stabilità del pendio indefinito, emerge che il valore del fattore di sicurezza alla stabilità è superiore al valore di 2 per tutte quelle porzioni di territorio che presentano inclinazioni del pendio inferiori a 40°-45° ovvero per pendenze del 90-100%, come di seguito riportato:



In base ai criteri regionali (paragrafo 2.2.2 dell'allegato 2 DGR 2616/11) solo per i settori di territorio con inclinazioni superiori a 40°-45° la pericolosità preliminare è pari a H2.

In considerazione dell'assenza di evidenze di concentrazioni d'acqua e per la presenza per lo più di sistemazioni di pendio a terrazzamento antropico e di vegetazione con apparati radicali profondi, alcune porzioni di territorio, sebbene molto acclivi, sono state considerate a pericolosità definitiva H1 e quindi non perimetrate nell'ambito delle aree a franosità diffusa attiva e/o quiescente.

In considerazione della limitata estensione della massa mobilitabile non si è ritenuto necessario calcolare la zona di accumulo, in quanto, dalla tipologia dei dissesti osservati, i volumi mobilitati tendono ad accumularsi immediatamente al piede della superficie di distacco, come evidenziato dalle fotografie seguenti.



Scivolamento roto-traslazionale attivo del ciglio di scarpata lungo via Monte Tondo



Scivolamento traslazionale attivo del ciglio di scarpata a monte del Residence degli Ulivi



Scivolamento roto-traslazionale quiescente del ciglio di scarpata lungo il versante a valle della strada dei laghi in corrispondenza del Cimitero comunale



Scivolamento roto-traslazionale attivo nell'ambito del canalone presente a monte di Via Valletti



Ciglio dell'incisione valliva posto a valle del parcheggio di Via Borgo Alto
Testata del bacino idrografico del Rio Monte Acuto



Indizi di instabilità superficiale quiescente a valle degli uliveti de Le Videlle Relais de Charme

Alcune aree considerate nel precedente studio geologico a franosità diffusa attiva, da nuove osservazioni sono state considerate a franosità potenziale, in quanto le condizioni riscontrate al momento del rilevamento non denotano segni di attività in corso o pregressa e le condizioni di acclività e caratteristiche meccaniche dei materiali ivi presenti rientrano nelle condizioni sopra descritte ed esaminate mediante procedura di cui all'allegato n. 2 (F.S. \geq 2.0 – H1).

Nella TAV. 2 – CARTA GEOMORFOLOGICA sono state riportate le nuove delimitazioni delle:

- aree a franosità superficiale diffusa attive
- aree a franosità superficiale diffusa quiescenti
- aree a pendenza da moderata ad elevata con potenziale innesco di fenomeni d'instabilità di versante superficiale se soggette a variazioni d'uso del suolo o variazione del regime idraulico superficiale; quest'ultime riguardano tutte le aree individuate come molto acclivi, boscate e sviluppate su depositi glaciali, che pur essendo stabili e presentando pericolosità H1 al momento del rilevamento, possono variare la propria condizione a seguito di modifiche della destinazione d'uso e del regime idraulico superficiale/sotterraneo; questo aspetto è stato tenuto in considerazione nella fase di proposta delle classi di fattibilità geologica.

Nella stessa tavola cartografica sono indicati i cordoni morenici principali e gli orli di terrazzi morfologici di altezza superiore ai 5 m.

5.4. Bacini idrografici e reticolo idrografico superficiale

Nel territorio comunale il reticolo idrografico si presenta piuttosto articolato con corsi d'acqua naturali e canali artificiali ad uso agricolo.

Il sistema di drenaggio naturale presenta in generale un modello dendritico, con una distribuzione preferenziale orientata NNW-SSE, che segue l'andamento delle principali piane intramoreniche e fluvio-glaciali; localmente alcuni tributari presentano andamento W-E incidendo i cordoni morenici, probabilmente in corrispondenza di antichi scaricatori fluvio-glaciali.

Nel territorio comunale sono stati individuati n. 5 bacini idrografici con chiusura in corrispondenza del limite amministrativo meridionale (Comuni di Manerba del Garda e Polpenazze del Garda) e n. 2 bacini idrografici residui con chiusura in corrispondenza del limite

amministrativo settentrionale (Comune di Salò) e occidentale (Comune di Muscoline); il limite amministrativo orientale coincide con lo spartiacque idrografico.

Nella tabella seguente sono riportate le estensioni e i nomi dei bacini idrografici individuati; per il bacino residuo San Quirico non è stato individuato alcun corso d'acqua, in quanto l'area è rappresentata da una zona di testata prossima allo spartiacque idrografico:

Bacino idrografico	Estensione (ha)	Bacino di afferenza
Fosso Soffaino	74.39.18	Lago Lucone
Rio Naviglio	267.46.04	Rio Bergognini
Fosso Aione	223.49.12	Rio d'Avigo
Fosso Montecatuto e Fosso Riotto	156.24.57	Dispersione/Laminazione
Fosso Cascina il Dosso e Fosso Videlle	187.17.01	Rio d'Avigo
Fosso Crociale Raffa	128.21.17	Rio d'Avigo
Residuo San Quirico	59.95.87	Rio Piazze

Le linee di spartiacque principali sono riportate in Tav. 2 – CARTA GEOMORFOLOGICA, insieme alle aste dei corsi d'acqua distinti in: tratti a cielo aperto e tratti intubati, a regime continuo, a regime temporaneo/effimero e inattivi, oltre ai tratti di corsi d'acqua non appartenenti al reticolo idrico minore di interesse idraulico secondario.

Le incisioni torrentizie sono interessate in occasione di eventi di piena da locali fenomeni di erosione spondale e d'alveo. In corrispondenza di alcuni corsi d'acqua sono presenti opere di canalizzazione e tombinatura che hanno fortemente mutato i caratteri idrografici naturali del reticolo e che, spesso, rappresentano punti di criticità idraulica.

Di seguito si riportano le descrizioni di ciascun bacino idrografico, estratte dall'elaborato tecnico del Documento di Polizia Idraulica, di recente redazione ed approvazione (Redazione nell'ottobre 2020 ed approvazione con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 12 del 06 maggio 2021).

Bacino idrografico Fosso Soffaino

Il corso d'acqua principale presenta, per tutta la sua estensione, un'ampiezza inferiore a 2 m e un profilo trasversale privo di arginature evidenti; sono pertanto da escludere aree di sponda e aree di argine e l'identificazione è stata eseguita riportando la mezzaria del corso d'acqua stesso. Il corso d'acqua è di primo ordine (codice 03017158_0001), privo di affluenti significativi, e la sua lunghezza totale è di circa 1 km, evidenziato sulle mappe catastali e sulla cartografia tecnica regionale e, solo in parte, sulla cartografia IGM.

Nell'identificazione sono stati esclusi due tratti riportati sulla cartografia "master" regionale, in quanto non presenti o presenti come piccoli canali di scolo delle acque meteoriche, poco significativi dal punto di vista idraulico, individuati ai margini degli appezzamenti e gestiti integralmente dagli agricoltori.

Il tratto segnalato in cartografia (TAV. 2) presenta n. 4 punti di potenziale criticità idraulica rappresentati da 2 attraversamenti della strada sterrata di collegamento e dall'imbocco e sbocco del tratto intubato (indicato in fotografia) al di sotto di un campo agricolo; il livello di rischio è da considerarsi basso vista l'assenza di qualsiasi urbanizzazione.



Il corso d'acqua esce dal territorio comunale attraverso un tratto intubato, il cui imbocco è riportato nella fotografia seguente:



Il corso d'acqua alimenta il Lago Lucone, un piccolo bacino lacustre di origine morenica a carattere effimero presente nel territorio comunale di Polpenazze, il cui emissario contribuisce a formare il Rio Marle; quest'ultimo, in corrispondenza del Ponte Colombero, confluisce nel Rio Capra di Sotto, proveniente da Soiano del Lago, originando il Rio d'Avigo, uno dei più importanti corsi d'acqua di tutta l'area.

Nel Bacino idrografico Fosso Soffaino non sono stati individuati corsi d'acqua privati significativi dal punto di vista idraulico.

Bacino idrografico Rio Naviglio

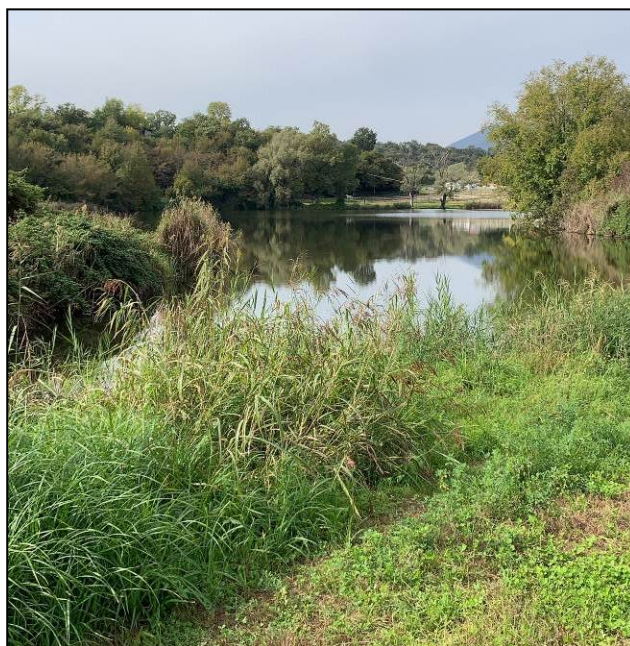
Il corso d'acqua principale presenta, per tutta la sua estensione, un'ampiezza inferiore a 2 m e un profilo trasversale privo di arginature evidenti (da non confondersi con i versanti dell'impluvio ove il corso d'acqua scorre nelle zone a maggior acclività); sono pertanto da escludere aree di sponda e aree di argine e l'identificazione è stata eseguita riportando la mezzaria del corso d'acqua stesso. Il corso d'acqua (codice 03017158_0002) è di terzo ordine, con un ramo principale proveniente dall'area dei Laghi di Sovenigo e un ramo secondario (codice 03017158_0003) proveniente dalla valle delimitata dal Monte Forca, Monte Bepoli, Monte Semonte e Monte Vo.

In corrispondenza dell'ultimo specchio d'acqua dei Laghi di Sovenigo è presente una vecchia derivazione in galleria, ad oggi non più attiva, che portava le acque dei laghi nel bacino idrografico del Fosso Aione, in area di testata, a scopo irriguo: il canale e la successiva galleria di derivazione (codice 03017158_0033 – Derivazione Fronzaga) sono attualmente inattive e sono state comprese nel reticolo idrico minore; il canale a cielo aperto è stato classificato come ex-alveo, in quanto il canale è accatastato e non più attivo.

L'opera in galleria fu utilizzata fino agli inizi del '900 per facilitare l'attività estrattiva di torba dalla depressione dei Laghi di Sovenigo; negli anni '50 a seguito di un crollo parziale ha cessato la sua funzione ed è stata abbandonata.

Visto la piccola emergenza idrica attualmente presente in corrispondenza dello sbocco e la natura dell'ostruzione probabilmente localizzata, non si esclude che innalzamenti del livello idrometrico degli invasi o evoluzioni successive, possano determinare un rapido collasso dello sbarramento, determinando un'improvvisa venuta d'acqua che andrebbe ad interferire con il centro di Castello. Il livello di pericolosità e del rischio connessi a tale fenomeno andrebbero comunque definiti con maggior attenzione attraverso uno studio di dettaglio.

La lunghezza totale del ramo 03017158_0002 proveniente dai Laghi di Sovenigo è di circa 2 km e risulta evidenziato sulle mappe catastali e in parte sulla cartografia tecnica regionale e sulla cartografia IGM; in particolare i primi 1200 m circa di estensione corrispondono ad un tratto virtuale di collegamento tra i 4 bacini lacustri costituenti i "Laghi di Sovenigo", dall'ultimo dei quali si snoda l'emissario principale, che scorre per circa 250 m su alveo accatastato.



Segue un tratto di circa 100 m, intubato al di sotto di Via dei Laghi, non accatastato ed evidenziato solo sulla cartografia IGM; il rio ricompare a cielo aperto nel mezzo della piana posta a valle di Cascina Semonte:



Il restante tratto del Rio Naviglio si snoda per circa 750 m accatastati e, a meno di un piccolo tratto intubato di lunghezza circa 50 m a valle della Santella di Via dei Laghi, si sviluppa in un contesto con buona naturalità fino a Località Case del Rio, ove vi confluisce il ramo secondario 03017158_0003 proveniente dal Monte Forca.

La lunghezza totale del ramo secondario 03017158_0003 è di circa 1.3 km e risulta evidenziato sulle mappe catastali e sulla cartografia IGM e solo in parte sulla cartografia tecnica regionale; tale ramo, non indicato nel reticolo “master” regionale, mostra una buona naturalità e presenta 2 piccoli affluenti in sinistra idrografica, di lunghezza dell’ordine dei 100-200 m (codici 03017158_0004/5 e 03017158_0007), mappati sulle carte catastali e completati con tratto fittizio nella parte terminale, e un piccolo affluente in destra idrografica (codice 03017158_0006), mappato solo sulla cartografia tecnica regionale, ma ritenuto significativo in termini di continuità idrologica;



l'intero ramo proveniente dal Monte Forca è intubato, nella sua parte terminale, per circa 40 m (imbocco – foto a sinistra) e sfocia nel ramo che scende dai Laghi di Sovenigo in corrispondenza della località Case del Rio (sbocco – foto a destra), ove è presente una sorgente che alimenta un vecchio lavatoio, il cui scarico confluisce nello stesso rio.



Il ramo principale del Rio Naviglio, in corrispondenza di località Case del Rio, è intubato al di sotto della strada per un tratto di circa 190 m e sfocia nell'impluvio che si sviluppa a SW del vecchio abitato di Mura:



Il corso d'acqua prosegue a cielo aperto per una lunghezza di circa 1.3 km fino al vecchio Mulino, posto sul confine comunale con il Comune di Polpenazze del Garda; il tratto è indicato su tutte le cartografie ufficiali e nel reticolo "master" regionale

Il piccolo affluente in destra idrografica (codice 03017158_0008) è riportato solo sulle cartografie IGM, mentre l'affluente posto in destra idrografica che scende da Via Valenasche (codice 03017158_0009) è stato interrotto a valle della strada SP25, come indicato sulla cartografia CTR, escludendo il tratto di monte indicato sulla cartografia IGM, in quanto non più evidente ed inglobato nelle opere di urbanizzazione stradale (fognatura acque bianche e nere).

L'altro affluente posto in destra idrografica (codice 03017158_0010/11) e che scende da Località Pelizzello è stato prolungato a monte della strada SP25, considerando un tratto

intubato di lunghezza dell'ordine dei 50 m e un tratto a cielo aperto di altri 40 m esteso fino a valle di un piccolo bacino artificiale, nel quale confluiscono le acque provenienti da monte (vedi fotografia):



Si evidenzia un tratto intubato ad andamento incerto di lunghezza di circa 150 m, che raccoglie le acque provenienti dal corso d'acqua naturale posto in testa al bacino idrografico e le acque provenienti dal troppo pieno del serbatoio dell'acquedotto comunale posto sul versante meridionale del Monte Basia (codice 03017158_0011), non regimate.

Lungo il corso del rio Naviglio, a valle della SP25, nel tratto compreso tra gli sbocchi dei due affluenti sopra citati è presente una vecchia opera di derivazione, non più attiva, che alimentava un canale artificiale (codice 03017158_0034 – Derivazione Mulino), utilizzato per l'approvvigionamento idrico del Mulino posto più a valle al confine con il comune di Polpenazze del Garda: l'opera di derivazione è indicata sulle mappe catastali ma non conserva attualmente continuità, in quanto risulta attivo solo il primo tratto e l'acqua derivata non appare utilizzata per nessun scopo definito.

Si ritiene difficilmente reperibile la documentazione originale relativa alla concessione di derivazione, sempre se esistente, e comunque in considerazione della cessazione dell'utilizzo ufficiale dell'acqua derivata, si ritiene molto improbabile che tale concessione sia ad oggi attiva; in considerazione di questo si è scelto comunque di classificare il tratto di derivazione esistente come corso d'acqua appartenente al reticolo idrico minore (e in particolare come ex-alveo), lasciando a successivi approfondimenti da parte della Pubblica Amministrazione la scelta di imporre il ripristino dei luoghi all'ex-concessionario per quanto riguarda le opere in alveo; il destino delle opere di adduzione presenti fuori alveo, ad oggi prive di continuità, è assoggettato alle disposizioni del Codice Civile.

Il Rio Naviglio esce dal territorio comunale di Puegnago del Garda e, immediatamente a monte di località Maglio in Comune di Polpenazze del Garda, confluisce nel Rio Bergognini, tributario di sinistra del Rio d'Avigo, sfociante nel Lago di Garda.

Nel Bacino idrografico Rio Naviglio non sono stati individuati corsi d'acqua privati significativi dal punto di vista idraulico.

Bacino Idrografico Fosso Aione

Il corso d'acqua principale presenta, per tutta la sua estensione, un'ampiezza inferiore a 2 m e un profilo trasversale privo di arginature evidenti (da non confondersi con i versanti dell'impluvio ove il corso d'acqua scorre nelle zone a maggior acclività); sono pertanto da escludere aree di sponda e aree di argine e l'identificazione è stata eseguita riportando la mezzaria del corso d'acqua stesso.

Il corso d'acqua (codice 03017158_0012) è di terzo ordine e presenta frequenti interferenze con l'urbanizzato costituenti le frazioni di Castello (sede comunale) e di Palude; sono infatti presenti a monte del ponte sulla strada SP25 interi tratti di corsi d'acqua tributari intubati in tempi piuttosto recenti lungo le sedi stradali e un tratto del corso d'acqua del Fosso Aione, di lunghezza di circa 1 km, interamente intubato.

In corrispondenza della testata del bacino (Via Cima Fronzaga) le acque sono regimate attraverso canali di scolo privati di scarsa significatività idraulica (e per questo non appartenenti al reticolo idrico minore), che si organizzano in un corso d'acqua significativo, accatastato e con buon grado di naturalità (codice 03017158_0012): esso scorre per una lunghezza di circa 150 m

all'interno di un vallone fortemente inciso, soggetto a fenomeni di erosione superficiale, e per il successivo tratto di 100 m intubato al di sotto di una piccola strada privata che si dirama da Via Valletti; il corso d'acqua risulta accatastato, così pure i suoi due affluenti (codice 03017158_0013 e 14), che attualmente presentano scarse evidenze morfologiche; il corso d'acqua prosegue a lato di Via Valletti a cielo aperto per circa 30-40 m, poi intubato al di sotto della strada per circa 10-15 m e di nuovo a cielo aperto fino all'attraversamento della strada SP25.

Il ramo affluente in destra idrografica (codice 03017158_0015) non risulta accatastato ma, in considerazione delle evidenze morfologiche, si è scelto di inserirlo nel reticolo idrico minore per un tratto di almeno 300 m, estendendolo fino alla testata del vallone a forte incisione che si sviluppa a fianco di orti e serre mobili prospicienti l'orlo di scarpata.

I due rami affluenti in sinistra idrografica risultano accatastati e parzialmente intubati: il tratto indicato con codice 03017158_0018, di origine artificiale e scavato anni fa per la bonifica dell'area paludosa posta a monte (frazione Palude) risulta interamente intubato fino a Via Valletti, mentre il tratto indicato con codice 03017158_0016 si presenta interamente a cielo aperto, ad esclusione di un breve tratto posto a monte di Via Valletti; l'affluente indicato con codice 03017158_0017 si presenta a cielo aperto fino a via Arginelli, lungo la quale si è scelto di assegnare una fascia di rispetto di ampiezza pari a 2 m, sebbene non siano presenti evidenze di intubamento (le acque provenienti dall'impluvio naturale posto a monte ed accatastato defluiscono lungo la sede stradale per poi confluire nel ramo indicato con codice 03017158_0016).

Il corso d'acqua principale e i 3 affluenti secondari confluiscono in corrispondenza dell'area posta a valle di Via Valletti, immediatamente a monte della strada SP25: il corso d'acqua è intubato al di sotto della strada provinciale e dell'area ad uso privato posta tra questa e via Merler per un tratto di circa 50-100 m e poi, seguendo la sede stradale di Via Merler devia lungo Via delle Fontane, ricevendo le acque del troppo pieno provenienti dalla sorgente e dal lavatoio posto lungo il versante nord del rilievo ove sorge il Municipio.

Il tratto intubato sopra descritto è accatastato fino alla confluenza con Via Merler e a partire dalla confluenza con Via delle Fontanelle, ove si diparte un piccolo ramo secondario, che si è

scelto di inserire come reticolo idrico minore, considerandolo ex-alveo (codice 03017158_0032 – derivazione Fontanelle).

Da via delle Fontane il tratto intubato devia verso gli uliveti per un tratto di circa 350-400 m fino al tombotto presente in sinistra di Via Merler (vedi foto in basso a destra), immediatamente dopo la confluenza con Via Pedemonte: qui giungono le acque regimate da una serie di canali privati provenienti dal versante meridionale del rilievo del Municipio e dal relativo parcheggio (vedi alcuni esempi nelle foto in alto e in basso a sinistra) .



Il corso d'acqua prosegue intubato per altri 150-200 m circa, attraversando Via Merler e ritornando a cielo aperto a fianco della scuola elementare, dove attraversa Via D'Annunzio (foto a sinistra), scorrendo a sinistra del parcheggio del complesso scolastico (tratto oggetto di recenti lavori di sistemazione):



A valle dell'attraversamento di Via Aione (foto a destra) il corso d'acqua riceve tre affluenti, due in sinistra idrografica, di cui uno segnalato sulle mappe catastali e recentemente risezionato dagli agricoltori (codice 03017158_0020) e l'altro non indicato sulle cartografie ufficiali ma idraulicamente attivo e di importanza non trascurabile (codice 03017158_0021); il terzo affluente (codice 03017158_0019), in destra idrografica, non è segnalato sulle carte ufficiali ma risulta idraulicamente attivo, in quanto raccoglie le acque regimate attraverso una serie di canali privati, tra i quali possono essere ritenuti significativi ai fini idraulici solo quelli provenienti dal Monte Boccale e da Mura tramite Via Pedemonte.

La rete di canali privati che si sviluppa a partire da Via Pedemonte è interamente intubata con tubazioni di diametro pari a 1000 mm, realizzate da privati al fine di rendere fruibili le aree agricole ad oggi destinate ad uliveti: tale tubazione termina immediatamente a monte dell'area giochi della palestra della scuola elementare con un canale a cielo aperto che scorre in posizione parzialmente pensile rispetto al lato in sinistra idrografica ma che risulta di difficile rilevamento in quanto integralmente ricoperto da rovi; le acque provenienti dal canale tendono a imbibire tutta l'area circostante, circolando in modo diffuso per poi raccogliersi in due piccoli canali di scolo ed alimentare l'affluente 03017158_0019 del Fosso Aione.

Altri canali privati utilizzati per la regimazione delle acque meteoriche sono rilevabili in sinistra idrografica del Fosso Aione, nell'area compresa tra via dei Roveri e via Casanova, che raccolgono

le acque in un piccolo invaso idrico posto tra Via Scura e Via Merler, il cui scarico avviene nel corso d'acqua 03017158_0021.

Il tratto terminale del Fosso, di lunghezza dell'ordine di un km, scorre in direzione sud fino al confine comunale con Polpenazze del Garda, ove attraversa la sede stradale di Via Rosario rimanendo intubato al di sotto dei vigneti fino allo sbocco in un laghetto intra-morenico di origine naturale.

Bacino idrografico Fosso Montecuto e Fosso Riotto

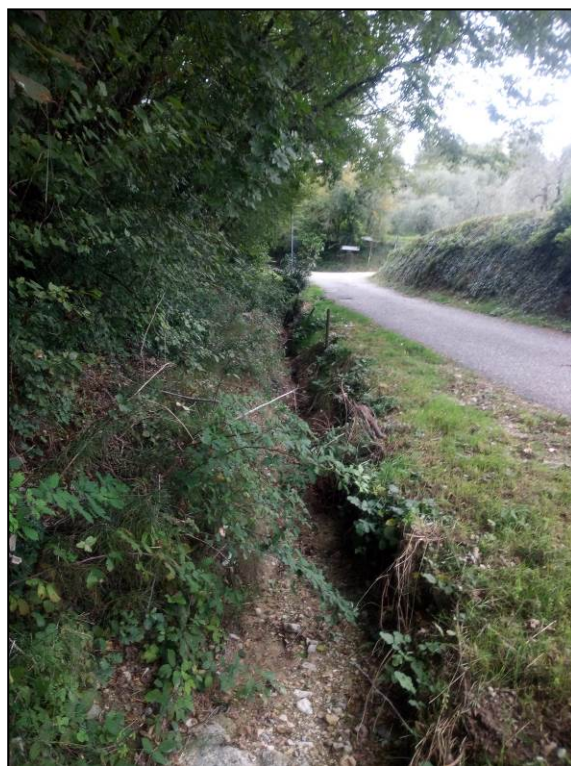
Il bacino idrografico raccoglie le acque defluenti nel territorio di Puegnago del Garda e afferenti al Fosso Riotto (codice 03017158_0022) e al Fosso Montecuto (codice 03017158_0023/24), i quali costituiscono il limite geografico di confine con il Comune di Salò. I due corsi d'acqua presentano per tutta la loro estensione un'ampiezza inferiore a 2 m e un profilo trasversale privo di arginature evidenti; sono pertanto da escludere aree di sponda e aree di argine e l'identificazione è stata eseguita riportando la mezzaria del corso d'acqua stesso.

Il Fosso Riotto è un corso d'acqua di primo ordine e risulta accatastato per tutto il suo tratto; scorre a monte della strada SP25 in un impluvio con buona naturalità per una lunghezza di circa 2 km: a monte della SP25 è incanalato a bordo strada lungo il territorio di Salò, transitando alla rotonda che porta allo Stabilimento della Tavina Spa fino alla rotonda di Cunettone, ove attraversa la sede stradale con tratto intubato e riappare a sinistra dell'ex strada statale 572; seguono una serie di tratti a cielo aperto e di tratti intubati fino allo sbocco nel Fosso Montecuto in territorio di Puegnago del Garda.

Il tracciato è stato cartografato anche se in parte scorre nel territorio di Salò, in quanto il corso d'acqua rientra e sfocia in territorio di Puegnago del Garda; il tracciato è interamente accatastato e non coincide con il reticolo "master" regionale.

Il Fosso Montecuto è un corso d'acqua di secondo ordine ed è accatastato solo nel suo tratto iniziale, che ha inizio a valle di Via Monte Tondo in corrispondenza di un impluvio caratterizzato da buona naturalità e termina in località Preelli: le acque defluenti dal Monte Strasse vengono raccolte in corsi d'acqua privati di significatività idraulica limitata; solo quello che scorre a bordo strada lungo Via Monte Tondo (fotografia a destra), nei pressi dell'incrocio con Via Sercola, per una lunghezza di circa 150 m, presenta significatività idraulica e un forte trasporto solido (esso

giunge ad un tombotto con sghiaiatore e viene intubato al di sotto della strada di Via Monte Tondo – foto a sinistra).



Il tracciato del Fosso Monteacuto in direzione di località Preelli è lungo circa 350-400 m ed è indicato, oltre che sulle mappe catastali, anche sulla cartografia IGM: a meno di un piccolo attraversamento di lunghezza limitata, presenta un alveo naturale; il tratto successivo di lunghezza di circa 350 m è indicato solo sulla cartografia IGM, con andamento difforme rispetto a quello rilevato su terreno (tratto indicato su cartografia IGM e escluso dal reticolo idrico minore), ove, dopo un piccolo attraversamento, segue un tracciato angolare lungo i confini dei diversi appezzamenti.

Il corso d'acqua a cielo aperto termina sotto via Preelli e scorre intubato, con tratto incerto, al di sotto di Via G. Falcone e poi lungo la strada SP25 (lunghezza tratto fittizio di circa 250 m) per poi ritornare a cielo aperto a fianco della strada provinciale; a valle di quest'ultima il corso d'acqua scorre entro un vallone a forte acclività per altri 350 m (tratto indicato su tutte le cartografie ufficiali); il successivo tratto di circa 200 m, accatastato e indicato sulla cartografia IGM, scorre parzialmente intubato al di sotto di alcuni passi carrai di accesso a proprietà poste in territorio comunale di Salò.

Dopo l'attraversamento della ex-strada statale 572 il Fosso Montecuto scorre in canale artificiale in direzione E, ove sfocia il Fosso Riotto, che proviene in direzione sud dal territorio di Salò: il corso d'acqua prosegue per circa 150-200 m in canale artificiale (foto a sinistra) e sfocia mediante manufatto in una depressione/laghetto artificiale, dal quale non si rinvergono evidenze di emissari.



In sinistra idraulica del manufatto artificiale che raccoglie le acque del Fosso Riotto e Fosso Montecuto è visibile lo sbocco dello scarico delle acque meteoriche provenienti dalla zona industriale di Salò (vedi fotografia a destra), area che è stata realizzata rialzata rispetto alla naturale quota topografica circostante e che scarica le acque meteoriche integralmente e direttamente nel territorio di Puegnago, in corrispondenza di una zona particolarmente critica dal punto di vista idraulico.

La realizzazione di una depressione a fondo naturale (vasca di laminazione/infiltrazione) in territorio di Puegnago, nella quale recapitare le acque di deflusso del Fosso Riotto, del Fosso Montecuto e dell'area industriale di Salò, ha permesso di gestire temporaneamente la situazione; resta comunque evidente la necessità di un approfondimento di tipo tecnico e giuridico relativamente alla particolare situazione di criticità esistente, che coinvolga almeno i due comuni confinanti, oltre eventualmente alle autorità provinciali e regionali, al fine di addivenire ad una soluzione definitiva della problematica che contempra una ripartizione dei costi di realizzazione e gestione.

Bacino idrografico Fosso Cascina il Dosso e Fosso Videlle

Il bacino idrografico raccoglie le acque di deflusso provenienti dall'area di Videlle di Sopra (sinistra idraulica) e dall'area di Cascina il Dosso (destra idraulica), convogliandole nella zona industriale/residenziale sviluppatasi lungo la ex-strada statale 572, oggi fortemente urbanizzata.

L'area di Videlle di Sotto non presenta corsi d'acqua naturali con chiare evidenze morfologiche e i canali di scolo presenti nell'ambito dei fondi agricoli non sono stati considerati significativi ai fini idraulici, ma sono classificati esclusivamente come collettori per le acque meteoriche.

Da località Videlle di Sopra e dai laghetti presenti in territorio di Salò si origina il corso d'acqua (codice 03017158_0028), denominato Fosso Videlle, che scorre lungo il confine amministrativo per un tracciato accatastato di lunghezza di circa 500 m: il tratto terminale scorre a confine con il muro perimetrale della zona industriale di Salò (realizzata a quota superiore) e, durante i periodi di magra o comunque di portata ordinaria, termina a spaglio nel fondo prospiciente la depressione/laghetto artificiale.

In occasione di eventi meteorici particolarmente intensi il corso d'acqua prosegue perimetralmente alla vasca di laminazione/dispersione, ove sfociano il Fosso Riotto e il Fosso Montecatuto, fino al sentiero che porta a Videlle di Sotto: l'acqua di deflusso tende a spagliare nell'appezzamento adiacente, allagando un tratto di strada, per l'assenza di un manufatto di attraversamento.

L'acqua viene poi naturalmente convogliata in alveo, indicato sulle mappe catastali, fino a Via Squassa, ove viene intubato (vedi fotografia di seguito) al di sotto della zona industriale, per un tratto di lunghezza dell'ordine dei 350-400 m (l'andamento del tratto intubato è stato desunto dalla planimetria di progetto degli interventi stradali provinciale eseguiti nel 2004 e redatta da Garda Uno S.p.a. e non coincide con il vecchio andamento indicato sulla cartografia IGM).



Il tratto intubato prosegue al di sotto della rotonda tra Via Nazionale ex strada statale 572 e Via Montanari e Via Aldina per poi attraversare la sede stradale, tramite manufatto ripartitore,

posizionandosi in destra in direzione Desenzano, ove prosegue interamente intubato fino al confine comunale con il Comune di Manerba, a meno di un piccolo tratto a cielo aperto, in corrispondenza del centro revisioni Gentauto, ove è presente anche un pozzo di smaltimento per dispersione.

In sinistra stradale della strada provinciale 572 (Via Nazionale) in direzione Desenzano si sviluppa un canale artificiale (codice 03017158_0029 – Derivazione ex-572) che oltrepassa, con piccolo manufatto pensile, il sottopasso Via la Pila – Via Gasparo da Salò e prosegue fino all'altezza del Family Market, ove con apposito manufatto attraversa la sede stradale, portandosi in destra in direzione Desenzano; qui si collega con il ramo principale (codice 03017158_0028). Il canale presenta alcuni tratti a cielo aperto, ai quali, in ragione della sua artificialità e della potenziale interferenza con la strada provinciale, è stata assegnata una fascia di rispetto di ampiezza pari a 2 m ritenuta sufficiente alla tutela dell'efficienza idraulica dello stesso.

Il corso d'acqua intubato 03017158_0028 riceve, in destra idraulica, i due corsi d'acqua che convogliano le acque provenienti dalla zona sub-pianeggiante terrazzata sviluppata a valle della SP25, ove è presente una serie di canali privati utilizzati per la regimazione delle acque meteoriche, tra i quali sono stati individuati, come più significativi dal punto di vista idraulico, i corsi d'acqua con codice 03017158_0030 e 31; essi raccolgono le acque di deflusso provenienti dall'area di Via XXV Aprile, Via Livina e Via Dosso, convogliandole nell'impluvio naturale che incide il terrazzo morfologico, ove scorre il Fosso Cascina il Dosso, indicato su tutte le cartografie ufficiali (codice 03017158_0026).

Il corso d'acqua presenta, per tutta la sua estensione, un'ampiezza inferiore a 2 m e un profilo trasversale privo di arginature evidenti; sono pertanto da escludere aree di sponda e aree di argine e l'identificazione è stata eseguita riportando la mezzaria del corso d'acqua stesso.

Il corso d'acqua 03017158_0026 è accatastato fino a Via Don Sturzo (ove presenta limitate arginature artificiale ritenute poco significative per essere cartografate), a monte del Ristorante d'asporto Konnichiwa, al di sotto del quale è intubato per un tratto di 100 m fino al collettore principale 03017158_0028 (di seguito si riporta la fotografia dell'imbocco, parzialmente ostruita da ramaglie):



Dal Fosso Cascina il Dosso si sviluppa un canale artificiale di by-pass (codice 03017158_0027), mediante manufatto (riportato in fotografia seguente), che giunge intubato in Via Boni e devia, parallelamente a Via del Rio, ove si ricongiunge all'originario tracciato desumibile dalla cartografia IGM.



Il tratto di rio originario indicato sulla cartografia ufficiale IGM, non accatastato e non più esistente, in quanto obliterato dal complesso Family Market, non è stato considerato appartenente al Reticolo Idrico Minore, mentre il tratto di by-pass di lunghezza di circa 300 m, che riporta le acque sul tracciato originale, è stato inserito, assegnandovi una fascia di rispetto di 2 m: il restante tratto, originariamente segnalato nella cartografia ufficiale ed attualmente attivo compare a cielo aperto con alveo arginato fino a Via Bondinelli e poi, fino a Via Merler, il canale è totalmente intubato al di sotto della zona residenziale. Il canale segue il tracciato originale scorrendo per un tratto a cielo aperto lungo via Campo Mas'cior per poi deviare ad angolo retto in direzione dell'Euro Spin e, tramite un tratto intubato di lunghezza di circa 150 m, confluire nel collettore principale 03017158_0028, che prosegue lungo la ex-strada statale fino in territorio del Comune di Manerba.

L'intero canale di by-pass è stato pertanto considerato appartenente al Reticolo Idrico Minore fino alla confluenza con l'ex-strada statale 572.

L'originale tracciato del corso d'acqua fu interrotto ancora prima degli anni '70 dalla realizzazione di un complesso industriale che, nella cartografia ufficiale IGM è indicato con la dicitura "Officina Siderurgica" e che oggi è occupata dalla sede di Sogefi Group: il tracciato originale entrava nel territorio comunale di Manerba del Garda in corrispondenza dell'attuale rotonda Mc Donald's, dietro alla vecchia Cantina Bertelli, e proseguiva verso sud, parallelamente al Fosso Aione, fino a sfociare nel Rio d'Avigo: questo tracciato, desumibile dalla cartografia IGM, rappresentava il corso d'acqua principale dell'intero bacino idrografico, raccogliendo tutte le acque di deflusso provenienti da monte; oggi la forte urbanizzazione ne ha compromesso la continuità idrologica, che appare in parte ricostruibile solo a sud della rotonda di Via Rosario in Comune di Manerba del Garda.

Bacino Idrografico Fosso Crociale Raffa

Il bacino idrografico raccoglie le acque di deflusso provenienti dall'area compresa tra il versante sud-occidentale del Monte Croce e il dosso morfologico ove sorge l'abitato storico di Raffa.

Tutta l'area è interessata da una serie di canali privati utilizzati per la regimazione delle acque meteoriche, che vengono convogliate nell'impluvio naturale che comincia ad acquisire significatività idraulica solo a valle delle serre presenti a est dell'abitato storico di Raffa, a monte di Via Benaco.

Il corso d'acqua è segnalato sulla cartografia ufficiale IGM e per tutta la sua estensione presenta un'ampiezza inferiore a 2 m e un profilo trasversale privo di arginature evidenti; sono pertanto da escludere aree di sponda e aree di argine e l'identificazione è stata eseguita riportando la mezzaria del corso d'acqua stesso.

Al tratto di corso d'acqua è stata assegnata una fascia di rispetto di ampiezza 10 m, ad esclusione del tratto centrale intubato di lunghezza di circa 50 m, per il quale l'ampiezza è stata fissata a 2 m; l'estensione del corso d'acqua è di circa 600 m e si estende fino all'attraversamento con Via Serraglia, ove entra in comune di Manerba del Garda.

Il tracciato originale del rio, desumibile dalla cartografia IGM, mostra come il corso d'acqua intersecasse il sentiero, attualmente occupato da Via Case Sparse Serraglie, e scorresse verso sud fino a confluire nel Rio d'Avigo: l'intensa urbanizzazione e la graduale estensione dell'attività estrattiva hanno fortemente alterato la situazione originale, interrompendo il corso d'acqua che, ad oggi, viene intercettato dall'area depressa di cava compresa tra Via Serraglie e Via Case Sparse Serraglie.

Il tratto indicato sulla cartografia IGM è stato prolungato a monte per un tratto di circa 250 m, ritenendo il corso d'acqua sufficientemente importante dal punto di vista idraulico da essere sottoposto a polizia idraulica, anche al fine di garantirne la tutela.

Un altro corso d'acqua non appartenente al reticolo idrografico minore e in continuità con il Fosso Crociale Raffa solo durante i periodi di maggior portata idraulica è quello che si sviluppa a valle del Cimitero di Raffa e della Cascina San Giovanni con andamento circa N-S: in esso scorre acqua fino a valle delle serre per poi infiltrarsi nel sottosuolo.

Analogamente a partire da Via Posone alcune emergenze idriche diffuse si strutturano in un piccolo corso d'acqua che scorrendo in adiacenza dei confini poderali attraversa, mediante manufatto, Via dei Fosse per poi scomparire nel sottosuolo dopo poche decine di metri.

Bacino idrografico residuo di San Quirico

Il bacino idrografico residuo rappresenta l'area di testata del bacino del Rio Piazze, tributario del fiume Chiese: nel settore di bacino idrografico appartenente al territorio comunale di Puegnago del Garda non sono stati individuati corsi d'acqua significativi.

Di seguito si riporta l'elenco e il codice identificativo di ciascun corso d'acqua appartenente al reticolo idrografico minore:

CATEGORIA PREVALENTE - Flusso del corso d'acqua

- 1 – Continuo
- 2 – Temporaneo
- 3 – Intermittente
- 4 – Effimero
- 5 – Ex Alveo

Corso d'acqua Continuo: corso d'acqua con presenza d'acqua permanente in alveo

Corso d'acqua temporaneo: corso d'acqua soggetto a periodi di asciutta totale o di tratti dell'alveo annualmente o almeno 2 anni su 5

Corso d'acqua intermittente: corso d'acqua temporaneo con acqua in alveo per più di 8 mesi all'anno, che può manifestare asciutte anche solo in parte del proprio corso e/o più volte durante l'anno

Corso d'acqua effimero: corso d'acqua temporaneo con acqua in alveo per meno di 8 mesi all'anno, ma stabilmente; a volte possono essere rinvenuti tratti del corso d'acqua con la sola presenza di pozze isolate; nelle definizioni sopra riportate l'assenza di acqua in alveo si intende dovuta a condizioni naturali

Ex Alveo: porzione di terreno sede di un corso d'acqua che ha modificato il proprio percorso per opera dell'uomo o per evento naturale (solo per tratti accatastati)

N.B.:

Il presente attributo è da considerare aggiornabile in relazione alle osservazioni condotte negli anni e all'evoluzione meteo-climatica del territorio comunale

Codice	Nome ufficiale	Corso d'acqua di riferimento	Toponimo di riferimento	n. archi	Categoria prevalente
030017158_0001	-	Fosso Soffaino	Monte Soffaino	6	1
030017158_0002	Rio Naviglio	Rio Naviglio	Laghi Sovenigo Rio Naviglio	19	1
030017158_0003	-	Rio Naviglio	Via Pizzamala	8	1
030017158_0004	-	Rio Naviglio	Monte Semonte	3	3
030017158_0005	-	Rio Naviglio	Monte Semonte	1	3
030017158_0006	-	Rio Naviglio	Monte Bespoli	1	3
030017158_0007	-	Rio Naviglio	Monte Semonte	3	3
030017158_0008	-	Rio Naviglio	Via Atleti Azzurri	1	3
030017158_0009	-	Rio Naviglio	Via Valenasche	2	3
030017158_0010	-	Rio Naviglio	Località Pelizzello	6	1
030017158_0011	-	Rio Naviglio	Serbatoio Basia	1	1
030017158_0012	Fosso Aione	Fosso Aione	Fosso Aione	18	1
030017158_0013	-	Fosso Aione	Via Valletti	1	3
030017158_0014	-	Fosso Aione	Via Valletti	1	4
030017158_0015	-	Fosso Aione	Via Valletti	1	2
030017158_0016	-	Fosso Aione	Via Arginelli	5	3
030017158_0017	-	Fosso Aione	Via Arginelli	2	3
030017158_0018	-	Fosso Aione	Via Primo Maggio	2	3
030017158_0019	-	Fosso Aione	Via Aione	1	1
030017158_0020	-	Fosso Aione	Via D'Annunzio	2	1
030017158_0021	-	Fosso Aione	Via Scura	3	2
030017158_0022	Fosso Riotto	Fosso Riotto	Fosso Riotto	16	1
030017158_0023	-	Fosso Monteacuto	Monteacuto	12	1
030017158_0024	-	Fosso Monteacuto	Via Borgo Alto	1	2
030017158_0025	-	Fosso Crociale Raffa	Crociale Raffa	4	3
030017158_0026	-	Fosso Cascina il Dosso	Cascina il Dosso	3	1
030017158_0027	-	Fosso Cascina il Dosso	Via del Rio	5	3
030017158_0028	-	Fosso Videlle	Videlle di Sopra	14	1-2-3
030017158_0029	-	Derivazione ex-572	Strada ex-SS572	7	2-3
030017158_0030	-	Fosso Cascina il Dosso	Via Montanari	2	3
030017158_0031	-	Fosso Cascina il Dosso	Via Montanari	1	3
030017158_0032	-	Derivazione Fontanelle	Via Fontanelle	1	5
030017158_0033	-	Derivazione Fronzaga	Monte Fronzaga	4	5
030017158_0034	-	Derivazione Mulino	Mulino	1	5

5.5. Laghi e specchi d'acqua principali

Nel territorio comunale sono presenti alcuni bacini lacustri alimentati principalmente dalle precipitazioni e dalle sorgenti; oltre ai già citati Laghi di Sovenigo sono presenti i Laghetti di Videlle di sopra, posti al confine con il Comune di Salò, il laghetto a sud di Via Maigone, il laghetto nei pressi del Monte Basia ed altri piccoli invasi, anche di origine antropica.

5.6. Criticità idrauliche

Lungo i corsi d'acqua sopra descritti in più punti sono presenti situazioni critiche che in passato hanno causato esondazioni; esse sono per lo più individuabili in corrispondenza di manufatti di attraversamento e tratti intubati con sezioni idrauliche fortemente insufficienti, che rappresentano criticità di tipo strutturale, alle quali è possibile porre rimedio attraverso studi specifici per la definizione di interventi di miglioramento idraulico; altre criticità di tipo non strutturale possono essere superate attraverso un'attenta manutenzione degli attraversamenti e dei corsi d'acqua e una costante vigilanza o Polizia Idraulica, che permetta di garantire la loro funzionalità idraulica.

Le aree ove sono state segnalate in passato problematiche idrauliche e che sono state perimetrate nel precedente studio geologico comunale sono state recepite dal Piano di Gestione del rischio Alluvioni: esse riguardano aree a bassa pericolosità allagabili in occasioni di eventi alluvionali rari e riguardano:

- il Rio Naviglio in corrispondenza del tratto intubato presso località Case del Rio;
- il Fosso Aione in corrispondenza della zona residenziale di Via Arginelli, Via Primo Maggio e Via Valle e nel tratto terminale a valle di Via Aione;
- la zona posta a monte del Fosso Cascina il Dosso ove sono presenti i canali di scolo privati compresi tra Via Livina e Via Dosso;
- l'area del by-pass del Fosso Cascina il Dosso nel tratto a cielo aperto compreso tra via del Rio e Via Bondinelli e nel tratto lungo Via Mascior;
- l'area a monte e laterale al Fosso Crociale Raffa;
- alcune aree lungo l'ex-strada statale 572, compresa l'area ove sfociano il fosso Riotto e il Fosso Montecuto (vasca di infiltrazione/laminazione) e ove scorre il Fosso Videlle.

Alcune criticità idrauliche presenti nel territorio comunale si sono manifestate nel corso della nottata del 26 e 27 ottobre 2020 quando, nell'arco di poche ore, sono caduti circa 70 mm di pioggia:

- tutta l'area verde e a uliveto presente a monte di Via San Vincenzo è stata allagata dalle acque provenienti dal Fosso Videlle (vedi fotografia seguente), che in quel punto non è in grado di regimare correttamente il deflusso delle acque; il fenomeno di esondazione ha una funzione di laminazione dell'effetto di piena e può essere ritenuto positivo, visto che immediatamente a valle il corso d'acqua risulta intubato;



- le acque defluenti nel canale artificiale di by-pass (codice 03017158_0027), derivato dal Fosso Cascina il Dosso, sono esondate in corrispondenza del manufatto d'ingresso nella proprietà privata a monte del supermercato EuroSpin, allagando la sede stradale di Via Campo Mas'cior fino a Via Pietro Beretta (vedi fotografia di seguito riportante il punto dell'esondazione):



- l'area giochi a servizio della palestra e della scuola elementare di Via D'Annunzio è stata completamente allagata dalle acque defluenti nella rete di drenaggio sotterranea proveniente dagli uliveti di Via Pedemonte, il cui sbocco termina immediatamente a monte dell'area con un canale a cielo aperto che scorre in posizione parzialmente pensile rispetto al lato in sinistra idrografica (vedi fotografia seguente):



Per tutte le aree allagabili sopra citate, rientranti nell'ambito del reticolo idrico secondario collinare e montano RSCM che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI, vigono le norme di cui all'art. 9 delle NTA del PAI valide per le aree Em (comma 6 bis), ovvero l'Amministrazione Comunale nell'ambito dei suoi strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica regolamenta le attività consentite, i limiti e i divieti, richiedendo per gli interventi ammissibili specifici studi di compatibilità con le condizioni di dissesto (DGR X/6738 del 19 giugno 2017).

6. Inquadramento idrogeologico del territorio

6.1. Aspetti generali

L'infiltrazione di acque meteoriche e la circolazione delle acque sotterranee dipendono dalla natura litologica e dalla granulometria dei depositi, dalla loro struttura, dallo stato di aggregazione e da eventuali cementazioni presenti; di conseguenza nelle ghiaie, nei detriti e nelle sabbie alluvionali la permeabilità sarà elevata, mentre sarà piuttosto bassa nei terreni a matrice argillosa.

Le variazioni granulometriche del terreno determinano la formazione di acquiferi separati da livelli impermeabili e di conseguenza la creazione di falde superficiali a carattere locale e falde profonde a carattere regionale.

Analogamente con quanto evidenziato per le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio è possibile definire specifici accorpamenti in funzione delle peculiari caratteristiche idrogeologiche.

In Tav. 3 – CARTA IDROGEOLOGICA sono state delimitate le aree caratterizzate dalle seguenti classi di permeabilità medie relative alle prime decine di metri di sottosuolo:

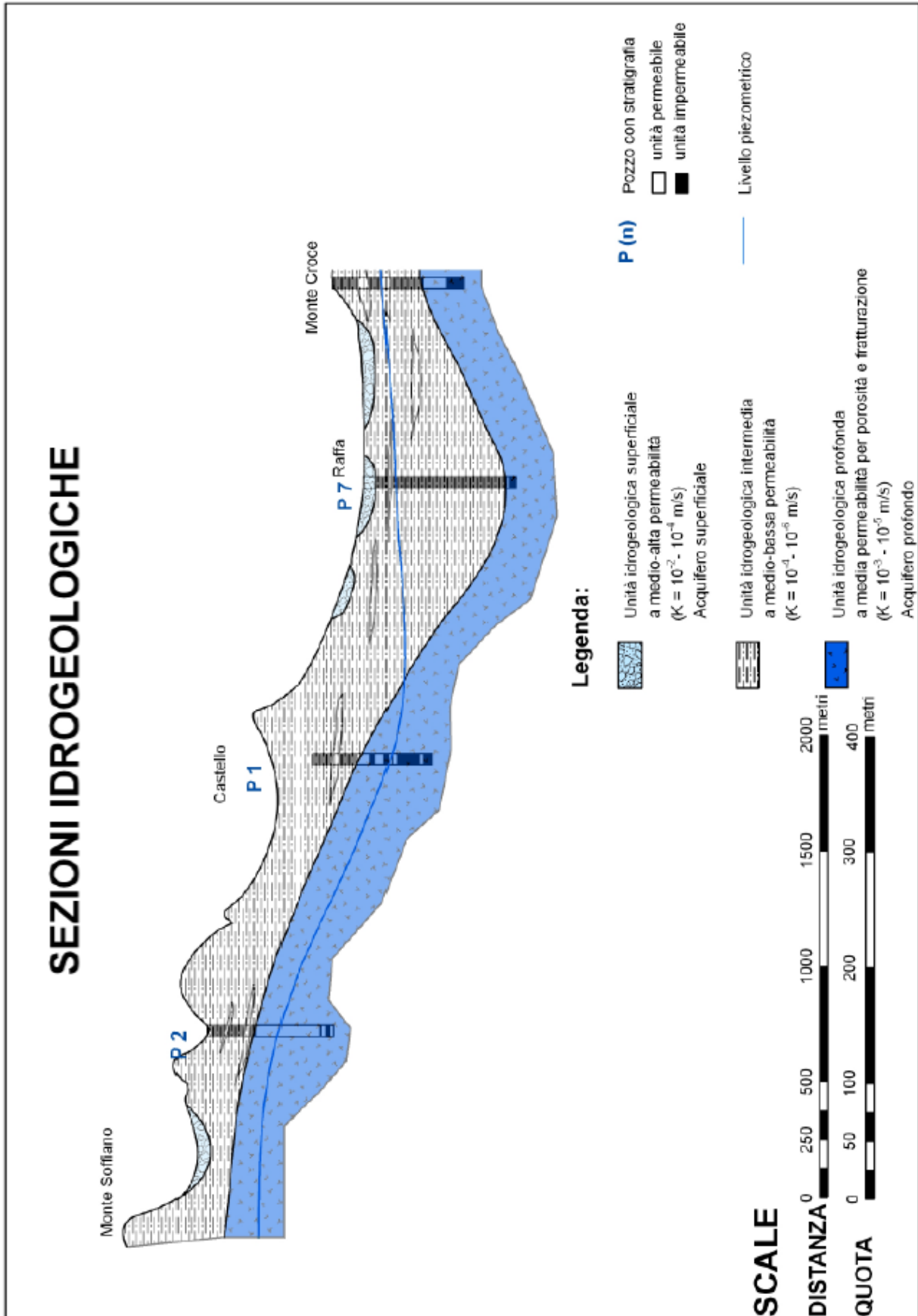
- sottosuolo con grado di permeabilità per porosità BASSISSIMO: privi pertanto di circolazione idrica significativa e corrispondenti ai depositi lacustri e palustri per i quali il coefficiente di permeabilità k è stimabile dell'ordine di 10^{-7} - 10^{-9} m/s;
- sottosuolo con grado di permeabilità per porosità BASSO: caratterizzati da blanda e locale circolazione idrica sotterranea e corrispondenti ai depositi alluvionali fini per i quali il coefficiente di permeabilità k è stimabile indicativamente dell'ordine di 10^{-6} - 10^{-7} m/s;

- sottosuolo con grado di permeabilità per porosità MEDIO-BASSO: caratterizzati da locale circolazione idrica sotterranea e corrispondenti ai depositi di contatto glaciale prevalentemente sabbioso-limosi, per i quali il coefficiente di permeabilità k è stimabile indicativamente dell'ordine di 10^{-5} - 10^{-6} m/s;
- sottosuolo con grado di permeabilità per porosità MEDIO: caratterizzati da circolazione idrica sotterranea concentrata in orizzonti preferenziali con creazione di falde semi-confinatae/confinatae e corrispondenti ai depositi glaciali ghiaioso-limosi e ai depositi di contatto glaciale/fluvio-glaciale prevalentemente ghiaioso-limosi, per i quali il coefficiente di permeabilità k è stimabile indicativamente dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-5} m/s;
- sottosuolo con grado di permeabilità per porosità MEDIO-ALTO: caratterizzati da circolazione idrica sotterranea ben definita e continua con creazione di falde freatiche e corrispondenti ai depositi fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, per i quali il coefficiente di permeabilità k è stimabile indicativamente dell'ordine di 10^{-2} - 10^{-4} m/s;

Il territorio comunale è caratterizzato da una falda freatica superficiale, sviluppata in corrispondenza delle principali piane fluvio-glaciali, generalmente piuttosto continua ma di scarsa produttività e da una falda profonda maggiormente produttiva di interesse regionale; questi sistemi acquiferi multistrato sono di tipo compartimentato e risultano separati tra loro da intervalli argilloso-limosi ripartitori (acquitard) che ne garantiscono una buona protezione; si tratta di falde frequentemente dotate di un certo grado di artesianismo, non direttamente influenzate dall'andamento delle precipitazioni e collegate ad alimentazioni distali che ne consentono valori di immagazzinamento notevoli.

All'interno dei depositi morenici, alla base dei versanti collinari, si rinvengono acquiferi superficiali generalmente discontinui e di bassa produttività caratterizzati da falde idriche sospese, connesse con le precipitazioni meteoriche.

Per quanto riguarda la ricostruzione della sezione idrogeologica rappresentativa del territorio si fa riferimento a quanto riportato nel precedente studio geologico, ritenendo la sezione W-E di inquadramento generale, in quanto l'eterogeneità del sottosuolo è estremamente complessa e una ricostruzione di dettaglio delle geometrie richiederebbe un numero di indagini molto superiore alle poche disponibili.



Per quanto riguarda i dati piezometrici si è fatto riferimento a quanto contenuto nel precedente studio geologico, in quanto, come dichiarato, essi sono stati rilevati nel corso di precedenti campagne di indagine; da tali dati è stato ricostruito l'andamento delle linee isopiezometriche della falda freatica circolante nella piana fluvio-glaciale che dal confine comunale con Salò, ove il livello piezometrico è dell'ordine dei 120 m s.l.m., giunge al Crociale di Raffa, ove il livello piezometrico è dell'ordine degli 80 m s.l.m. (dati estratti dal precedente studio geologico e riferiti probabilmente alla falda profonda – vedi di seguito); la direzione di deflusso è S-SE in direzione del territorio di Manerba del Garda.

6.2. Sorgenti ed emergenze idriche

Nel territorio di Puegnago del Garda non sono presenti emergenze idriche significative, a meno delle due sorgenti presenti in corrispondenza del lavatoio della Frazione di Castello (S1 – foto a sinistra) e del lavatoio della frazione di Case del Rio (S2 – foto a destra):



Altra sorgente di importanza significativa è segnalata a monte di Via Valletti, alla base dell'impluvio che da essa si sviluppa verso monte; sono presenti indizi evidenti di ristagno idrico e di vecchie opere di captazione e regimazione (S3 – foto a fianco).



Le sorgenti sopra citate rientrano nella categoria delle sorgenti di contatto ed in particolare nelle sorgenti di morena (A. Desio), in cui si ha un deflusso delle acque di una falda contenuta in una formazione permeabile (lenti sabbioso-ghiaiose) al contatto con una formazione impermeabile sottostante (depositi morenici a matrice limo-argillosa).

Altre emergenze di minor importanza ma potenzialmente cartografabili sono riportate in TAV. 3 con la sigla S4 – a monte della sorgente S3 (foto a sinistra) e la sigla S5 ai piedi del Monte Soffaino (foto a destra), accompagnate da depositi travertinosi superficiali:



Altre aree con emergenze idriche, per lo più canalizzate in quanto poste in posizione di testata di impluvi o allo sbocco di opere di drenaggio sotterraneo, sono presenti a valle di Via Posone (S6), a valle del Cimitero di Rafa (S7), nella zona a SW delle Scuole Elementari (S8, S9 e S10), a N di Via Portassera in zona di testata del Fosso Riotto (S11).

6.3. Pozzi idrici

Nel territorio comunale di Puegnago sono presenti numerose opere di derivazione delle acque sotterranee ad uso privato, la cui identificazione risulta particolarmente complessa, vista la presenza di numerose utenze non censite, soprattutto quello ad uso domestico.

Dalla consultazione delle concessioni di derivazione di acque sotterranee che attualmente risultano attive (ma non necessariamente regolari dal punto di vista amministrativo) si ritrovano 13 utenze idriche, di cui 2 pubbliche ad uso idropotabile e 11 private.

Di seguito si sintetizzano i dati di maggior interesse relativi alle 13 derivazioni (la sigla è riportata come etichetta in Tav. 3):

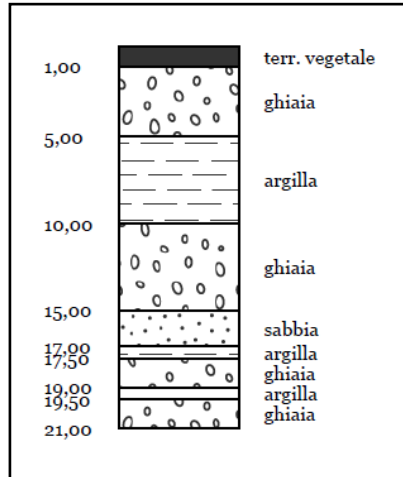
Sigla	Codice concessione	Codice Faldone	Utente	Quota (m s.l.m.)	Uso	Stratigrafia
P1	BS0190501996	6238	Comune - FESTOLE	287	Potabile	SI
P2	BS0191501996	6341	Comune - FONTANE	196	Potabile	SI
P3	BS034442005	1109	Rejna S.p.A.	131	Industriale	SI
P4	BS01100621980	2214	Marsadri Vincenzo	133	Irriguo	NO
P5	BS01100971981	2311	F.Ili Ferandi	207	Industriale	NO
P6	BS0175641984	4335	Sidergarda Mollificio	137	Industriale	NO
P7	-	5201	R. Cucina Mantovana	137	-	SI
P8	BS01115211986	4760	F.Ili Ferandi	276	Industriale	NO
P9	BS0171461989	5169	Rejna S.p.A.	134	Igienico	SI
P10	BS0192581998	6454	Az. A. Monser F.Ili Zanelli	294	Zootecnico	SI
P11	BS01111922001	6821	Az. A. Bortolotti	169	Zootecnico	SI
P12	BS0186731984	4598	Az. A. Campagnolo	153	Irriguo	SI
P13	BS033962004	8695	Az. A. Franzosi	232	Irriguo	SI

L'archivio Provinciale riporta spesso ubicazioni errate in termini di coordinate Gauss-Boaga e UTM; per i pozzi pubblici l'ubicazione è stata verificata sul terreno, mentre per i pozzi privati è stata verificata, per quanto possibile, in base all'indirizzo dell'intestatario.

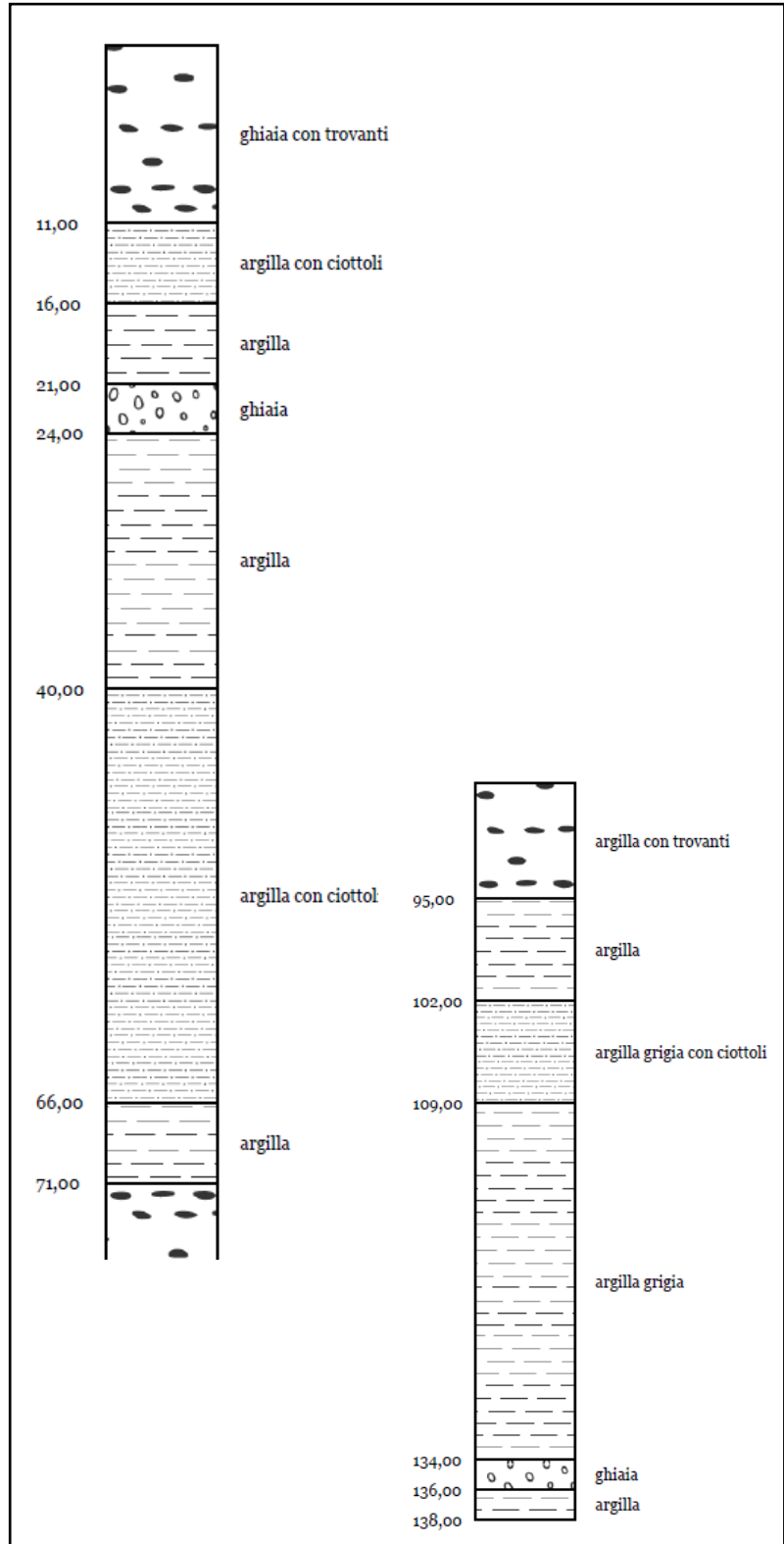
Da una rapida verifica in termini di codice utenza è molto probabile che buona parte delle utenze abbiano la concessione di derivazione scaduta, per cui gli utilizzatori dovrebbero di fatto richiedere una nuova concessione alla Provincia di Brescia.

Di seguito si riportano per le utenze disponibili le relative stratigrafie e la posizione dei filtri:

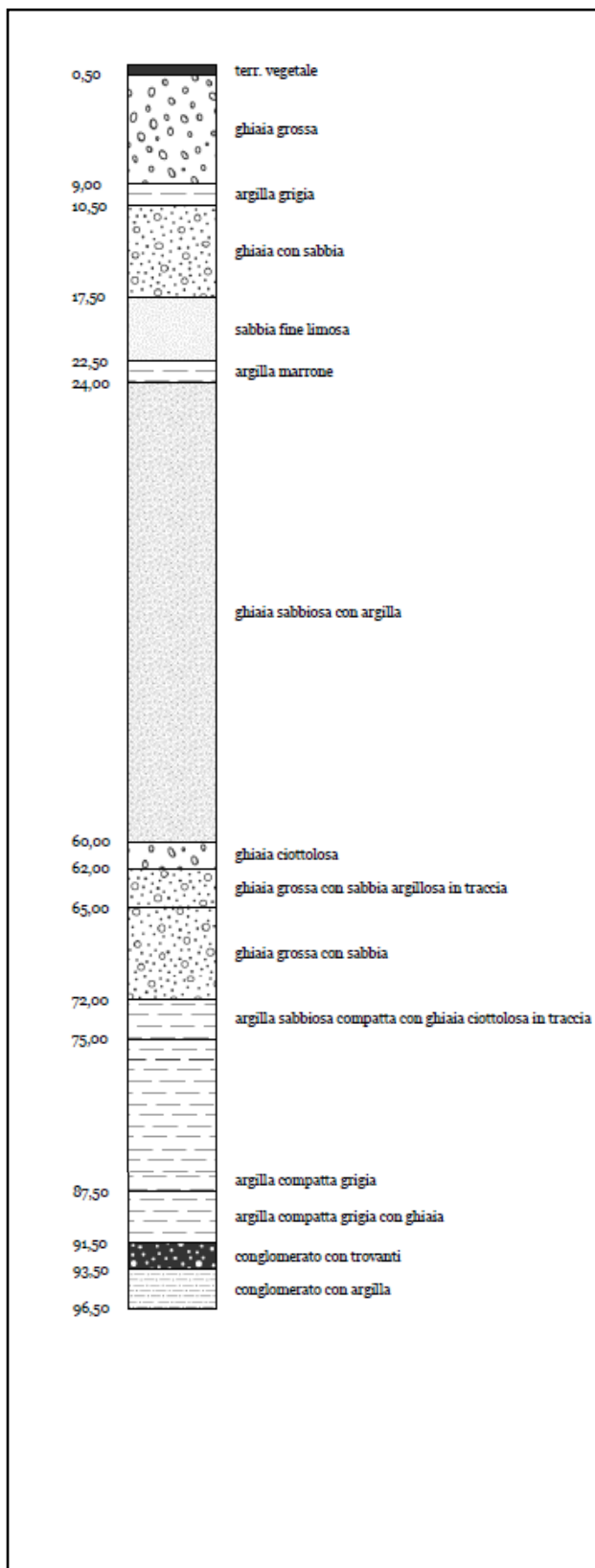
P3 : Filtri da - 10 a - 20 m



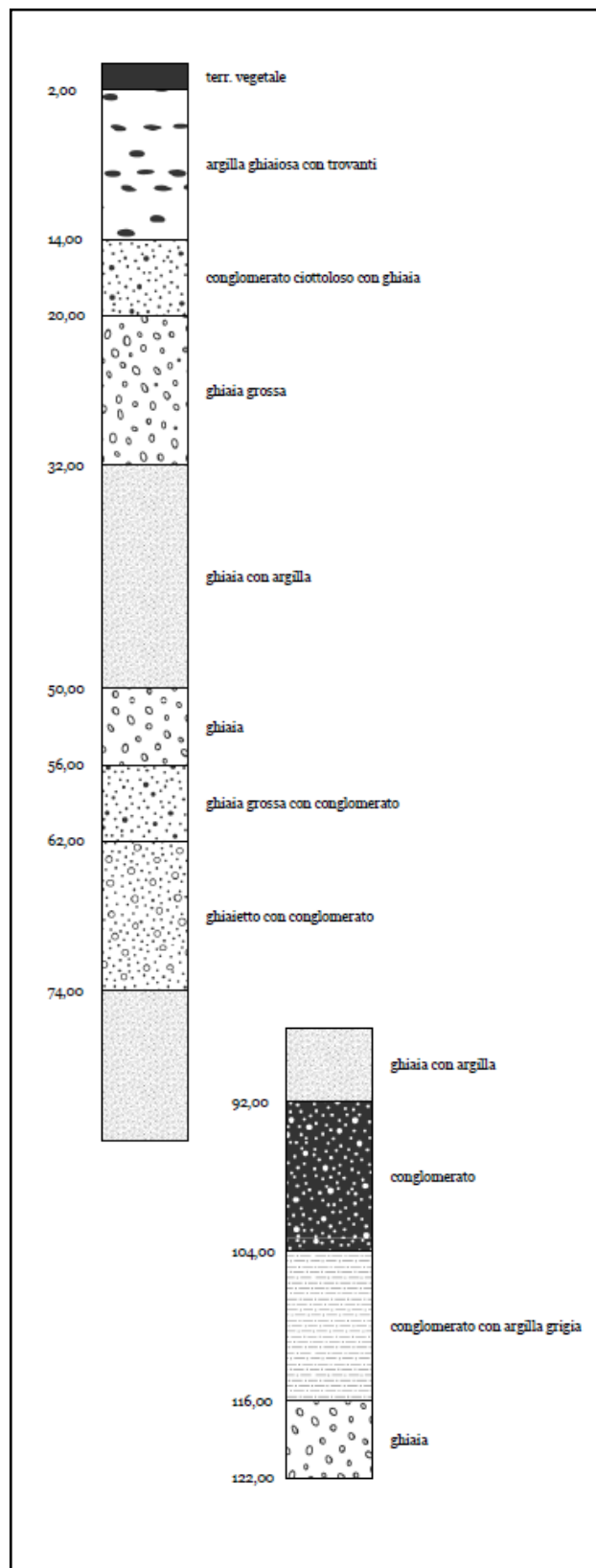
P7 : Filtri da - 136 a - 138 m



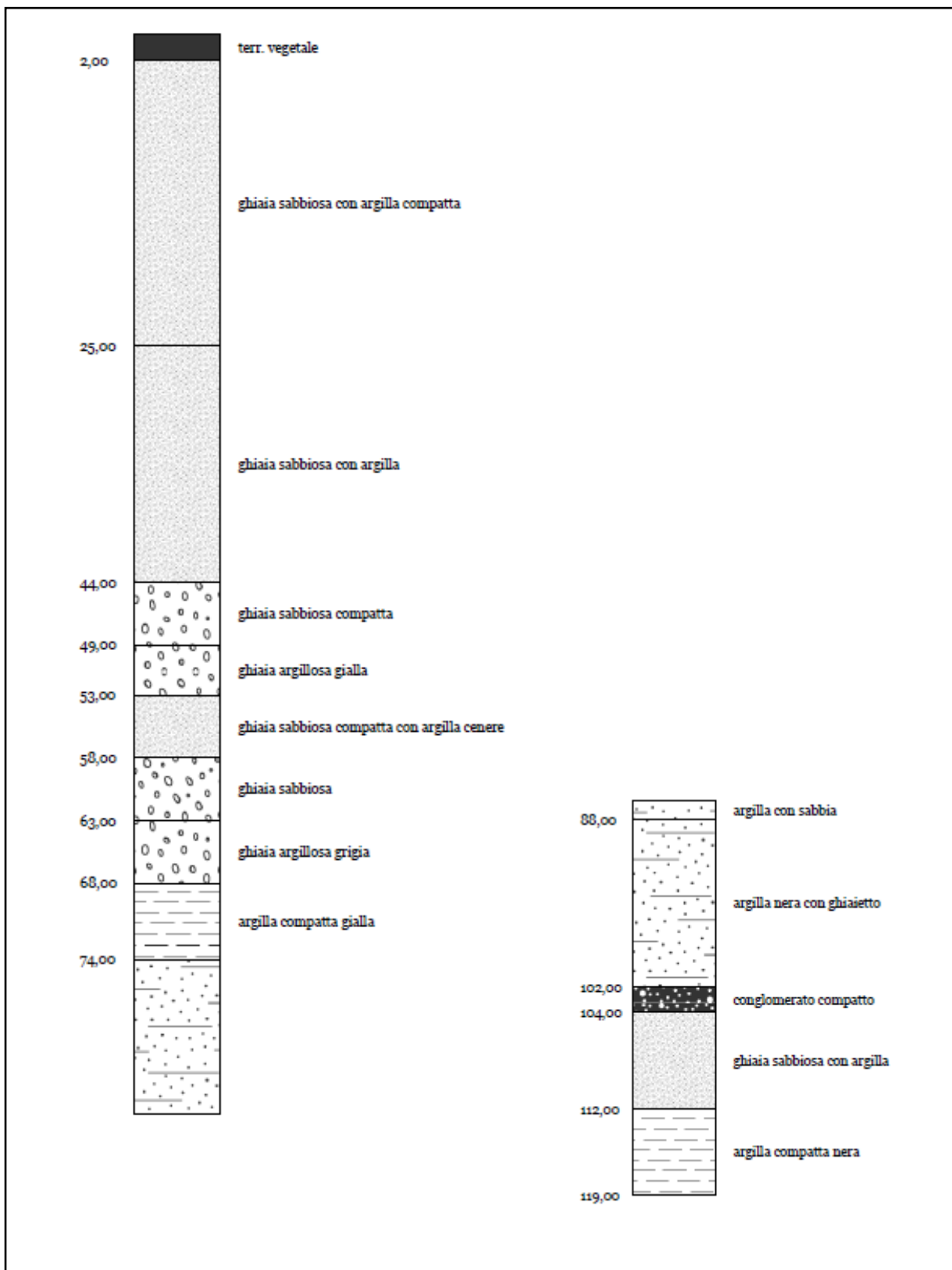
P9 : Filtri da - 65 a - 72 m



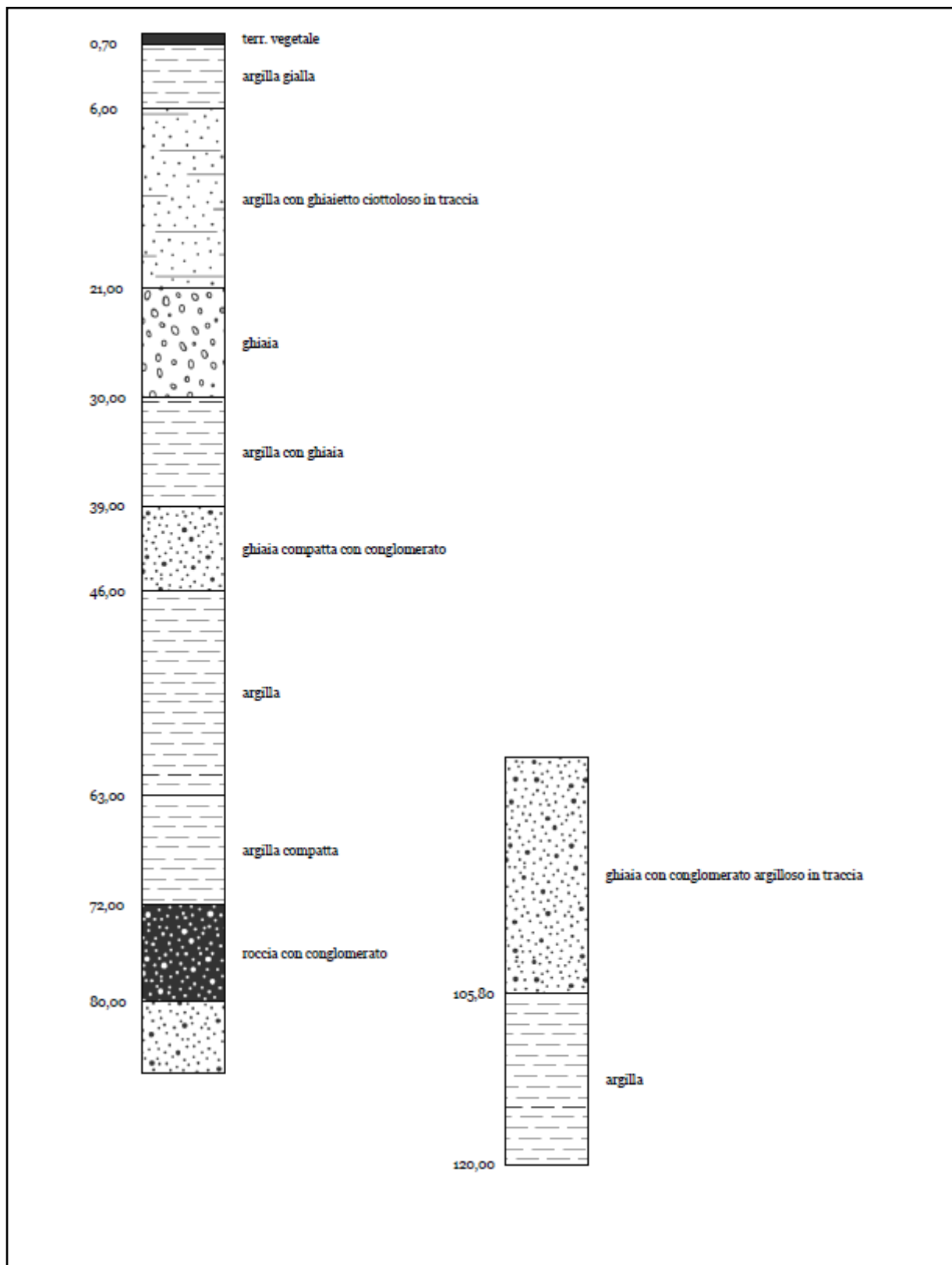
P10 : Filtri da - 90 a - 96 m e da - 120 a - 126 m



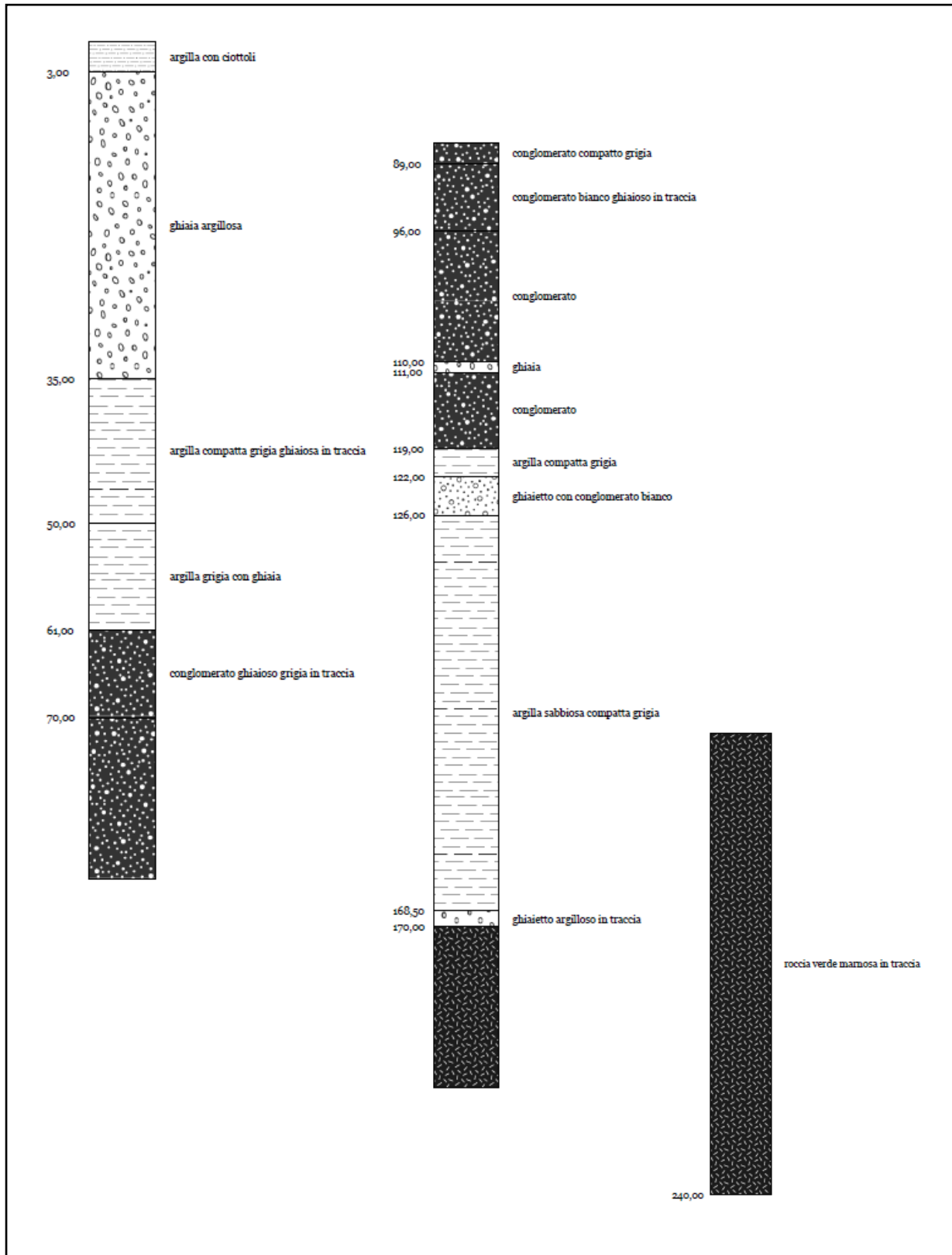
P11 : Filtri da - 59 a - 65 m; da - 83 a - 89 m; da - 107 a - 113 m



P12 : Filtri da - 40 a - 46 m; da - 80.4 a - 105.9 m



P13 : Filtri da - 90 a - 96 m; da - 110 a - 112 m; da - 122 a - 126 m; da - 169 a - 170 m; da - 183 a - 240 m



Dall'osservazione delle stratigrafie disponibili si possono desumere le seguenti considerazioni:

1. Il substrato roccioso pre-quadernario è stato intercettato alla quota di circa 70 m s.l.m. ed è rappresentato da litologie di colorazione verdastra in tracce marnosa (probabilmente attribuibile alle formazioni di età oligocenica);
2. Il deposito pleistocenico di origine glaciale presenta una potenza complessiva variabile dai 150 ai 200 m in corrispondenza del pozzo P13;
3. In corrispondenza della piana fluvio-glaciale principale di Raffa è presente un acquifero di tipo freatico sviluppato nei primi 20-30 m di profondità, che non risulta sfruttato, in quanto di scarsa potenzialità, captato solo dal pozzo P3, ad oggi abbandonato; in generale i nuovi pozzi captano l'acquifero più profondo di tipo compartimentato, costituito da una serie di orizzonti permeabili tra loro separati idraulicamente di difficile correlazione areale; in linea generale il primo orizzonte permeabile si sviluppa indicativamente tra 60 e 70 m di profondità ed è rappresentato prevalentemente da ghiaia grossa in matrice sabbiosa talora argillosa (vedi pozzo P9); altro orizzonte permeabile acquifero, idraulicamente separato dal precedente, si sviluppa alle profondità comprese tra 80 e 110 m ed è rappresentato prevalentemente da conglomerati più o meno fratturati, al cui interno circolano acque con livelli di pressione piuttosto alti, tali da generare risalite importanti all'interno dei pozzi; altro orizzonte permeabile acquifero si colloca a profondità comprese tra 130 e 140 m dal p.c. (vedi pozzo P7); i livelli statici misurabili all'interno dei pozzi sono pertanto poco significativi quando nella stessa derivazione i tre orizzonti permeabili vengono captati contemporaneamente; in linea generale la quota piezometrica è dell'ordine di 80 m s.l.m. nella zona del Crociale di Raffa, corrispondente a valori di soggiacenza di circa 50 m quando è captato solamente il primo orizzonte permeabile (vedi pozzo P9) e dell'ordine di 110-125 m s.l.m. quando sono captati contemporaneamente **(le linee iso-piezometriche riportate in cartografia in TAV. 3 si riferiscono pertanto al solo acquifero profondo – primo orizzonte permeabile e sono da considerarsi di bassissima attendibilità dato il limitato numero dei punti di osservazione e la loro poca attendibilità in termini di posizione dei tratti filtranti)**;
4. Nel settore orientale del territorio comunale, nella fascia compresa tra il Monte Croce e la piana fluvio-glaciale di Raffa sono presenti acquiferi poco produttivi alle quote comprese tra 90 e 120 m s.l.m. e acquiferi produttivi a quote comprese tra 50 e 70 m s.l.m. (vedi pozzo P12);
5. Nel settore occidentale del territorio comunale, nella fascia altimetrica compresa tra i 160 e i 200 m s.l.m. (compresa indicativamente tra la piana fluvio-glaciale di Raffa e il Monte Mondero) sono

- presenti acquiferi alle quote comprese tra 100 e 110 m s.l.m., tra 80 e 90 m s.l.m. e acquiferi produttivi a quote comprese tra 50 e 70 m s.l.m. (vedi pozzo P11);
6. Nel settore occidentale del territorio comunale, nella fascia altimetrica compresa tra 200 e 250 m s.l.m. (compresa indicativamente tra il Monte Mondero e l'allineamento Monte Strasse – Monte Guardia – Monte Boccale) sono presenti acquiferi alle quote comprese tra 140 e 150 m s.l.m., tra 90 e 120 m s.l.m. e tra 50 e 70 m s.l.m. (vedi pozzo P13 e P2);
 7. Nel settore occidentale del territorio comunale, nella fascia altimetrica compresa tra 280 e 350 m s.l.m. (compresa indicativamente tra l'allineamento Monte Strasse – Monte Guardia – Monte Boccale e il Monte Forca) sono presenti acquiferi alle quote comprese tra 250 e 260 m s.l.m. e tra 170 e 200 m s.l.m. (vedi pozzo P10 e P1)

Nel territorio comunale di Puegnago del Garda sono pertanto presenti derivazioni di acque sotterranee circolanti esclusivamente nell'acquifero profondo che, molto frequentemente, captano contemporaneamente più orizzonti permeabili, favorendo la comunicazione tra falde confinate, tra loro idraulicamente separate.

6.4. Acquedotto comunale

L'acquedotto comunale è attualmente gestito da Acque Bresciane – Servizio Idrico Integrato che, con nota del 13 settembre 2018, ha dichiarato che complessivamente la rete risulta in ottimo stato di conservazione (vengono effettuate mediamente 20-25 interventi all'anno relative a perdite di rete). L'acquedotto è provvisto di impianti di disinfezione dell'acqua con ipoclorito di sodio, che vengono mantenuti regolarmente in funzione per garantire concentrazioni di cloro libero come da normativa vigente.

L'acquedotto è alimentato dai due pozzi comunali P1 e P2, per i quali è stato definito il vincolo di tutela assoluta e di rispetto ai sensi della normativa vigente (art. 94 D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152); l'attuazione degli interventi o delle attività elencate dalla normativa nazionale all'interno delle zone di rispetto è subordinata all'applicazione delle direttive contenute nella D.G.R. del 10 aprile 2003 n. 7/12693.

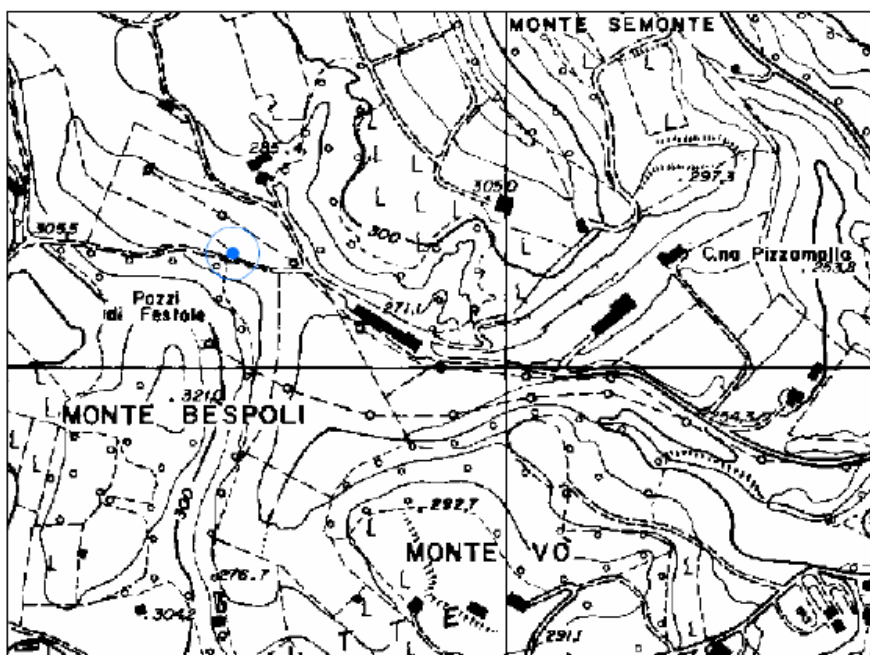
Di seguito si riportano le schede descrittive di cui all'allegato 9 della D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-2011 relative ai due pozzi comunali ad uso idro-potabile:

POZZO FESTOLE – P1

1 – DATI IDENTIFICATIVI

N° RIFERIMENTO	P1
Località	FESTOLE
Comune	PUEGNAGO DLE GARDA
Provincia	BRESCIA
Sezione CTR	D5e5
Coordinate Gauss Boaga (da CTR)	X = 1616660 Y = 5047162
Quota (m s.l.m.)	287
Profondità (m da p.c.)	111

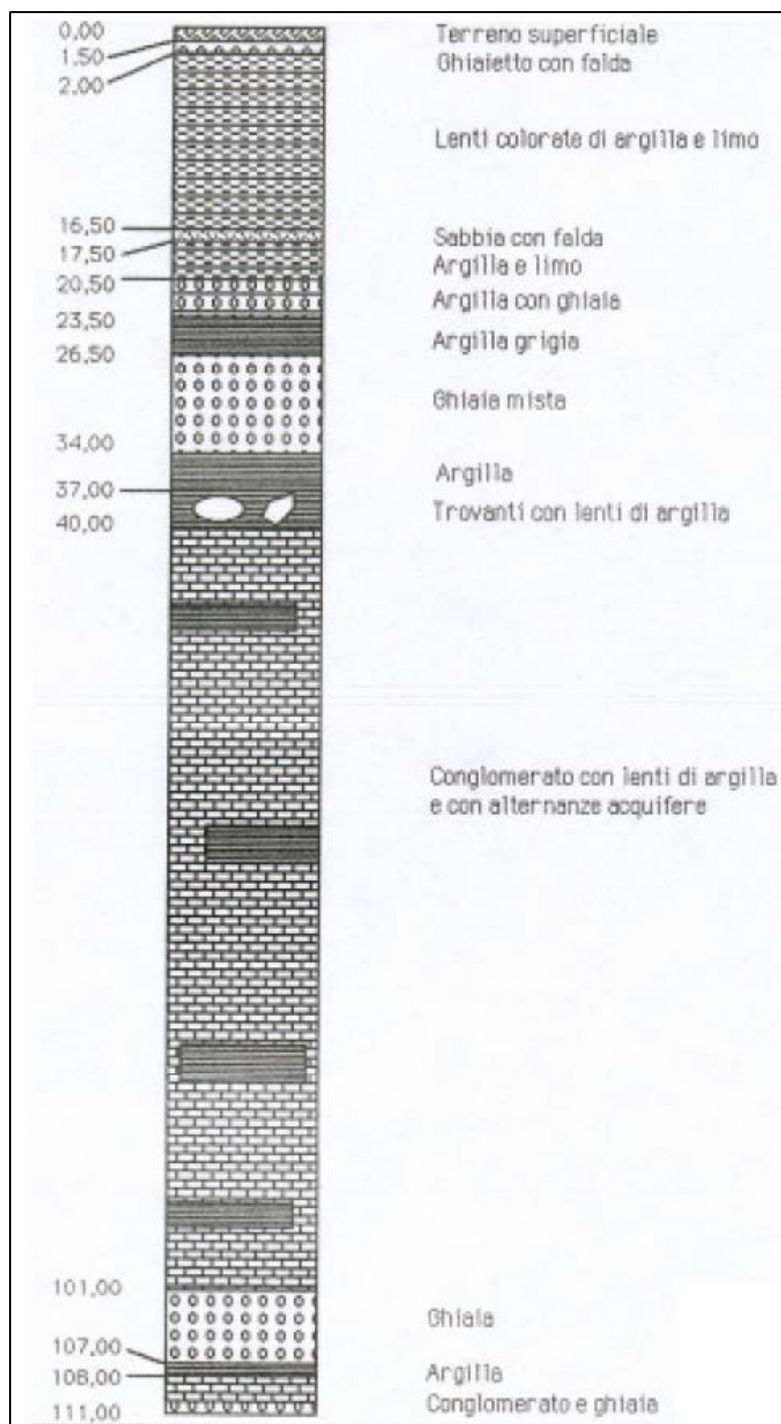
UBICAZIONE POZZO – STRALCIO CTR



2 – DATI IDENTIFICATIVI

Proprietario	Comune
Ditta esecutrice	-
Anno	1980
Stato	Attivo
Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata estratta (l/s)	8
Diametro (mm)	125
Filtri	I° : 26.9 – 33.0
	II° : 83.9 – 90.0
	III° : 95.8 – 108.0

3 – STRATIGRAFIA



4 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA e PARAMETRI IDROGEOLOGICI

Soggiacenza (m dal p.c.)	65.0
Altri dati	Non disponibili

5 – IDROCHIMICA

ANALISI CHIMICO-FISICHE E BATTERIOLOGICHE ANNO 2006 – GARDA1 S.p.A.

Parametri	U.M.	Limiti D.Lgs. 31/01	21mar	22giu	15set
pH				7,1	
Colore	(mg/l)scala Pt/Co	accettabile		< 1	
Odore	diluizione	accettabile		< 1	
Sapore	diluizione	accettabile		< 1	
Torbidità	(NTU)	1		< 1	
TOC	mg/l			< 1	
Durezza	°F	15-50		36,4	
Conducibilità a 20°C	µS/cm	2500		678	
Residuo a 180 °C	mg/l	1500		450	
Ossidabilità	mgO ₂ /l	5		< 0,5	
Sodio	mgNa/l	200		3,2	
Cloruro	mgCl/l	250		13,8	
Solfato	mgSO ₄ /l	250		38,8	
Ammoniaca	mgNH ₄ /l	0,5		< 0,05	
Nitriti	mgNO ₂ /l	0,1 - 0,5		< 0,03	
Nitrati	mgNO ₃ /l	50		26,3	
Ferro	µgFe/l	200		< 100	
Manganese	µgMn/l	50		10	
Piombo	µg/l	10		< 1	
Arsenico	µg/l	10		< 1	
Cadmio	µg/l	5		< 0,1	
Cromo	µg/l	50		< 1	
Rame	µg/l	1000		< 0,05	
Cianuro	µg/l	50		< 5	
Mercurio	µg/l	1		< 0,5	
Antimonio	µg/l	5		< 1	
Alluminio	µg/l	200		< 3	
Nichel	µg/l	20		< 2	
Selenio	µg/l	10		< 1	
Vanadio	µg/l	50		< 1	
Boro	µg/l	1		< 0,4	
IPA	µg/l	0,1		< 0,01	
Tri- tetracloroetilene	µg/l	10 (somma)		< 0,1	
Benzene	µg/l	1		< 0,25	
Benzo(a)pirene	µg/l	0,01		< 0,0025	
1,2 dicloroetano	µg/l	3		< 0,1	
Antiparassitari	µg/l	0,1		< 0,1	
Antiparassitari totale	µg/l	0,5		< 0,125	
CBT a 22° C	UFC/1 ml	Senza variazioni		3	
CBT a 36°C	UFC/1 ml	-		< 1	
Coliformi a 37 °C	UFC/100 ml	0		< 1	
Enterococchi	UFC/100 ml	0		< 1	
E.Coli	UFC/100 ml	0	< 1	< 1	< 1

Descrizione campione: **Acqua Grezza**

Luogo del prelievo : **03-19-003 Puegnago - Pozzo Festole**

Prelevato il : 01/06/2018 alle ore : 13:15 con procedura di campionamento : APAT CNR IRSA 1030/6010 Man 29 2003

Risultati delle prove

Parametri / Prove	Unità di misura	VALORE	Inc. Estesa	L 1- L 2	Data analisi inizio - fine	Metodo di prova
Colore	assente alla dil 1:	1			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2020 A Man 29 2003
Odore	dil.	1			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2050 Man 29 2003
Sapore	dil.	1			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2080 Man 29 2003
pH	unità di pH	7.0 ± 0.1		6.5 9.5	04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2000 Man 29 2003
Conducibilità (a 20°C)	µS/cm	663.0 ± 8.7		2500	04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003
Cloruri (Cl)	mg/l	7.3 ± 1.9		250	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 41 10B
Temperatura ²	°C	13.4 ± 0.5			01/06 01/06	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003
Torbidità (SiO ₂)	mg/l	< 1.0			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2110 Man 29 2003
Ammoniaca (come NH ₄)	mg/l	< 0.050		0.50	01/06 04/06	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003
Sodio (Na)	mg/l	3.37 ± 0.40		200	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Nitriti (NO ₂ -)	mg/l	< 0.050		0.50	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 41 10B
Nitrati (NO ₃)	mg/l	13.3 ± 3.2		50	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 41 10B
Solfati (SO ₄)	mg/l	35.3 ± 5.4		250	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 41 10B
Indice di permanganato (Ossidabilità Kubel)	mg/l O ₂	< 0.50		5.0	01/06 11/06	UNI EN ISO 8467:1997
Carbonio Organico Totale (TOC)	mg/l	27.3 ± 7.0			06/06 06/06	UNI EN 1484:1999
Durezza Totale (da calcolo)	°F	40.4 ± 9.5			08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Solidi Totali Disciolti a 180°C (Residuo fisso a 180°C)	mg/l	456 ± 64		1500	04/06 06/06	APAT CNR IRSA 2000 A Man 29 2003
Ferro (Fe)	µg/l	< 20.0		200	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Manganese (Mn)	µg/l	< 5.00		50	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Rame (Cu)	mg/l	< 0.01000		1.0	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Cadmio (Cd)	µg/l	< 0.500		5.0	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Cromo (Cr)	µg/l	< 1.00		50	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Piombo (Pb)	µg/l	< 1.00		10	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Arsenico (As)	µg/l	< 1.00		10	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Mercurio (Hg)	µg/l	< 0.200		1.0	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Alluminio (Al)	µg/l	< 20.0		200	08/06 08/06	EPA 6020B 2014
Nichel (Ni)	µg/l	2.08 ± 0.26		20	08/06 08/06	EPA 6020B 2014

SAVI LABORATORI & SERVICE S.r.l. via Roma, 80 46037 Roncoferraro (MN) Italy tel. +39 0376 663917 r.a. fax +39 0376 664993 www.savilab.it
e-mail: info@savilab.it Capitale sociale € 50.000 i.v. partita IVA 02376490203 registro imprese MN 02376490203 R.E.A. MN 247610

Risultati delle prove

Parametri / Prove	Unità di misura	VALORE	Inc. Estesa	L 1- L 2	Data analisi inizio - fine	Metodo di prova
Boro (B)	mg/l	< 0.10		1.0	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Antimonio (Sb)	µg/l	< 0.500		5.0	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Selenio (Se)	µg/l	< 1.00		10	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Vanadio (V)	µg/l	< 1.00		140	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Cianuri liberi (CN-)	µg/l	< 5		50	01/06 04/06	APAT CNR IRSA 4070 Man 29 2003
Benzo(b)fluorantene	µg/l	< 0.0100			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Benzo(k)fluorantene	µg/l	< 0.0100			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	< 0.0050			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	µg/l	< 0.0100			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
IPA:somma di Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	< 0.0100		0.10	01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Ametrina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Atraton	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Atrazina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Desetilatrazina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Desetilterbutilazina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Prometon	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Prometrina	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Propazina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Secbumeton	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Simazina	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Simetrina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Terbutilazina	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Terbutrina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Somma Pesticidi Azotati	µg/l	< 0.050			01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Alaclor	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Aldrin	µg/l	< 0.010		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Lindano (gamma-HCH)	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Dieldrin	µg/l	< 0.0100		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Endrin	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Eptacloro	µg/l	< 0.010		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Eptacloro epossido isomero B	µg/l	< 0.010		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Esaclorobenzene	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003

SAVI LABORATORI & SERVICE S.r.l. via Roma, 80 46037 Roncoferraro (MN) Italy tel.+39 0376 663917 r.a. fax +39 0376 664993 www.savilab.it
e-mail: info@savilab.it Capitale sociale € 50.000 i.v. partita IVA 02376490203 registro imprese MN 02376490203 R.E.A. MN 247610

Risultati delle prove

Parametri / Prove	Unità di misura	VALORE	Inc. Estesa	L 1- L 2	Data analisi inizio - fine	Metodo di prova
Metossiclor	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Somma Pesticidi Clorurati	µg/l	< 0.050			01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Paration-etile	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Paration-metile	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
ANTIPARASSITARI TOTALI	µg/l	< 0.050		0.50	01/06 11/06	MP 622 rev 0 2008
Benzene	µg/l	< 0.100		1.0	01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Benzo(a)pirene	µg/l	< 0.0050		0.010	01/06 06/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
1,2-Dicloroetano	µg/l	< 0.100		3.0	01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Tetracloroetilene	µg/l	< 0.100			01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Tricloroetilene	µg/l	< 0.100			01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Somma Tetracloroetilene e Tricloroetilene	µg/l	< 0.100		10	01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Conta microrganismi vitali a 22° C	UFC/ml Stimato	6	[2 , 13]		01/06 04/06	UNI EN ISO 6222:2001
Conta microrganismi vitali a 36° C	UFC/ml	0			01/06 04/06	UNI EN ISO 6222:2001
Conta batteri coliformi	UFC/100 ml	0		0	01/06 02/06	UNI EN ISO 9308-1:2017
Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	0		0	01/06 02/06	UNI EN ISO 9308-1:2017
Conta enterococchi intestinali	UFC/100 ml	0		0	01/06 04/06	UNI EN ISO 7899-2:2003
Somma Pesticidi Fosforati	µg/l	< 0.050			01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003

LIMITI DI RIFERIMENTO: D.Lgs. n° 31 02/02/2001 e s.m.i. - Acque destinate al consumo umano

Scostamenti, aggiunte od esclusioni rispetto a procedura di campionamento, metodi di prova, condizioni di prova ed ambientali:
Nulla di rilevante.

LEGENDA:

SS: Sostanza Secca

MP: Metodo di Prova interno

(-): Non determinabile

(²): Prova eseguita in campo

L1: Limite di Riferimento Minimo

L2: Limite di Riferimento Massimo

Il Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. I campioni esaminati, salvo specifici accordi intrapresi con il Laboratorio o situazioni particolari, vengono smaltiti dopo la stampa dei rapporti di prova. I dati strumentali e le registrazioni tecniche inerenti all'analisi vengono conservate per un periodo non inferiore a cinque anni. I valori di incertezza estesa contenuti nel presente documento sono relativi ad un livello di probabilità P=95%, gradi di libertà ≥10 e fattore di copertura K=2. Nel caso di prove microbiologiche, l'incertezza estesa è da intendersi come "intervallo di fiducia". L'incertezza riportata non tiene conto del contributo del campionamento. Se non diversamente specificato, eventuali sommatorie presenti sono calcolate secondo il criterio Lower Bound. Se non diversamente specificato, il recupero è all'interno dell'intervallo di accettabilità previsto per il metodo impiegato e pertanto non considerato per l'espressione del valore finale.

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERIO DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)

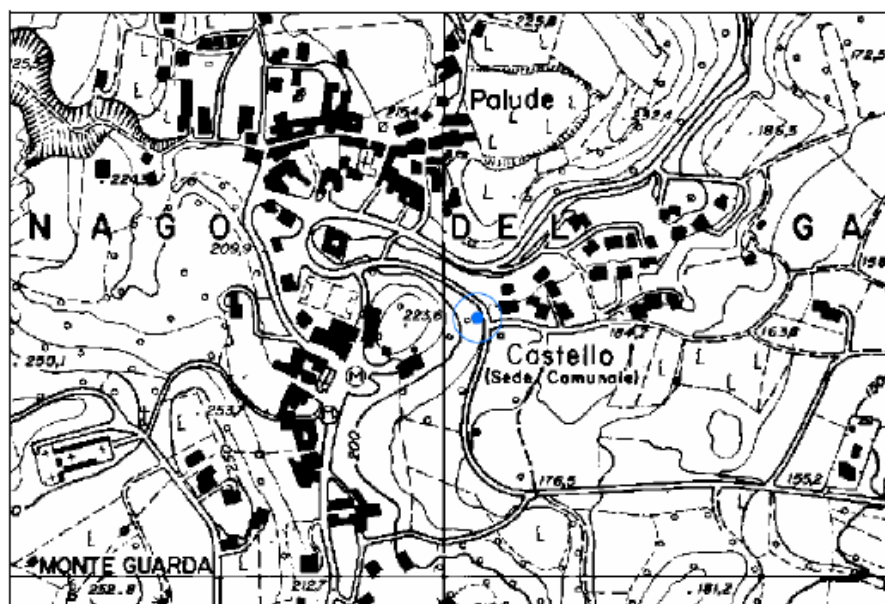
GEOMETRICO

POZZO FONTANE O CASTELLO – P2

1 – DATI IDENTIFICATIVI

N° RIFERIMENTO	P2
Località	FONTANE o CASTELLO
Comune	PUEGNAGO DLE GARDA
Provincia	BRESCIA
Sezione CTR	D5e5
Coordinate Gauss Boaga (da CTR)	X = 1618046 Y = 5047308
Quota (m s.l.m.)	196
Profondità (m da p.c.)	112

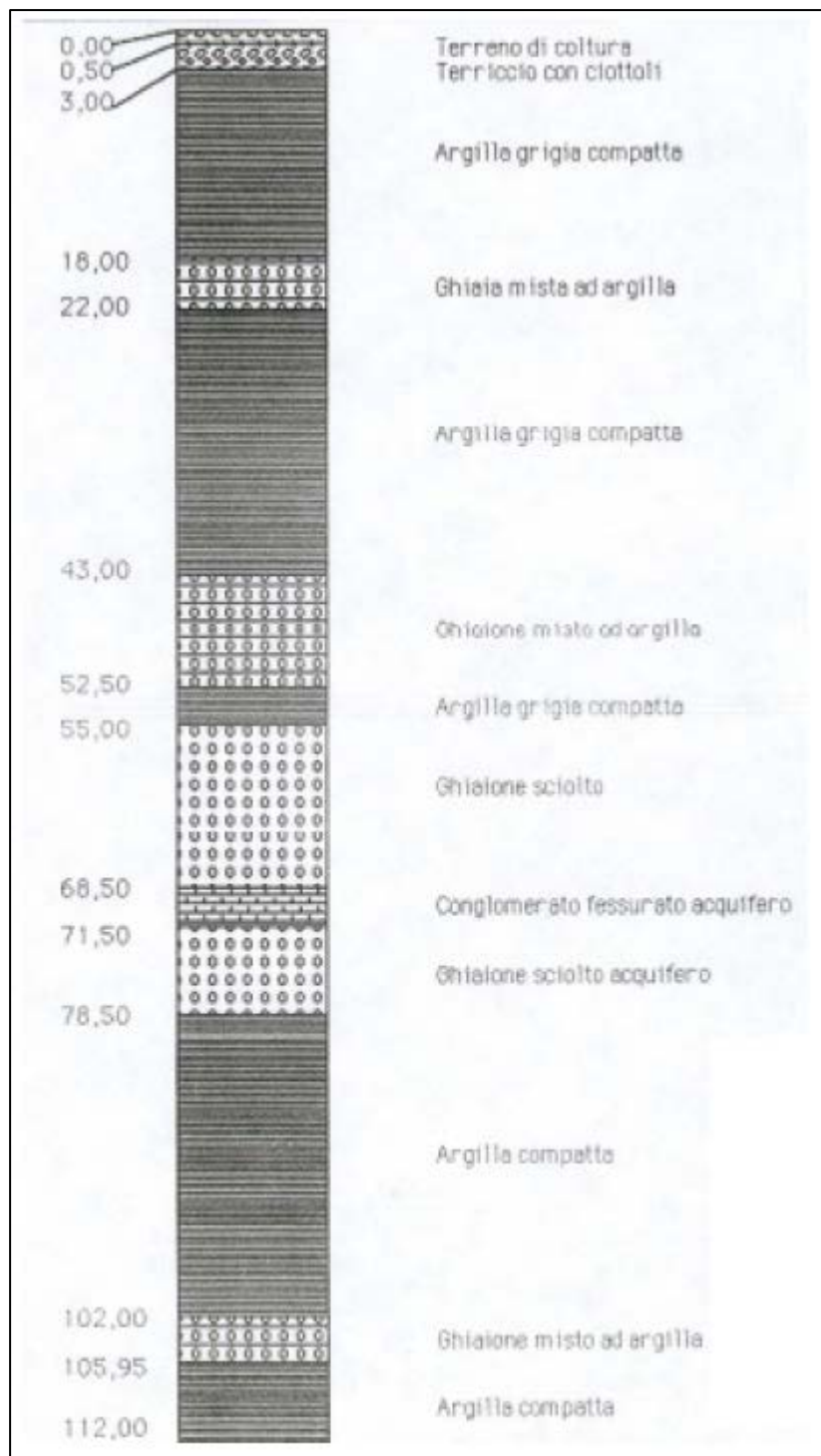
UBICAZIONE POZZO – STRALCIO CTR



2 – DATI IDENTIFICATIVI

Proprietario	Comune
Ditta esecutrice	-
Anno	1984
Stato	Attivo
Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata estratta (l/s)	20 - 25
Diametro (mm)	600
Filtri	I° : 46.5 – 52.5
	II° : 55.5 – 78.0
	III° : 102.0 – 105.95

3 – STRATIGRAFIA



4 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA e PARAMETRI IDROGEOLOGICI

Soggiacenza (m dal p.c.)	68.4
Altri dati	Non disponibili

5 – IDROCHIMICA
ANALISI CHIMICO-FISICHE E BATTERIOLOGICHE ANNO 2006 – GARDA1 S.p.A.

Parametri	U.M.	Limiti D.Lgs. 31/01	21mar	22giu
pH				7,3
Colore	(mg/l)scala Pt/Co	accettabile		< 1
Odore	diluizione	accettabile		< 1
Sapore	diluizione	accettabile		< 1
Torbidità	(NTU)	1		< 1
TOC	mg/l			< 1
Durezza	°F	15-50		30,9
Conducibilità a 20°C	µS/cm	2500		548
Residuo a 180 °C	mg/l	1500		370
Ossidabilità	mgO2/l	5		< 0,5
Sodio	mgNa/l	200		11
Cloruro	mgCl/l	250		14,1
Solfato	mgSO4/l	250		18,2
Ammoniaca	mgNH4/l	0,5		< 0,05
Nitriti	mgNO2/l	0,1 - 0,5		< 0,03
Nitrati	mgNO3/l	50		10,5
Ferro	µgFe/l	200		< 100
Manganese	µgMn/l	50		< 5
Piombo	µg/l	10		< 1
Arsenico	µg/l	10		< 1
Cadmio	µg/l	5		< 0,1
Cromo	µg/l	50		< 1
Rame	µg/l	1000		< 0,05
Cianuro	µg/l	50		< 5
Mercurio	µg/l	1		< 0,5
Antimonio	µg/l	5		< 1
Alluminio	µg/l	200		10
Nichel	µg/l	20		< 2
Selenio	µg/l	10		< 1
Vanadio	µg/l	50		< 1
Boro	µg/l	1		< 0,4
IPA	µg/l	0,1		< 0,01
Tri- tetracloroetilene	µg/l	10 (somma)		< 0,1
Benzene	µg/l	1		< 0,25
Benzo(a)pirene	µg/l	0,01		< 0,0025
1,2 dicloroetano	µg/l	3		< 0,1
Antiparassitari	µg/l	0,1		< 0,1
Antiparassitari totale	µg/l	0,5		< 0,125
CBT a 22° C	UFC/1 ml	Senza variazioni		< 1
CBT a 36°C	UFC/1 ml	-		< 1
Coliformi a 37 °C	UFC/100 ml	0		< 1
Enterococchi	UFC/100 ml	0		< 1
E.Coli	UFC/100 ml	0	< 1	< 1

Descrizione campione: **Acqua Grezza**

Luogo del prelievo: **03-19-004 Puegnago - Pozzo Fontane**

Prelevato il: 01/06/2018 alle ore: 10:44 con procedura di campionamento: APAT CNR IRSA 1030/6010 Man 29 2003

Risultati delle prove

Parametri / Prove	Unità di misura	VALORE	Inc. Estesa	L 1- L 2	Data analisi inizio - fine	Metodo di prova
Colore	assente alla dil 1:	1			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2020 A Man 29 2003
Odore	dil.	1			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2050 Man 29 2003
Sapore	dil.	1			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2080 Man 29 2003
pH	unità di pH	7.2 ± 0.1		6.5 9.5	04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2080 Man 29 2003
Conducibilità (a 20°C)	µS/cm	527.0 ± 7.5		2500	04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003
Cloruri (Cl)	mg/l	10.7 ± 2.1		250	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 4110B
Temperatura ²	°C	14.5 ± 0.5			01/06 01/06	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003
Torbidità (SiO ₂)	mg/l	< 1.0			04/06 04/06	APAT CNR IRSA 2110 Man 29 2003
Ammoniaca (come NH ₄)	mg/l	< 0.050		0.50	01/06 04/06	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003
Sodio (Na)	mg/l	11.3 ± 1.3		200	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Nitriti (NO ₂ -)	mg/l	< 0.050		0.50	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 4110B
Nitrati (NO ₃)	mg/l	8.9 ± 3.0		50	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 4110B
Solfati (SO ₄)	mg/l	20.8 ± 4.4		250	04/06 04/06	APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 4110B
Indice di permanganato (Ossidabilità Kubel)	mg/l O ₂	< 0.50		5.0	01/06 11/06	UNI EN ISO 8467:1997
Carbonio Organico Totale (TOC)	mg/l	1.27 ± 0.86			06/06 06/06	UNI EN 1484:1999
Durezza Totale (da calcolo)	°F	32.1 ± 7.5			08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Solidi Totali Disciolti a 180°C (Residuo fisso a 180°C)	mg/l	320 ± 50		1500	04/06 05/06	APAT CNR IRSA 2090 A Man 29 2003
Ferro (Fe)	µg/l	< 20.0		200	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Manganese (Mn)	µg/l	< 5.00		50	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Rame (Cu)	mg/l	< 0.01000		1.0	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Cadmio (Cd)	µg/l	< 0.500		5.0	05/06 08/06	EPA 8020B 2014
Cromo (Cr)	µg/l	< 1.00		50	05/06 08/06	EPA 8020B 2014
Piombo (Pb)	µg/l	< 1.00		10	05/06 08/06	EPA 8020B 2014
Arsenico (As)	µg/l	< 1.00		10	05/06 08/06	EPA 8020B 2014
Mercurio (Hg)	µg/l	< 0.200		1.0	05/06 08/06	EPA 8020B 2014
Alluminio (Al)	µg/l	< 20.0		200	08/06 08/06	EPA 8020B 2014
Nichel (Ni)	µg/l	< 2.00		20	08/06 08/06	EPA 8020B 2014

SAVI LABORATORI & SERVICE S.r.l. via Roma, 80 46037 Roncoferraro (MN) Italy tel. +39 0376 663917 r.a. fax +39 0376 664993 www.savilab.it
e-mail: info@savilab.it Capitale sociale € 50.000 i.v. partita IVA 02376490203 registro imprese MN 02376490203 R.E.A. MN 247610

Risultati delle prove

Parametri / Prove	Unità di misura	VALORE	Inc. Estesa	L 1- L 2	Data analisi inizio - fine	Metodo di prova
Boro (B)	mg/l	< 0.10		1.0	08/06 08/06	EPA 8220B 2014
Antimonio (Sb)	µg/l	< 0.500		5.0	08/06 08/06	EPA 8220B 2014
Selenio (Se)	µg/l	< 1.00		10	08/06 08/06	EPA 8220B 2014
Vanadio (V)	µg/l	< 1.00		140	08/06 08/06	EPA 8220B 2014
Cianuri liberi (CN-)	µg/l	< 5		50	01/06 04/06	APAT CNR IRSA 4870 Man 29 2003
Benzo(b)fluorantene	µg/l	< 0.0100			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Benzo(k)fluorantene	µg/l	< 0.0100			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	< 0.0050			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	µg/l	< 0.0100			01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
IPA:somma di Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	< 0.0100		0.10	01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Ametrina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Atraton	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Atrazina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Desetilatraxina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Desetilterbutilazina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Prometon	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Prometrina	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Propazina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Secbumeton	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Simazina	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Simetrina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Terbutilazina	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Terbutrina	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Somma Pesticidi Azotati	µg/l	< 0.050			01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Alaclor	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Aldrin	µg/l	< 0.010		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Lindano (gamma-HCH)	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Dieldrin	µg/l	< 0.0100		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Endrin	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Eptacloro	µg/l	< 0.010		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Eptacloro epossido isomero B	µg/l	< 0.010		0.030	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003
Esaclorobenzene	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5080 Man 29 2003

SAVI LABORATORI & SERVICE S.r.l. via Roma, 80 46037 Roncoferraro (MN) Italy tel.+39 0376 663917 r.a. fax +39 0376 664993 www.savilab.it
e-mail: info@savilab.it Capitale sociale € 50.000 i.v. partita IVA 02376490203 registro imprese MN 02376490203 R.E.A. MN 247610

Risultati delle prove

Parametri / Prove	Unità di misura	VALORE	Inc. Estesa	L 1- L 2	Data analisi inizio - fine	Metodo di prova
Metossiclor	µg/l	< 0.050		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Somma Pesticidi Clorurati	µg/l	< 0.050			01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Paration-etile	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
Paration-metile	µg/l	< 0.0500		0.10	01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
ANTIPARASSITARI TOTALI	µg/l	< 0.050		0.50	01/06 11/06	MP 622 rev 0 2008
Benzene	µg/l	< 0.100		1.0	01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Benzo(a)pirene	µg/l	< 0.0050		0.010	01/06 05/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003
1,2-Dicloroetano	µg/l	< 0.100		3.0	01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Tetracloroetilene	µg/l	< 0.100			01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Tricloroetilene	µg/l	< 0.100			01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Somma Tetracloroetilene e Tricloroetilene	µg/l	< 0.100		10	01/06 06/06	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2017
Conta microrganismi vitali a 22° C	UFC/ml	0			01/06 04/06	UNI EN ISO 6222:2001
Conta microrganismi vitali a 36° C	UFC/ml	0			01/06 04/06	UNI EN ISO 6222:2001
Conta batteri coliformi	UFC/100 ml	0		0	01/06 02/06	UNI EN ISO 9308-1:2017
Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	0		0	01/06 02/06	UNI EN ISO 9308-1:2017
Conta enterococchi intestinali	UFC/100 ml	0		0	01/06 04/06	UNI EN ISO 7899-2:2003
Somma Pesticidi Fosforati	µg/l	< 0.050			01/06 11/06	APAT CNR IRSA 5060 Man 29 2003

LIMITI DI RIFERIMENTO: D.Lgs. n° 31 02/02/2001 e s.m.i. - Acque destinate al consumo umano

Scostamenti, aggiunte od esclusioni rispetto a procedura di campionamento, metodi di prova, condizioni di prova ed ambientali:
Nulla di rilevante.

LEGENDA:

SS: Sostanza Secca

MP: Metodo di Prova interno

(-): Non determinabile

(?): Prova eseguita in campo

L1: Limite di Riferimento Minimo

L2: Limite di Riferimento Massimo

Il Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. I campioni esaminati, salvo specifici accordi intrapresi con il Laboratorio o situazioni particolari, vengono smaltiti dopo la stampa dei rapporti di prova. I dati strumentali e le registrazioni tecniche inerenti all'analisi vengono conservate per un periodo non inferiore a cinque anni. I valori di incertezza estesa contenuti nel presente documento sono relativi ad un livello di probabilità P=95%, gradi di libertà ≥ 10 e fattore di copertura K=2. Nel caso di prove microbiologiche, l'incertezza estesa è da intendersi come "intervallo di fiducia". L'incertezza riportata non tiene conto del contributo del campionamento. Se non diversamente specificato, eventuali sommatorie presenti sono calcolate secondo il criterio Lower Bound. Se non diversamente specificato, il recupero è all'interno dell'intervallo di accettabilità previsto per il metodo impiegato e pertanto non considerato per l'espressione del valore finale.

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERIO DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)

GEOMETRICO

6.5. Vulnerabilità degli acquiferi sotterranei e aree di salvaguardia

Gli acquiferi profondi captati dai pozzi comunali e dai pozzi privati presentano, per le loro particolari condizioni idrogeologiche, un grado di vulnerabilità all'inquinamento da MEDIO a BASSO, al contrario dell'acquifero freatico presente nella piana fluvio-glaciale di Raffa, che presenta un grado di vulnerabilità all'inquinamento ALTO, in base all'applicazione della seguente tabella (GNDCI-CNR AA.VV., 1988):

GRADO DI VULNERABILITÀ	LITOLOGIA DI SUPERFICIE	PROFONDITÀ TETTO GHIAIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO
BASSO	Argilla Limo	> 5 m > 10 m	Falda a pelo libero o in pressione Falda in pressione
MEDIO	Argilla Limo Limo Sabbia	< 5 m > 10 m < 10 m > 10 m	Falda a pelo libero Falda a pelo libero Falda in pressione Falda in pressione
ALTO	Sabbia Sabbia e/o ghiaia Limo	> 10 m < 10 m < 10 m	Falda a pelo libero Falda in pressione Falda a pelo libero
ELEVATO	Sabbia e/o ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero
ESTREMAMENTE ELAVATO	Ghiaia	0 m	Falda di subalveo

La vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento viene definita (Civita, 1987) come la suscettività specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, a ricevere e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idro-veicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo.

Oltre ai due pozzi comunali ad uso idropotabile sopra descritti, è stato considerato di importanza strategica anche il vecchio pozzo Sercole, posto vicino al Monte Strasse, che, pur non essendo attualmente utilizzato per alimentare l'acquedotto comunale, rappresenta una possibile riserva idropotabile in caso di necessità; per questo è stata individuata la relativa fascia di rispetto di ampiezza pari a 200 m (criterio geometrico ai sensi della D.G.R.), comprendente l'area di tutela assoluta di ampiezza pari a 10 m.

La fascia di rispetto di ampiezza 200 m è stata assegnata anche ai due pozzi presenti nel settore meridionale del comune di Puegnago del Garda, nei pressi del Monte Basia, i quali sono destinati ad utilizzo idropotabile per il consumo umano dal Comune limitrofo di Polpenazze.

Zona di tutela assoluta:

La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa deve avere una estensione in caso di acque sotterranee e, ove possibile per le acque superficiali, di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio (art. 94, comma 3 d.lgs. 152/2006).

Zona di rispetto:

(art. 94, comma 4 d.lgs. 152/2006)

La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa. In particolare nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;

- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti;
- l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

(art. 94, comma 5 d.lgs. 152/2006)

Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 4, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture od attività:

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

(art. 94, comma 6 d.lgs. 152/2006)

In assenza dell'individuazione da parte della regione della zona di rispetto ai sensi del comma 1, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione. Previo studio idrogeologico di dettaglio, sarà successivamente possibile delimitare la zona di rispetto secondo criteri idrogeologici. Si consiglia comunque un monitoraggio costante della qualità delle acque captate.

(art. 94, comma 7 d.lgs. 152/2006)

Le zone di protezione devono essere delimitate secondo le indicazioni delle Regioni o delle Province Autonome per assicurare la protezione del patrimonio idrico. In esse si possono adottare misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni

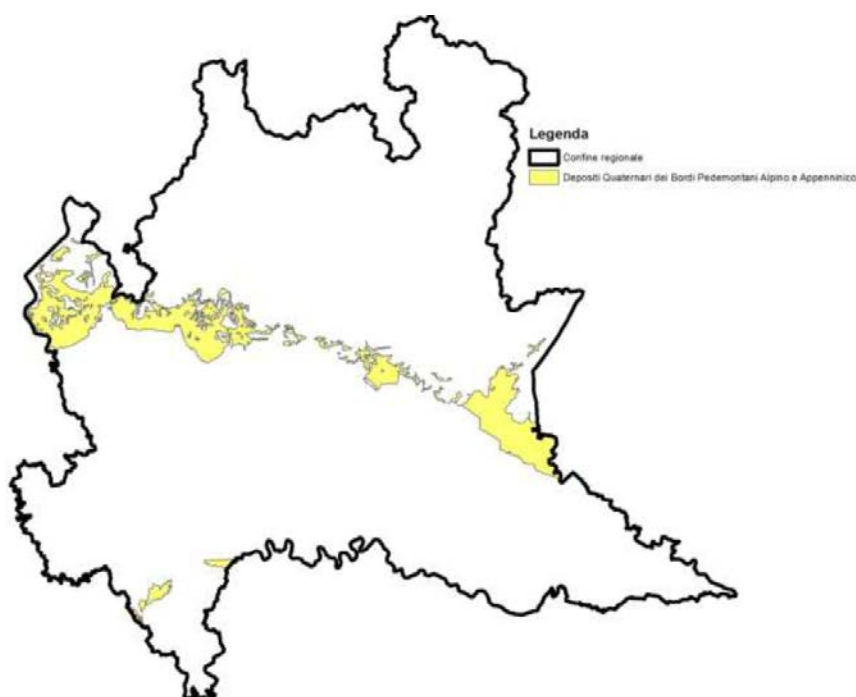
per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agro-forestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici comunali, provinciali, regionali, sia generali sia di settore.

(art. 94, comma 8 d.lgs. 152/2006)

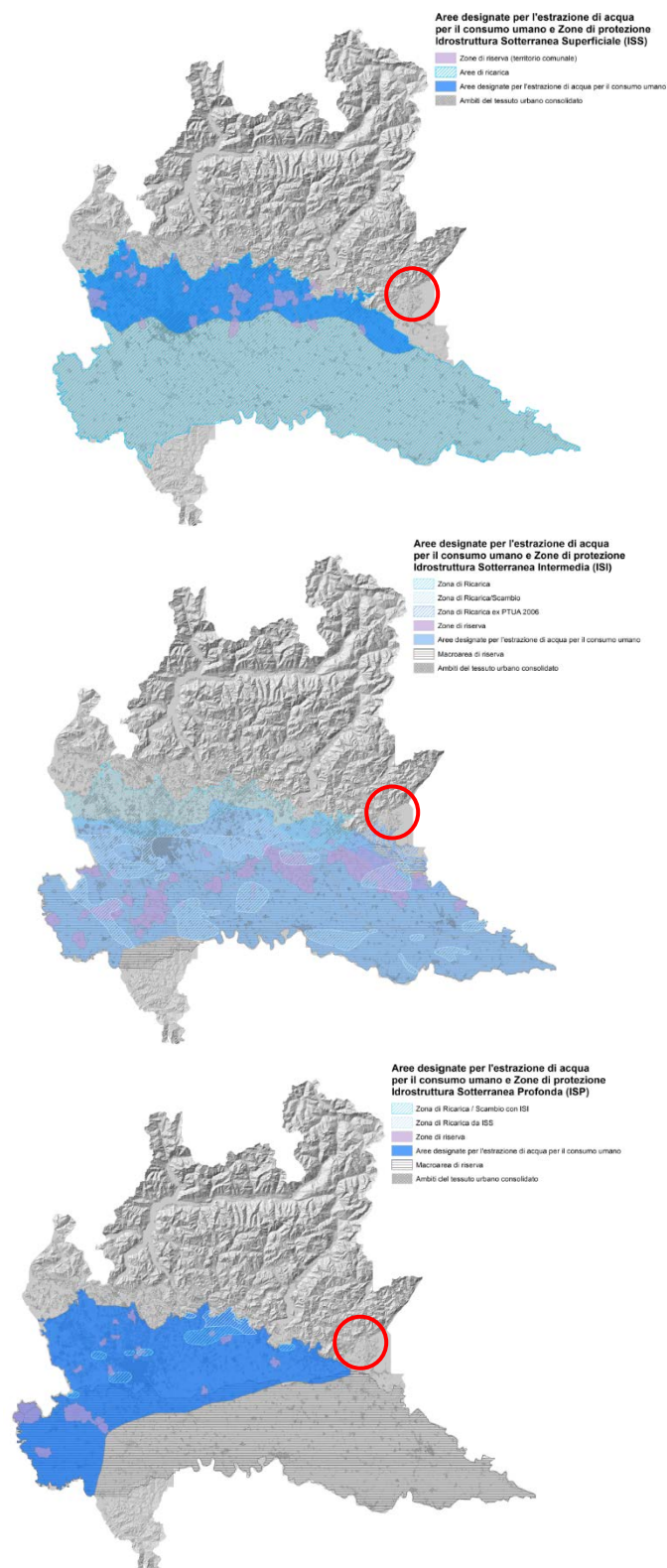
Ai fini della protezione delle acque sotterranee, anche di quelle non ancora utilizzate per l'uso umano, le Regioni e le Province Autonome individuano e disciplinano, all'interno delle zone di protezione, le seguenti aree:

- a) aree di ricarica della falda;
- b) emergenze naturali ed artificiali della falda;
- c) zone di riserva

Nell'ambito del Programma di Tutela e Uso delle Acque PTUA 2016 regionale approvato con D.G.R. n. X/6990 del 31 luglio 2017 l'area del territorio comunale di Puegnago del Garda è stata inserita nell'ambito del sub-complesso dei depositi quaternari dei bordi pedemontani alpino e appenninico, che comprende i depositi quaternari di origine prevalentemente glaciale, fluvio-glaciale, alluvionale, eolico, colluviale e di versante estremamente eterogenei e profondamente alterati (elaborato n. 2 – PTUA16):



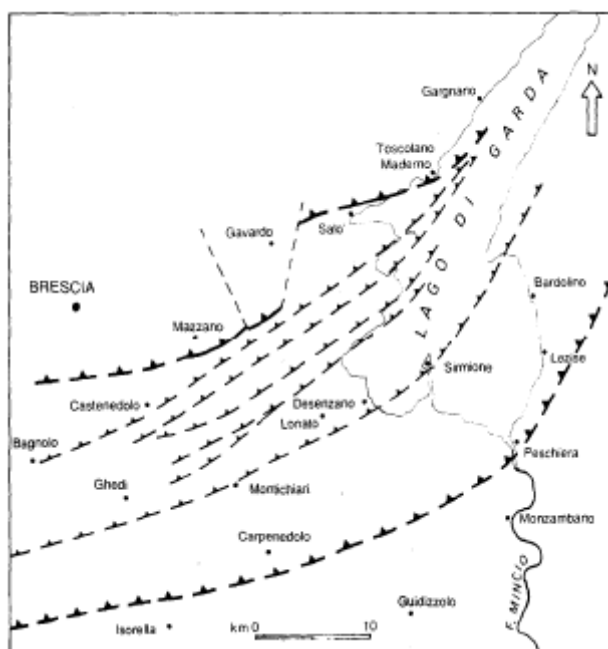
Nell'ambito del sub-complexo citato non sono stati individuati e caratterizzati corpi idrici sotterranei e non sono state individuate aree protette o di riserva, come desumibile dagli estratti cartografici della Tavola 11A del PTUA16:



7. Inquadramento sismico del territorio

7.1. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

A livello di inquadramento generale, il territorio comunale di Puegnago del Garda, di estensione pari a poco più di 10 km², si colloca nell'ambito del quadro strutturale del Garda, caratterizzato da una successione stratigrafica con formazioni di età compresa tra il Trias ed il Miocene, sovrapposte stratigraficamente e tettonicamente, costituendo sistemi di thrust embricati riconducibili strutturalmente alle direttrici regionali, identificabili con il Sistema Orobico o della Val Trompia (E-W) e il Sistema Giudicariense (NNE-SSW).



In particolare nel sottosuolo del territorio comunale di Puegnago del Garda si sviluppano strutture sismogenetiche orientate NE-SW, che tendono a raccordare le strutture di pertinenza giudicariense, poste nel settore settentrionale del Lago di Garda, con le strutture del fronte interno ed esterno del Sudalpino occidentale orientate E-W e sepolte al di sotto dei sedimenti dell'alta pianura bresciana-bergamasca.

L'attività di queste strutture, che risultano obliterate dai sedimenti quaternari recenti, rappresenta la pericolosità sismica di base del territorio di studio, ovvero la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

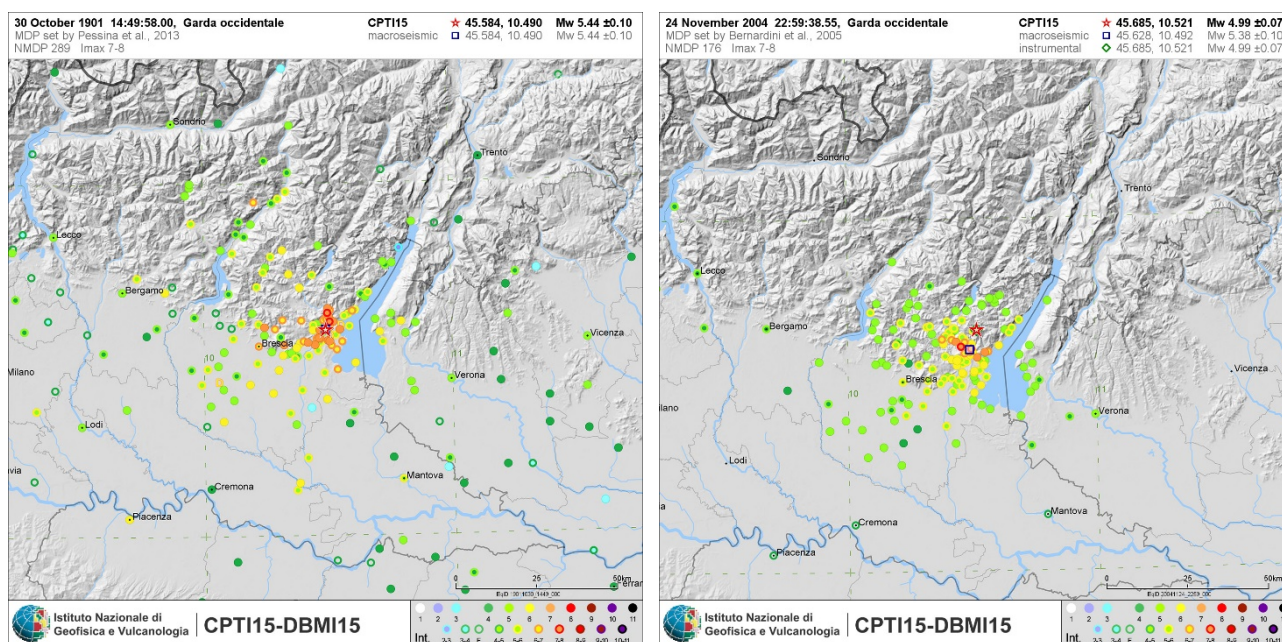
Il Comune di Puegnago del Garda ricade nella zona sismogenetica 906, caratterizzata da una sismicità medio-alta responsabile di eventi sismici di magnitudo superiore a 5.5.

La zona sismogenetica 906 appartiene, dal punto di vista geodinamico e cinematico, alle zone di interazione tra piastra adriatica e piastra europea con meccanismi di rottura attesi di tipo thrust e transpressivi e strutture a pieghe sud-vergenti e faglie inverse associate.

Sulla base dei dati contenuti nei cataloghi è possibile selezionare le notizie in modo da definire "Storie sismiche" dei singoli siti, identificanti cioè la successione temporale delle intensità risentite (in una definita località) rispetto alle intensità epicentrali dei vari eventi nel corso dei secoli.

In base alla consultazione del catalogo macrosismico italiano DBMI15 v3.0 (Locati et al., 2021), riportante le osservazioni macrosismiche è possibile prevedere, per gli eventi documentati, risentimenti massimi al sito pari al 6-7° grado della scala macrosismica MCS, determinati da eventi sismici di energia medio-forte (magnitudo compresa tra 5.0 e 5.5) e molto vicini (es: terremoti di Salò del 30 ottobre 1901 e del 24 novembre 2004).

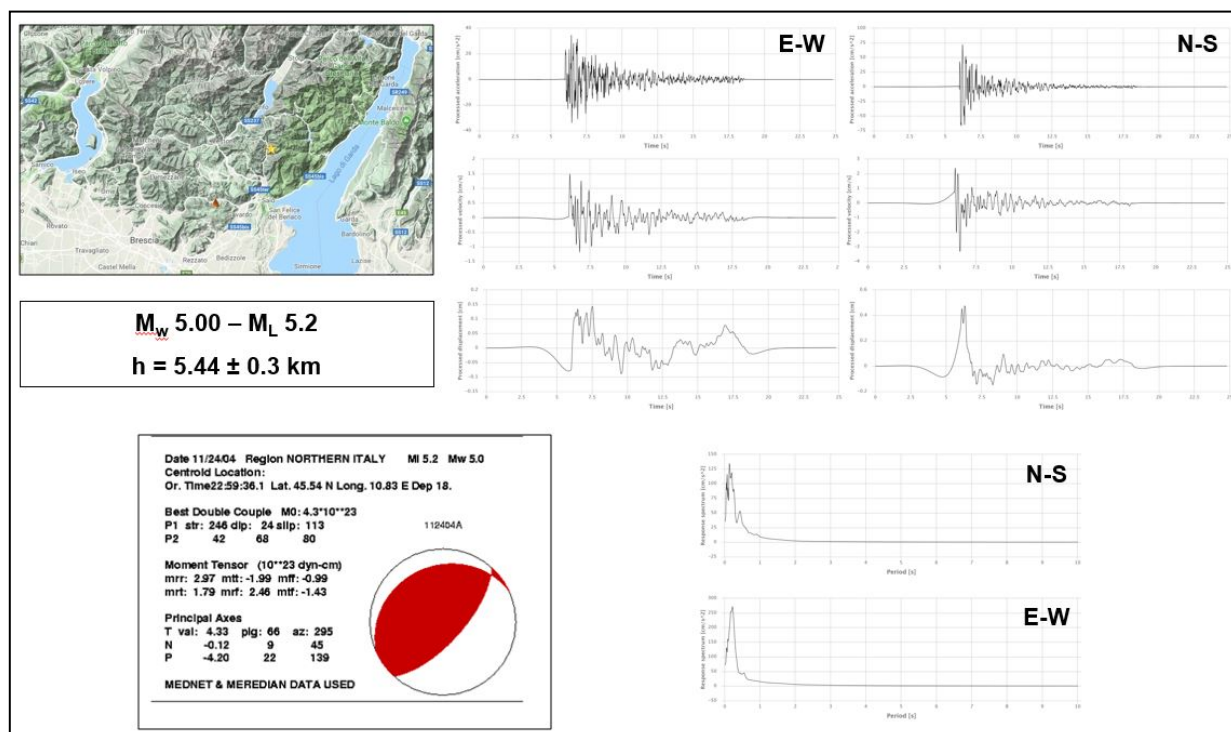
Di seguito si riportano i campi macrosismici dei due eventi sismici documentati risentiti nel territorio comunale con intensità macrosismica maggiore:



I due eventi sismici sopra ricordati rappresentano l'evento di riferimento, che dalle analisi di pericolosità sismica nazionale può raggiungere potenziali sismo-genetici prossimi a magnitudo 6.

L'evento sismico del 2004, sebbene avvenuto prima dell'installazione della rete accelerometrica dell'Italia Settentrionale avvenuta a partire dal 2006, è stato registrato dalla stazione accelerometrica della RAN (Rete Accelerometrica Nazionale gestita dal Dipartimento di Protezione Civile) posta a circa 13.6 km dall'epicentro in Comune di Vallio Terme su substrato roccioso.

I dati acquisiti possono rappresentare dei valori di riferimento per eventi sismici attesi nell'area:



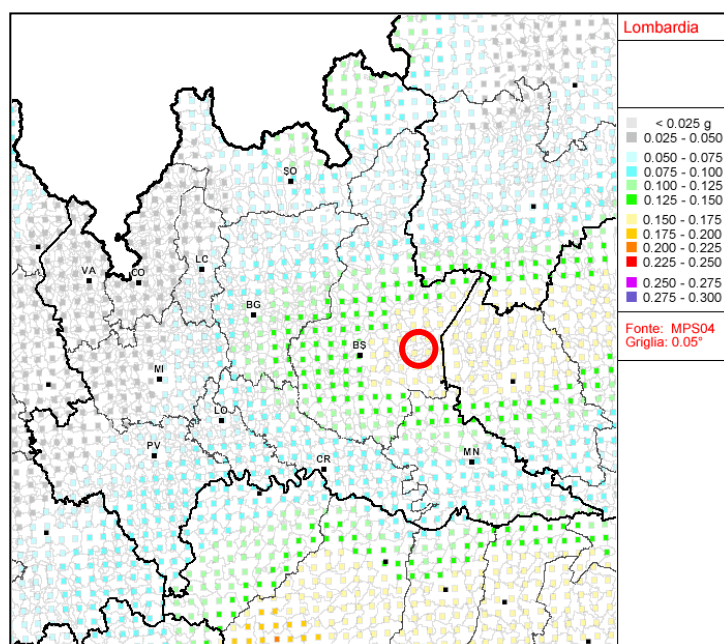
La pericolosità sismica di base è definita in maniera probabilistica ed è quantificata, in base alla normativa nazionale vigente, mediante 3 variabili indipendenti di significato sia accelerometrico sia spettrale, definite per diverse probabilità di eccedenza (vedi mappa di pericolosità MPS, 2004).

Convenzionalmente per studi di pianificazione si fa riferimento alla probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni corrispondente ad un tempo di ritorno di 475 anni.

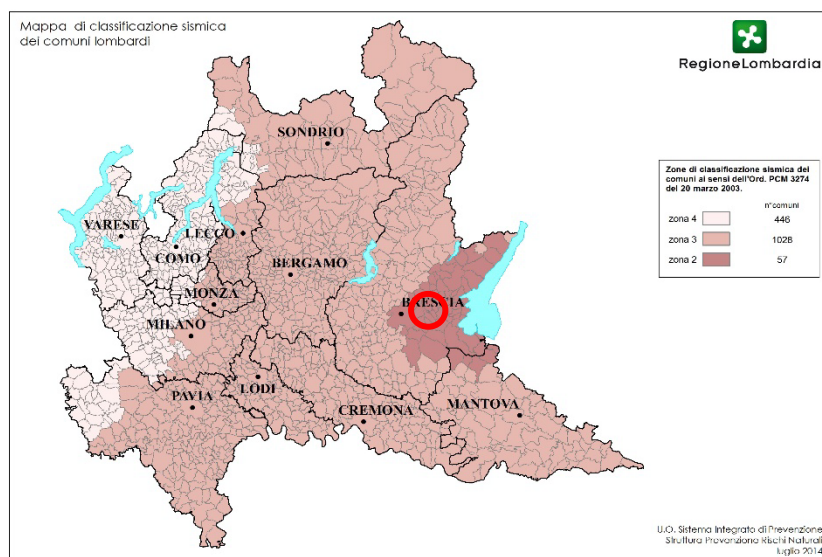
Ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni le azioni sismiche secondo cui eseguire le verifiche sismiche progettuali sono calcolate sulla base dei dati di pericolosità estratti

direttamente dalla mappa ufficiale di pericolosità sismica nazionale (valori di a_g - Allegato 1b all'OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006), mediante l'utilizzo di altri due parametri di significato spettrale (F_0 e T_c^*) e di relative formule empiriche per la determinazione della forma spettrale elastica di riferimento (paragrafo 3.2.3. DM 17-01-2018 e Tabella 1 allegato B – DM 14-01-08). La pericolosità sismica di base è, dunque, sito-specifica, ed è definita in base al valore di a_g (accelerazione orizzontale di picco attesa in condizioni di campo libero su substrato di riferimento, ovvero rigido e pianeggiante) e ai valori di F_0 e T_c^* (parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione su substrato di riferimento).

I parametri a_g , F_0 e T_c^* sono definiti in termini probabilistici con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nella vita di riferimento di un manufatto su tutto il territorio nazionale attraverso lo stesso reticolo di riferimento dello studio INGV (passo 0.05°).

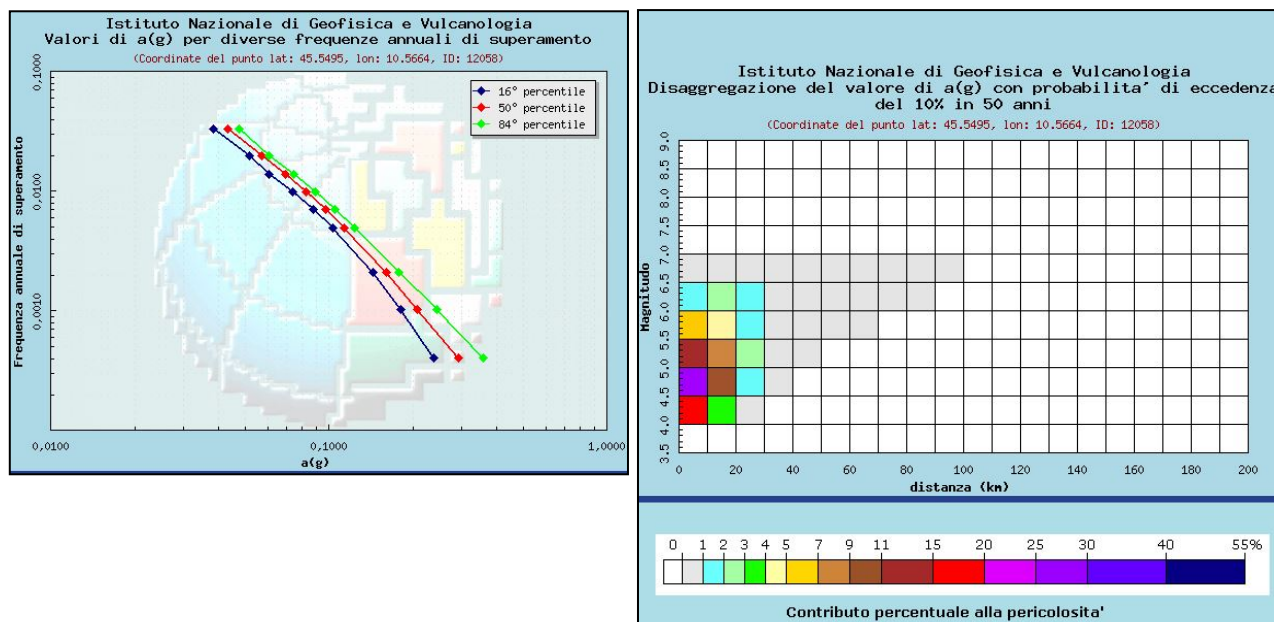


La classificazione sismica attualmente in vigore in Regione Lombardia è basata sui valori di accelerazione orizzontale attesa su suolo rigido e pianeggiante con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Tr 475 anni) riportati nella mappa di pericolosità sismica nazionale (Gruppo di LavoroMS4) e pubblicati ufficialmente, insieme ai criteri di classificazione, nell'Allegato 1b all'OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006.



Con DGR n. X/2129 del 11 luglio 2014 la Regione Lombardia ha aggiornato, in tal senso, la zonazione sismica regionale vigente dal 2003, ai sensi della L.R. 1/2000 art. 3, C.108, lett. D, inserendo il Comune di Puegnago del Garda in zona sismica 2, assegnandovi come valore di accelerazione di riferimento 0.159381 g. Dopo successivi decreti di differimento (DGR n. X/2489 del 10 ottobre 2014 e DGR n. X/4144 del 8 ottobre 2015) la nuova classificazione sismica è in vigore dal 10 aprile 2016, contestualmente alla normativa regionale in materia di autorizzazione preventiva e deposito sismico (L.R. 33/2015 e DGR 5001/2016).

I valori di a_g disponibili nell'allegato 1 delle NTC 2008 derivano dall'analisi di pericolosità sismica nazionale (MPS, 2004) condotta secondo metodologia probabilistica e corrispondenti al 50° percentile delle stime ottenute. Queste sono calcolate in corrispondenza di ciascun punto per il quale si dispone anche delle analisi di disaggregazione della pericolosità, utili al fine di determinare gli eventi sismici che contribuiscono maggiormente alla pericolosità sismica di un sito. Di seguito si riportano i valori di a_g per diverse frequenze annuali di superamento e le stime di disaggregazione valide per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni corrispondenti a T_r di 475 anni, riferite al punto della maglia quadrata di riferimento più cautelativo tra i 4 che racchiudono il territorio comunale ovvero ID12058:



Per valori di frequenza di superamento annuale di 0.01 il valore di accelerazione orizzontale attesa su substrato di riferimento al 50° percentile è di 0.0827 g, molto prossimo al valore di accelerazione registrato a 13.6 km di distanza dall'epicentro dell'evento sismico del 2004 (72 gal = 0.073 g).

Una frequenza annuale di 0.01 corrisponde ad 1 evento ogni 100 anni nell'ipotesi di stazionarietà del fenomeno sismico, che come noto, non è stazionario nel tempo ma il suo accadimento presenta una forma di dipendenza temporale (memoria sismica), che dovrebbe essere inserita nelle stime di pericolosità, tema ancora in fase di studio a livello scientifico.

Convenzionalmente il valore di frequenza annuale preso come riferimento negli studi di microzonazione sismica è pari a 0.0021 corrispondente ad un tempo di ritorno di 475 anni.

Il valore di a_g atteso è pertanto mediamente sul territorio comunale pari a 0.159381 g che corrisponde al contributo di tutti gli eventi sismici risentibili al sito: l'analisi di disaggregazione permette di definire l'evento sismico che maggiormente contribuisce alla pericolosità del sito ovvero gli eventi di magnitudo compresa tra 4.5 e 5.0 con distanze epicentrali entro i 10 km (contributo massimo del 26.1 %).

Questo aspetto è fondamentale per quelle analisi e verifiche di sicurezza condotte secondo procedure e metodologie funzione del valore di magnitudo, quali il fenomeno della liquefazione o le analisi di risposta sismica locale condotte con metodi numerici tramite selezione di accelerogrammi naturali di riferimento.

7.2. Definizione della pericolosità sismica locale

PREMESSA

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

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 sismico), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno ad esso sovrastanti, 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 o morfologica: 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 è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- effetti di amplificazione litologica o stratigrafica: 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.

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 o 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'innesco 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 vucolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

Ai sensi dei criteri regionali di cui alla D.G.R. IX/2616 del 30-11-2011 la metodologia per la valutazione della pericolosità sismica locale prevede l'applicazione di 3 livelli di approfondimento descritti nell'allegato n. 5 alla D.G.R. citata.

APPROFONDIMENTO DI 1° LIVELLO

In TAV. 4 – Carta della pericolosità sismica locale sono delimitati i relativi scenari previsti dalla Tabella 1 di cui all'allegato 5 della D.G.R. IX/2616 del 30-11-2011.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
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

Per quanto riguarda gli scenari che prevedono effetti di instabilità di versante sono state recepite le perimetrazioni delle aree instabili con stato attivo e quiescente definite dal punto di vista geomorfologico e classificate negli scenari Z1a e Z1b.

Per quanto riguarda gli scenari che prevedono effetti di instabilità legati a scadenti caratteristiche meccaniche dei materiali sono state delimitate le aree lacustri attuali e antiche ove sono presenti materiali fini torbosi e le aree oggetto di attività estrattiva recente o passata ove sono presenti materiali granulari insaturi e classificate nello scenario Z2a.

Per quanto riguarda gli scenari che prevedono fenomeni di amplificazione sismica di tipo litologico/stratigrafico sono stati distinti gli areali con presenza di depositi prevalentemente di origine alluvionali e fluvio-glaciali/contatto glaciale (scenario Z4a) dagli areali morenici con presenza di depositi prevalentemente di origine glaciale (scenario Z4c).

Per quanto riguarda gli scenari che prevedono fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico/morfologico sono stati individuati linearmente le zone di ciglio di scarpata e di cresta e n. 12 tracce di profili topografici ubicati ed orientati in corrispondenza delle irregolarità morfologiche principali.

In Tav. 4 sono state rappresentate tutte le acquisizioni di rumore ambientale a stazione singola disponibili e ritenute attendibili, distinguendole in funzione della banda di frequenza ove si colloca l'eventuale picco della curva HVSR; sono inoltre ubicate le 5 indagini sismiche lineari disponibili.

Modello litotecnico e sismico del territorio comunale

Per quanto riguarda la raccolta delle indagini pregresse di tipo geologico, geotecnico e geofisico si è fatto riferimento:

- allo studio geologico comunale redatto nell'ottobre 2009 dal Dr. Geol. A. Trivioli;
- all'archivio comunale delle pratiche di edilizia privata per deposito cemento armati;
- all'archivio comunale dei pozzi pubblici;
- all'archivio provinciale dei pozzi pubblici e privati;
- allo studio di Microzonazione Sismica di 1° Livello redatto ai sensi degli ICMS, 2008 nell'ambito del quale è stata eseguita una campagna d'indagine sismica rappresentata da n. 17 indagini puntuali HVSR e n. 5 indagini lineari MASW, ubicate ed archiviate secondo gli standard di archiviazione; per ciascuna indagine geofisica eseguita è disponibile una specifica scheda di sintesi, alla quale si rimanda per eventuali dettagli.

Sulla base delle considerazioni contenute nello studio di Microzonazione Sismica di 1° livello è possibile ricostruire un modello generale del sottosuolo del Comune di Puegnago del Garda, fondato sull'ipotesi della presenza del substrato geologico lapideo pre-quadernario (afferente alla Formazione di Manerba) posto ad una quota di circa 30-70 m s.l.m., con andamento blandamente inclinato verso oriente, sul quale appoggiano in discordanza i terreni di copertura

pleistocenici di origine glaciale con spessori variabili da un massimo di 250-300 m nelle zone occidentali più rilevate (Monte Soffaino) a un minimo di 100-120 m nelle zone più depresse in corrispondenza della piana fluvio-glaciale di Raffa.

A parziale conferma dell'ipotesi di base sopra avanzata si considerano i numerosi affioramenti della Formazione di Manerba posti in prossimità della linea di costa attuale del Lago di Garda (Zona Montiroli, Punta San Fermo, Isola del Garda, Isola S. Biagio, Monte Re e Rocca di Manerba), alcuni pozzi per acqua che intercettano la Formazione di Manerba posti nel territorio comunale di Manerba e San Felice del Benaco e solo un pozzo per acqua posto nel territorio comunale di Puegnago del Garda.

Alla base dei terreni quaternari di copertura sono presenti due litotipi lapidei, presumibilmente coevi, del Pleistocene Medio di ambiente genetico-deposizionale diverso: il ceppo o conglomerato (substrato di natura granulare GR) e l'argilla glacio-lacustre (substrato di natura coesiva sovraconsolidato CO), i quali presentano un andamento particolarmente complesso con chiusure laterali e rapporti complessi di eteropia.

In generale al di sopra dei substrati lapidei quaternari poggiano i depositi sciolti di origine glaciale del Pleistocene Superiore di ambiente genetico-deposizionale morenico: essi sono in generale rappresentati da materiali prevalentemente ghiaiosi immersi in matrice limosa (GM) o argillosa (GC) e localmente cementati con orizzonti conglomeratici superficiali di spessori anche decametrico. Al di sopra dei depositi glaciali morenici, in discordanza stratigrafica, si rinvengono i depositi fluvioglaciali prevalentemente ghiaiosi (GW o GC) e localmente sabbioso limosi (SM), mentre negli attuali impluvi più o meno incisi si rinvengono depositi prevalentemente fini di natura colluviale (SC e CL); nelle vecchie depressioni e in quelle attuali si rinvengono depositi torbosi ad alto contenuto organico (PL) o argille ad alta plasticità (CH).

Gli spessori dei terreni di copertura fluvio-glaciali ed olocenici, posti in discordanza sui depositi glaciali del Pleistocene Superiore, è piuttosto variabile da zona a zona e varia da un minimo di pochi metri ad un massimo di 40-60 m in corrispondenza dei principali terrazzi di kame.

In particolare:

- la piana fluvio-glaciale ove sorge Raffa è caratterizzata dalla presenza in affioramento di depositi ghiaiosi puliti (GW), miscele di ghiaie e sabbie di spessore dell'ordine dei 10-30 m poggianti su depositi ghiaiosi misti a limo (GM), di ambiente deposizionale presumibilmente

morenico (mr) e di spessore dell'ordine dei 20-40 m; i depositi ghiaiosi poggiano su depositi argillosi più o meno compatti e sovraconsolidati (CO) a nord passanti lateralmente a conglomerati (GR) verso S, ove non si ritrovano più i depositi argillosi sovraconsolidati e i conglomerati risultano di maggior spessore a causa presumibilmente della presenza delle ghiaie addensate e cementate costituenti il blando cordone morenico, ove sorge la Chiesa di Raffa e il cimitero; esso è costituito da ghiaie miste a limo molto addensate fino a cementate; tale cementazione si ritrova anche nei materiali morenici posti ad oriente, sebbene in superficie presentino maggiore frazione argillosa, mentre scompare muovendosi verso NE, ove si evidenziano circa 100 m di materiali ghiaiosi più o meno misti ad argilla, prima di incontrare tracce di conglomerato;

- la fascia compresa tra Raffa e Castello è caratterizzata dalla presenza in affioramento di ghiaia sabbiosa con argilla compatta (GC) per uno spessore di circa 40-50 m, poggianti su depositi ghiaiosi misti a limo (GM), di ambiente deposizionale presumibilmente morenico (mr) di spessore dell'ordine dei 20 m; alla base sono presenti argille, argille sabbiose e argille nere compatte con ghiaietto per almeno 30 m, oltre i 100 m di spessore si ritrovano alternanze con orizzonti conglomeratici (GR);
- la fascia posta ad ovest di Castello e delimitata dalla cerchia morenica più esterna ed elevata del Monte Soffaino sono caratterizzate da depositi prevalentemente sabbiosi con ghiaia e limo in subordine e spessori dell'ordine dei 20-40 m, poggianti in discordanza sui depositi ghiaiosi misti a limo (GM) costituenti le cerchie moreniche stesse;
- i terrazzi di Kame costituiti da depositi fluvio-glaciali terrazzati antichi sono caratterizzati dalla presenza in affioramento di depositi ghiaiosi misti ad argilla (GC) di spessore variabile da 20 fino a 60 m, o da depositi prevalentemente sabbiosi (SM) di più limitato spessore, poggianti sui depositi ghiaiosi misti a limo di ambiente deposizionale morenico;
- le cerchie moreniche, composte da depositi ghiaiosi misti a limo, costituiscono l'ossatura del paesaggio e presentano sequenze stratigrafiche molto eterogenee: i 20-40 m di ghiaia superficiali GM poggiano sia su alternanze conglomeratico-ghiaiose sia su alternanze argilloso-conglomeratiche estese per oltre 100 m, oltre le quali si ritrovano 50 m di argille sabbiose compatte prima di raggiungere il substrato geologico pre-quadernario;

- gli impluvi incisi dagli attuali torrenti nei depositi fluvio-glaciali e glaciali sono costituiti da depositi prevalentemente fini di origine colluviale (CL) con spessori dell'ordine dei 10-20 m poggianti sui depositi fluvio-glaciali e sulle ghiaie moreniche alternate a conglomerati; ove tali impluvi incidono direttamente i depositi ghiaiosi morenici gli spessori dei depositi colluviale è presumibilmente ridotto e dell'ordine dei 5-10 m;
- in corrispondenza di alcune piane intra-moreniche attuali o di alcune depressioni morfologiche presenti nell'ambito dei depositi morenici si ritrovano depositi torbosi organici di ambiente di palude attuale o depositi argillosi ad alta plasticità (CH) di ambiente palustre, ora scomparso; gli spessori non sono noti ma si ipotizzano dell'ordine dei 5-10 m.

L'interpretazione del modello geologico-tecnico del sottosuolo sopra descritto presenta alcune forti incertezze legate a:

- andamento del substrato geologico pre-quadernario;
- andamento e rapporti stratigrafici reciproci tra i due litotipi lapidei quadernari;
- spessori e rapporti stratigrafici laterali dei depositi sciolti di origine glaciale.

Le incertezze nascono dalla complessità del quadro stratigrafico tipica degli ambienti morenici e dalla forte eterogeneità litologica intrinseca dei materiali di origine glaciale.

L'interpretazione stratigrafica del territorio è stata eseguita in associazione con l'interpretazione sismo-stratigrafica, alla quale è legata la risposta sismica della microzona stessa.

In tale ottica si è operato individuando nell'ambito del territorio aree caratterizzate da una stratigrafia di riferimento semplificata, estesa fino al substrato lapideo quadernario o al substrato geologico pre-quadernario, alla quale è stata associata, quando possibile, una curva HVSR di riferimento e ricostruita una sismo-stratigrafia ipotetica, dedotta dai risultati delle indagini geofisiche disponibili.

Di seguito si riporta la sintesi delle elaborazioni distinte per ambiti territoriali litologici:

AREA MORENICA OCCIDENTALE

Comprende la fascia estesa tra la cerchia morenica più elevata (Monte Forca – Soffaino) e la principale piana fluvio-glaciale (piana fluvio-glaciale di Raffa), ove sono presenti depositi ghiaioso limosi morenici moderatamente addensati di spessore compreso tra 5 e 10 m, poggianti su depositi ghiaioso limosi addensati di spessore dell'ordine dei 20 m; tale copertura risulta sufficientemente omogenea nell'ambito della zona, ove localmente possono ritrovarsi orizzonti di 30 m di depositi ghiaioso limosi passanti verso il basso a ghiaie pulite o di depositi argilloso ghiaiosi o argilloso limosi compatti; oltre i 55-60 m si rinvencono orizzonti conglomeratici e ghiaie parzialmente cementate passanti localmente a ghiaie limose addensate che poggiano tra gli 85 e i 100 m su conglomerati compatti.

Presenta una risposta in termini di curva HVSr talora piatta, senza evidenze di forti contrasti di impedenza, talora con picchi significativi a frequenze intorno ai 10 Hz e, quando ritenuti significativi, nella banda compresa tra 1.5 e 3.5 Hz; tali frequenze denotano la presenza di due contrasti di impedenza sismica, legati alla presenza nell'ambito delle ghiaie di uno strato superficiale più o meno alterato di spessore compreso tra 5 e 10 m e alla presenza del substrato lapideo quaternario (conglomerato e/o argilla sovraconsolidata) a profondità dell'ordine dei 85-100 m. La sismo-stratigrafia di riferimento è di seguito sintetizzata:

Orizzonte	Campo di variabilità in spessore (m)	Campo di variabilità valori di V_s (m/s)
1	0 – 3	200 – 250
2	0 – 3	350 – 400
3	3 – 5	400 – 450
4	20	600 – 650
5	60 – 70	700 – 800
6	-	800 – 1500

Gli orizzonti 1, 2 e 3 quando presenti sono responsabili della frequenza di risonanza nella banda 8-20 Hz, mentre la risonanza a frequenze comprese tra 1.5 e 3.5 Hz, quando presente, rappresenta il valore di f_0 , in quanto generata dall'interfaccia tra l'orizzonte 5 e l'ipotetico substrato sismico (corrispondente al substrato lapideo quaternario, che presenta valori di V_s variabili ma sempre superiori ad 800 m/s; solo nei casi in cui tali valori risultano prossimi ai valori massimi si rileva il picco di risonanza a bassa frequenza).

AREA MORENICA ORIENTALE

Comprende la zona di scarpata che delimita ad W la piana fluvio-glaciale di Raffa e la fascia estesa nel settore sud-orientale del territorio comunale, lungo il versante occidentale del Monte Croce, al confine con i comuni di San Felice del Benaco e Manerba del Garda (zona di Via Mascontina e Via Monte Croce); sono presenti depositi ghiaioso limosi morenici moderatamente addensati di spessore massimo di 5 m, poggianti su depositi ghiaioso limosi addensati di spessore variabile da 15 a 20 m e su orizzonti ghiaiosi cementati e compatti estesi per oltre 20-30 m. Tali aree presentano una risposta in termini di curva HVSR frequentemente piccata intorno ai 10 Hz con banda piuttosto ampia che, in alcuni casi, risulta molto blanda rendendo la curva HVSR sostanzialmente piatta; in linea generale non è presente il picco di risonanza a bassa frequenza, indizio della presenza di una maggiore rigidità dei materiali presenti al di sopra del substrato lapideo quaternario.

La sismo-stratigrafia di riferimento è di seguito sintetizzata:

Orizzonte	Campo di variabilità in spessore (m)	Campo di variabilità valori di V_s (m/s)
1	0 – 5	300 – 350
2	5	500 – 550
3	10 – 15	650 – 700
4	-	800 – 1500

La risonanza a frequenze comprese tra 8 e 12 Hz, quando presente, rappresenta il valore di f_0 , in quanto generata dall'interfaccia tra l'orizzonte 3 e l'ipotetico substrato sismico (corrispondente ai conglomerati e ghiaie compatte poggianti sul substrato lapideo quaternario); esso presenta valori di V_s variabili ma sempre superiori ad 800 m/s e solo nei casi in cui tali valori risultano prossimi ai valori massimi si rileva il picco di risonanza nelle curve HVSR.

PIANE FLUVIO-GLACIALI ANTICHE RACCORDATE ALLE AREE MORENICHE

Comprende l'estesa fascia fluvio-glaciale (caratterizzata prevalentemente da depositi ghiaioso argillosi) più antica e posta a quote più elevate di circa 30-40 m rispetto alla piana fluvio-glaciale principale di Raffa; sono comprese inoltre le piane fluvio-glaciali secondarie (caratterizzate prevalentemente da depositi sabbioso limosi) raccordate con le cerchie moreniche più elevate, locali lembi isolati della piana fluvio-glaciale principale di Raffa, inserite ai confini comunali e di incerta attribuzione litologica, e l'area posta nella zona Videlle – Paradiso, anch'essa di incerta attribuzione dal punto di vista dell'ambiente genetico-deposizionale.

In tali aree sono generalmente presenti depositi ghiaioso argillosi, principalmente nelle piane fluvio-glaciali poste a quote comprese tra 150 e 200 m s.l.m. ed oltre i 300 m s.l.m. e depositi sabbioso limosi, presenti nelle piane fluvio-glaciali poste a quote comprese tra 250 e 300 m s.l.m.; tali depositi presentano uno spessore variabile dai 15 ai 25 m e poggiano su depositi ghiaioso limosi addensati estesi fino a 50-70 m di profondità ove si ritrovano depositi argilloso limosi molto consistenti di spessore pari a 40 m; alla base sono presenti conglomerati compatti. Queste aree sono caratterizzate da una risposta in termini di curva HVSR tendenzialmente piatta con una situazione sismo-stratigrafica caratterizzata dalla presenza di un orizzonte superficiale moderatamente soffice poggiante su un corpo di materiale caratterizzato da un graduale aumento di rigidità con la profondità, al cui letto si ritrovano ghiaie conglomeratiche passanti a conglomerati compatti.

La sismo-stratigrafia di riferimento è di seguito sintetizzata:

Orizzonte	Campo di variabilità in spessore (m)	Campo di variabilità valori di V_s (m/s)
1	15 – 25	300 – 400
2	75 – 85	Gradiente gradualmente crescente
3	-	800 – 1500

La presenza dell'orizzonte 2 limita il contrasto d'impedenza con il substrato rigido posto a circa 90-110 m di profondità; l'andamento del valore di V_s con la profondità dell'orizzonte 2 può essere ragionevolmente assunto di tipo lineare.

PIANA FLUVIO-GLACIALE DI S. QUIRICO

Comprende la piana fluvio-glaciale di San Quirico, caratterizzata dalla presenza di depositi ghiaiosi puliti di spessore variabile da 5 a 20 m a parziale o completa sostituzione delle ghiaie limose moreniche moderatamente addensate, sulle quali poggiano; al di sotto delle ghiaie pulite si ripropone la sequenza litostratigrafica tipica dell'area morenica occidentale.

Essendo i depositi ghiaiosi piuttosto rigidi non si evidenziano particolari fenomeni di risonanza: le curve HVSR sono prevalentemente piatte, con casi di presenza di ampio e blando picco nella banda di frequenza attorno ai 10Hz.

La sismo-stratigrafia di riferimento è di seguito sintetizzata:

Orizzonte	Campo di variabilità in spessore (m)	Campo di variabilità valori di V_s (m/s)
1	0 – 5	300 – 350
2	5 – 15	400 – 450
3	20	600 – 650
4	60 – 70	700 – 800
5	-	800 – 1500

PIANA FLUVIO-GLACIALE DI RAFFA

Comprende la piana fluvio-glaciale principale di Raffa ed è caratterizzata dalla presenza di depositi ghiaiosi puliti di spessore variabile da 15 a 25 m, a completa sostituzione delle ghiaie limose moreniche addensate; alla base delle ghiaie si ritrova un orizzonte di deposito limoso argilloso consistente poggiante su orizzonti ghiaiosi cementati e compatti estesi per oltre 20-30 m, in analogia all'area morenica orientale.

La sismo-stratigrafia di riferimento è di seguito sintetizzata:

Orizzonte	Campo di variabilità in spessore (m)	Campo di variabilità valori di V_s (m/s)
1	0 – 5	300 – 350
2	10 – 20	400 – 450
3	10 – 15	650 – 700
4	-	800 – 1500

AREE DEGLI IMPLUVI OLOCENICI ATTIVI

Comprendono gli impluvi incisi nelle piane fluvio-glaciali secondarie a litologia prevalentemente sabbioso limosa, gli impluvi incisi nelle ghiaie moreniche a litologia prevalentemente ghiaioso limosa e gli impluvi incisi nella piana fluvio-glaciale antica posta in posizione rilevata di 30-40 m rispetto alla piana fluvio-glaciale principale.

I depositi superficiali recenti, prodotti dal graduale accumulo alluvionale e colluviale dei materiali mobilitati dalle aree circostanti le principali depressioni morfologiche, appoggiano sulle sequenze stratigrafiche descritte sopra; in termini di curve HVSR tali aree non presentano particolari evidenze di risonanza, a meno di casi particolari ove lo strato superficiale si presenta particolarmente soffice

I valori di V_s tipici di tali depositi superficiali variano da 200 a 250 m/s con spessori ridotti che possono in alcune situazioni raggiungere i 10 m.

ANTICHE AREE PALUSTRI SU AREA MORENICA OCCIDENTALE

Comprendono antiche depressioni ospitanti stagni e paludi, ora scomparse, riempite di materiale prevalentemente argilloso ad alta plasticità per spessori ipotetici di massimo da 3 a 5 m; non esiste una caratterizzazione geofisica degli stessi ma si ipotizzano valori di V_s compresi tra 150 e 200 m/s, i quali poggiano sui depositi morenici ghiaioso limosi.

In termini di risposta della curva HVSR sono possibili frequenze di risonanza attorno ai 10 Hz.

AREE DI PERTINENZA ALLE ZONE LACUSTRI RECENTI

Comprendono le aree immediatamente circostanti gli specchi d'acqua dei Laghi di Sovenigo, caratterizzate dalla presenza di materiale torboso saturo e depositi ad alto contenuto organico, per i quali non esiste una caratterizzazione geofisica ma si ipotizzano valori di V_s compresi tra 100 e 150 m/s e spessori massimi di 3-5 m.

APPROFONDIMENTO DI 2° LIVELLO

Valutazione semi-quantitativa dei fenomeni di amplificazione litologica o stratigrafica

Sulla base della metodologia contenuta nell'allegato 5 alla DGR 2616/2011 vigente in Regione Lombardia sono stati stimati, con approccio semi-quantitativo, i valori dei fattori di amplificazione stratigrafica F_a mediante l'applicazione degli abachi regionali di 2° livello.

Gli abachi regionalizzati permettono di calcolare il valore del fattore di amplificazione sulla base del valore del periodo proprio del sottosuolo calcolato tramite media ponderale con riferimento al substrato rigido o bedrock sismico.

Il valore di F_a regionalizzato è calcolato come rapporto dell'intensità spettrale tra moto in superficie e moto al bedrock sismico calcolati sugli spettri in pseudo-velocità al 5% dello smorzamento critico negli intervalli di periodo compresi tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Per la definizione del bedrock sismico sono possibili due ipotesi di posizionamento:

- IPOTESI 1: si fa riferimento alla posizione dei primi depositi che presentano una rigidità molto prossima al limite convenzionale fissato di 800 m/s;
- IPOTESI 2: si fa riferimento alla posizione del substrato geologico quaternario del Pleistocene Medio (Ceppo e conglomerati), i quali potrebbero possedere rigidità anche molto superiori al limite convenzionale fissato di 800 m/s.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione F_a di 2° livello si è ritenuto più adeguato riferirsi all'ipotesi 1, secondo la quale è stata definita la copertura posta al di sopra del bedrock sismico e calcolato il relativo valore del periodo proprio della sequenza.

Sulla base della litologia prevalente costituente la sequenza lito-stratigrafica di ciascuna area investigata è stata scelta la scheda di valutazione più adeguata e in base all'andamento della velocità V_s con la profondità ne è stata verificata l'applicabilità, scegliendo nel caso questa non fosse verificata una scheda ritenuta maggiormente adeguata.

Di seguito si riportano per ciascuna area le sequenze sismo-stratigrafiche più rappresentative distinte tra soffice, mista e compatta, definite sulla base delle caratteristiche sopra descritte, il campo di valore del periodo proprio T , la scheda di valutazione utilizzata, lo strato superficiale equivalente e i valori calcolati per i due fattori di amplificazione $F_{a0.1-0.5}$ e $F_{a0.5-1.5}$.

AREA MORENICA OCCIDENTALE				
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	3	200	-	-
2	3	350	-	-
3	5	400	3	450
4	20	600	20	650
5	30	700	30	750
T (s)	0.406		0.305	
SCHEDA	LITOLOGIA GHIAIOSA		LITOLOGIA GHIAIOSA	
STRATO EQ.	6 m a 275 m/s		3 m 450 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.4		1.4	
Fa _{0.5-1.5}	1.2		1.1	

AREA MORENICA ORIENTALE				
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	5	300	-	-
2	5	500	5	550
3	15	650	10	700
T (s)	0.182		0.092	
SCHEDA	LITOLOGIA GHIAIOSA		LITOLOGIA GHIAIOSA	
STRATO EQ.	5 m a 300 m/s		5 m 550 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.3		1.2	
Fa _{0.5-1.5}	1.1		1.0	

PIANE FLUVIO-GLACIALI ANTICHE RACCORDATE ALLE AREE MORENICHE						
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA MISTA		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	25	300	12	300	15	400
2*	15	400	10	500	11	500
	15	550	15	600	12	600
	15	700	15	700	12	700
T (s)	0.608		0.385		0.369	
SCHEDA	LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA SABBIOSA	
STRATO EQ.	25 m a 300 m/s		12 m 300 m/s		15 m 400 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.0		1.9		1.3	
Fa _{0.5-1.5}	2.0		1.4		1.5	

* Ipotesi di gradiente gradualmente crescente con la profondità in modo lineare

PIANA FLUVIO-GLACIALE DI S. QUIRICO				
Orizzonte	SEQUENZA PIU' SOFFICE		SEQUENZA PIU' COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	5	300	-	-
2	15	400	5	450
3	10	600	20	650
4	30	700	30	750
T (s)	0.417		0.321	
SCHEDA	LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA GHIAIOSA	
STRATO EQ.	5 m a 300 m/s		5 m 450 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.6		1.4	
Fa _{0.5-1.5}	1.7		1.2	

PIANA FLUVIO-GLACIALE DI RAFFA				
Orizzonte	SEQUENZA PIU' SOFFICE		SEQUENZA PIU' COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	5	300	-	-
2	20	400	15	450
3	15	650	15	700
T (s)	0.332		0.209	
SCHEDA	LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA GHIAIOSA	
STRATO EQ.	5 m a 300 m/s		15 m 450 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.7		1.3	
Fa _{0.5-1.5}	1.5		1.1	

AREE SUPERFICIALI DEGLI IMPLUVI OLOCENICI ATTIVI su piana fluvio-glaciale antica						
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA MISTA		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	5	200	3	200	3	200
2	25	300	9	300	15	400
3*	15	400	10	500	11	500
	15	550	15	600	12	600
	15	700	15	700	12	700
T (s)	0.677		0.389		0.406	
SCHEDA	LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA SABBIOSA	
STRATO EQ.	5 m a 200 m/s		3 m 200 m/s		3 m 200 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.0		1.9		1.6	
Fa _{0.5-1.5}	2.0		1.4		1.6	

* Ipotesi di gradiente gradualmente crescente con la profondità in modo lineare

AREE DEGLI IMPLUVI OLOCENICI ATTIVI su area morenica occidentale				
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	6	200	3	250
2	3	350	3	400
3	5	400	3	450
4	20	600	20	650
5	30	700	30	750
T (s)	0.440		0.359	
SCHEDA	LITOLOGIA LIMOSO ARGILLOSA 1		LITOLOGIA GHIAIOSA	
STRATO EQ.	6 m a 200 m/s		3 m 250 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	2.0		1.6	
Fa _{0.5-1.5}	1.2		1.2	

AREE PROFONDE DEGLI IMPLUVI OLOCENICI ATTIVI su piana fluvio-glaciale antica						
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA MISTA		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	10	200	5	200	2	200
2	20	300	7	300	15	400
3*	15	400	10	500	11	500
	15	550	15	600	12	600
	15	700	15	700	12	700
T (s)	0.687		0.392		0.393	
SCHEDA	LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA SABBIOSA	
STRATO EQ.	20 m a 200 m/s		5 m 200 m/s		17 m 376 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.0		1.9		1.2	
Fa _{0.5-1.5}	2.0		1.4		1.6	

ANTICHE AREE PALUSTRI SU AREA MORENICA OCCIDENTALE				
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	6	200	3	200
2	3	350	3	400
3	5	400	3	450
4	20	600	20	650
5	30	700	30	750
T (s)	0.440		0.360	
SCHEDA	LITOLOGIA LIMI ARGILLOSI 1		LITOLOGIA GHIAIOSA	
STRATO EQ.	6 m a 200 m/s		3 m 450 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	2.0		1.4	
Fa _{0.5-1.5}	1.2		1.2	

AREE DI PERTINENZA ALLE ZONE LACUSTRI RECENTI						
Orizzonte	SEQUENZA SOFFICE		SEQUENZA MISTA		SEQUENZA COMPATTA	
	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	3	100	3	150	-	-
2	5	200	3	200	3	200
3	25	300	9	300	15	400
4*	15	400	10	500	11	500
	15	550	15	600	12	600
	15	700	15	700	12	700
T (s)	0.725		0.428		0.406	
SCHEDA	LITOLOGIA SABBIOSA		LITOLOGIA ARGILLOSI 2		LITOLOGIA SABBIOSA	
STRATO EQ.	8 m a 163 m/s		6 m 175 m/s		3 m 200 m/s	
Fa _{0.1-0.5}	1.1		2.4		1.6	
Fa _{0.5-1.5}	2.0		1.3		1.7	

I valori dei fattori di amplificazione Fa sono stati calcolati mediante la procedura vigente in Regione Lombardia (All. 5 DGR 2616/11); in particolare sono stati utilizzati gli abachi regionalizzati ritenuti più attendibili per la situazione esaminata, facendo riferimento a due sequenze sismo-stratigrafiche estreme (Soffice e Compatta) e, qualora ritenuto necessario, ad una terza configurazione sismo-stratigrafica definita Mista e tale da considerarsi significativa per l'areale esaminato.

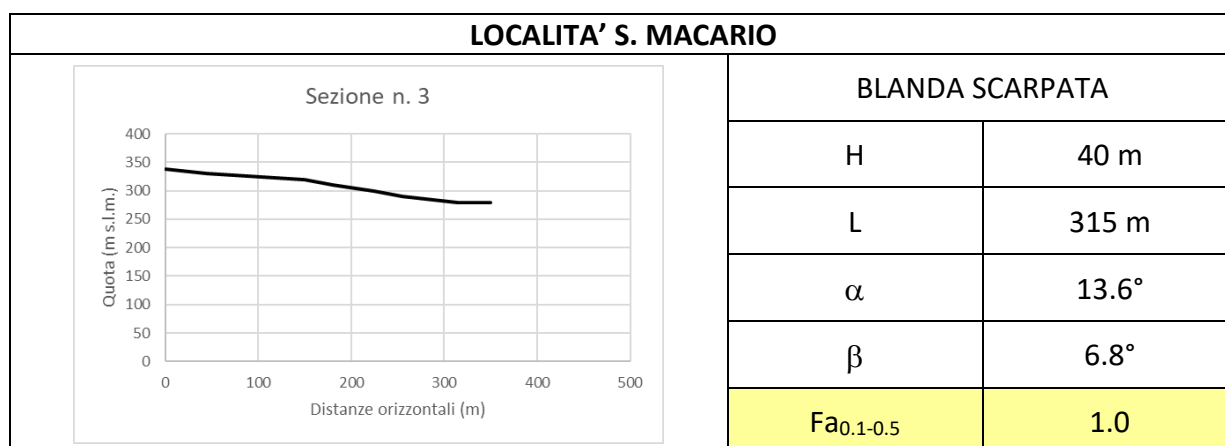
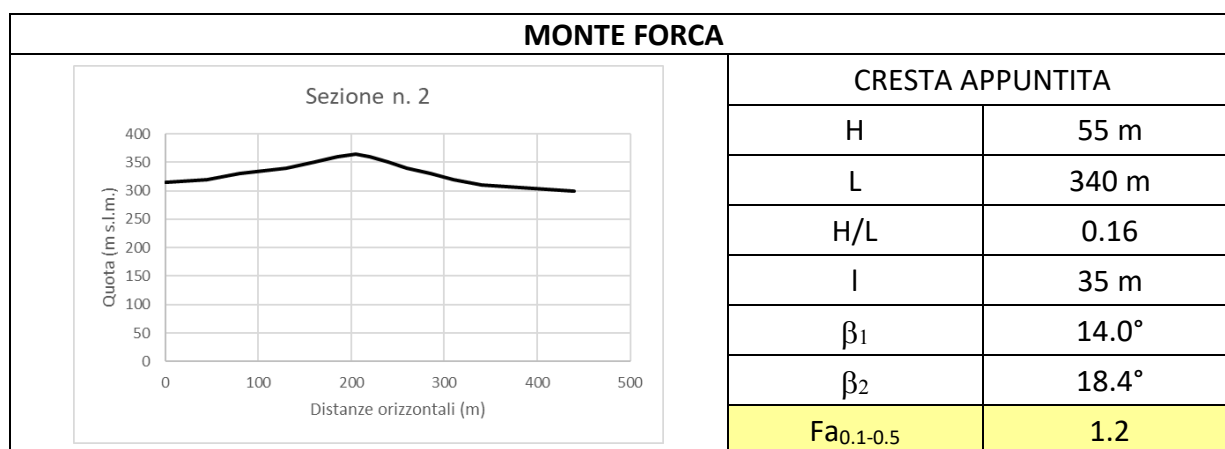
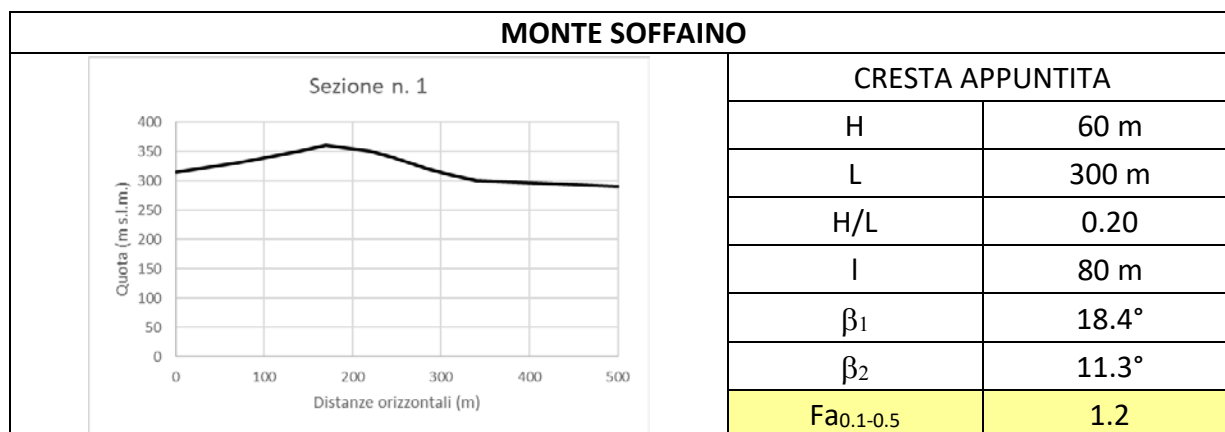
I valori del fattore di amplificazione considerati rappresentativi di ciascuna configurazione sismo-stratigrafica sono evidenziati in giallo nelle tabelle precedenti.

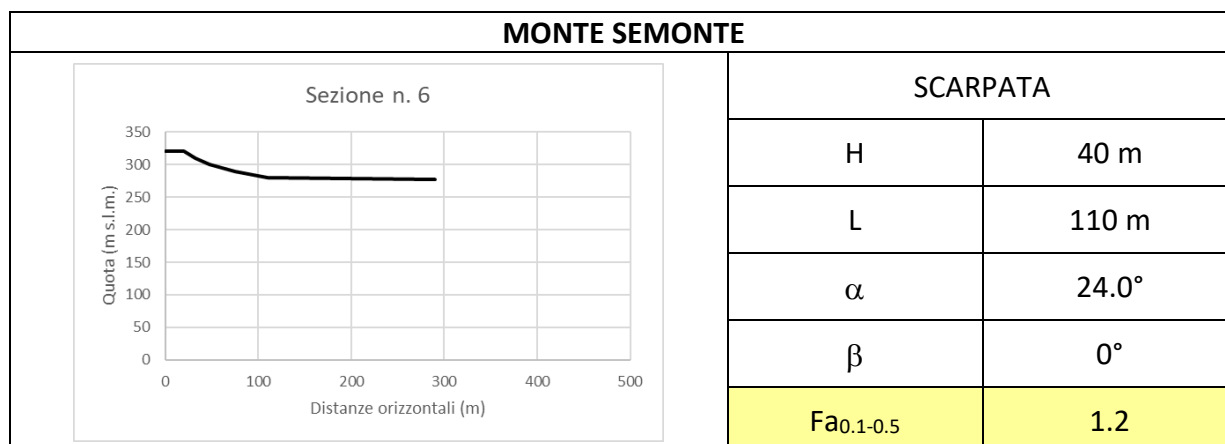
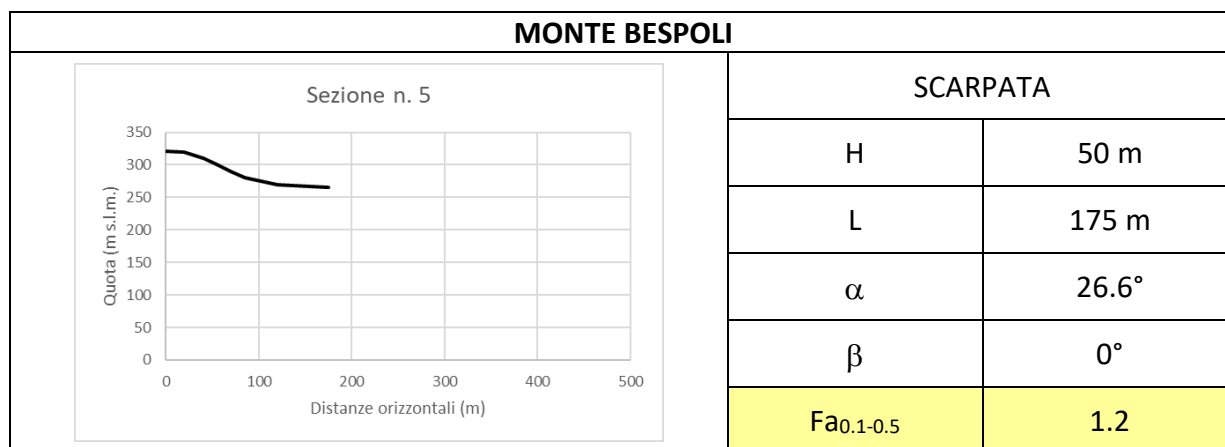
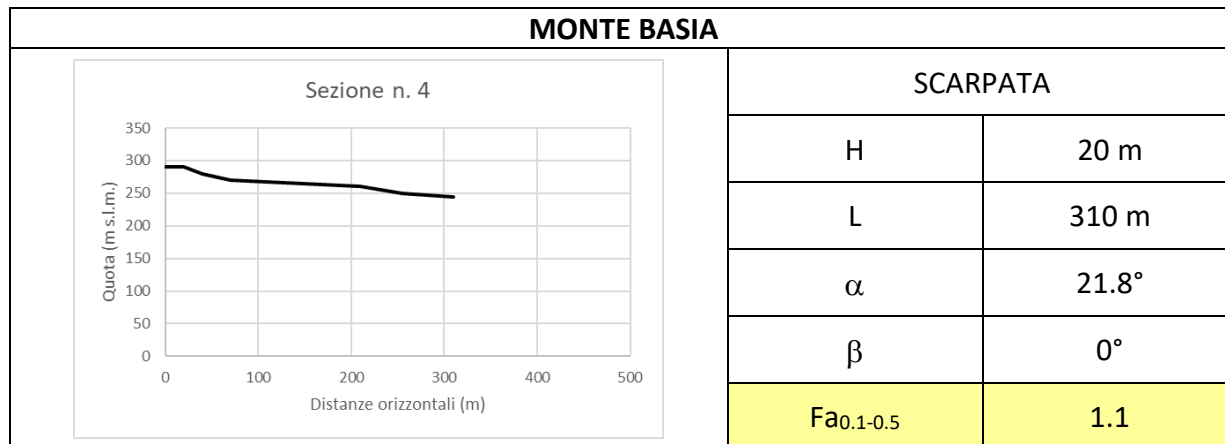
Valutazione semi-quantitativa dei fenomeni di amplificazione morfologica o topografica

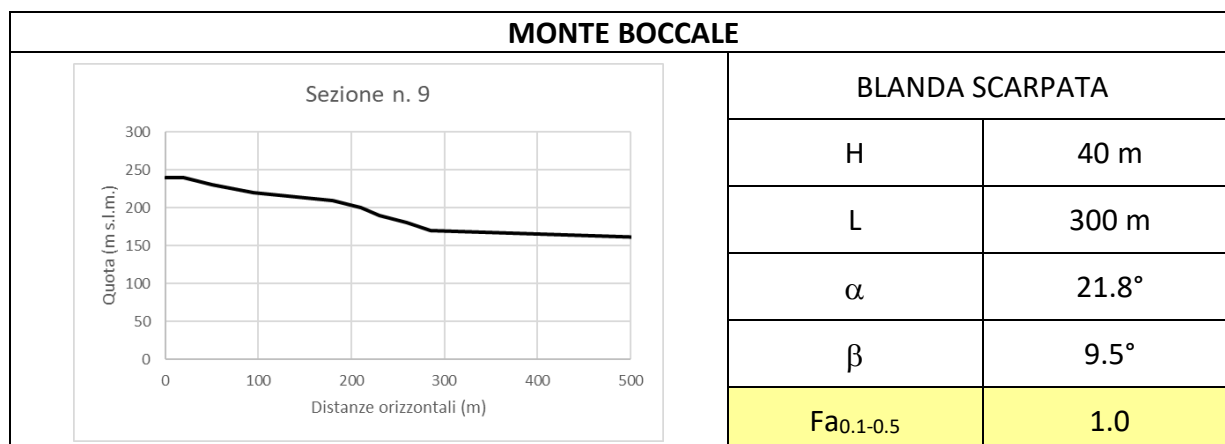
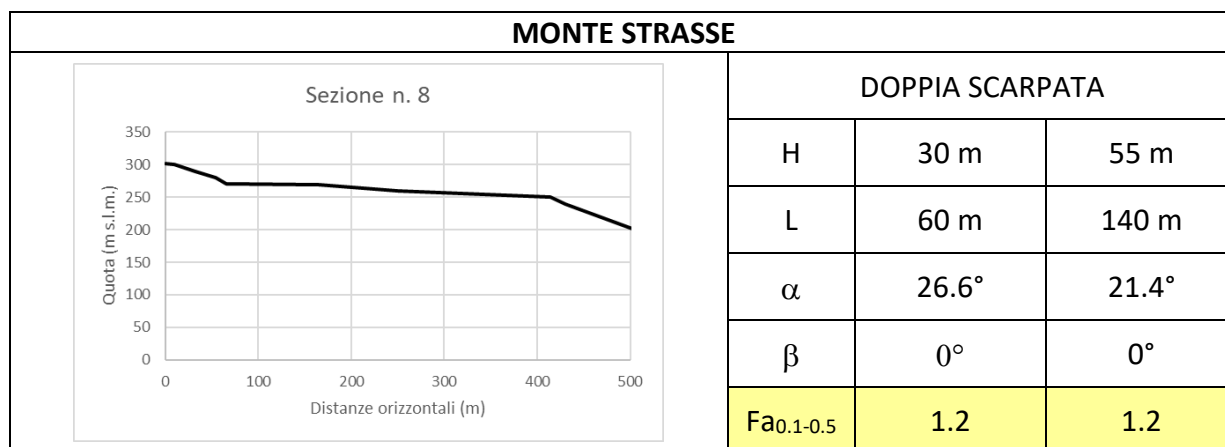
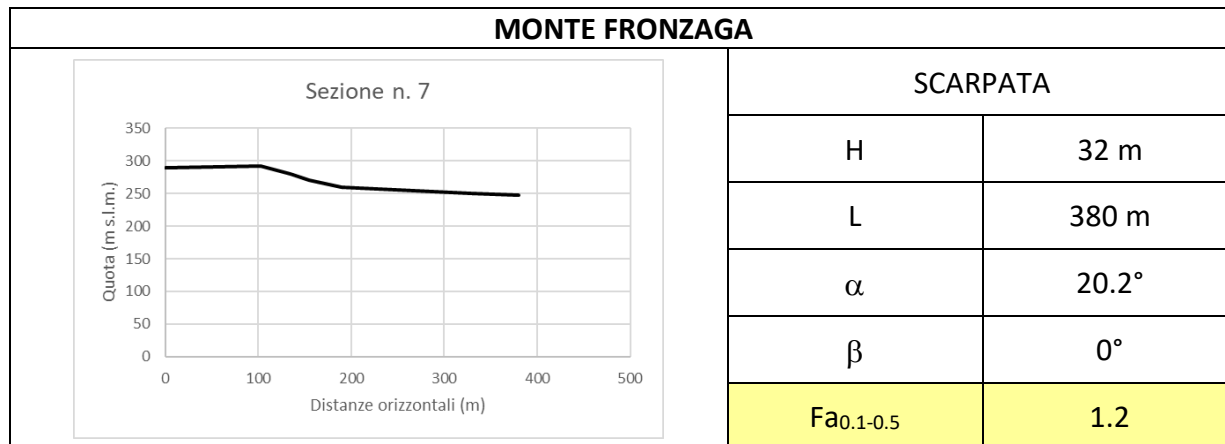
Sulla base della metodologia contenuta nell'allegato 5 alla DGR 2616/2011 vigente in Regione Lombardia sono stati stimati, con approccio semi-quantitativo, i valori dei fattori di amplificazione topografica Fa mediante l'applicazione degli abachi regionali di 2° livello.

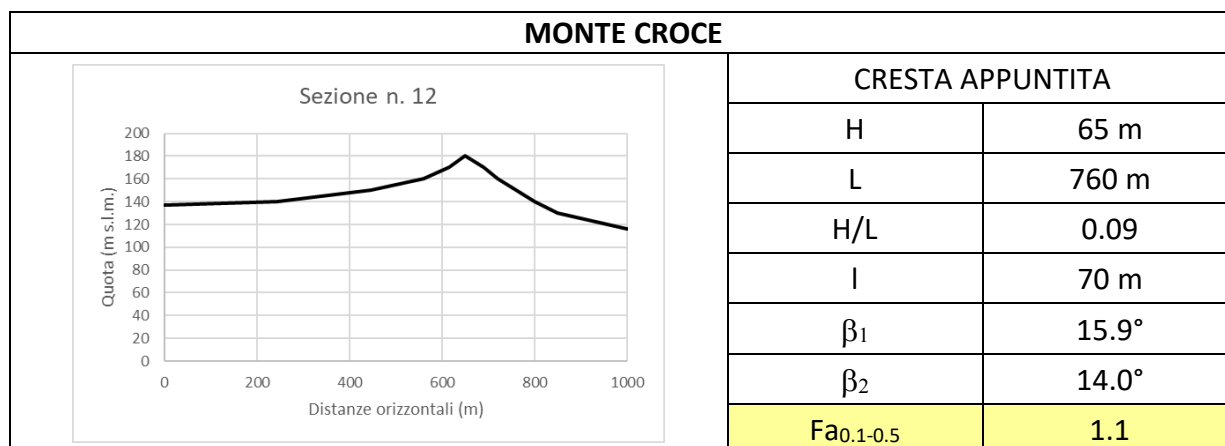
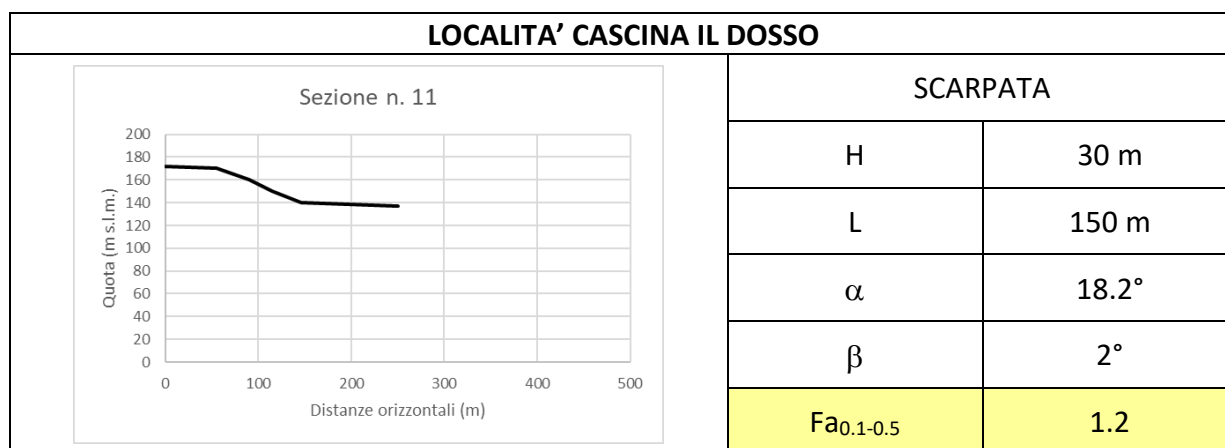
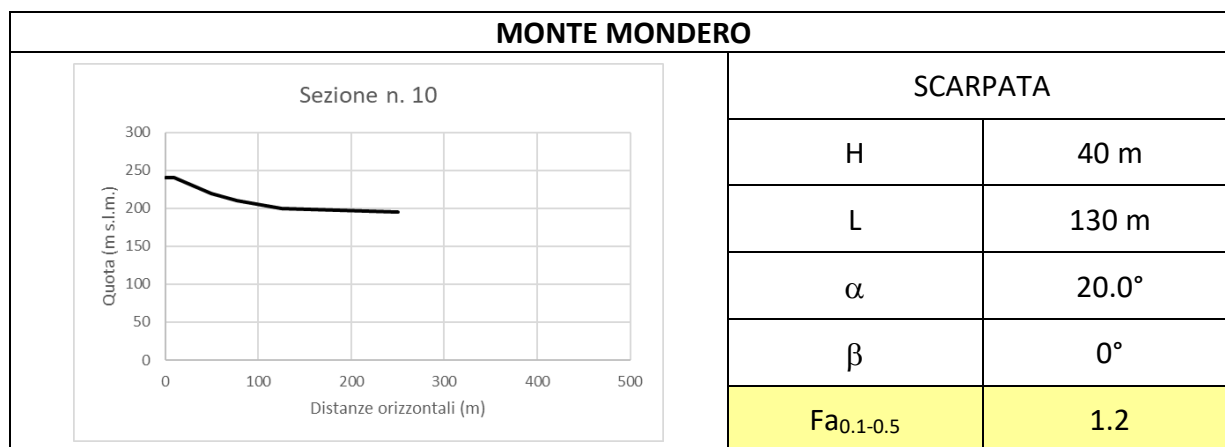
Dalla cartografia topografica regionale a scala 1:10000 sono stati ricostruiti n. 12 profili topografici ritenuti maggiormente rappresentativi dell'irregolarità morfologica e sono stati stimati i valori di Fa nel periodo di vibrazione compreso tra 0.1-0.5 s considerando esclusivamente l'effetto topografico di focalizzazione delle onde sismiche (ipotesi di topografica su substrato rigido).

Di seguito si riporta per ciascun profilo considerato la classificazione dello stesso, i parametri di forma rappresentativi e il valore calcolato di $Fa_{0.1-0.5}$:









Confronto tra fattori di amplificazione e valori di soglia comunale

I valori dei fattori di amplificazione calcolati separatamente per gli effetti litologico-stratigrafico e morfo-topografico mediante l'applicazione dei criteri regionali previsti per l'analisi di 2° livello sono da confrontare con i relativi fattori di soglia comunale.

In particolare per gli effetti morfo-topografici il valore di soglia comunale è dato dai valori del coefficiente di amplificazione topografico S_T previsto dalla normativa nazionale alle tabelle 3.2.III e 3.2.V ovvero:

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 $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per gli effetti lito-stratigrafici il valore di soglia comunale è calcolato sugli spettri di risposta elastici attribuiti a ciascuna categoria di sottosuolo prevista dalla normativa nazionale alla tabella 3.2.II ovvero:

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

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

I valori di soglia comunale previsti per gli effetti lito-stratigrafici riferiti al Comune di Puegnago del Garda sono forniti da Regione Lombardia nell'ambito degli stessi criteri regionali attuativi e sono di seguito riportati:

COMUNE	INTERVALLO	VALORI DI SOGLIA			
		CATEGORIE DI SOTTOSUOLO			
		B	C	D	E
PUEGNAGO DEL GARDA	0.1 – 0.5 s	1.5	1.8	2.3	2.0
	0.5 – 1.5 s	1.7	2.4	4.3	3.0

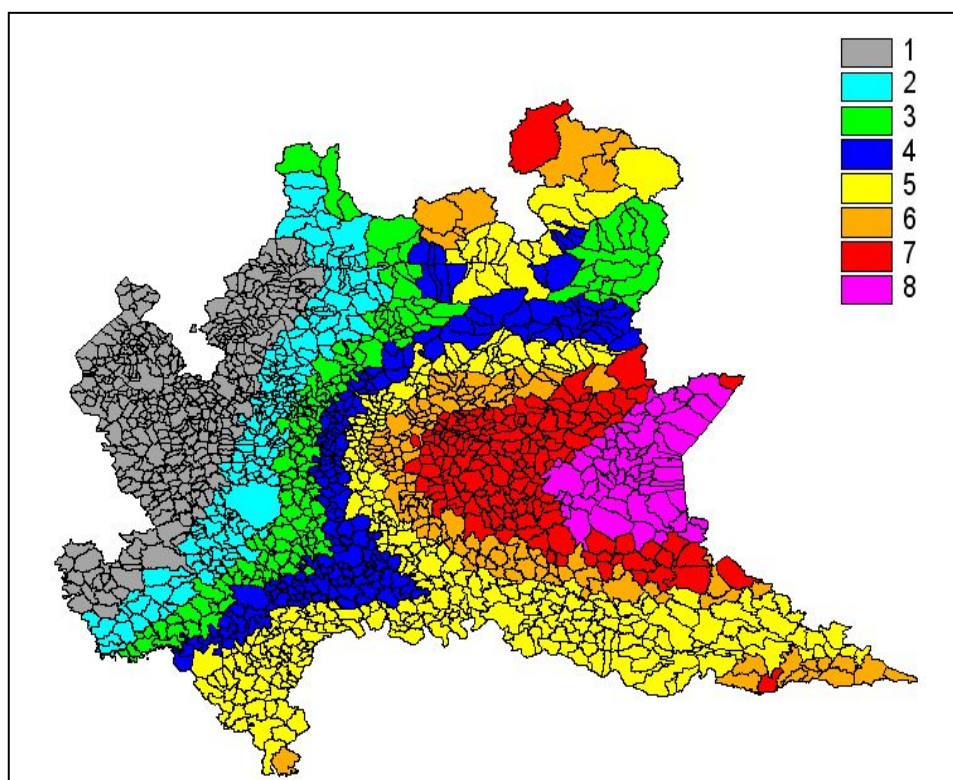
Di seguito si riportano i confronti tra i valori del fattore di amplificazione ottenuti dall'analisi di 2° livello e i rispettivi valori di soglia comunale FAS:

SCENARIO ANALIZZATO	CATEGORIA N.T.C.	Fa _{0.1-0.5}	Fa _{0.5-1.5}	FAS	
AREA MORENICA OCCIDENTALE	B	1.4	1.2	1.5	1.7
AREA MORENICA ORIENTALE	B	1.3	1.1	1.5	1.7
PIANE FLUVIO-GLACIALI ANTICHE RACCORDATE ALLE AREE MORENICHE	B – C	1.9	1.4	1.5-1.8	1.7-2.4
PIANA FLUVIO-GLACIALE DI S. QUIRICO	B	1.4	1.2	1.5	1.7
PIANA FLUVIO-GLACIALE DI RAFFA	B	1.3	1.1	1.5	1.7
AREE SUPERFICIALI DEGLI IMPLUVI OLOCENICI ATTIVI su piana fluvio-glaciale antica	B – C	1.9	1.4	1.5-1.8	1.7-2.4
AREE DEGLI IMPLUVI OLOCENICI ATTIVI su area morenica occidentale	B – C	2.0	1.2	1.5-1.8	1.7-2.4
AREE PROFONDE DEGLI IMPLUVI OLOCENICI ATTIVI su piana fluvio-glaciale antica	B – C	1.9	1.4	1.5-1.8	1.7-2.4
ANTICHE AREE PALUSTRI SU AREA MORENICA OCCIDENTALE	B – C	2.0	1.2	1.5-1.8	1.7-2.4
AREE DI PERTINENZA ALLE ZONE LACUSTRI RECENTI	C	2.4	1.3	1.8	2.4
MONTE SOFFAINO	T3	1.2	-	1.2	
MONTE FORCA	T3	1.2	-	1.2	
LOCALITA' S. MACARIO	T2	1.0	-	1.2	
MONTE BASIA	T1	1.1	-	1.0	
MONTE BESPOLI	T2	1.2	-	1.2	
MONTE SEMONTE	T2	1.2	-	1.2	
MONTE FRONZAGA	T2	1.2	-	1.2	
MONTE STRASSE	T2	1.2	-	1.2	
MONTE BOCCALE	T2	1.0	-	1.2	
MONTE MONDERO	T2	1.2	-	1.2	
LOCALITA' CASCINA IL DOSSO	T2	1.2	-	1.2	
MONTE CROCE	T3	1.1	-	1.2	

L'analisi sismica di 2° livello evidenzia una sostanziale adeguatezza della procedura semplificata proposta dalla normativa nazionale per tenere in considerazione gli effetti di amplificazione sismica di tipo morfo-topografico e lito-stratigrafico.

In particolare emerge la presenza, in alcuni scenari lito-stratigrafici esaminati, di situazioni che pur ritrovandosi classificabili in categoria di sottosuolo B ai sensi della normativa nazionale, in quanto il valore di $V_{s,30}$ risulta di poco superiore al valore limite di 360 m/s, presentano valori del fattore di amplificazione, atteso nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, superiori a 1.5-1.6.

In tali situazioni a seconda dell'importanza dell'opera di progetto è prescrivibile l'applicazione della categoria di sottosuolo C oppure un maggior approfondimento del fenomeno di amplificazione sismica di tipo lito-stratigrafico, mediante il calcolo del fattore di amplificazione con codici di calcolo numerici mono-dimensionali adottando gli accelerogrammi presenti nella banca dati regionale previsti per la fascia di pericolosità VIII° ove ricade il Comune di Puegnago del Garda: nello studio regionale del 2009 l'intero territorio è stato suddiviso in fasce caratterizzate da severità sismica omogenea sulla base dei valori di accelerazione massima attesa al suolo (Gruppo di Lavoro, 2004) e dei valori dell'ordinata spettrale massima (NTC, 2008), considerando un intervallo del $\pm 10\%$ dal valore medio.



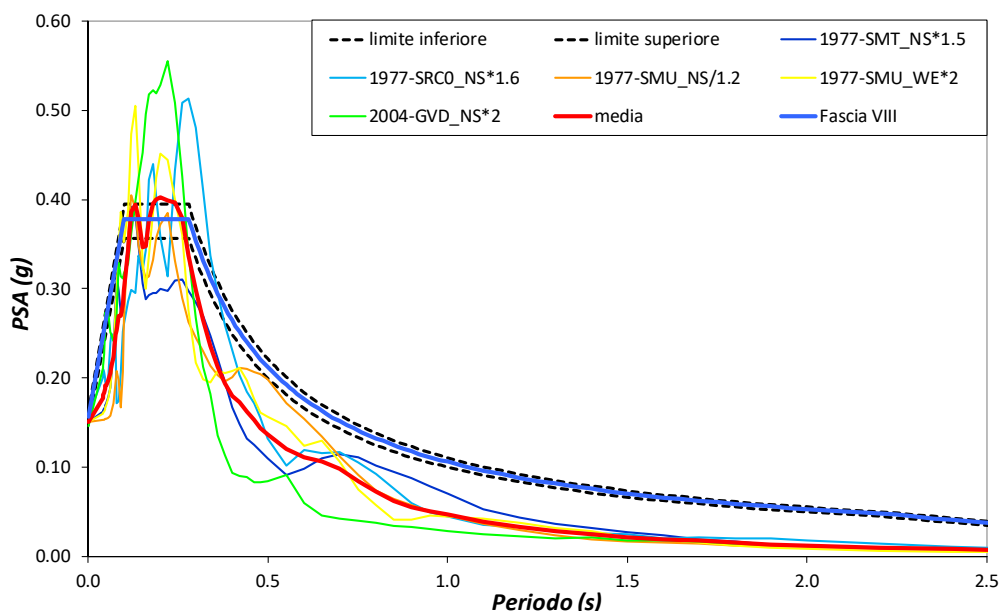
Gli accelerogrammi sono stati estratti dalla banca dati accelerometrica di eventi italiani ITACA (Luzi L., Sabetta F., 2006): sono stati individuati gli eventi sismici compatibili con le caratteristiche sismogenetiche principali della sorgente, che, per il territorio lombardo, corrispondono ad un meccanismo prevalentemente compressivo, con profondità comprese tra 8-12 km (Gruppo di Lavoro, 2004), caratterizzati da una magnitudo massima attesa di 5.5-6.0 e distanze variabili tra 5-80 km (Spallarossa e Barani, 2007).

Il set accelerometrico messo a disposizione da Regione Lombardia fa riferimento ad un tempo di ritorno di 475 anni, convenzionalmente utilizzato negli studi di pianificazione, e la sua media in termini spettrali risulta spettro-compatibile con la media, calcolata all'interno della fascia di pericolosità considerata, dell'ordinata spettrale massima riferita a bassi periodi (inferiori a 0.5 s); il suo utilizzo è pertanto limitato alla determinazione dei fattori di amplificazione, che, essendo definiti come rapporti tra output in superficie ed input al bedrock sismico, rappresentano una tipologia di risultato in grado di limitare l'effetto delle caratteristiche degli accelerogrammi impiegati nell'analisi.

I 5 accelerogrammi assegnati alla fascia di pericolosità VIII° sono riferiti alle seguenti registrazioni relative ai due eventi sismici, rappresentativi della pericolosità sismica dell'area, di cui si dispone di dati strumentali:

Evento	Data	Ora	Lat (°)	Long (°)	Prof. (km)	Mw	ML	St.	Com.
FRIULI 2	16-09-1977	23:48:07	46.280	12.980	21	5.3	5.3	SRCO	NS
FRIULI 2	16-09-1977	23:48:07	46.280	12.980	21	5.3	5.3	SMT	NS
FRIULI 2	16-09-1977	23:48:07	46.280	12.980	21	5.3	5.3	SMU	NS
FRIULI 2	16-09-1977	23:48:07	46.280	12.980	21	5.3	5.3	SMU	WE
GARDA MERIDIONALE	24-11-2004	22:59:39	45.650	10.560	5.3	5.2	5.3	GVD	NS

Le stazioni di registrazione (St.) sono riferite ai siti di S. Rocco (6.1 km dall'epicentro) e di Somplago (9.1 km dall'epicentro), entrambi in Friuli Venezia Giulia e posti su calcari e calcari dolomitici e al sito di Gazzino a Vallio Terme (14.4 km dall'epicentro) in Lombardia: alcune delle registrazioni sono scalate in modo tale da raggiungere la spettro-compatibilità fino a 0.25 s con lo spettro medio di riferimento della fascia di pericolosità VIII°, come di seguito riportato in termini di spettri di risposta in accelerazione al 5% dello smorzamento critico:



Il calcolo del fattore di amplificazione nell'intervallo compreso tra 0.1-0.5 s, adottando gli accelerogrammi estratti dalla banca dati regionali e il modello di rigidità del sito d'intervento, permette di definire con maggior precisione sito-specifica il fattore di amplificazione atteso. Nei casi in cui tale approfondimento non è ritenuto sufficiente sarà possibile applicare analisi di risposta sismica locale sito-specifici, soprattutto nel caso di interventi di particolare rilevanza.

Aree soggette a fenomeni di instabilità cosismica

Per quanto riguarda le aree caratterizzate da fenomeni di instabilità di versante attivi (scenario PSL Z1a) e quiescenti (scenario PSL Z1b) esse mantengono la stessa perimetrazione rappresentata nella carta geomorfologica (TAV. 2).

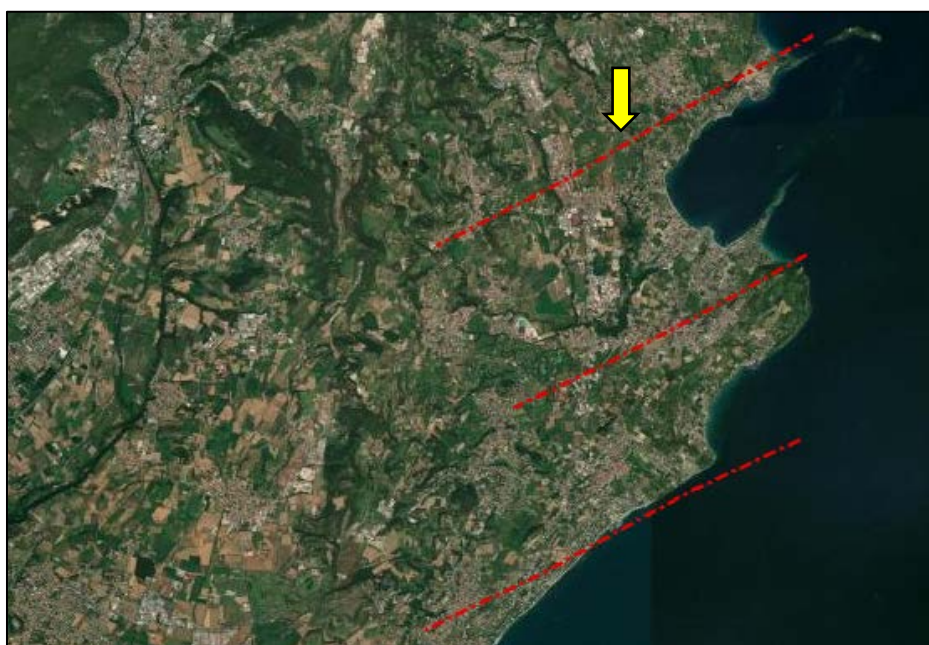
Le aree potenzialmente franose o esposte a rischio di frana non sono state considerate sismo-inducibili.

Le zone soggette a fenomeni di cedimento e/o addensamento sono state perimetrate con il 1° livello (Z2a) e dovranno essere maggiormente investigate in fase di progettazione edilizia, al fine di quantificare gli eventuali cedimenti sismo-indotti; non sono invece state evidenziate aree potenzialmente suscettibili di fenomeni di liquefazione, in quanto in linea generale non sono presenti i fattori predisponenti, anche se localmente è possibile ritrovare piccole falde sospese entro i primi 15 m di profondità, tali da saturare orizzonti con litologia prevalentemente

sabbiosa (la valutazione della sicurezza alla liquefazione sarà pertanto affrontata in fase di approfondimento di tipo geotecnico in fase di progettazione edilizia).

Per quanto riguarda la presenza di lineamenti strutturali di origine tettonica, nel territorio comunale di Puegnago del Garda non sono presenti macro-indizi topografici tali da evidenziare la presenza di faglie di tipo attivo e capace (FAC).

Nel catalogo delle faglie capaci ITHACA – ISPRA Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia è riportato un lineamento tettonico afferente al sistema del Garda con cinematiso inverso e scala di rappresentazione 1:500000, la cui ultima attivazione risale, in modo generico, al Pleistocene Superiore:



Authors	Title	Reference	Year
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale)	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
BARONI C. (1985)	Note sulla paleogeografia della costa occidentale del lago di Garda	Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 49-61	1985
BONI P. & PELOSO G.F. (1982)	Dati sulla Neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia" e di parte dei fogli 25 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"	CNR (1982) - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.506 P.F. Geodinamica, 189-208	1982
CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1988c)	Studio neotettonico del settore centro-meridionale del "Fascio Giudicariense"	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazione di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. II	1988
A.A.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. I	1988
PIERI M. & GROPPI G. (1981)	Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy	CNR, P.F. Geodinamica, Pubbl. 414, 13 pp.	1981
SLEIKO D. (1989)	Sismicità attuale dell'area benacense	Autori Vari (1981) - Il rischio sismico nel Bresciano. Ed. Ramperto, 31-39	1989
SLEIKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C. et alii	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp	1987
SLEIKO D. & REBEZ A. (1988)	Caratteristiche sismotettoniche dell'area benacense	Atti 7° Conv. GNGTS	1988

I dati e le conoscenze disponibili non sono però sufficienti per definire tale lineamento "capace" e pertanto non è stato considerato negli elementi cosismici presenti nel territorio comunale.

8. Inquadramento litotecnico del territorio comunale

Nel territorio comunale di Puegnago del Garda sono presenti dal punto di vista litotecnico terreni di copertura generalmente granulari e prevalentemente ghiaiosi (GM e GW) o sabbiosi (SM e SC); solo localmente sono presenti terreni di copertura fini di natura coesiva (CL, CH o PT). Di seguito si riportano le descrizioni litotecniche dei terreni di copertura raggruppate in classi di comportamento meccanico, come rappresentate nella TAV. 5 – Carta Litotecnica:

CLASSE 1: Sottosuolo con caratteristiche geotecniche da buone ad ottime:

GMmr	<p>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di origine morenica</p> <p><i>Diamicton glaciale: depositi caotici, molto eterogenei e localmente debolmente cementati, costituiti in prevalenza da ghiaie, ciottoli e blocchi, con elementi calcarei predominanti in matrice prevalentemente limosa; essi risultano eterogenei per natura e granulometria e contengono spesso grossi massi erratici; la permeabilità è moderata; la sottile copertura pedogenizzata, generalmente brunastra, rientra nella categoria dei Luvisols.</i></p> <p><i>Stato di addensamento: Da moderatamente addensato ad addensato</i></p>
GCmr	<p>Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di origine morenica</p> <p><i>Diamicton glaciale: depositi caotici costituiti in prevalenza da ghiaie, ciottoli e blocchi, con elementi calcarei predominanti in matrice prevalentemente argillosa; la permeabilità è mediocre; la sottile copertura pedogenizzata, generalmente brunastra, rientra nella categoria dei Luvisols.</i></p> <p><i>Stato di addensamento: Moderatamente addensato</i></p>
GWfg	<p>Ghiaie pulite con granulometria assortita, miscela di ghiaia e sabbia di origine fluvioglaciale</p> <p><i>Deposito fluvio-glaciale wurmiano: depositi costituiti da ciottoli e ghiaia con sabbia, localmente cementati, talvolta alternati a livelli di materiali fini, talora caotici e privi di stratificazione, altrove con stratificazione più o meno evidente; la prevalenza di termini grossolani, quali ghiaie e sabbie, è da mettere in relazione alla selezione idraulica operata dall'ambiente deposizionale di tipo fluvioglaciale, contraddistinto da scaricatori (torrenti glaciali), la cui genesi è connessa allo scioglimento delle masse glaciali; la permeabilità è generalmente piuttosto elevata; l'alterazione superficiale è di varia natura, in genere di colore bruno, e di spessore limitato con copertura pedogenizzata rientrante nella categoria dei Calcisols.</i></p> <p><i>Stato di addensamento: Da moderatamente addensato ad addensato</i></p>

CLASSE 2: Sottosuolo con caratteristiche geotecniche da mediocri a buone:

GCfg	<p>Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di origine fluvioglaciale</p> <p><i>Deposito fluvio-glaciale wurmiano: depositi costituiti da ghiaia e sabbia in matrice prevalentemente argillosa; l'abbondanza di matrice fine è da mettere in relazione a locali cali di energia dell'ambiente deposizionale di tipo fluvioglaciale, frequentemente collocati lateralmente all'asse principale dello scaricatore glaciale; la permeabilità è mediocre; l'alterazione superficiale rientra nella categoria dei Calcisols.</i></p> <p><i>Stato di addensamento: Da poco a moderatamente addensato</i></p>
-------------	--

CLASSE 3: Sottosuolo con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti:

SMfg	<p>Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di origine fluvioglaciale</p> <p><i>Deposito fluvio-glaciale wurmiano: depositi costituiti da sabbia in matrice prevalentemente limosa; l'abbondanza di matrice fine è da mettere in relazione ad un generale calo di energia dell'ambiente deposizionale di tipo fluvioglaciale, frequentemente collocati nei settori terminali dell'asse principale dello scaricatore glaciale; la permeabilità è da mediocre a bassa; l'alterazione superficiale rientra nella categoria dei Calcisols.</i></p> <p><i>Stato di addensamento: Poco addensato</i></p>
SCec	<p>Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla di origine eluvio-colluviale</p> <p><i>Deposito colluviale olocenico: depositi costituiti prevalentemente da sabbie argillose accumulatisi nelle principali incisioni vallive interessanti la piana fluvio-glaciale antica caratterizzata da depositi ghiaioso-argillosi; le frazioni più fini sono mobilitate dal ruscellamento diffuso delle acque e depositate all'interno dei principali impluvi dal ruscellamento concentrato delle acque, che comunque presentano energie medio-basse.</i></p> <p><i>Stato di addensamento: Da sciolto a poco addensato</i></p>
CLec	<p>Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di origine eluvio-colluviale</p> <p><i>Deposito colluviale olocenico: depositi costituiti prevalentemente da argille ghiaiose e argille limose accumulatisi nelle principali incisioni vallive interessanti i depositi ghiaiosi morenici; la frazione argillosa costituente le coltri di alterazione superficiale delle ghiaie moreniche sono mobilitate rapidamente dal ruscellamento diffuso delle acque e lentamente dall'azione di gravità agente lungo i blandi versanti e successivamente accumulati nei principali impluvi (colluvium).</i></p> <p><i>Stato di consistenza: Moderatamente consistente</i></p>

CLASSE 4: Sottosuolo con caratteristiche geotecniche scadenti:

CHpa	<p>Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse di origine palustre</p> <p><i>Deposito palustre olocenico: depositi di decantazione costituiti prevalentemente da argille inorganiche ad alta plasticità accumulatisi nelle principali depressioni morfologiche presenti tra le cerchie moreniche.</i></p> <p><i>Stato di consistenza: Poco consistente</i></p>
PTpl	<p>Torbe ed altre terre fortemente organiche</p> <p><i>Deposito argilloso-scuro torboso attuale: depositi attualmente in formazione e decantazione nelle aree stagnanti, sartumose e paludose attorno e sul fondo degli attuali laghi di Sovenico.</i></p> <p><i>Stato di consistenza: Privo di consistente</i></p>

La stima dei parametri di resistenza al taglio dei terreni in termini di coesione ed angolo di resistenza al taglio è possibile solo localmente attraverso l'esecuzione e l'elaborazione di indagini geognostiche in sito e prove di laboratorio.

A scopo puramente indicativo e propedeutico alla programmazione delle campagne d'indagine sito-specifiche è possibile attribuire a ciascuna classe i seguenti intervalli di valori:

<i>Classe litotecnica</i>	<i>Peso di volume (kN/m³)</i>	<i>Angolo di resistenza al taglio (°)</i>	<i>Coesione drenata (kPa)</i>	<i>Modulo di deformazione elastico (MPa)</i>
CLASSE 1	19 – 21	35 – 45	0 – 10	20 – 40
CLASSE 2	18 – 20	30 – 35	0 – 10	10 – 30
CLASSE 3	17 – 19	25 – 30	0 – 20	5 – 10
CLASSE 4	15 – 18	< 25	> 5	< 5

9. Vincoli sovraordinati di carattere prettamente geologico

Nella TAV. 6 – Vincoli sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico.

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

Facendo riferimento al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con D.P.C.M. del 24 luglio 1998 e al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001 il territorio comunale di Puegnago del Garda non presentava aree perimetrate; a tale riguardo il quadro del dissesto PAI originario disponibile sul Geoportale regionale non evidenzia aree sottoposte a vincolo.

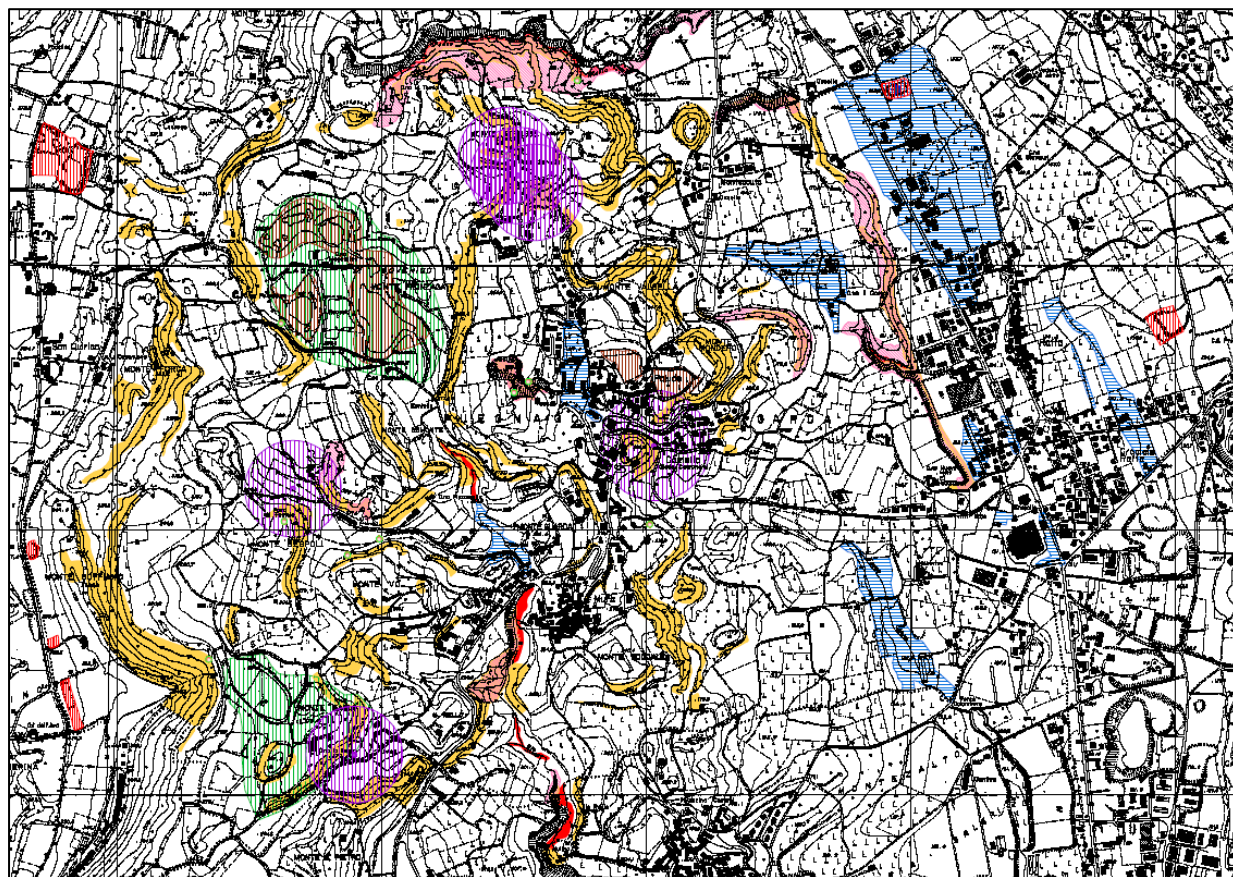
Ai sensi della D.G.R. n. VII/7365 del 11-12-2001 il Comune di Puegnago del Garda rientra nell'allegato B1 *"Elenco dei comuni parzialmente esonerati"*, in quanto al momento della deliberazione di approvazione dei criteri di attuazione del PAI l'Amministrazione comunale, pur disponendo di uno studio geologico a supporto del proprio strumento urbanistico, doveva ancora recepire le prescrizioni contenute nel parere regionale relativo allo studio stesso, formulato nell'ambito delle istruttorie tecniche regionali ai sensi della L.R. 41/97; in particolare era richiesto di comunicare alla Giunta Regionale l'avvenuto recepimento del parere geologico regionale attinente allo strumento urbanistico con conseguente adeguamento della carta di fattibilità ed integrale inserimento delle relative prescrizioni all'interno delle NTA del PRG; inoltre il Comune di Puegnago del Garda doveva inviare il quadro del dissesto risultante su tutto il territorio comunale con legenda uniformata a quella del PAI alla Giunta Regionale D.G. Territorio ed Urbanistica entro il 31 agosto 2002 ai fini della definizione delle proposte di aggiornamento del PAI.

Il Comune di Puegnago del Garda rientra inoltre nell'allegato 13 alla D.G.R. n. VIII/1566 del 22-12-2005 e nell'allegato 13 alla D.G.R. n. VIII/7374 del 28-05-2008 riportanti l'elenco dei comuni che non hanno ancora avviato e concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI.




Nell'analogo allegato 13 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-2011 il Comune di Puegnago del Garda rientra nella tabella 1 tra i comuni che hanno avviato ma non ancora concluso l'iter di aggiornamento del PAI, a seguito della predisposizione dello Studio Geologico Comunale

dell'ottobre 2009 a firma del Dott. Geol. A. Trivoli, al cui interno non risulta essere presente la carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI.

Il quadro dei dissesti PAI attualmente vigente e disponibile sul Geoportale regionale è stato pertanto desunto d'ufficio dalla D.G. Territorio ed Urbanistica di Regione Lombardia tramite la consultazione della carta di sintesi dell'ottobre 2009 (Dott. Geol. A. Trivoli), di cui si riporta l'estratto:





AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

-  Aree a franosità superficiale diffusa
-  Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati
-  Aree estrattive o dismesse non ancora recuperate





AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE


-  Aree torbose di ristagno con limitate capacità portanti

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

-  Aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali
-  Aree interessate da fenomeni di erosione fluviale

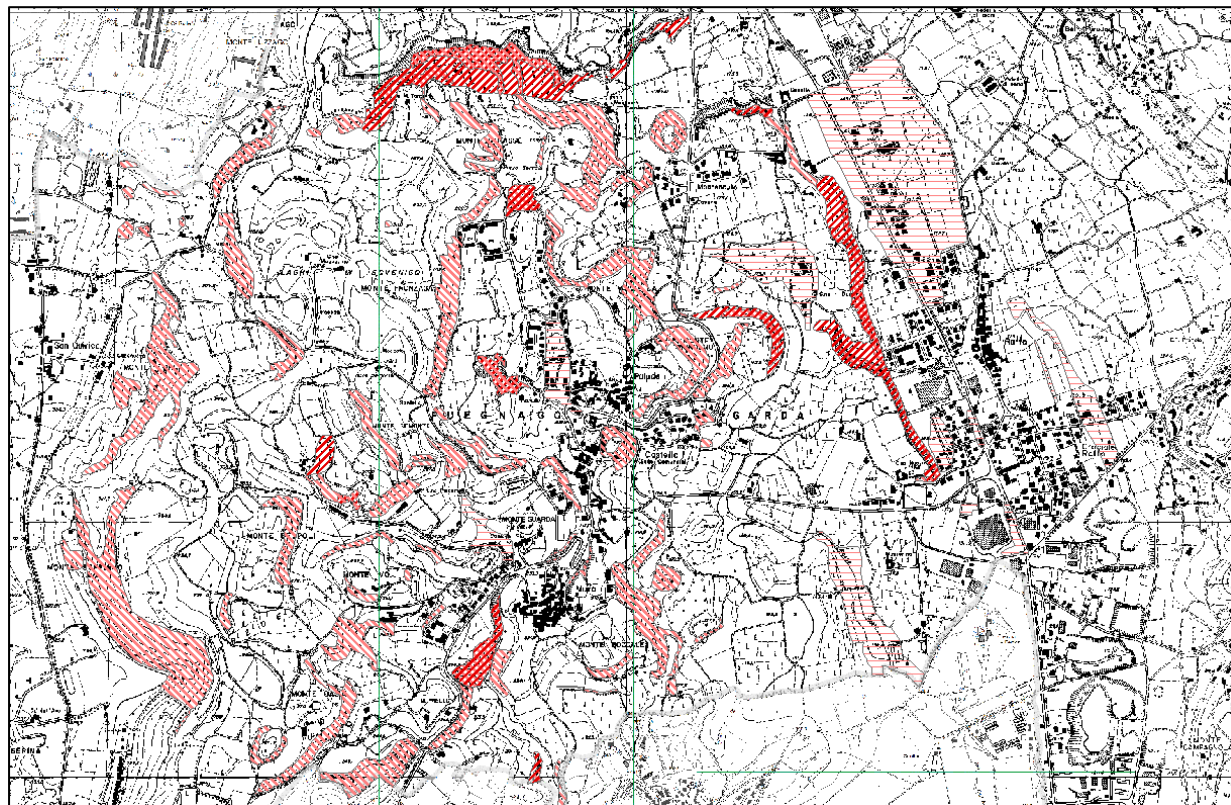
AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

-  Aree di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile ai sensi del D. Lgs. 258/2000 (raggio = 200 m)
-  Aree di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile ai sensi del D. Lgs. 258/2000 (raggio = 10 m)
-  Sorgenti (raggio = 10 m)
-  Aree di interesse geologico-naturalistico







-  Vasca di laminazione (cfr. carta idrologica e idrogeologica)

-  Sorgenti

Di seguito si riporta il quadro di dissesto PAI disponibile sul Geoportale Regionale:



Dissesti poligonali

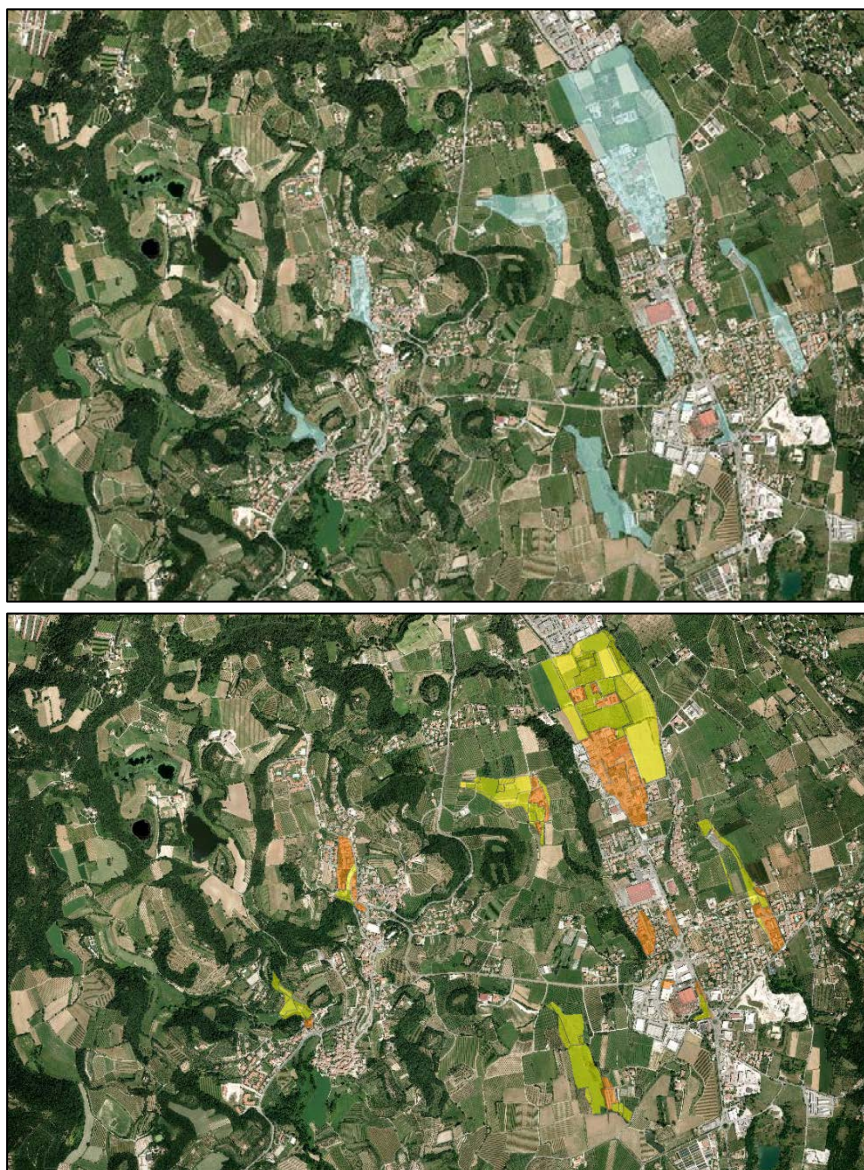
-  FRANE: Area di frana attiva (Fa)/Modifiche e integrazioni
-  FRANE: Area di frana quiescente (Fq)/Modifiche e integrazioni
-  FRANE: Area di frana stabilizzata (Fs)/Modifiche e integrazioni
-  ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee)/Modifiche e integrazioni
-  ESONDAZIONI: Area a pericolosità elevata (Eb)/Modifiche e integrazioni
-  ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em)/Modifiche e integrazioni

Come desumibile dal confronto con i due estratti cartografici sopra riportati, nel quadro dei dissesti PAI vigenti sono stati attribuiti alle aree di frana quiescenti tutte le aree indicate nella precedente carta di sintesi come aree potenzialmente franose.

In considerazione del fatto che il PAI originale e l'inventario de fenomeni franosi regionale non evidenziavano nel territorio comunale aree in dissesto, nel presente studio è stato riaggiornato il quadro del dissesto PAI sulla base del solo criterio morfologico attraverso osservazioni morfologiche di carattere generale (schema 1 della D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-2011).

Per quanto riguarda le aree allagabili contenute nel Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA), il Comune di Puegnago del Garda rientra nell'allegato n. 2 - *Elenco comuni lombardi con l'indicazione degli ambiti territoriali di riferimento, della presenza di aree allagabili e della loro tipologia/origine* di cui alla D.G.R. n. X/6738 del 19-06-2017; in particolare il comune presenta aree allagabili in ambito del reticolo secondario collinare e montano ed è tenuto all'aggiornamento dell'elaborato 2 del PAI dalla D.G.R. VII/7365/2001.

Le aree allagabili riportate nel PGRA si riferiscono a scenari di pericolosità P1/L riferite ad aree potenzialmente interessate da alluvioni rare con rischio R1 moderato e R2 medio; di seguito si riportano gli estratti cartografici presenti nel Geoportale Regionale:



Ai sensi della D.G.R. VII/7365/2001 nelle aree perimetrare valgono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art. 9 comma 6bis per le aree Em.

Tali aree derivano integralmente dalle proposte di aggiornamento all'Elaborato 2 del PAI formulate dal Comune nell'ambito dello studio geologico comunale dell'ottobre 2009.

Ai sensi della D.G.R. VII/7365/2001 il Comune continua ad applicare le norme di cui all'art. 9 e Titolo IV delle N.d.A. del PAI vigenti su tali aree e aggiorna, se necessario e conseguentemente il Piano di Emergenza Comunale secondo le indicazioni fornite al paragrafo 7 *“Disposizioni integrative rispetto a quanto contenuto nella D.G.R. VIII/4732/2007 relative all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore della Pianificazione dell'emergenza alla scala comunale”*.

Pertanto tali aree sono state integralmente recepite nel presente studio, in quanto non risultando classificate come R4 a rischio molto elevato, non risulta obbligatorio effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali secondo le metodologie riportate nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011.

9.2. Vincoli di polizia idraulica

Ai sensi della D.G.R. 25 gennaio 2002 n. VII/7868 e successive modifiche e integrazioni (D.G.R. n. 4037 del 14-12-2020) devono essere riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore, previo parere positivo da parte della Sede Territoriale Regionale competente; fino all'espressione di tale parere e al recepimento dello studio mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla legge 5 gennaio 1994, n. 36, e relativo regolamento, devono essere evidenziati i vincoli disposti dall'art. 96, lettera f), del Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523.

Le fasce di rispetto di polizia idraulica riportate in TAV. 6 – Vincoli fanno riferimento all'elaborato tecnico del Documento di Polizia Idraulica, di recente redazione ed approvazione (Redazione nell'ottobre 2020 ed approvazione con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 12 del 06 maggio 2021). La fascia di rispetto si intende misurata dal piede arginale esterno o, in assenza di argini in rilevato, dalla sommità della sponda incisa e nel caso di sponde stabili, consolidate o protette, con riferimento alla linea individuata dalla piena ordinaria.

Per un maggiore dettaglio riguardo ai vincoli di polizia idraulica si rimanda all'elaborato tecnico e normativo del Documento di Polizia Idraulica vigente.

9.3. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Sulla base di quanto previsto dal d.lgs. 258/2000 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento sono state individuate per le captazioni ad uso idropotabile le aree di salvaguardia, cioè zone circostanti le opere di presa idrica in cui vengono imposti vincoli e limitazioni d'uso del territorio atti a tutelare le risorse idriche dall'inquinamento.

La delimitazione delle aree è stata eseguita applicando il criterio geometrico distinguendo:

- zona di tutela assoluta: costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni di ampiezza di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione;
- zona di rispetto: costituita dalla porzione di territorio avente una estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione; questa zona è sottoposta a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere ulteriormente suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

Per i dettagli si rimanda a quanto riportato nel paragrafo 6.5 della presente relazione illustrativa.

9.4. Altri vincoli sovraordinati

Nel territorio comunale non sono presenti perimetri di infrastrutture strategiche di interesse regionale contenute nella Tabella "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo" dell'elaborato SO1 "Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovraregionale - Obiettivi prioritari per la difesa del suolo" del Piano Territoriale Regionale.

Inoltre non sono presenti Geositi individuati come beni geologici già soggetti a forme di tutela (Allegato 14 D.G.R. IX/2616/2011).

10. Carta PAI – PGRA

La carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI prevista dai criteri regionali di cui alla D.G.R. IX/2616/2011 è stata riassorbita dalla nuova carta PAI – PGRA prevista dai criteri regionali di cui alla D.G.R. X/6738 del 19-06-2017, nella quale sono riportati alla scala dello strumento urbanistico e utilizzando la medesima base topografica tutti gli elementi che derivano dal recepimento alla scala comunale dei contenuti del PAI e del PGRA, incluse le modifiche proposte nel presente studio.

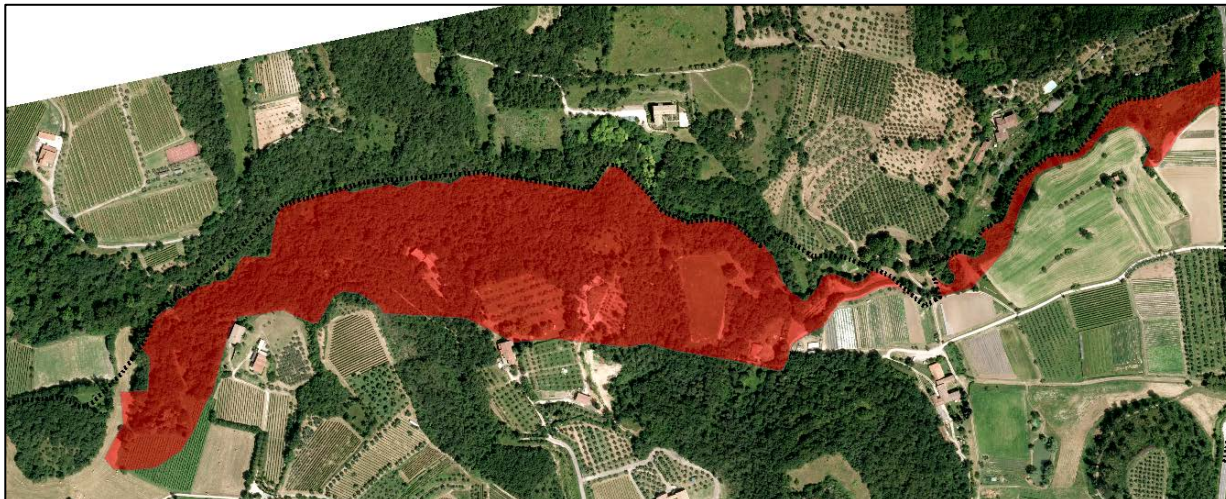
In particolare nella carta PAI-PGRA:

- le aree PGRA dell'ambito RSCM aree P1/L sono state integralmente recepite e sulla base delle indicazioni normative sono state associate alle esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua a pericolosità media o moderata (Em);
- le aree indicate come frane quiescenti Fq e frane attive Fa sono state verificate e perimetrate riferendosi al nuovo database topografico regionale; in presenza di evidenze morfologiche le aree sono state confermate in frane quiescenti e frane attive e riportate in carta, mentre in assenza di evidenze morfologiche le aree sono state stralciate e non riportate nella carta PAI-PGRA; in particolare sono state stralciate quelle aree che in base al precedente studio erano state perimetrate come frane quiescenti Fq recependo le aree potenzialmente franose riportate nella carta di sintesi dello studio geologico del 2009; esse infatti oltre ad essere in parziale sovrapposizione con alcune aree perimetrate come frane attive Fa erano in totale disaccordo e incongruenza con la classe di fattibilità assegnate.

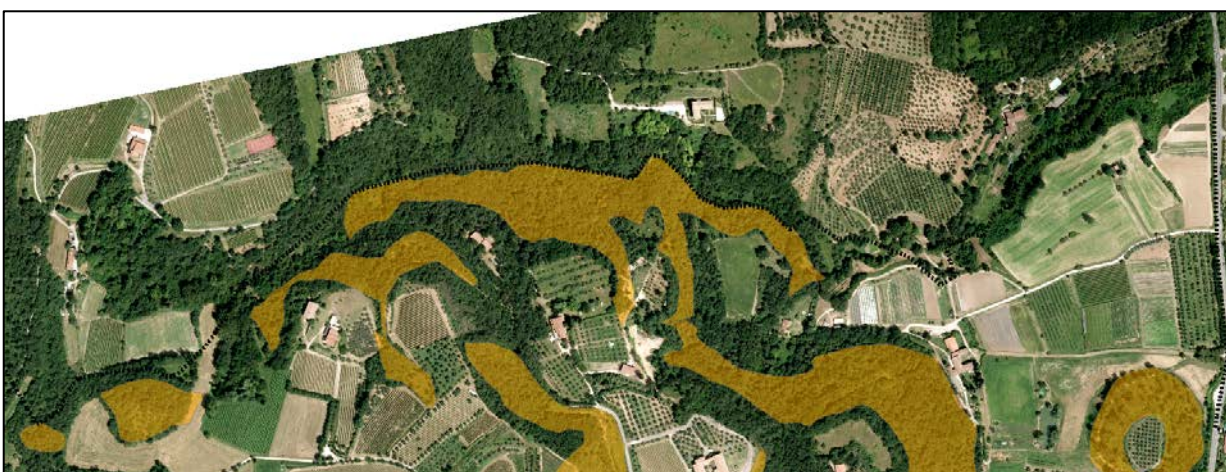
Di seguito si riportano alcune schede esplicative riportanti le precedenti perimetrazione e quelle proposte nel presente studio, ridefinite sulla base delle evidenze morfologiche e del nuovo database topografico regionale (in rosso le aree definite come frana attiva e in giallo quelle definite come frane quiescenti nel quadro del dissesto vigente, nel quale le aree a franosità potenziale sono state considerate frane quiescenti).

Per le verifiche di stabilità generali dei pendii si rimanda al capitolo 5.3 della presente relazione illustrativa.

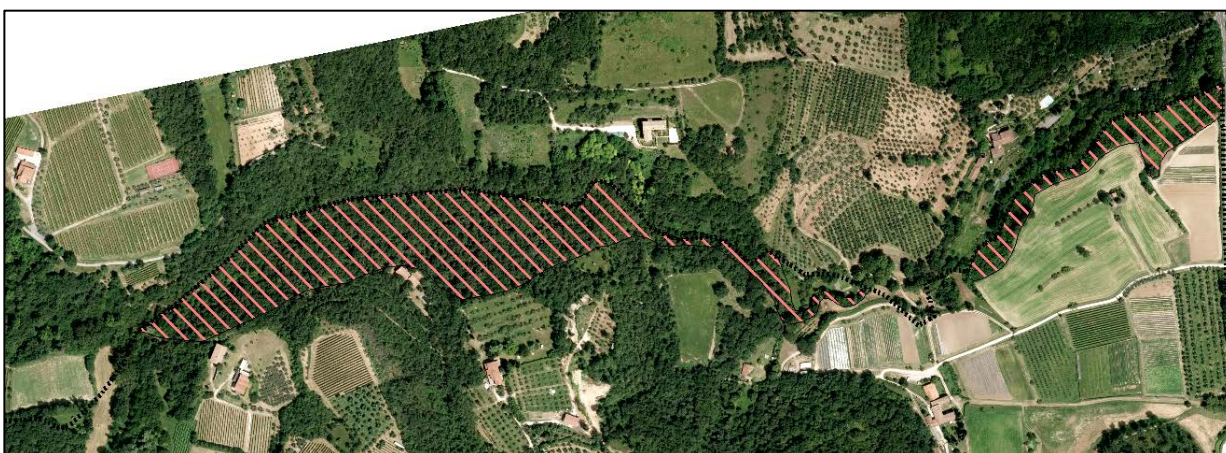
In TAV. 7 – Carta PAI-PGRA sono riportate le aree PAI e PGRA.

VERSANTE DESTRO DELL'INCISIONE VALLIVA DEL FOSSO RIOTTO

Area definita come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente e in buona parte priva di evidenze morfologiche



Aree definite come frana quiescente Fq nel quadro del dissesto vigente in parte sovrapposte alle perimetrazioni delle frane attive e prive di evidenze morfologiche d'instabilità ma caratterizzate esclusivamente da media e alta acclività



Area definita come frana quiescente Fq nella nuova proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

TESTATA DELL'IMPLUVIO FOSSO MONTEACUTO

Area definita come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente e in buona parte priva di evidenze morfologiche



Aree definite come frana quiescente Fq nel quadro del dissesto vigente in parte sovrapposte alle perimetrazioni delle frane attive e prive di evidenze morfologiche d'instabilità ma caratterizzate esclusivamente da media e alta acclività



Aree definite come frana quiescente Fq nella nuova proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

VALLONE DEL RIO 03017158_0013 E VERSANTE A MONTE DELLA SP25

Area definita come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente e in buona parte priva di evidenze morfologiche

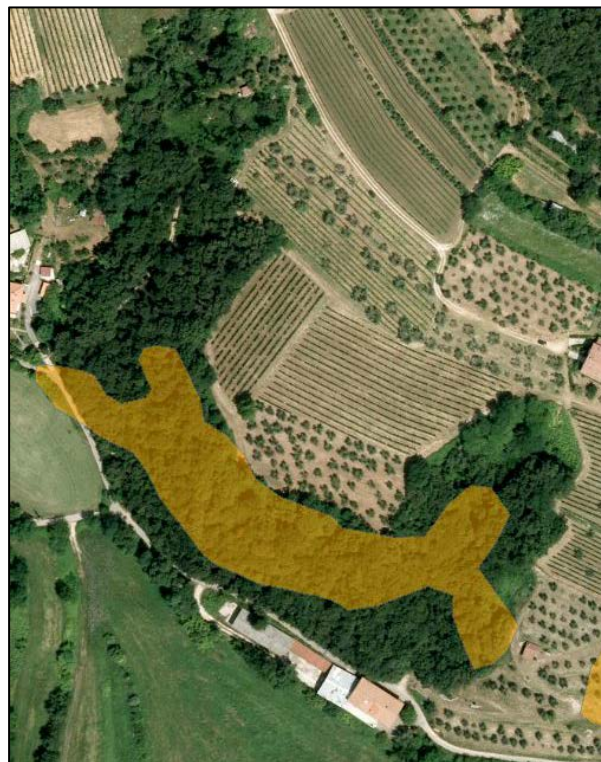
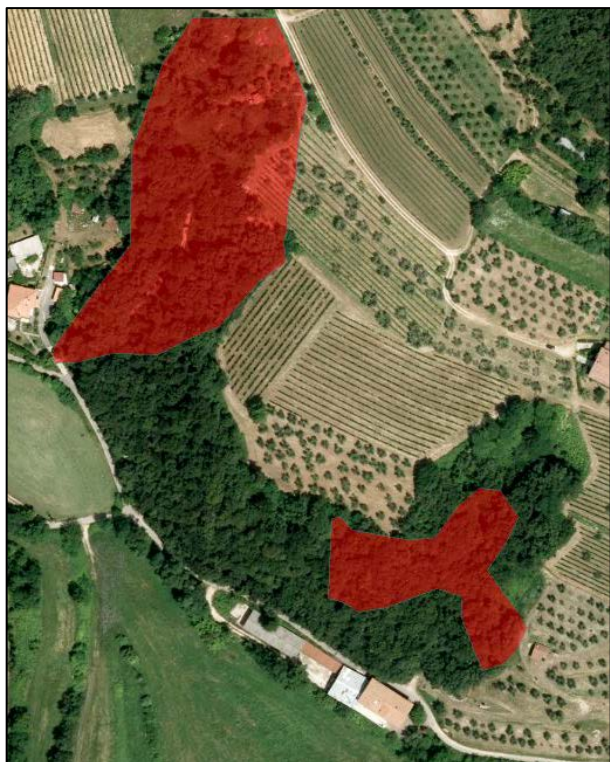


Aree definite come frana quiescente Fq nel quadro del dissesto vigente in parte sovrapposte alle perimetrazioni delle frane attive e prive di evidenze morfologiche d'instabilità ma caratterizzate esclusivamente da media e alta acclività



Aree definite come frana attiva e quiescente nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

IMPLUVI DEI RII 03017158_0004 E 0007



Aree definite come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente prive di indizi di attività e in parte sovrapposte alle aree definite come frana quiescente Fq



Aree definite come frana quiescente nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

IMPLIVIO DEL RIO NAVIGLIO A VALLE DELLA SP25

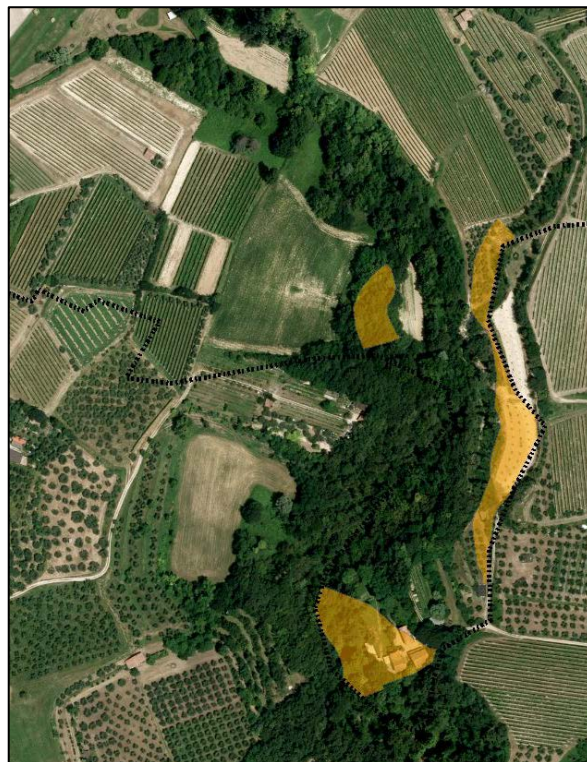


Aree definite come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente prive di indizi di attività e in parte sovrapposte alle aree definite come frana quiescente Fq



Aree definite come frana quiescente nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

IMPLUVIO DEL RIO NAVIGLIO A VALLE DELLA CONFLUENZA DEL RIO 03017158_0010

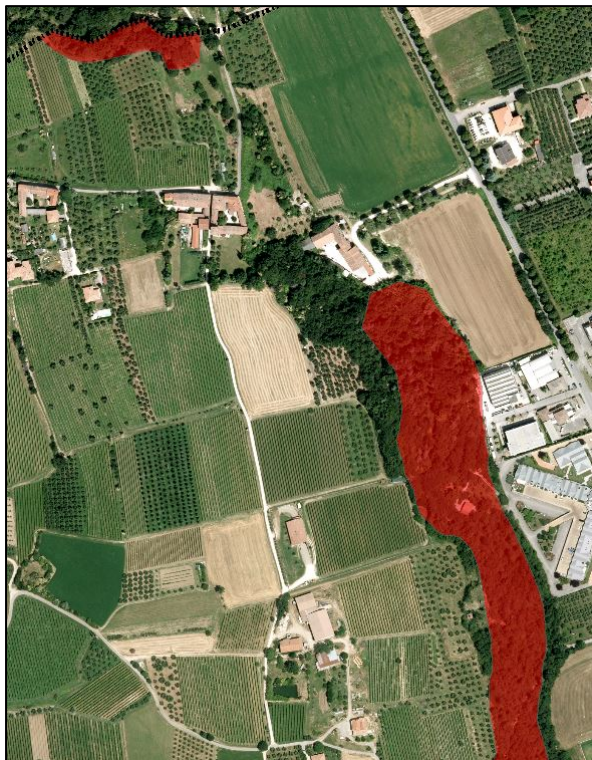


Area definita come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente priva di indizi di attività e in parte sovrapposte alle aree definite come frana quiescente Fq



Aree definite come frana quiescente nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

VERSANTE A VALLE DI CASCINA IL DOSSO



Aree definite come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente prive di indizi di attività e in parte sovrapposte alle aree definite come frana quiescente Fq



Aree definite come frana quiescente nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

IMPLUVIO DI RIO CASCINA IL DOSSO



Aree definite come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente prive di indizi di attività ad esclusione dell'impluvio del Rio Cascina il Dosso e in parte sovrapposte alle aree definite come frana quiescente Fq



Aree definite come frane attive e quiescenti nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

VERSANTI ORIENTALI

Area definita come frana attiva Fa nel quadro del dissesto vigente prive di indizi di attività e in parte sovrapposte alle aree definite come frana quiescente Fq, ma caratterizzate esclusivamente da acclività da media ad alta e pertanto stralciate nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

CONFINE COMUNALE CON SALÒ A VALLE DI VIDELLE DI SOPRA

Area non evidenziata nel quadro del dissesto vigente ma caratterizzata da evidenti indizi di scivolamento quiescente ed inserita come frana quiescente Fq nella proposta del quadro del dissesto basata sulle evidenze morfologiche

11. Sintesi e limitazioni geologiche

Nella TAV. 8 - Carta di sintesi sono rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera, ovvero da porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

Di seguito si riportano gli scenari di pericolosità/vulnerabilità geologica senso lato individuate nel territorio comunale di Puegnago del Garda distinte in funzione del fenomeno che le genera:

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti:

- aree a franosità superficiale diffusa attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali);
- aree a franosità superficiale diffusa quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)
- aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di pendii boscati ad acclività da media a alta, attualmente in equilibrio, caratterizzate da suscettibilità all'instabilità di versante in particolare in conseguenza a variazioni dell'uso del suolo, cambi di destinazione d'uso o variazioni del regime idraulico superficiale e/o sotterraneo
- aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate e aree interessate da scavi

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:

- aree con locali emergenze idriche caratterizzate dalla presenza di acque superficiali/sotterranee non sufficientemente regimate o con presenza di locali falde sospese

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:

- aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali e interessate da eventi alluvionali rari (corrispondenti alle aree PGRA P1/L e Em)

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:

- aree con riporti di materiale, aree colmate/bonificate
- aree con limitata capacità portante superficiale
- aree di possibile ristagno d'acqua, torbose e paludose

12. Fattibilità geologica per le azioni di piano

La TAV. 9 - Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano viene ricavata dalla valutazione incrociata della carta di sintesi e della carta dei vincoli (per i soli ambiti ricadenti entro fasce fluviali e aree in dissesto PAI), attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono, attraverso modalità standardizzate contenute nei criteri regionali di cui al punto 3.2 Tabella 1 della D.G.R. 2616/2011.

Le attribuzioni delle classi di fattibilità hanno seguito il seguente criterio:

- nelle porzioni di territorio ove non è stata evidenziata la presenza di limitazioni legate a scenari di pericolosità/vulnerabilità geologica è stata attribuita la classe 1 o 2, in funzione delle caratteristiche geomorfologiche dell'area;
- nelle porzioni di territorio ove è stata evidenziata la presenza di limitazioni legate a scenari di pericolosità/vulnerabilità geologica (vedi TAV. ()) è stata attribuita la classe 3 o 4 in funzione della limitazione presente.

Le caratteristiche generali delle 4 classi di fattibilità geologica sono di seguito riportata come definite dai criteri regionali vigenti:

12.1. Classe di fattibilità 1 senza particolari limitazioni

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Nel territorio comunale di Puegnago del Garda le aree attribuite alla classe 1 corrispondono a quelle sub-pianeggianti presenti nelle due principali piane fluvio-glaciali (Raffa e S. Quirico) caratterizzate da sottosuolo con caratteristiche geotecniche generalmente buone e alta soggiacenza della falda freatica.

12.2. Classe di fattibilità 2 con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Nel territorio comunale di Puegnago del Garda le aree attribuite alla classe 2 corrispondono a quelle sub-pianeggianti collocate in posizione sommitale rispetto ai principali rilievi collinari isolati, a quelle ondulate con tratti moderatamente acclivi caratterizzate da litologie caratterizzate in generale da buone caratteristiche meccaniche e a quelle sub-pianeggianti o debolmente acclivi di raccordo con le aree a maggior pendenza, ove non è stata riscontrata, in occasione della campagna di rilevamento, la presenza di ristagni d'acqua.

Tali aree sono pertanto caratterizzate da condizioni geomorfologiche che possono parzialmente o totalmente influenzare in modo sia diretto sia indiretto la fattibilità di un'opera/intervento, generando possibili limitazioni; si potrà pertanto presentare:

- assenza di particolari limitazioni nei casi in cui le trasformazioni previste prevedano impatti trascurabili o comunque limitati, conseguenti, in linea generale, alla realizzazione di interventi o opere secondarie e/o accessorie prive di rilevanza nei riguardi della pubblica incolumità (art. 94 bis del DPR 380/2001 così come modificato dall'art. 9 quater del d.l. 123/2019 convertito con legge n. 156 del 12-12-2019) o di modesta rilevanza dal punto di vista geotecnico (punto 6.2.2 delle NTC18);
- presenza di modeste limitazioni nel caso in cui le trasformazioni previste prevedano impatti non trascurabili, conseguenti alla realizzazione di interventi o opere di una certa importanza.

In tali aree sarà pertanto necessario verificare la fattibilità geologica di un intervento o di un'opera, al fine di quantificarne gli eventuali impatti sull'area e sulle immediate vicinanze, facendo particolare attenzione alla gestione delle acque meteoriche, alle distanze dai cigli di scarpata e alla stabilità globale delle opere. Le metodologie e gli approfondimenti geologici richiesti saranno pertanto commisurati all'importanza dell'intervento e al suo potenziale impatto sull'ambiente ed è totalmente demandato alle scelte del professionista incaricato.

12.3. Classe di fattibilità 3 con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate (vedi aree perimetrate nella TAV. 8 di Sintesi e limitazioni geologiche), per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Nel territorio comunale di Puegnago del Garda le aree attribuite alla classe 3 corrispondono a:

- **CLASSE 3a:** aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di pendii boscati ad acclività da media a alta, attualmente in equilibrio, caratterizzate da suscettibilità all'instabilità di versante in particolare in conseguenza a variazioni dell'uso del suolo, cambi di destinazione d'uso o variazioni del regime idraulico superficiale e/o sotterraneo;
- **CLASSE 3b:** aree con locali emergenze idriche caratterizzate dalla presenza di acque superficiali/sotterranee non sufficientemente regimate o con presenza di locali falde sospese; aree con riporti di materiale, aree colmate/bonificate, aree con limitata capacità portante superficiale, aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate e aree interessate da scavi;
- **CLASSE 3c:** aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali e interessate da eventi alluvionali rari (corrispondenti alle aree PGRA P1/L e Em).

In tali aree sarà pertanto necessario eseguire piani d'indagine in sito e o in laboratorio al fine di ricostruire in dettaglio il modello geologico del sito, con particolare riferimento alle caratteristiche topografiche di dettaglio, alla ricostruzione del regime idraulico sotterraneo e superficiale, alla caratterizzazione meccanica del volume geologico e geotecnico significativo e, per la sola sotto-classe 3c alla modellazione idraulica del corso d'acqua oggetto di potenziale esondazione. Tali approfondimenti dovranno essere necessariamente eseguiti prima del rilascio del titolo abilitativo di un intervento e/o opera di progetto; gli esiti potranno condizionare in modo sostanziale la progettazione degli interventi stessi, la quale sarà affiancata dalla progettazione di tutte quelle opere secondarie finalizzate al contenimento e mitigazione degli impatti dell'opera e ritenute necessarie per la fattibilità geologica della stessa.

12.4. Classe di fattibilità 4 con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Nel territorio comunale di Puegnago del Garda le aree attribuite alla classe 4 corrispondono alle aree in frana attiva e/o quiescente e alle aree torbose/paludose afferenti direttamente alla conca lacustre dei Laghi di Sovenigo.

In queste aree deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo; sono sempre consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio determinato dalla pericolosità/vulnerabilità del fenomeno presente nel sito.

A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

12.5. Prescrizioni di carattere sismico

Il territorio comunale di Puegnago del Garda è stato perimetrato in funzione dei diversi scenari di pericolosità sismica locale attesi; per gli scenari caratterizzati da effetti di amplificazione sismica di tipo lito-stratigrafico e morfo-topografico sono stati eseguiti approfondimenti di 2° livello, i cui esiti hanno evidenziato una sostanziale adeguatezza della procedura semplificata proposta dalla normativa nazionale per tenere in considerazione gli effetti di amplificazione sismica di tipo morfo-topografico e lito-stratigrafico. In particolare è emersa la presenza, in alcuni scenari lito-stratigrafici esaminati, di situazioni in cui i fenomeni di amplificazione lito-

stratigrafici attesi nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 s possono superare in termini di valori di accelerazioni spettrali quelle previste dalla forma spettrale elastica assegnata alla categoria di sottosuolo B ai sensi della normativa nazionale; questo è legato al fatto che in tali aree il valore di $V_{s,30}$ atteso è di poco superiore al valore limite di 360 m/s che distingue le categorie di sottosuolo B e C.

Tali aree sono state perimetrare in TAV. 9 con apposito retino trasparente (puntinato nero).

Per gli scenari suscettibili di amplificazione sismica è sempre possibile, in linea generale, avvalersi della procedura semplificata proposta dalla normativa nazionale, salvo la scelta del Professionista di eseguire analisi più approfondite di risposta sismica locale:

- per gli effetti di tipo morfo-topografico è possibile procedere attraverso la definizione della categoria topografica e del relativo coefficiente S_T ;
- per gli effetti di tipo lito-stratigrafica nelle aree esterne al retino puntinato nero di TAV. 9 è possibile procedere attraverso la definizione della categoria di sottosuolo e del relativo coefficiente S_s ;
- per gli effetti di tipo lito-stratigrafica nelle aree coperte dal retino puntinato nero di TAV. 9 è possibile avvalersi della procedura semplificata proposta dalla normativa nazionale, previa verifica della sua compatibilità energetica per strutture di progetto con periodo proprio di vibrazione compreso nell'intervallo 0.1-0.5 s (ovvero strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide); tale verifica sarà effettuato attraverso il calcolo del fattore di amplificazione e confronto con il valore di soglia comunale (vedi specifiche contenute nel Cap. 7.2); se tale confronto non risultasse verificato si dovrà applicare la categoria di sottosuolo più cautelativa rispetto a quella desunta dalle indagini sismiche sito-specifiche; tale verifica potrà essere omessa, prevedendo automaticamente il passaggio alla categoria di sottosuolo più cautelativa, solo per gli interventi o opere prive di rilevanza nei riguardi della pubblica incolumità (art. 94 bis del DPR 380/2001 così come modificato dall'art. 9 quater del d.l. 123/2019 convertito con legge n. 156 del 12-12-2019) o di modesta rilevanza dal punto di vista geotecnico (punto 6.2.2 delle NTC18).

Per gli scenari suscettibili di instabilità saranno da prevedere, in aggiunta a quanto previsto per i fenomeni di amplificazione sismica, specifici approfondimenti in fase di progettazione edilizia (verifiche di stabilità in condizioni pseudo-statiche in aree caratterizzate da frana attiva e/o

quiescente oppure stima dei cedimenti cosismici in aree soggette a fenomeni di addensamento).

La verifica della presenza dei fattori scatenanti e dei fattori predisponenti i fenomeni di liquefazione è da effettuare ovunque e sempre ai sensi della normativa nazionale.

12.6. Considerazioni finali

Alla carta di fattibilità geologica delle azioni di piano TAV. 9 sono associate le Norme Geologiche di Piano che dovranno essere riportate nel Piano delle Regole e nel Documento di Piano del Piano di Governo del Territorio. Esse contengono la normativa d'uso della TAV. 9 e il richiamo alla normativa derivante dalla carta dei vincoli TAV. 6.

Per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) sono prescritti specifici approfondimenti da eseguirsi anche mediante indagini in sito, analogamente a quanto previsto per l'area in cui è necessario eseguire l'approfondimento sui fenomeni di amplificazione sismica di tipo lito-stratigrafico.

Tali approfondimenti e le eventuali indagini eseguite dovranno essere raccolti e descritti in un'apposita relazione di fattibilità geologica (conosciuto come elaborato R3 nei portali di presentazione delle pratiche sismiche), che dovrà essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/05, art. 14), di richiesta del Permesso di Costruire (l.r. 12/05, art. 38) o di Presentazione della denuncia di inizio attività (l.r. 12/05, art. 42).

Tali approfondimenti non sostituiscono, anche se possono ricomprendere, le indagini e la relazione geologica previste ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui alla normativa nazionale (conosciuto come elaborato R1 nei portali di presentazione delle pratiche sismiche).

Rovato, GIUGNO 2021



Il tecnico incaricato
dott. Geol. Massimo Compagnoni

TAVOLE CARTOGRAFICHE

- TAVOLA n. 1 Carta di inquadramento geo-litologico – scala 1:5000
- TAVOLA n. 2 Carta geomorfologica – scala 1:5000
- TAVOLA n. 3 Carta idrogeologica – scala 1:5000
- TAVOLA n. 4 Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5000
- TAVOLA n. 5 Carta litotecnica – scala 1:5000
- TAVOLA n. 6 Carta dei vincoli – scala 1:5000
- TAVOLA n. 7 Carta PAI - PGRA – scala 1:5000
- TAVOLA n. 8 Carta di sintesi e delle limitazioni geologiche – scala 1:5000
- TAVOLA n. 9 Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5000

ALLEGATI

- ALLEGATO n. 1 Estratti indagini sismiche attive e passive
- ALLEGATO n. 2 Estratti indagini geotecniche in sito

NORME GEOLOGICHE DI PIANO

**ALLEGATO 6 – NUOVA SCHEDA ASSEVERAZIONE D.G.R. X/6738/2017
(ex Allegato 15 D.G.R. IX/2616/2011)**