

*Progettazione e coordinamento:*

DOTT. GEOL. ALBERTO TRIVIOLI

*Collaborazioni:*

DOTT. LORENZO BURATTI

AMBIENTE E TERRITORIO s.r.l.

|                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 – PREMESSA</b>                                                                                                      | <b>4</b>  |
| 1.1 - Principali documenti di riferimento                                                                                | 6         |
| <br>                                                                                                                     |           |
| <b>2 - INQUADRAMENTO FISICO DEL TERRITORIO</b>                                                                           | <b>7</b>  |
| 2.1 - INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO E NIVOLOGICO                                                                         | 8         |
| 2.1.1 - Caratteristiche pluviometriche                                                                                   | 8         |
| 2.1.2 - Caratteristiche termometriche                                                                                    | 13        |
| 2.1.3 - Condizioni termopluviometriche: evapotraspirazione e deficit idrico                                              | 18        |
| 2.1.4 - Classificazione climatica                                                                                        | 21        |
| <br>                                                                                                                     |           |
| 2.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO                                                                                            | 23        |
| 2.2.1 - Formazioni geologiche affioranti nel territorio comunale                                                         | 23        |
| 2.2.2 - Elementi tettonici                                                                                               | 27        |
| 2.2.3 - Schema dei rapporti stratigrafici e sezioni geologiche                                                           | 28        |
| <br>                                                                                                                     |           |
| 2.3 - RETICOLO IDROGRAFICO                                                                                               | 32        |
| <br>                                                                                                                     |           |
| 2.4 - PROCESSI GEOMORFOLOGICI IN ATTO                                                                                    | 34        |
| <br>                                                                                                                     |           |
| 2.5 – IDROGEOLOGIA                                                                                                       | 36        |
| 2.5.1 - Permeabilità delle litologie di superficie                                                                       | 36        |
| 2.5.2 - Circolazione idrica sotterranea                                                                                  | 37        |
| 2.5.3 - Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento                                                                   | 40        |
| 2.5.4 - Emergenze di acque sotterranee                                                                                   | 42        |
| 2.5.5 - Aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee                                                       | 42        |
| 2.5.6 - L'acquedotto comunale                                                                                            | 44        |
| 2.5.7 - Fonti di approvvigionamento idrico                                                                               | 45        |
| <br>                                                                                                                     |           |
| <b>3 - ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI IN SITO FINALIZZATI<br/>ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA</b> | <b>51</b> |
| 3.1 - MACROZONIZZAZIONE SISMICA                                                                                          | 51        |

|                                                                                                                                                                                  |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>3.2 - MICROZONIZZAZIONE SISMICA</b>                                                                                                                                           | <b>57</b>     |
| 3.2.1 - Primo livello di approfondimento                                                                                                                                         | 62            |
| 3.2.2 - Secondo livello di approfondimento                                                                                                                                       | 62            |
| 3.2.2.1 - Caratterizzazione semiquantitativa degli effetti litologici in zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (Z4c)                                      | 65            |
| 3.2.2.2 - Caratterizzazione semiquantitativa degli effetti litologici in zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi (Z4a) | 71            |
| <br><b>4 - CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE<br/>AI FINI GEOLOGICO-APPLICATIVI</b>                                                                                     | <br><b>76</b> |
| 4.1 - PARAMETRI GEOMECCANICI                                                                                                                                                     | 76            |
| <br><b>5 - FATTIBILITÀ GEOLOGICA</b>                                                                                                                                             | <br><b>77</b> |
| 5.1 - CARTA DEI VINCOLI                                                                                                                                                          | 77            |
| <br>5.2 - CARTA DI SINTESI                                                                                                                                                       | <br>79        |
| <br>5.3 - CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO                                                                                                               | <br>80        |
| 5.3.1 - Classi di fattibilità                                                                                                                                                    | 80            |
| 5.3.1.1 - Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni                                                                                                          | 80            |
| 5.3.1.2 - Classe 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni                                                                                                                | 81            |
| 5.3.1.3 - Classe 3 (arancione) - Fattibilità con consistenti limitazioni                                                                                                         | 81            |
| 5.3.1.4 - Classe 4 (rossa) - Fattibilità con gravi limitazioni                                                                                                                   | 83            |
| <br><b>ALLEGATI:</b>                                                                                                                                                             |               |
| TAV. 1: CARTA GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA (1:5.000)                                                                                                                                 |               |
| TAV. 2: CARTA IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA (1:5.000)                                                                                                                               |               |
| TAV. 3: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (1:5.000)                                                                                                                        |               |
| TAV. 4: CARTA DI SINTESI (1:5.000)                                                                                                                                               |               |
| TAV. 5: CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (1:5.000)                                                                                                                     |               |
| TAV. 6: CARTA DEI VINCOLI (1:5.000)                                                                                                                                              |               |

## 1 - PREMESSA

La presente relazione, eseguita su incarico dell'Amministrazione Comunale di Puegnago del Garda, definisce la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio per il territorio comunale di Puegnago del Garda (BS). La metodologia adottata, conforme al d.g.r. del 22 dicembre 2005 – n. 8/1566, in attuazione dell'art. 57, comma 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, è stata articolata in tre principali fasi di attività:

### 1) Fase di analisi

La fase di analisi ha visto l'esecuzione di una indagine effettuata sul terreno per mezzo di specifici rilievi geologici, geomorfologici e idrogeologici; i dati acquisiti in campagna sono stati integrati in particolare con quelli derivanti da studi geologici precedenti e dalla consultazione del Sistema Informativo Territoriale Regionale, che ha portato alla compilazione della cartografia d'inquadramento:

- TAV. 1: *Carta geologica geomorfologica* (1:5.000);
- TAV. 2: *Carta idrologica e idrogeologica* (1:5.000);
- TAV. 3: *Carta della pericolosità sismica locale* (1:5.000).

### 2) Fase di sintesi/valutazione

La fase di sintesi e di valutazione ha consentito di definire le aree soggette a vincolo e/o caratterizzate da pericolosità geologica e geotecnica e le aree soggette a vulnerabilità idraulica ed idrogeologica che sono state riportate nelle tavole:

- TAV. 6: *Carta dei vincoli* (1:5.000);
- TAV. 4: *Carta di sintesi* (1:5.000).

### 3) Fase di proposta

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

- TAV. 5: *Carta di fattibilità delle azioni di piano* (1:5.000).

Si specifica tuttavia che lo studio in essere, di carattere generale, non può essere considerato in alcun modo sostitutivo delle indagini geognostiche di dettaglio

prescritte dal D.M. 11 marzo 1988 (*“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*) e s.m.i. a supporto della pianificazione attuativa e della progettazione esecutiva dei singoli interventi edificatori.

Per lo studio in essere è stata utilizzata, come base topografica, la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 su supporto informatico. Tale materiale, fornito da “Lombardia Informatica S.p.A.”, è di proprietà della Regione Lombardia.

## 1.1 - PRINCIPALI DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale, secondo quanto disposto dall'art. 3 della l. r. 24 novembre 1997, n. 41;
- Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 (d.g.r. del 22 dicembre 2005 – n. 8/1566);
- OPCM 3274/2003;
- Vaiente del P.R.G. Comune di Puegnago del Garda – Studio geologico e ambientale del territorio comunale – Studio geologia ambiente, 1994;
- Carta Geologica della Lombardia, scala 1:250'000 - Regione Lombardia;
- Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello, scala 1:50'000, Istituto di Geologia dell'Università di Pavia, 1973;
- 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;
- Carta Tecnica Regionale "Lombardia Informatica S.p.A.";
- Cartografia Pedologica – "ERSAF";
- Atlante dei Piani – "PAI" – Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Rilievo fotogrammetrico, volo del 05/05/'03, Rossi s.r.l..

## 2 - INQUADRAMENTO FISICO DEL TERRITORIO

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 km<sup>2</sup>; il territorio rientra nelle seguenti "sezioni" cartografiche della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000:

- Sezione D5e5 "Gavardo";
- Sezione E5a5 "Manerba del Garda".

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.

Nel territorio comunale sono presenti due stazioni meteorologiche gestite rispettivamente dal Bacino del Po (in località Raffa) e dall'ERSAL (in località Enopolio-Masserino).

## 2.1 - INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO E NIVOLOGICO

In considerazione della sostanziale influenza dei fattori meteo-climatici nei 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.

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.

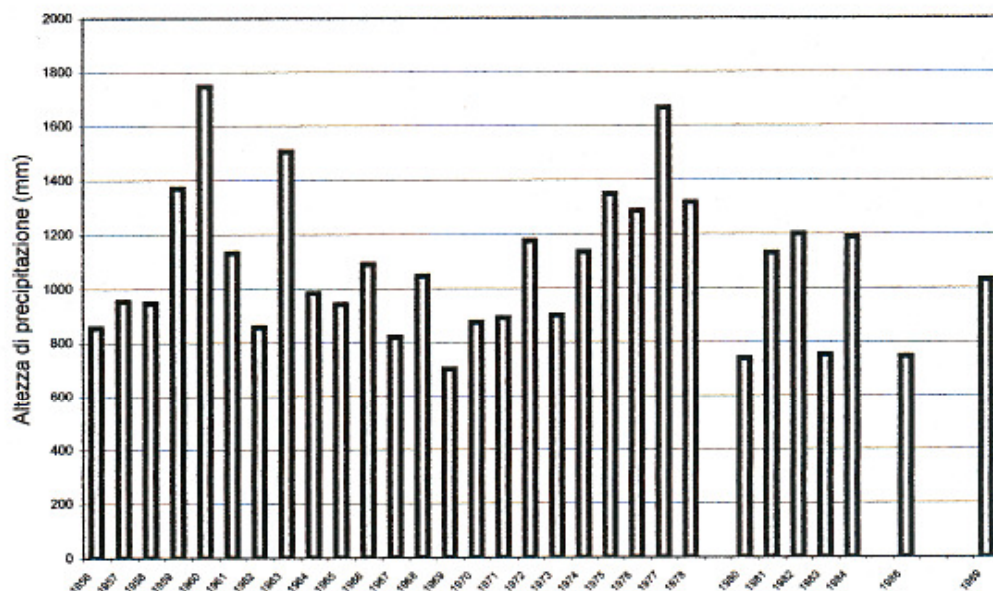
Il clima, fortemente caratterizzato dall'azione mitigatrice del lago (che funge da serbatoio termico) sulle temperature, è quello tipico delle zone che circondano i laghi prealpini e consente lo sviluppo di una vegetazione caratteristica delle regioni botaniche più meridionali.

### 2.1.1 - Caratteristiche pluviometriche

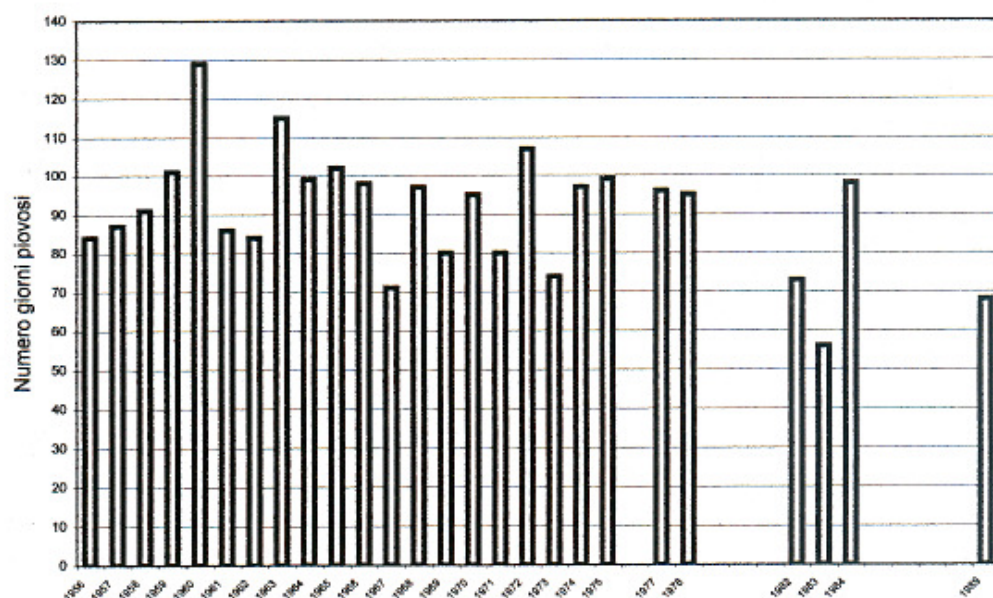
La stazione pluviometrica di Salò (75 m s.l.m.) ha registrato, nel periodo 1956-1989, una precipitazione media annua di 1.077 mm ed un numero medio annuo di giorni piovosi pari a 91. La densità media delle piogge relative (rapporto tra precipitazione media annua e numero medio annuo di giorni piovosi) 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).

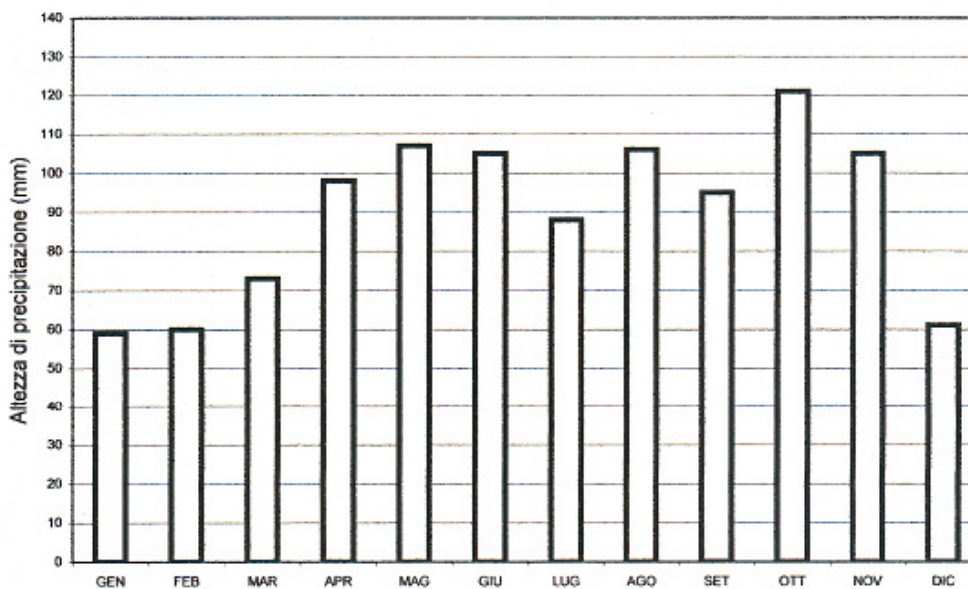
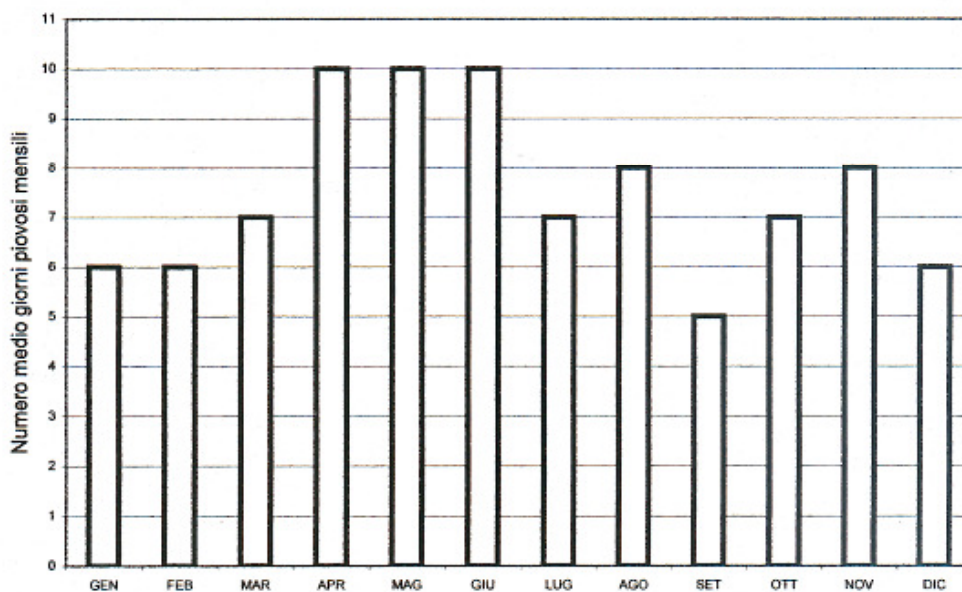


### PRECIPITAZIONI TOTALI ANNUE (Stazione di Salò, 1956-1989)



### NUMERO GIORNI PIOVOSI ANNUI (Stazione di Salò, 1956-1989)



**PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI**  
(Stazione di Salò, 1956-1989)**NUMERO MEDIO GIORNI PIOVOSI MENSILI**  
(Stazione di Salò, 1956-1989)

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 (1.744,8 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 |

Per quanto riguarda gli eventi meteorici di breve durata e forte intensità, si è fatto riferimento alle registrazioni del periodo 1956-1972, non essendo disponibili dati relativi agli anni seguenti. Dall'elaborazione statistica delle massime precipitazioni annue della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore è possibile ricavare, dopo regolarizzazione mediante il modello di Gumbel, le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno, aventi equazione

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

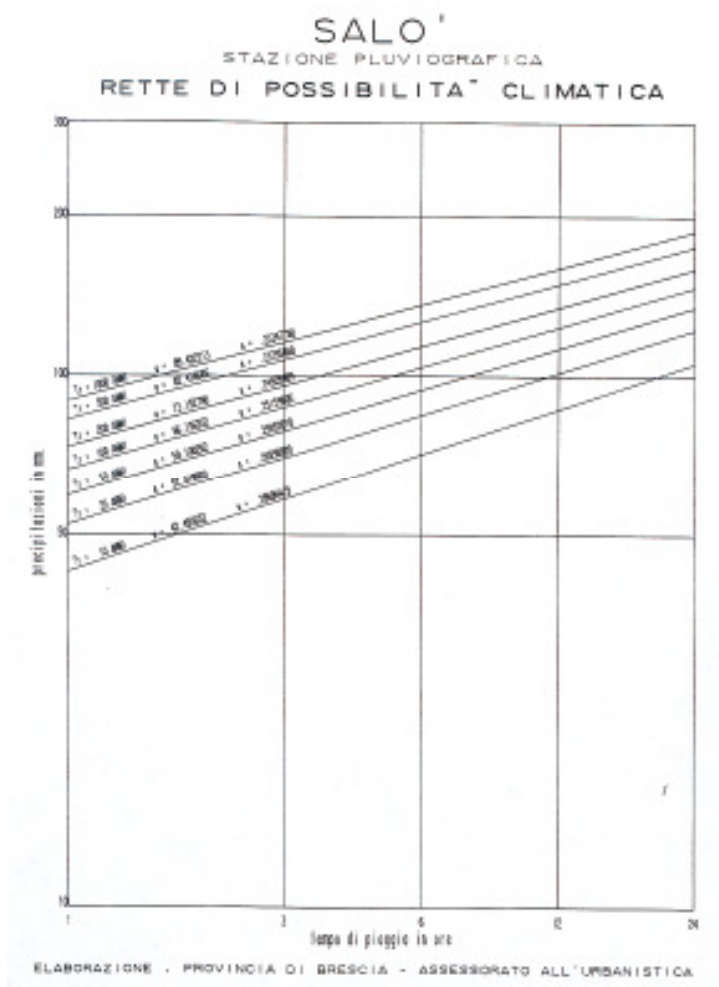
h = altezza di precipitazione per un determinato tempo di ritorno (mm)

t = durata della precipitazione (ore)

a, n = coefficienti delle curve segnalatrici per assegnato tempo di ritorno

I valori dei coefficienti "a" ed "n" ricavabili dai dati presi in considerazione sono i seguenti:

| <b>Tempo di ritorno (anni)</b> | <b>a</b> | <b>n</b> |
|--------------------------------|----------|----------|
| 10                             | 42,493   | 0,287    |
| 25                             | 52,020   | 0,269    |
| 50                             | 59,100   | 0,259    |
| 100                            | 66,136   | 0,251    |
| 200                            | 73,153   | 0,245    |
| 500                            | 82,417   | 0,238    |
| 1000                           | 89,422   | 0,233    |

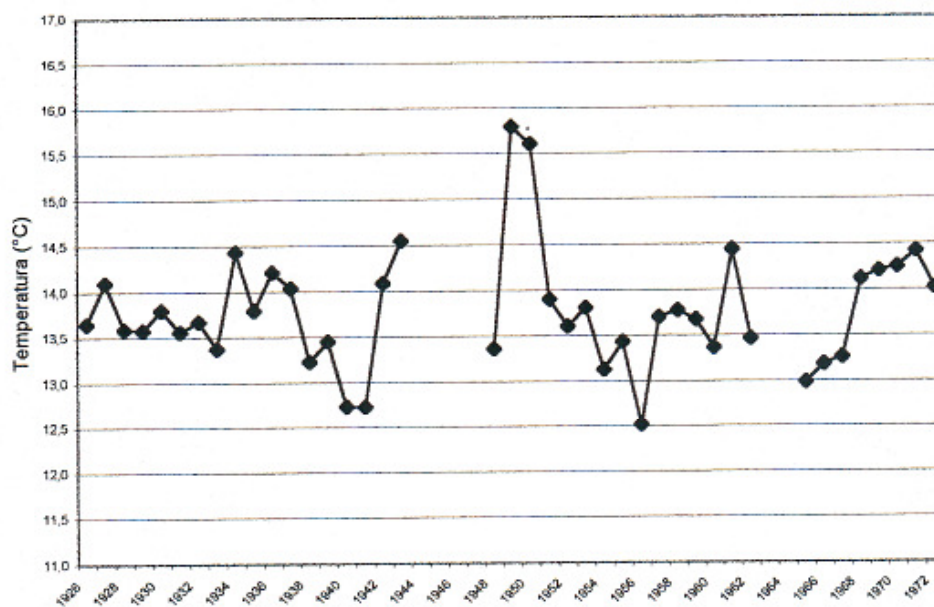
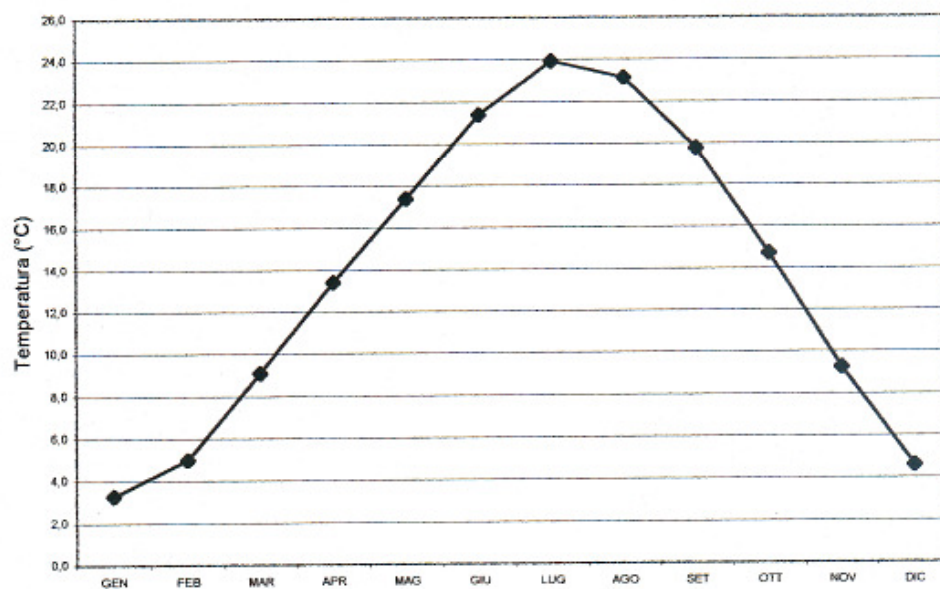


### 2.1.2 - Caratteristiche termometriche

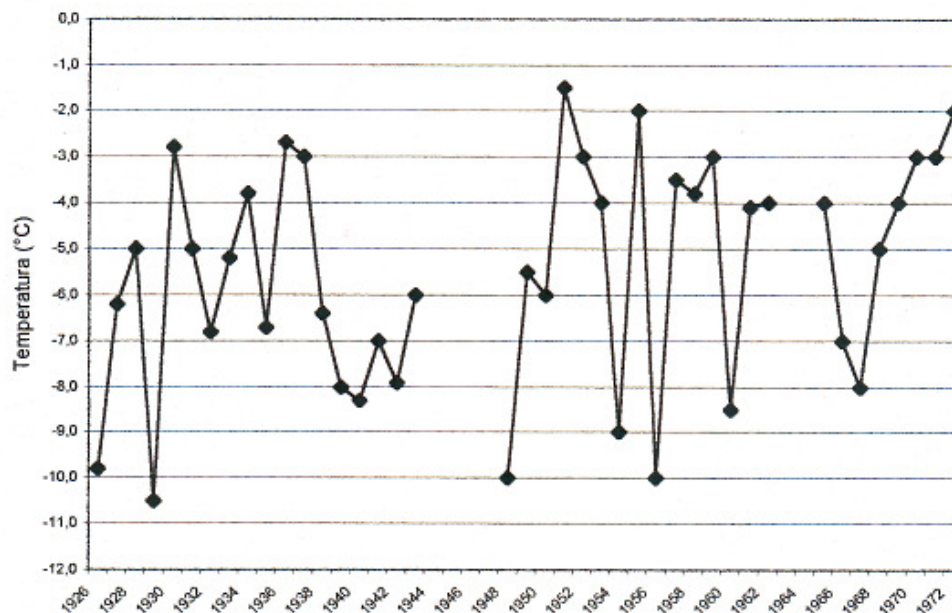
Nel periodo 1926-1972 la stazione termometrica di Desenzano (64 m s.l.m.) ha registrato una temperatura media annua pari a 13,8°C, con una massima media annua di 17,2°C ed una minima media annua di 10,4°C.

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.

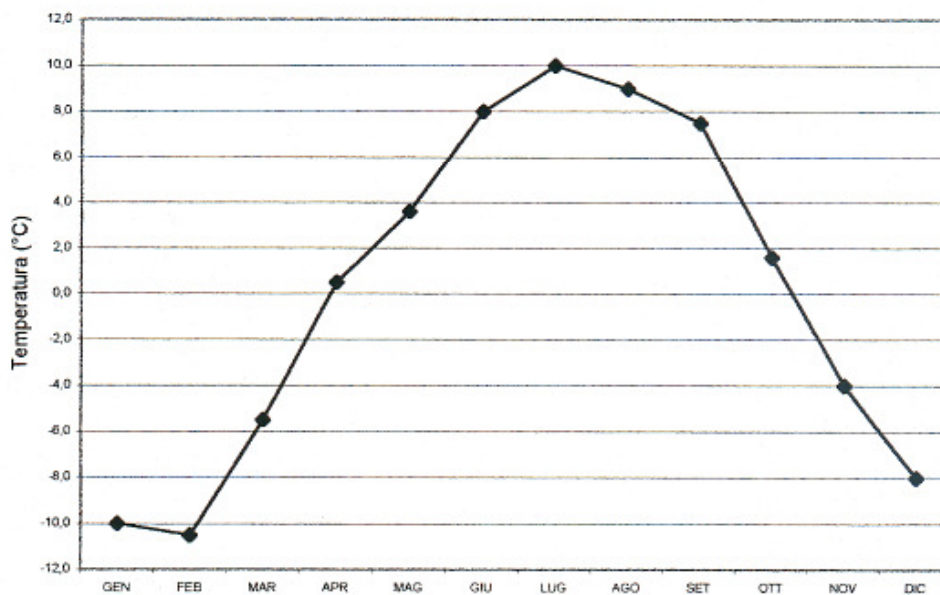


**TEMPERATURE MEDIE ANNUE**  
(Stazione di Desenzano, 1926-1972)**TEMPERATURE MEDIE MENSILI**  
(Stazione di Desenzano, 1926-1972)

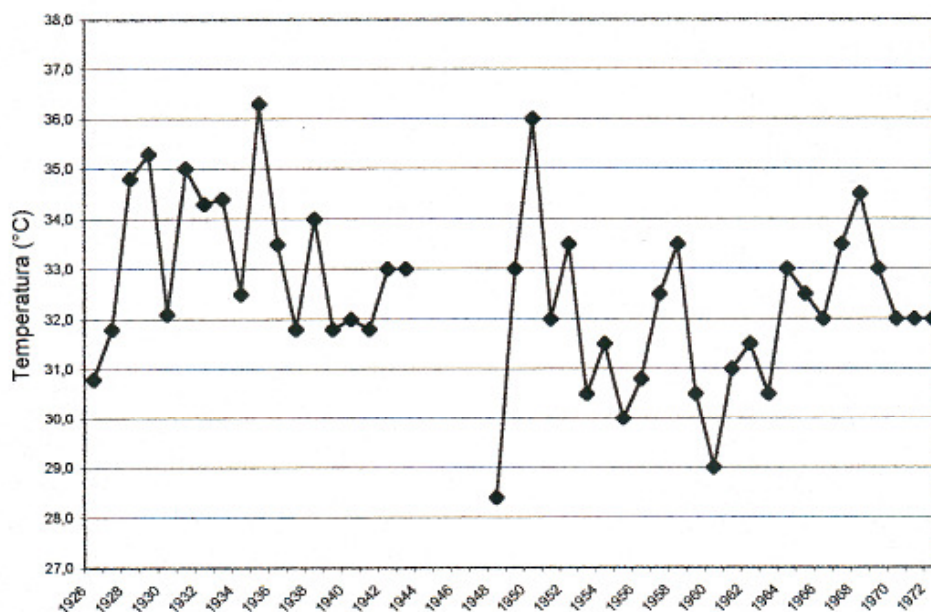
### TEMPERATURE MINIME ASSOLUTE ANNUE (Stazione di Desenzano, 1926-1972)



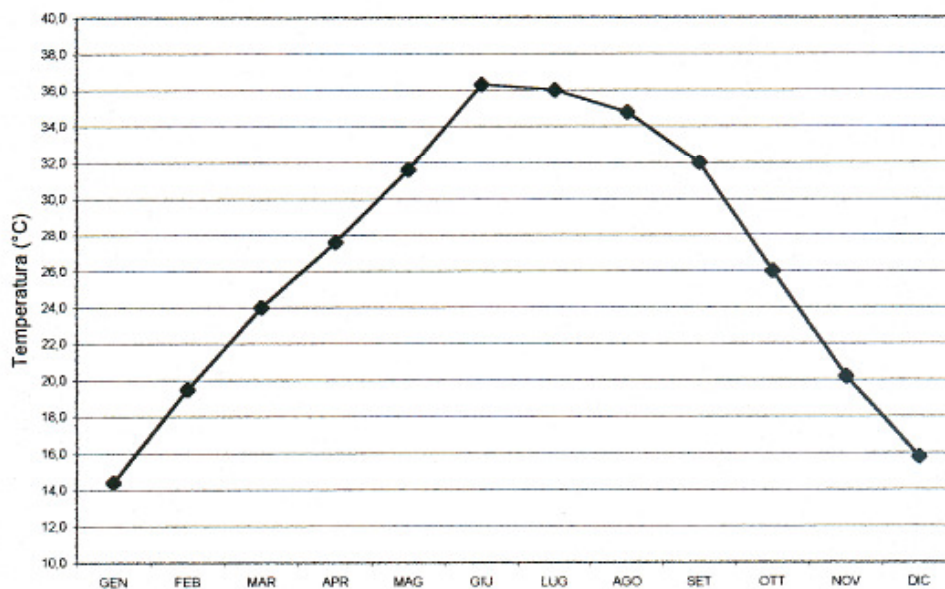
### TEMPERATURE MINIME ASSOLUTE MENSILI (Stazione di Desenzano, 1926-1972)



### TEMPERATURE MASSIME ASSOLUTE ANNUE (Stazione di Desenzano, 1926-1972)



### TEMPERATURE MASSIME ASSOLUTE MENSILI (Stazione di Desenzano, 1926-1972)





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 pseudolineare 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".

### 2.1.3 - Condizioni termopluviometriche: evapotraspirazione e deficit idrico

Noti i caratteri pluviometrici e termici del territorio, è possibile costruire il cosiddetto "diagramma termopluviometrico (o termoieto)", in cui sono riportati in ascisse i valori delle temperature medie mensili e in ordinate quelli delle precipitazioni medie mensili.

La suddivisione del campo del diagramma in quattro quadranti, per mezzo dell'ascissa e dell'ordinata dei rispettivi valori medi annuali, permette l'apprezzamento del dominio dei due elementi climatici e dei loro rapporti di interdipendenza, considerando il 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".

Lo studio comparato dei parametri "precipitazioni" e "temperatura" consente di valutare l'entità dell'evapotraspirazione e quella del deficit idrico.

L'evapotraspirazione potenziale (ETP) rappresenta il volume d'acqua massimo che può essere perso per evapotraspirazione, cioè la quantità d'acqua che può essere consumata dal potere evaporante dell'atmosfera (evaporazione) e dall'azione della copertura vegetale (traspirazione) in condizioni di alimentazione eccedente.

L'evapotraspirazione potenziale mensile viene comunemente determinata utilizzando il metodo di Thornthwaite (1948), che necessita come input solo dei valori della temperatura media mensile:

$$ETP = 16 \cdot (10 T_m/l)^a \cdot c \quad [\text{mm}]$$

dove:

$T_m$  = temperatura media mensile

$$l = \sum_{i=1}^{12} (t_i / 5)^{1,514}$$

$$a = (675 \cdot 10^{-9} \cdot l^3) - (771 \cdot 10^{-7} \cdot l^2) + (1792 \cdot 10^{-5} \cdot l) + 0,49239$$

$c$  = coefficiente correttivo della latitudine

L'evapotraspirazione reale (ETR) rappresenta invece il volume d'acqua che viene realmente perso per evapotraspirazione.

Questa grandezza può essere valutata mediante la formula di Turc (1954), secondo cui

$$ETR = P_m / [0,9 + (P_m^2/L^2)]^{0,5} \quad [\text{mm}]$$

dove:

$P_m$  = precipitazioni medie mensili [mm]

$$L = 300 + 25 T_m + 0,05 T_m^3$$

$T_m$  = temperatura media mensile dell'aria [°C]

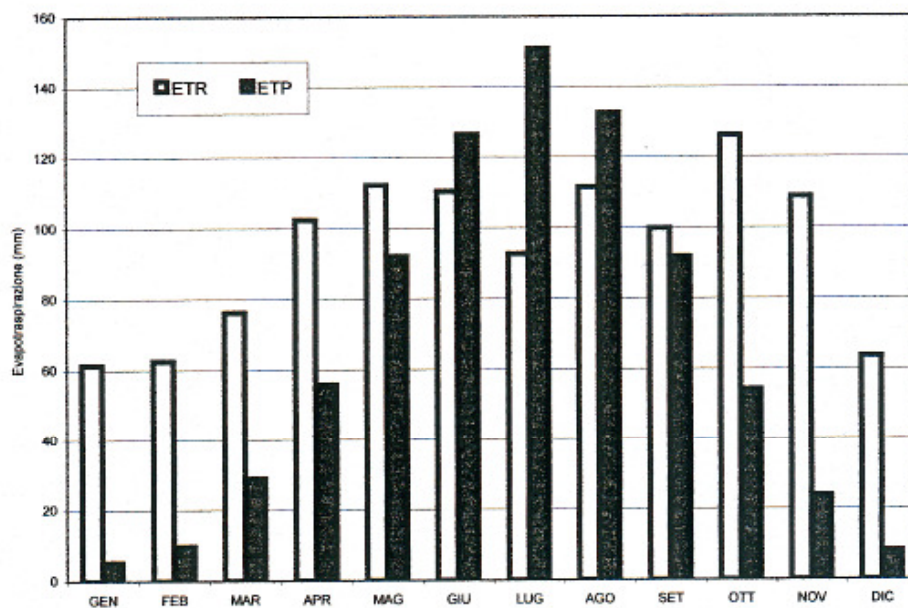
Il deficit idrico (D) viene calcolato come differenza tra l'evapotraspirazione potenziale mensile (ETP) e l'evapotraspirazione reale mensile (ETR):

$$D = ETP - ETR \quad [\text{mm}]$$

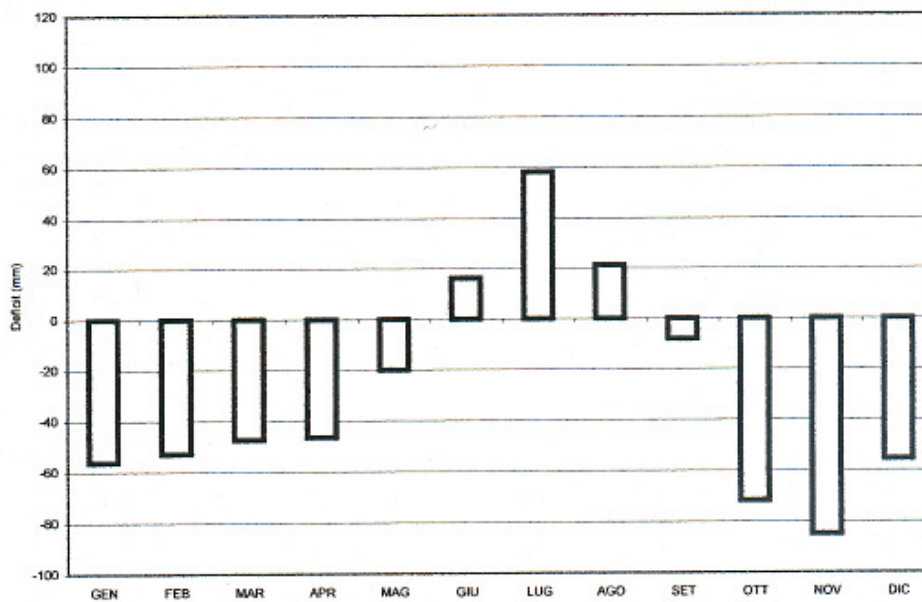
Come si può osservare nei diagrammi allegati, il deficit idrico è limitato ai mesi di giugno, luglio e agosto, con un valore massimo (pari a circa 58 mm) nel mese di luglio. L'eccedenza d'acqua non evapotraspirata si distribuisce sugli altri 8 mesi, con un massimo in novembre (circa 85 mm).

I valori ottenuti considerano trascurabile, nel corso dell'anno medio, l'immagazzinamento idrico nel suolo.

## EVAPOTRASPIRAZIONE REALE E POTENZIALE



## DEFICIT IDRICO

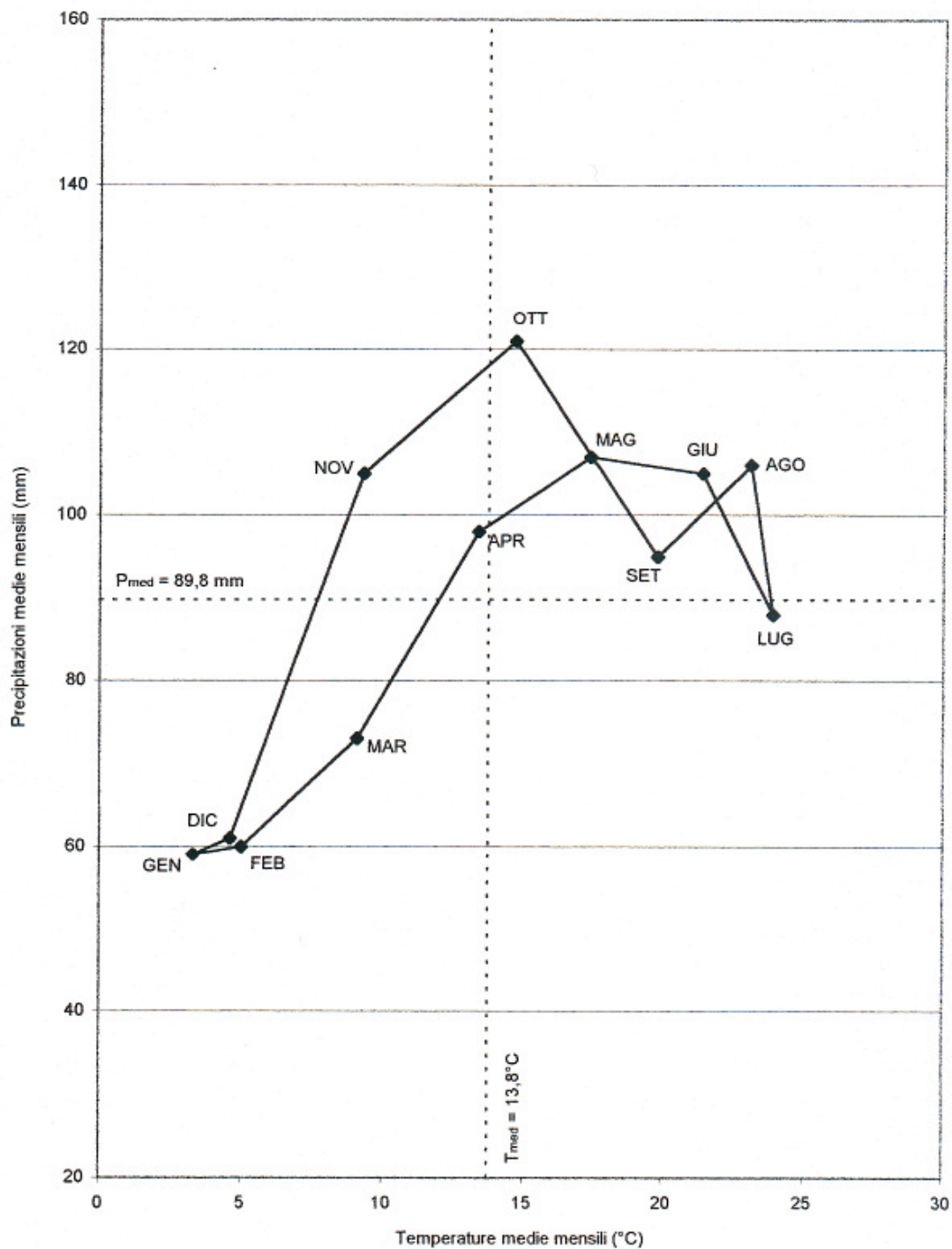


## **2.1.4 - Classificazione climatica**

La vicinanza del Lago di Garda influisce sul clima locale, mitigando i rigori invernali e riducendo le escursioni termiche stagionali e annue.

Considerando le temperature medie dei mesi estremi, la temperatura media annua e l'escursione termica annua, è possibile riferire il clima della zona alla Classe C ("clima temperato") della classificazione climatica di Köppen; più precisamente, considerando anche le precipitazioni medie mensili, è possibile definire tale clima come "clima temperato subcontinentale" (classe Cfa).

## DIAGRAMMA TERMOPLUVIOMETRICO



## 2.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.2.1 - Formazioni geologiche affioranti nel territorio comunale

L'area in esame si colloca in prossimità della sponda occidentale del Benaco, orlato verso valle da un ampio ed articolato anfiteatro morenico abbandonato dal ghiacciaio gardesano (che durante l'ultima glaciazione raggiungeva 400 m di spessore) nelle diverse epoche glaciali: ciò si traduce in un paesaggio caratterizzato da morbide colline allineate concentricamente.

Alle cerchie moreniche si interpongono piane più o meno ampie in cui si sono accumulati depositi alluvionali connessi agli scaricatori fluvio-glaciali quaternari: i rilievi citati risultano discontinui e parzialmente smantellati dall'attività di tali scaricatori, che sono stati in grado di dare origine ad estese piane ad andamento meandriforme, riprese in taluni casi dai corsi d'acqua olocenici. Nell'intero territorio comunale affiorano formazioni sedimentarie continentali, generalmente non litoidi, del Pleistocene e dell'Olocene come riportato nello stralcio della figura tratta dalla Carta Geologica delle Prealpi Bresciane che fornisce un inquadramento geologico generale della zona di studio.



**Stralcio del settore SE della Carta Geologica delle Prealpi Bresciane 1:50.000**

Queste coperture quaternarie sovrastano un basamento plio-pleistocenico di origine marina localmente ubicato a profondità compresa fra i 100 e i 200 m.

Le caratteristiche litologiche e geomorfologiche osservate mediante rilievi fotogrammetrici e di campagna e concordi con i dati bibliografici, hanno consentito l'individuazione dei seguenti depositi continentali:

**- Depositi alluvionali attuali:** depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi in corrispondenza di alvei attivi.

**- Conoidi alluvionali (*Olocene*):** conoide quiescente individuata in località Caselle e costituita da deposito massivo di ghiaia in matrice limo-argillosa.

**- Torbe e terreni torbosi (*Olocene*):** depositi argillosi neri paludosi e sartumosi, talora torbosi, localmente presenti in depressioni morfologiche tra una cerchia morenica e l'altra.

**- Alluvioni antiche terrazzate (*Olocene*):** depositi alluvionali, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi. La copertura pedogenizzata, generalmente brunastra, rientra nella categoria dei *Luvisols*.

**- Depositi fluvio-glaciale e fluviale Würm (*Pleistocene superiore*):** depositi essenzialmente ghiaiosi e sabbiosi, localmente cementati, talvolta alternati a livelli di materiali fini. A volte tali depositi sono caotici, privi di stratificazione; altrove la stratificazione, di vario tipo, si fa più evidente.

La prevalenza di termini grossolani, quali ghiaie e sabbie, è da mettere in relazione alla selezione idraulica operata dall'ambiente deposizionale di tipo fluvio-glaciale, 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. La copertura pedogenizzata è caratterizzata da *Calcisols*.

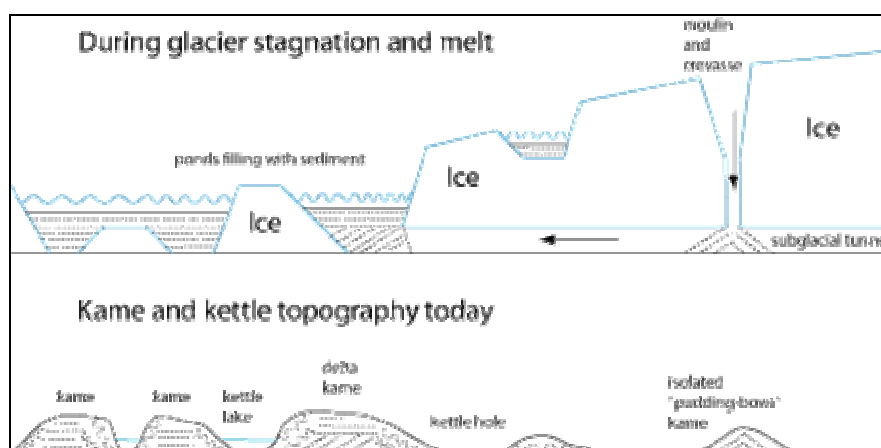
- **Morenico Würm** (*Pleistocene superiore*): depositi caotici, molto eterogenei e localmente debolmente cementati, costituiti in prevalenza da ghiaie, ciottoli e blocchi, con elementi calcarei predominanti in matrice limo-argillosa. Tali depositi sono il risultato dell'azione di erosione trasporto e sedimentazione glaciale e costituiscono le cerchie interne, più elevate e recenti, dell'Anfiteatro morenico del Garda. 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:

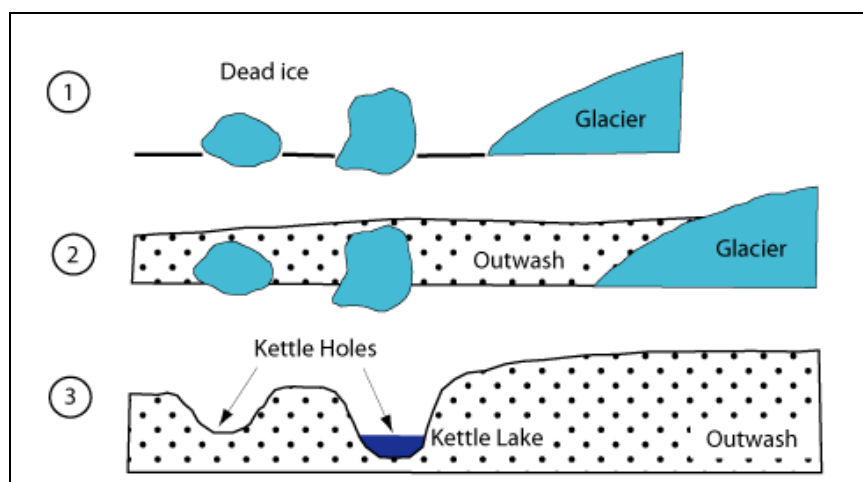
**Cordoni morenici:** caratterizzati da morfologia pronunciata ed allungata; testimoniano uno stazionamento o un'avanzata seguita da una fase di ritiro di un margine glaciale. Localmente mostrano scarsa continuità, dovuta a fenomeni di erosione glaciale e/o fluviale.



**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 declaciazione, causate da masse di ghiaccio morto precedentemente sepolte nel detrito.



Le unità e le morfologie sopra descritte sono rappresentati in TAV. 1.

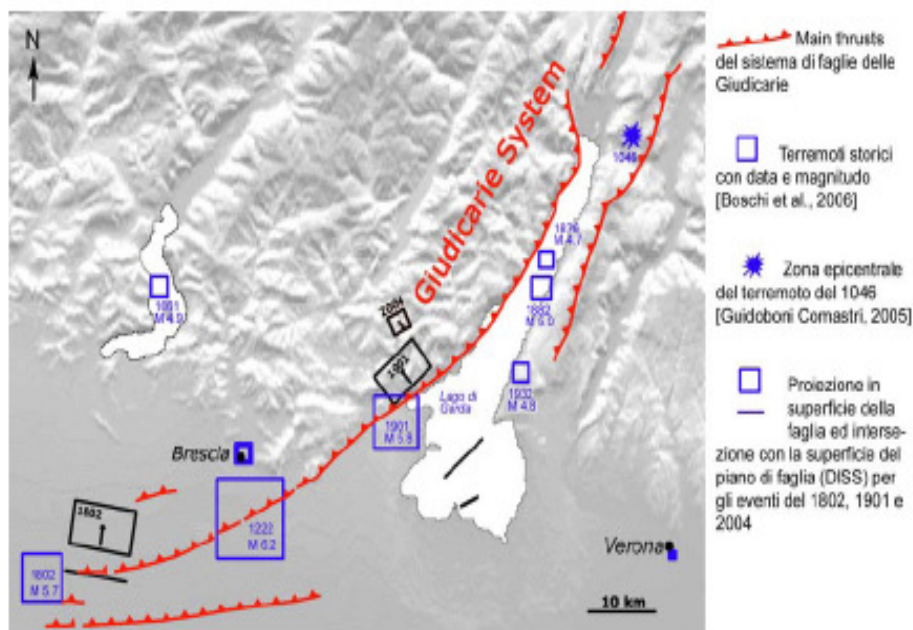
### 2.2.2 - Elementi tettonici

La regione gardense è posta in corrispondenza di una discontinuità che pone in contatto tettonico due domini diversi: il Bacino Lombardo (ad ovest) e l'Alto di Trento (ad est).

Questo allineamento strutturale noto come "Linea delle Giudicarie", si estende prevalentemente in direzione NE-SW, lungo la faglia detta "Linea Ballino-Garda", e rappresenta una linea tettonica di importanza regionale che si raccorda con lo svincolo della Linea Insubrica, che costituisce il confine fra le Alpi propriamente dette, a settentrione, e quelle Meridionali.

L'area gardesana è caratterizzata da una compressione tettonica in senso ONO-ESE, che determina sovrascorrimenti con vergenza ESE e SE, con piani di scorrimento suborizzontali o addirittura inclinati verso l'esterno, interpretabili in chiave di "ramp tectonics", ritenuti responsabili degli attuali sismi locali e degli innalzamenti riscontrati nell'area orientale del lago.

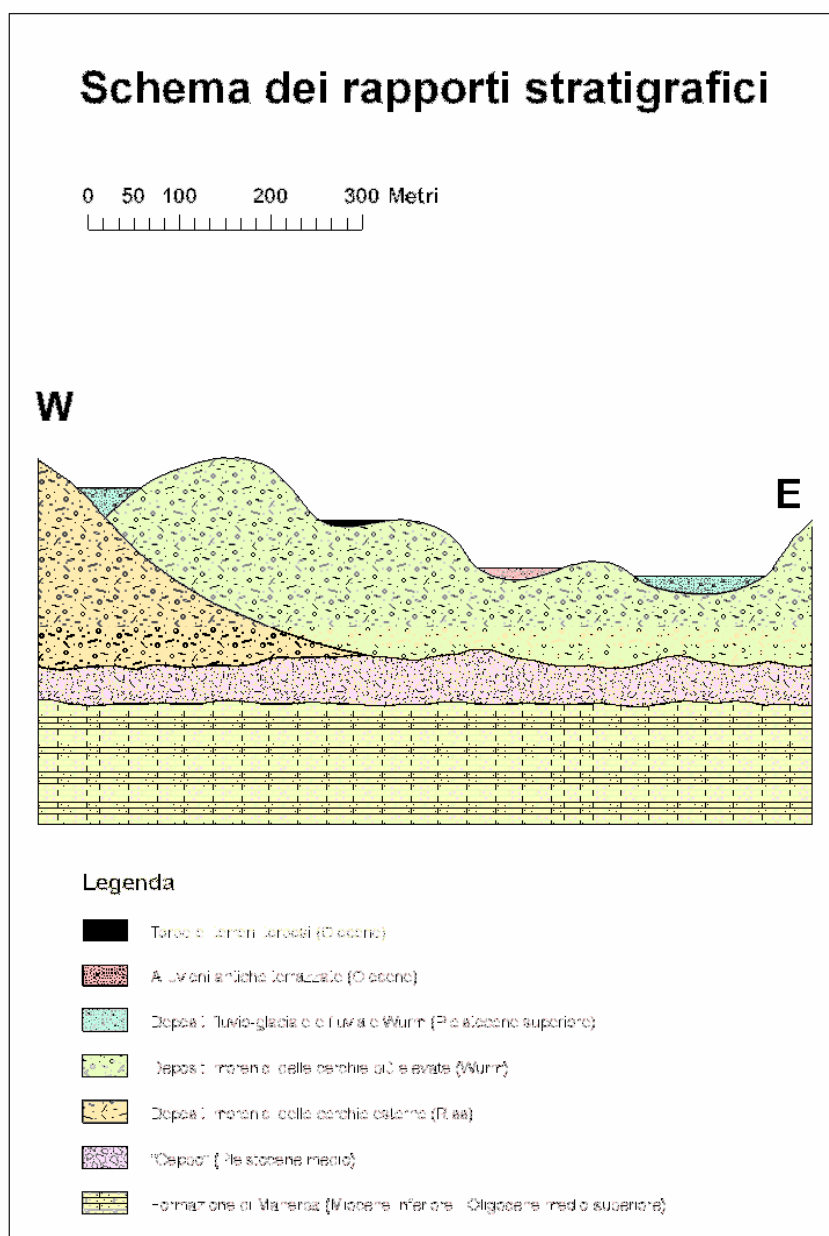
Questo settore pre-alpino è caratterizzato da faglie con orientazione NE-SW, che nel territorio comunale, appaiono sepolte dai depositi continentali quaternari.



**Schema sismo-tettonico dell'area**

### 2.2.3 - Schema dei rapporti stratigrafici e sezioni geologiche

La stima dei lineamenti strutturali, della successione stratigrafica, dello spessore e della forma dei depositi sono state possibili grazie alla consultazione di fonti bibliografiche, osservazioni di campagna ed analisi di stratigrafie di pozzo.



I terreni di copertura affioranti nell'area comunale appoggiano sopra alle seguenti unità a consistenza lapidea:

- **"Ceppo"** (*Pleistocene medio*)

Conglomerati prevalentemente calcarei alla cui base si trovano in genere argille sabbiose glacio-lacustri a diatomee. Essi dovrebbero verosimilmente corrispondere all'interglaciale Günz-Mindel.

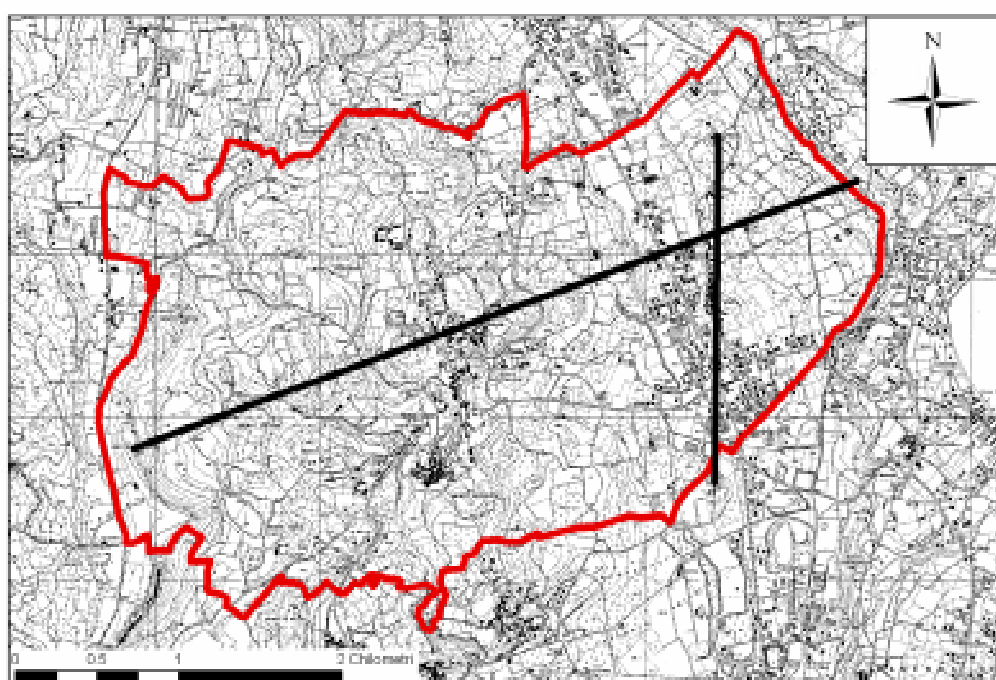
- **"Formazione di Manerba"** (*Miocene inferiore - Oligocene medio-superiore*)

Calcareniti, breccioline quarzoso-calcaree e sabbie giallastre, ricche di fossili (generi *Pecten*, *Nummulites*, *Lepidocyclina*), con intercalazioni marnose cineree, passanti superiormente a calcari arenacei, breccioline quarzose, arenarie grossolane poco cementate, pure assai fossiliferi (generi *Scutella*, *Clypeaster*, *Echinolampas*, *Lepidocyclina*, *Myogypsina*, *Planorbulina*, *Amphistegina*, *Heterostegina*).

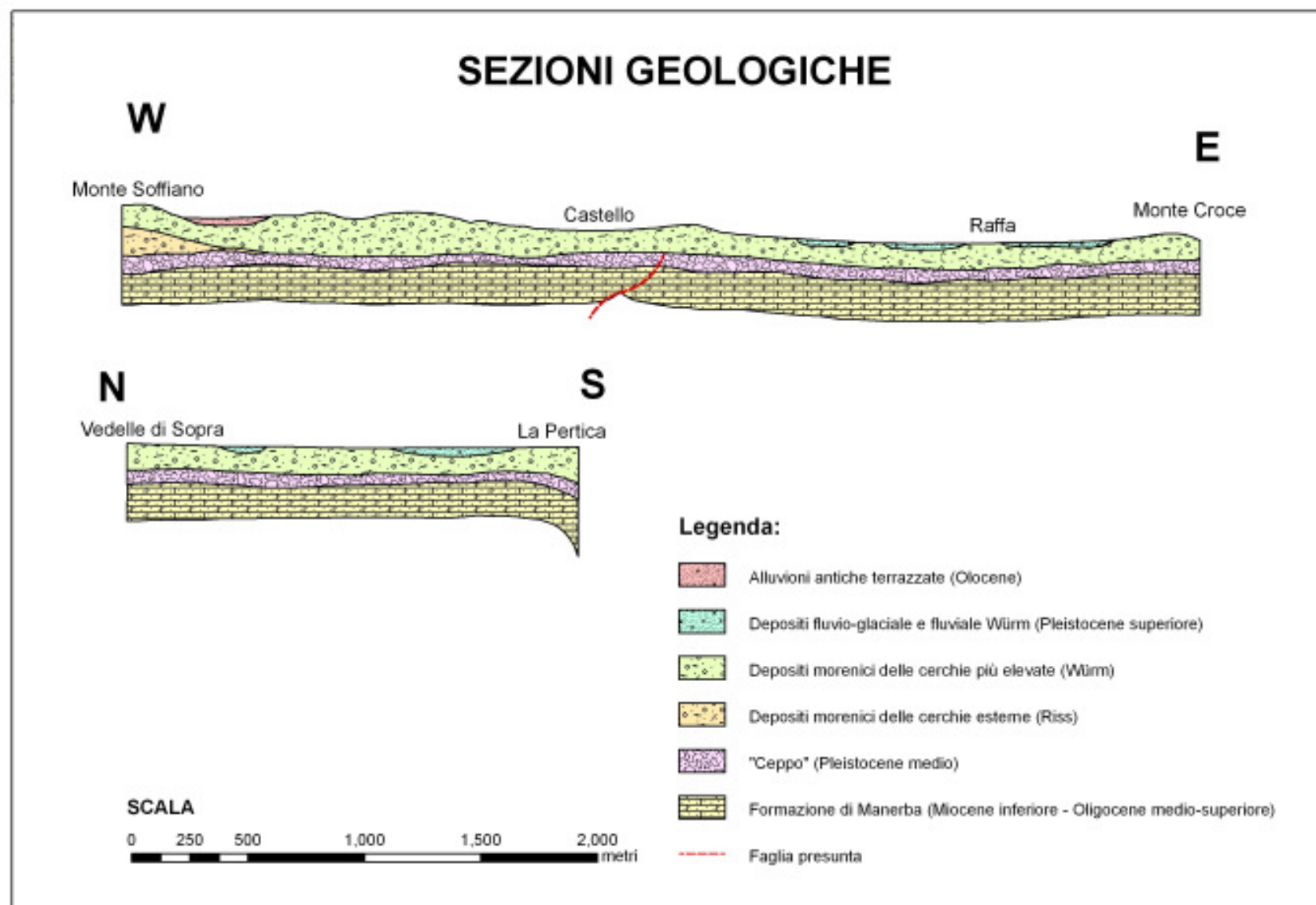
Da affioramenti in corrispondenza del promontorio della Rocca, della Punta Belvedere e dell'Isola di S. Biagio i litotipi in questione, appaiono interessati da diaclasi ed organizzati in strati spessi 20-30 cm immergenti verso NO con inclinazione di 30°-40° con stratificazione poco distinta: alcuni strati si presentano amalgamati.

La potenza, per i frequenti piegamenti degli strati e le possibili dislocazioni tettoniche, è difficile da valutarsi, ma si ritiene sia superiore a 150 m.

Localmente questa formazione presenta una struttura a sinclinale, con asse orientato NE-SW.



***Tracce delle sezioni***



## 2.3 - RETICOLO IDROGRAFICO

Il reticolo idrografico, si presenta piuttosto articolato con rii naturali e canali artificiali, impiegati nel settore agricolo, inoltre si osservano in alcune aree del comune, interventi di regimentazione delle acque come canali, tombature che hanno profondamente mutato i caratteri idrografici naturali.

Generalmente il sistema di drenaggio ha un modello dendritico, ma con una disposizione preferenziale orientata NW-SE, tra una cordone morenico e l'altro. Si individuano però tributari orientati E-W che hanno inciso i depositi morenici, probabilmente impostati sugli alvei di antichi scaricatori fluvio-glaciali.

I corsi d'acqua più importanti che costituiscono il reticolo idrico principale sono:

- **Fosso Riotto:** delimita il confine settentrionale del comune ed in località Cunettone esce dal territorio comunale per rientrarvi subito dopo, proseguendo in direzione sud, attraversa interamente la piana della Raffa confluenndo con il Rio Bergognini, poco più a nord di Crociale di Malerba.

Il Fosso Riotto mostra nel suo tratto iniziale, che meno risente dell'azione antropica, con carattere marcatamente erosivo che determina un *alveotipo* A<sub>2</sub> (L. Trevisan).

Il bacino idrografico di questo torrente occupa 3.2 km<sup>2</sup> del territorio comunale.

- **Rio Naviglio:** si origina dai Laghi di Sovenigo, viene poi alimentato dalle sorgenti Festole e più a sud da quelle del M. Basia. Attraversa il territorio di Polpenazze e insieme al Fosso Riotto da origine al Rio d'Avigo. Presenta *alveotipo* B<sub>2</sub> (L. Trevisan). Il bacino idrografico di questo torrente occupa 2.7 km<sup>2</sup> del territorio comunale.

Fanno parte del reticolo idrico secondario i seguenti corsi d'acqua: Fosso Aione, Fosso Monteacuto, Fosso C.na il Dosso, Fosso Monte Soffiano, Rio Naviglio.

Per quanto concerne l'assetto idrografico delle aree situate all'estremità occidentale del comune, queste appartengono in parte al bacino idrografico del lago Lucone ed in parte al bacino idrografico di San Quirico, situati in aree extracomunali.



Le aree situate all'estremità orientale del comune vengono drenate da un fosso che scorre parallelo al Fosso Riotto posto più ad est della collinetta in località Raffa.

Si tratta di corsi d'acqua per lo più a carattere temporaneo, con portate legate essenzialmente agli apporti delle precipitazioni meteoriche.

Il regime dei corsi d'acqua è governato principalmente dagli apporti meteorici; viste le ridotte dimensioni dei bacini particolare importanza hanno le precipitazioni di forte intensità e di breve durata.

Lungo i corsi d'acqua in più punti sono state individuate situazioni critiche che in passato hanno causato esondazioni, tali dissesti idraulici sono per lo più legati alle insufficienti sezioni di deflusso degli alvei che pertanto risultano inadatte a contenere le piene a carattere eccezionale. In conseguenza di ciò si verificano sovente allagamenti delle aree circostanti al corso d'acqua con frequenti danni a scantinati, strade, manufatti, ecc.. In alcuni casi per prevenire il verificarsi di queste situazioni sarà sufficiente mantenere puliti ed efficienti gli alvei, ripristinando le sezioni di deflusso originali, viceversa in altri casi, come ad esempio nelle località Piana della Raffa e Crociale Raffa, in prossimità di Monteacuto-C.na il Dosso, nella zona nord-occidentale di Castello e in località Mura-Case del Rio, al fine di scongiurare il ripetersi di esondazioni, sarà necessario risezionare alvei e i ampliare i tratti tombinati in base a mirati studi idrogeologico e idraulici.

Nel caso di nuovi insediamenti urbanistici si dovrà valutare con grande attenzione lo smaltimento delle acque meteoriche ed i problemi che questo crea sulla attuale rete idrografica.

Recentemente è stato avviato lo studio per il riconoscimento del reticolo idrico minore ai sensi delle d.g.r. n. 7/7868 del 25.1.2002 e n. 7/13950 del 1.8.2003.

Nel territorio comunale sono inoltre presenti alcuni bacini lacustri. Tra questi i più importanti sono i laghi di Sovenigo: un sistema di tre specchi d'acqua, comunicanti tra loro, alimentati dalle precipitazioni e sorgenti.

È nota un'antica galleria drenante della lunghezza di circa 150 m, che convogliava più ad est l'acqua raccolta dall'invaso dei Laghi di Sovenigo, passando tra i monti Fronzaga e Semonte.

Tale opera 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 causando la formazione del terzo lago, quello più orientale.

Attualmente è visibile l'imbocco della galleria in questo lago, appena a monte della soglia dell'emissario, e lo sbocco, coperto da una fitta vegetazione, in corrispondenza del quale è presente una piccola emergenza idrica.

Visto la piccola emergenza idrica, 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.

Si rimanda ad altro studio più approfondito e dettagliato l'analisi del rischio e le possibili opere e strategie di mitigazione del detto fenomeno.

Un'altro piccolo invaso è situato in corrispondenza del M. Basia.

## **2.4 - PROCESSI GEOMORFOLOGICI IN ATTO**

Sul territorio comunale non sono stati osservati problemi di stabilità dei versanti particolarmente gravi; sono comunque presenti nelle zone a maggiore acclività aree a franosità diffusa con soil-slip e processi gravitativi di modeste dimensioni e pertanto difficilmente cartografabili.

Sono inoltre presenti in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali aree estrattive attive e dismesse non ancora recuperate.

Le incisioni torrentizie sono interessate in occasione di eventi di piena da fenomeni di erosione spondale e d'alveo.

La rete idrografica presenta problemi di smaltimento delle acque, soprattutto nella piana della Raffa a causa della morfologia depressa e della presenza di canali tombati o con sezioni di deflusso spesso ostruite o insufficienti.

Inoltre in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi vengono convogliate lungo questo asse di drenaggio le acque di smaltimento del vicino comune di Salò, con quantità eccessive rispetto alle attuali possibilità di deflusso. In passato tali acque sono state convogliate in una buca antropica (fossa), avente funzione di cassa d'espansione per la laminazione delle acque, posta in prossimità del confine settentrionale in località Caselle.

Altre aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali sono principalmente localizzate in prossimità di Palude, Monte Acuto, località Case del Rio e Fosso Aione.

## **2.5 - IDROGEOLOGIA**

Nel seguente capitolo viene descritto l'assetto e le caratteristiche idrogeologiche generali del territorio comunale con particolare riferimento ad una valutazione di massima della falda freatica superficiale.

### **2.5.1 - Permeabilità delle litologie di superficie**

Il territorio comunale di Puegnago del Garda è caratterizzato in presenza di depositi sciolti.

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

La circolazione delle acque sotterranee sarà molto più diffusa nei depositi fluvioglaciali che non nelle morene (all'interno delle quali molto spesso si trovano lenti argillose) o nei depositi lacustri (caratterizzati da matrice argillosa); le variazioni granulometriche del terreno determinano la formazione di acquiferi separati da livelli impermeabili e di conseguenza l'instaurazione di falde superficiali a carattere locale e falde profonde a carattere regionale (probabilmente in condizioni artesiane) collegate alle zone esterne della pianura.

In analogia con quanto precedentemente riportato in ordine alle caratteristiche del territorio, i complessi geomorfologici e litologici descritti possono essere accorpati

anche in funzione delle peculiari caratteristiche idrogeologiche. Nel dettaglio, dal punto di vista delle caratteristiche di circolazione idrica sotterranea si possono distinguere le seguenti unità (TAV. 2):

Unità a bassa permeabilità ( $K = 10^{-6} \div 10^{-9}$  m/s): comprende i terreni palustri olocenici. Si tratta di sedimenti fini o torbosi coesivi e semicoesivi, privi di una circolazione idrica significativa.

Unità a medio-bassa permeabilità ( $K = 10^{-5} \div 10^{-6}$  m/s): comprende i depositi morenici pleistocenici, in cui risulta a volte confinata la falda freatica (prima falda) delimitata verso il basso dall'eventuale presenza di sequenze limoso-argillose.

Unità a medio-alta permeabilità ( $K = 10^{-2} \div 10^{-5}$  m/s): comprende le alluvioni fluvioglaciali e fluviali attuali. La circolazione all'interno dei depositi alluvionali di fondo alveo avviene mediante transfert di massa e di energia per dispersione in subalveo delle acque fluviali; il regime piezometrico è direttamente correlato a quello delle portate dei corsi d'acqua.

### **2.5.2 - Circolazione idrica sotterranea**

Le valutazioni delle caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale sono state eseguite sulla base di dati piezometrici rilevati nel corso di precedenti campagne di indagine.

Il territorio comunale è caratterizzato da falda freatica superficiale ed una falda profonda maggiormente produttiva avente carattere artesianesimo ed interesse regionale.

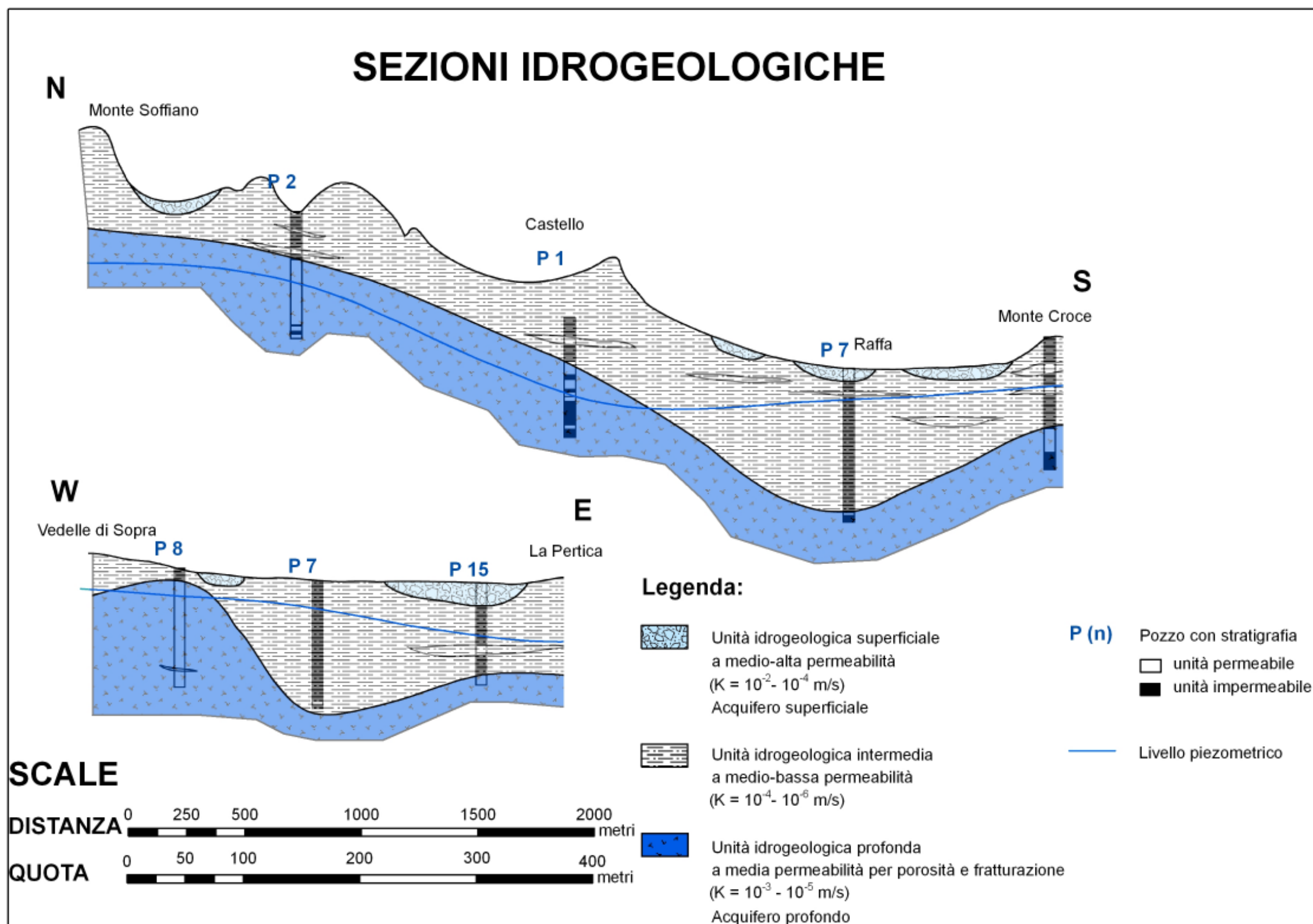
All'interno dei depositi morenici, alla base dei versanti collinari, si hanno acquiferi superficiali generalmente discontinui e di bassa produttività caratterizzati da falde idriche sospese, connessi con le precipitazioni meteoriche.

I depositi fluvio-glaciali sono anche essi caratterizzati da falde freatiche superficiali generalmente piuttosto continue ma di scarsa produttività.

Acquiferi più sviluppati e di maggiore produttività si hanno a profondità superiori; questi sistemi acquiferi multistrato (acquiclude) 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 artesianesimo, non direttamente influenzate dall'andamento delle precipitazioni e collegate ad alimentazioni distali che ne consentono valori di immagazzinamento notevoli.

I livelli piezometrici rilevati diminuiscono da 184 m (s.l.m.), in corrispondenza del pozzo di Festole, nel settore collinare del comune, a 80 m (s.l.m.), in prossimità di Crociale Raffa, nella pianura.

La direzione del flusso volge verso il lago, con orientamento S-SE.



### 2.5.3 - Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

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 idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo.

La vulnerabilità naturale (o intrinseca) all'inquinamento di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, tra i quali i principali sono:

- litologia di superficie;
- litologia di profondità e profondità del tetto delle ghiaie s.l.;
- acquifero caratterizzato da falda libera o falda freatica;
- acquifero caratterizzato da falda in pressione o falda artesianica.

Sulla base della presenza o meno di un certo tipo di acquifero ed in base alle litologie presenti, e in ordine cioè all'aumento e diminuzione del grado di permeabilità verticale e/o orizzontale, è possibile effettuare una zonizzazione del territorio in questione assegnando alle combinazioni dei suddetti fattori determinati gradi di rischio naturale. La metodologia per la classificazione dell'area deve tenere in debita considerazione la maggiore o minore difficoltà offerta dai depositi alluvionali, che sovrastano l'acquifero saturo, alla percolazione nei confronti di eventuali agenti inquinanti provenienti dalla superficie topografica.



A tale scopo il gruppo di ricerca GNDICI-CNR (AA.VV., 1988) su basi idro-litologiche ha distinto cinque classi a diverso grado di vulnerabilità come visibile nella tabella seguente:

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

Diversi e molteplici sono i parametri aggiuntivi che è possibile confrontare ed incrociare con quelli sopra citati, al fine di apportare maggiore dettaglio nella zonizzazione di superficie o per tenere conto dell'elemento inquinante più probabile per un determinato territorio.

Ai fini del presente studio sono stati considerati i quattro parametri principali precedentemente elencati.

Dall'applicazione dei parametri di cui sopra si evince che l'area in oggetto si sviluppa in un ambito geomorfologico-idrogeologico caratterizzato da un grado di vulnerabilità naturale "BASSO" in corrispondenza dei depositi morenici e nei terreni torbosi ( $mo^w$ ), at) ed "ALTO" ed "ELEVATO" per i depositi alluvionali e fluvio-glaciali ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $fg^w$ ) (TAV. 1).

#### **2.5.4 - Emergenze di acque sotterranee**

Nel territorio di Puegnago del Garda non sono presenti emergenze idriche significative.

In tale contesto le uniche eccezioni sono rappresentate da aree ubicate ai piedi di rilievi morenici: ad est del M. Bessoli, a S-E del M. Strasse ed a Ovest dell'abitato di Palude. Queste 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).

#### **2.5.5 - Aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee**

Sulla base di quanto previsto dal d.lgs. 258/ 2000 - "Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128", sono state individuate per la captazione ad uso idropotabile aree di salvaguardia, cioè zone circostanti le opere di presa in cui vengono imposti vincoli e limitazioni d'uso del territorio atti a tutelare le acque dall'inquinamento.

Più precisamente, sono state distinte le seguenti zone:

##### Zona di tutela assoluta:

la zona di tutela assoluta e' 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. 5, comma 4).

Zona di rispetto:

## Art. 5

La zona di rispetto e' 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;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) 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. 6

Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 5, 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 5.

#### Art. 7

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.

#### 2.5.6 - L'acquedotto comunale

L'acquedotto comunale di Puegnago del Garda è alimentato mediante opere di captazione in falda di tipo verticale (pozzi) poste in località Fontane (Castello) e Festole (Monte Bespoli).

La rete dell'acquedotto comunale è in gestione dall'Azienda Garda Uno Spa, e serve attualmente una popolazione residente di 3.000 abitanti, con punte nel mese di agosto che di fatto quintuplicano questo valore. La disponibilità idropotabile del sistema acquedottistico non è in grado di soddisfare la forte richiesta nei mesi maggiormente siccitosi per cui sono state attivate interconnessioni con pozzi privati.

Al fine di garantire una possibile riserva idropotabile è stata sottoposta a vincolo un'area in corrispondenza del Pozzo Sercole vicino a Monte Strasse, in cui è già presente un'opera di captazione e raccolta.

### 2.5.7 – Fonti di approvvigionamento idrico

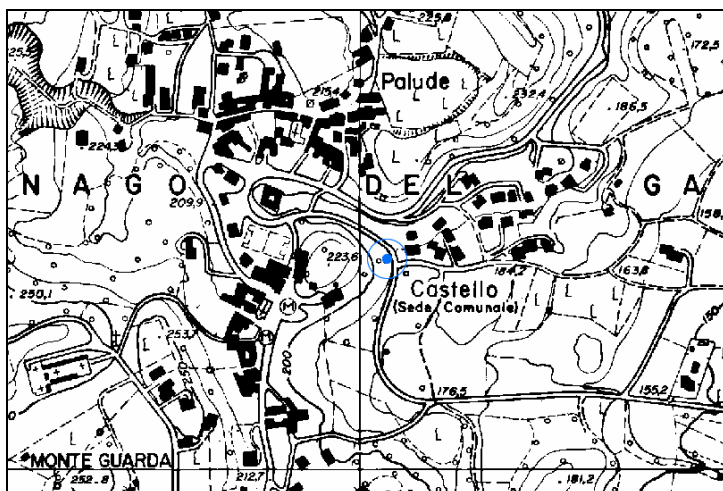
Di seguito sono riportate le caratteristiche dei pozzi ad uso idropotabile presenti nel territorio comunale:

#### - POZZO DI FONTANE O CASTELLO

##### 1 – DATI IDENTIFICATIVI

|                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| n. di riferimento e denominazione    | 1                            |
| Località                             | Fontane o Castello           |
| Coordinate chilometriche Gauss Boaga | X: 2.169.835<br>Y: 5.056.000 |
| Quota (m s.l.m.)                     | 186                          |
| Profondità (m da p.c.)               | 112                          |

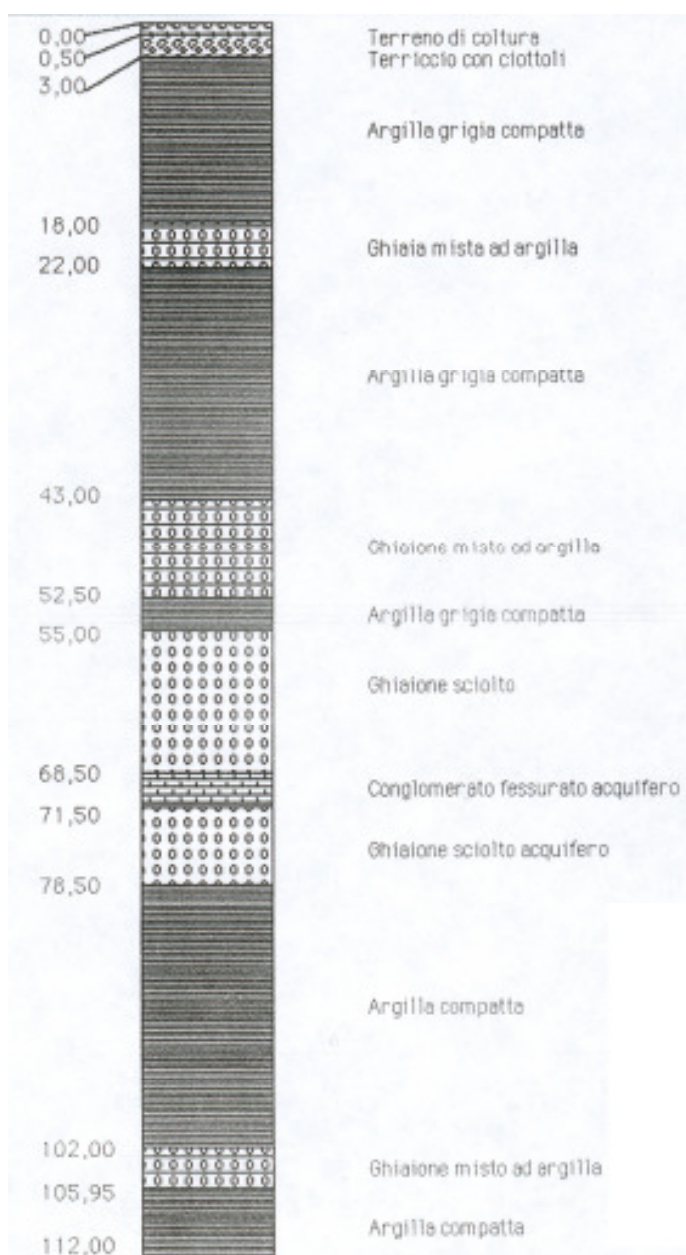
Ubicazione pozzo stralcio (da CTR)



## 3 – DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

|                        |                                             |
|------------------------|---------------------------------------------|
| Proprietario           | Comune                                      |
| Anno                   | 1984                                        |
| Stato                  | Attivo                                      |
| Tipologia utilizzo     | Potabile                                    |
| Portata estratta (l/s) | 20-25                                       |
| Diametro (mm)          | 600                                         |
| Filtri                 | 46,50/52,50<br>55,50/78,00<br>102,00/105,95 |

## 3 – STRATIGRAFIA



4- SOGGIACENZA : 68,40 m

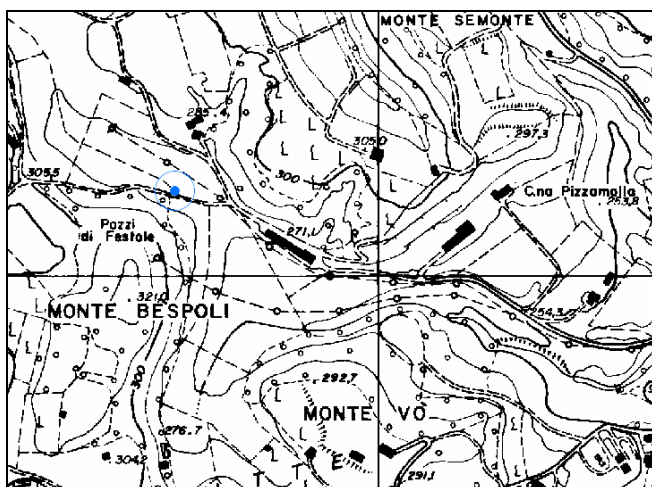
## 5 – ANALISI CHIMICO-FISICHE E BATTERIOLOGICHE

Eseguite nel 2006 da Garda 1 S.p.A. – Unità Operativa Acque Potabili

| Parametri                 | U.M.                 | Limiti<br>D.Lgs.<br>31/01 | 21mar | 22giu    |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|-------|----------|
| pH                        |                      |                           |       | 7,3      |
| Colore                    | (mg/l)scala<br>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<br>20°C   | µS/cm                | 2500                      |       | 548      |
| Residuo a 180<br>°C       | mg/l                 | 1500                      |       | 370      |
| Ossidabilità              | mgO <sub>2</sub> /l  | 5                         |       | < 0,5    |
| Sodio                     | mgNa/l               | 200                       |       | 11       |
| Cloruro                   | mgCl/l               | 250                       |       | 14,1     |
| Solfato                   | mgSO <sub>4</sub> /l | 250                       |       | 18,2     |
| Ammoniaca                 | mgNH <sub>4</sub> /l | 0,5                       |       | < 0,05   |
| Nitriti                   | mgNO <sub>2</sub> /l | 0,1 - 0,5                 |       | < 0,03   |
| Nitrati                   | mgNO <sub>3</sub> /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-<br>tetracloroetilene | µg/l                 | 10<br>(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<br>totale | µg/l                 | 0,5                       |       | < 0,125  |
| CBT a 22° C               | UFC/1 ml             | Senza<br>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      |

**POZZO DI FESTOLE:****1 – DATI IDENTIFICATIVI**

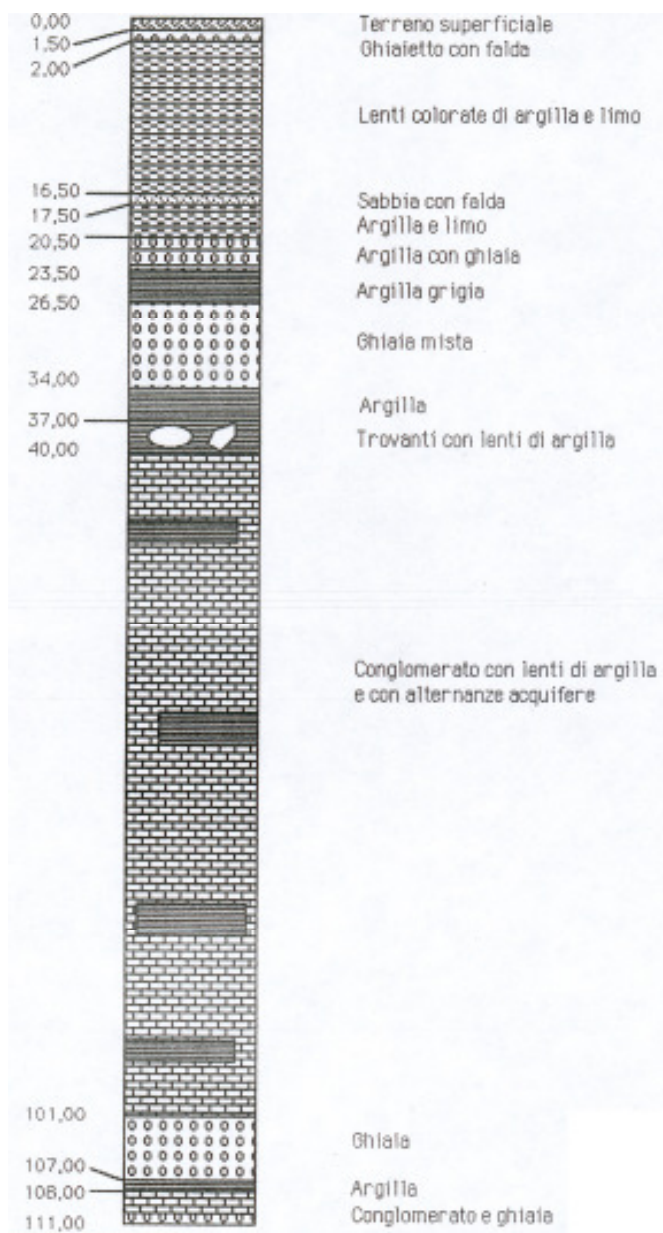
|                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| n. di riferimento e denominazione    | 2                            |
| Località                             | Festole                      |
| Coordinate chilometriche Gauss Boaga | X: 2.168.484<br>Y: 5.055.913 |
| Quota (m s.l.m.)                     | 295                          |
| Profondità (m da p.c.)               | 111,00                       |

**4 – DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA**

|                        |                                         |
|------------------------|-----------------------------------------|
| Proprietario           | Comune                                  |
| Anno                   | 1980                                    |
| Stato                  | Attivo                                  |
| Tipologia utilizzo     | Potabile                                |
| Portata estratta (l/s) | 8                                       |
| Diametro (mm)          | 125                                     |
| Filtri                 | 26,90/33,00<br>83,90/90,00<br>95,80/108 |



## 3 – STRATIGRAFIA



4- SOGGIACENZA: 65,00 m

## 5 – ANALISI CHIMICO-FISICHE E BATTERIOLOGICHE

Eseguite nel 2006 da Garda 1 S.p.A. – Unità Operativa Acque Potabili

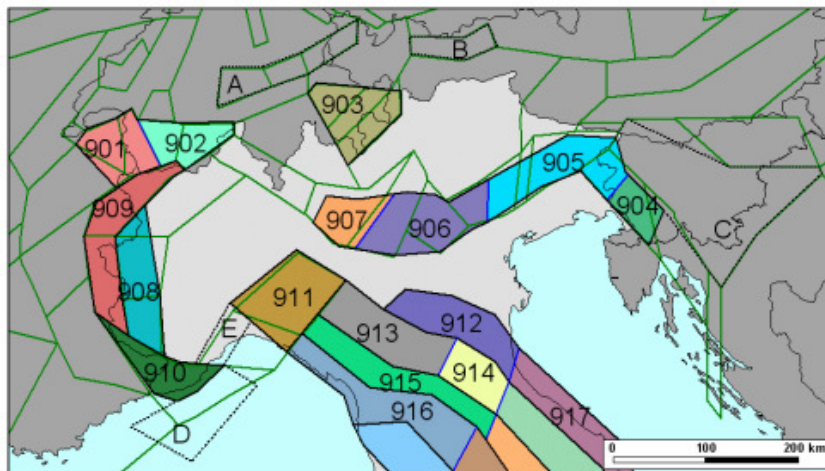
| Parametri                 | U.M.                 | Limiti<br>D.Lgs.<br>31/01 | 21mar | 22giu    | 15set |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|-------|----------|-------|
| pH                        |                      |                           |       | 7,1      |       |
| Colore                    | (mg/l)scala<br>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<br>20°C   | µS/cm                | 2500                      |       | 678      |       |
| Residuo a 180<br>°C       | mg/l                 | 1500                      |       | 450      |       |
| Ossidabilità              | mgO2/l               | 5                         |       | < 0,5    |       |
| Sodio                     | mgNa/l               | 200                       |       | 3,2      |       |
| Cloruro                   | mgCl/l               | 250                       |       | 13,8     |       |
| Solfato                   | mgSO4/l              | 250                       |       | 38,8     |       |
| Ammoniaca                 | mgNH4/l              | 0,5                       |       | < 0,05   |       |
| Nitriti                   | mgNO2/l              | 0,1 - 0,5                 |       | < 0,03   |       |
| Nitrati                   | mgNO3/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-<br>tetracloroetilene | µg/l                 | 10<br>(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<br>totale | µg/l                 | 0,5                       |       | < 0,125  |       |
| CBT a 22° C               | UFC/1 ml             | Senza<br>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   |

### 3 - ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI IN SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA

#### 3.1 - MACROZONIZZAZIONE SISMICA

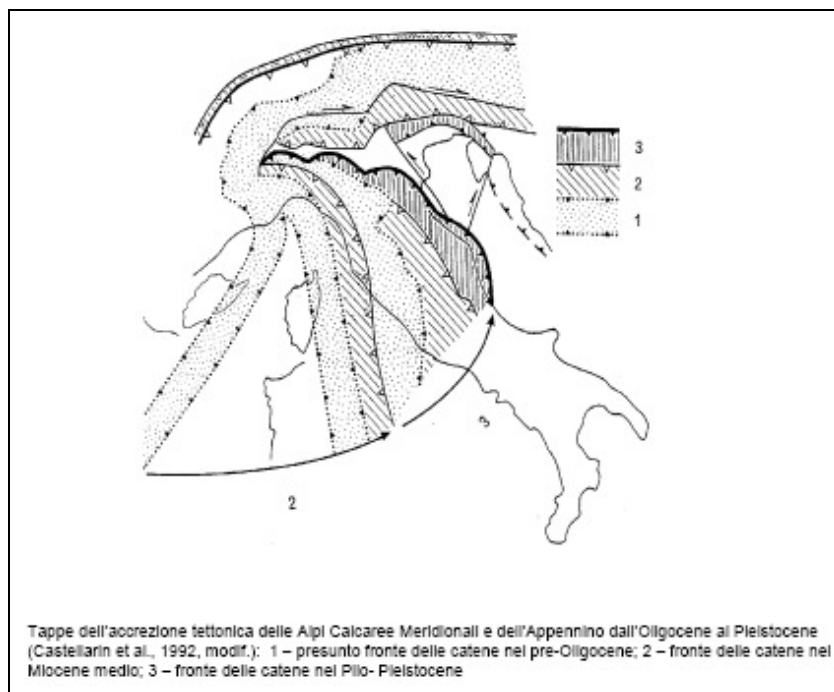
Si possono fare alcune considerazioni di massima, considerando i dati riportati in letteratura.

Il territorio comunale ricade nella zona di convergenza tra piastra adriatica e piastra europea (Alpi e Subalpino) caratterizzata da meccanismi di rottura di tipo thrust e transpressivi individuata nella zonazione sismogenetica ZS4, adottata dal GNDT nel 1996; nella nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), attualmente in vigore, l'area in esame si trova all'interno della zona sismogenetica 906.



***Zonizzazione sismogenetica ZS9 per il nord Italia***

In questa zona sismogenetica si verificano terremoti con meccanismi di fagliazione prevalentemente di tipo “inverso” con profondità ipocentrale compresa tra 5-10 Km; raramente si riscontrano attività nella crosta inferiore o nel mantello sotto la catena.



In dipendenza della presenza di estesi fronti di accavallamento geodinamicamente attivi nel sottosuolo della bassa bresciana, e dei sovrascorrimenti lungo la linea delle Giudicarie, si genera un'attività sismica medio-alta.

Le strutture sismogenetiche attive localmente sepolte, che sono identificabili in faglie connesse con la Linea Ballino-Garda, che interessano soprattutto il substrato mesozoico, sono responsabili dei principali fenomeni tellurici.

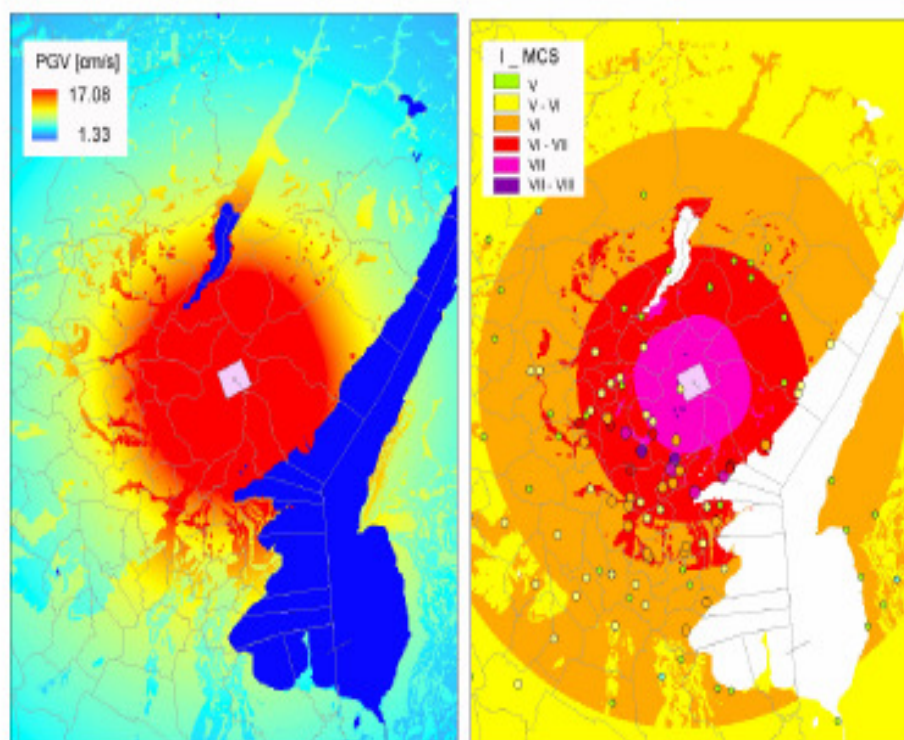
Nella seguente tabella sono riportati i principali eventi sismici verificatisi in un raggio di 50 Km dal centro del territorio comunale.

|      |                                                                       |         |      |                             |                                                                     |                                        |
|------|-----------------------------------------------------------------------|---------|------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| N    | numero d'ordine                                                       | (I4)    |      |                             |                                                                     |                                        |
| Tr   | tipo di record (indica se esistono dati di base)                      | (A2)    | Lat  | Localizzazione epicentrale: | latitudine in gradi e decimali                                      | (A6)                                   |
| Anno | tempo origine:                                                        | anno    | (I4) | Lon                         | longitudine in gradi e decimali                                     | (A6)                                   |
| Me   |                                                                       | mese    | (I2) | TL                          | codice di localizzazione                                            | (A1)                                   |
| Gi   |                                                                       | giorno  | (I2) |                             |                                                                     |                                        |
| Or   |                                                                       | ora     | (I2) | Me                          | magnitudo:                                                          | magnitudo equivalente (I3)             |
| Mi   |                                                                       | minuto  | (I2) | De                          |                                                                     | errore associato alla stima di Me (I2) |
| Se   |                                                                       | secondo | (I2) | Mm                          |                                                                     | magnitudo macrosismica (I3)            |
| AE   | denominazione dell'area dei massimi effetti                           | (A20)   | Dm   |                             | errore associato alla stima di Mm                                   | (I2)                                   |
| Rt   | codice bibliografico dell'elaborato di riferimento                    | (A6)    | Tm   |                             | codice di determinazione di Mm                                      | (A1)                                   |
| Np   | numero dei punti di intensità                                         | (I4)    | Ms   |                             | magnitudo strumentale                                               | (I3)                                   |
| Imx  | intensità massima (scala MCS)                                         | (I3)    | Ds   |                             | errore associato alla stima di Ms                                   | (I2)                                   |
| Io   | intensità epicentrale (scala MCS)                                     | (I3)    | Ts   |                             | codice di determinazione di Ms                                      | (A1)                                   |
| TI   | codice di determinazione Io                                           | (A1)    | Ma   |                             | magnitudo media pesata                                              | (I3)                                   |
| Ncft | codice di aggancio: numero progressivo dei record nel catalogo CFTI 2 | (I3)    | Da   |                             | errore associato alla stima di Ma                                   | (I2)                                   |
|      |                                                                       |         | Nnt  |                             | codice di aggancio: numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1 | (I4)                                   |

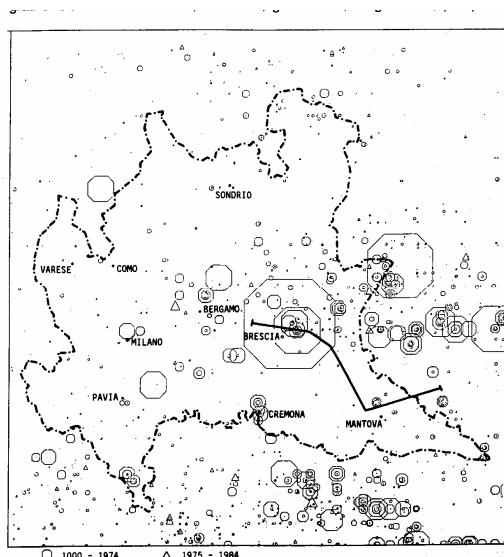
**Studio di geologia Dott. Geol. Alberto Trivioli**  
Strada Farini, 5 - 43100 Parma  
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: [geoltriv@tin.it](mailto:geoltriv@tin.it)

Agli eventi sismici riportati in tabella si aggiunge la scossa di Magnitudo 5,2 della Scala Richter registrata il 24 novembre 2004 alle ore 23.59.

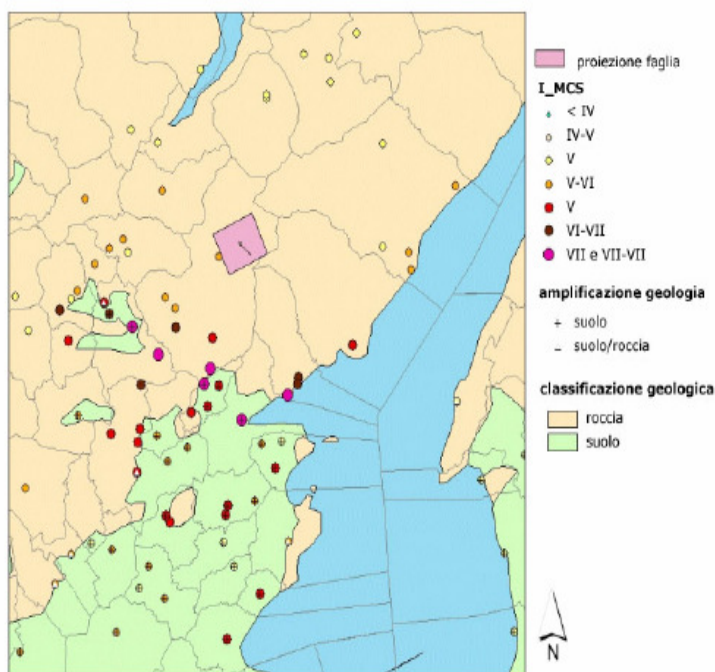
Tale scossa, che ha avuto una durata di circa 20 secondi, ha avuto il proprio epicentro a 10 chilometri di profondità in una zona compresa tra Salò, Vobarno e Toscolano Maderno.



***A sinistra: campo di scuotimento in termini di PGV [cm/s] calcolato per l'evento del 24 novembre 2004 attraverso la relazione SP96 (Sabetta e Pugliese, 1996). A destra: conversione dello scenario precedente in termini di intensità attraverso la relazione FC06 (Faccioli e Coruzzi, 2006)***



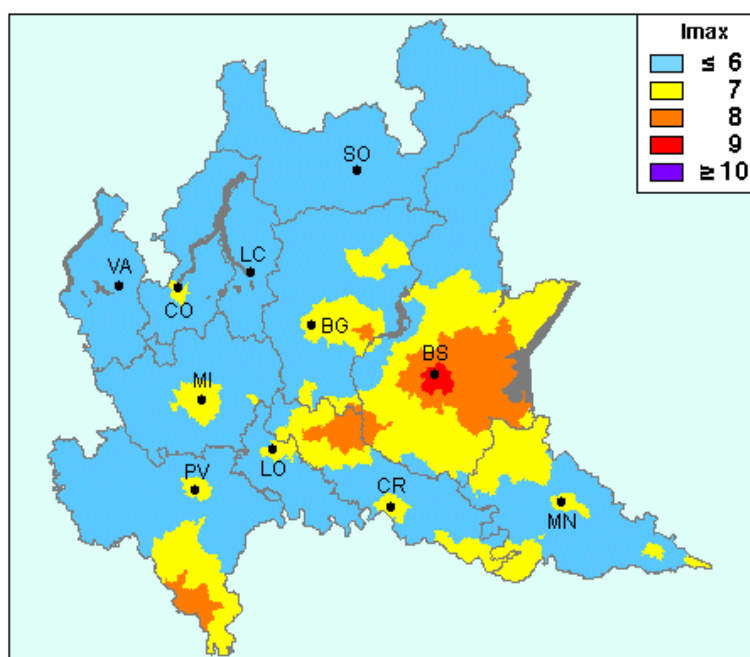
**Terremoti avvenuti in Lombardia dall'anno 1000 al 1984; l'area dei poligoni è proporzionale alla magnitudo dei sismi**



**Caratterizzazione geologica delle osservazioni sismiche (scala 1:500.000)**



A conferma di quanto riportato in precedenza si riporta la carta delle “Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING” (Molin et al., 1996) nella quale, per il territorio del comune di Puegnago del Garda viene indicato un terremoto del VIII° grado MCS per cui, pur presentando caratteristiche sismogenetiche non del tutto trascurabili, l'area oggetto di studio non presenta una pericolosità sismica elevata.

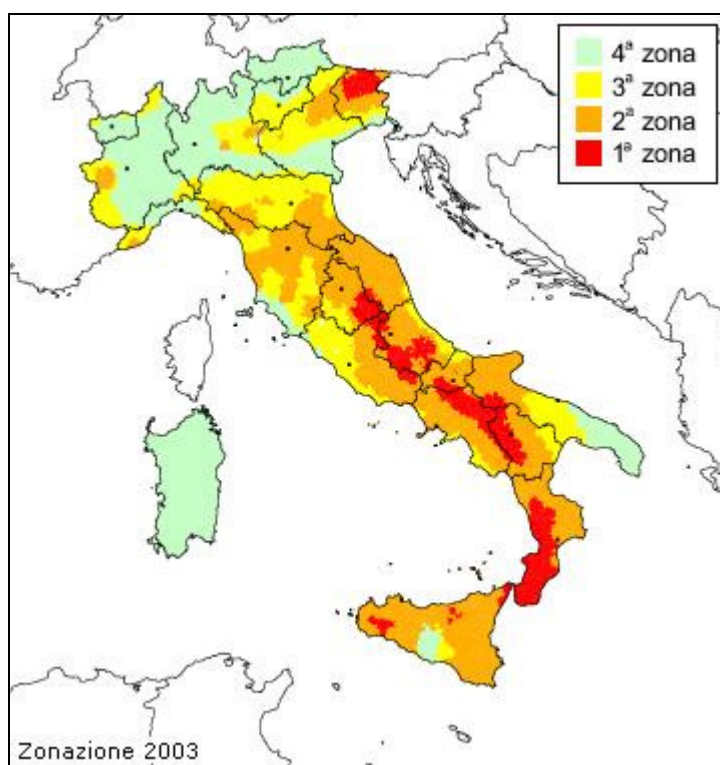


***Carta delle “Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING” (Molin et al., 1996) per la Regione Emilia Romagna***



### 3.2 - MICROZONIZZAZIONE SISMICA

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 il comune di Puegnago del Garda viene classificato in zona 2.



***Riclassificazione sismica in base all'Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003, il n° di comuni si riferisce all'intero territorio regionale***

Nelle norme tecniche allegate all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A).

| zona | accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni<br>[ $a_g/g$ ] | accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)<br>[ $a_g/g$ ] |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | > 0,25                                                                                          | 0,35                                                                                                       |
| 2    | 0,15-0,25                                                                                       | 0,25                                                                                                       |
| 3    | 0,05-0,15                                                                                       | 0,15                                                                                                       |
| 4    | <0,05                                                                                           | 0,05                                                                                                       |

Nelle classificazioni definite dai decreti emessi fino al 1984 la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S, nella classificazione proposta dal Gruppo di Lavoro del 1998 vennero invece proposte tre categorie sismiche (prima, seconda e terza) ed una categoria per i comuni Non Classificati, la nuova classificazione (Ordinanza del PCM n.3274/2003) prevede invece la suddivisione in quattro zone numerate da 1 a 4. Nello schema seguente si riporta la corrispondenza tra le diverse classificazioni.

| Decreti fino al 1984 | GdL 1998          | Classificazione 2003 |
|----------------------|-------------------|----------------------|
| S = 12               | Prima categoria   | Zona 1               |
| S = 9                | Seconda categoria | Zona 2               |
| S = 6                | Terza categoria   | Zona 3               |
| Non classificato     | Non classificato  | Zona 4               |

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/08 sono state approvate le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n°29 del 04/02/08); le “Nuove norme tecniche per le costruzioni” sono in vigore, a partire dal 5 marzo 2008, contestualmente alla norma transitoria che, fino al 30 giugno 2009 (Art 20 L.31 del 28

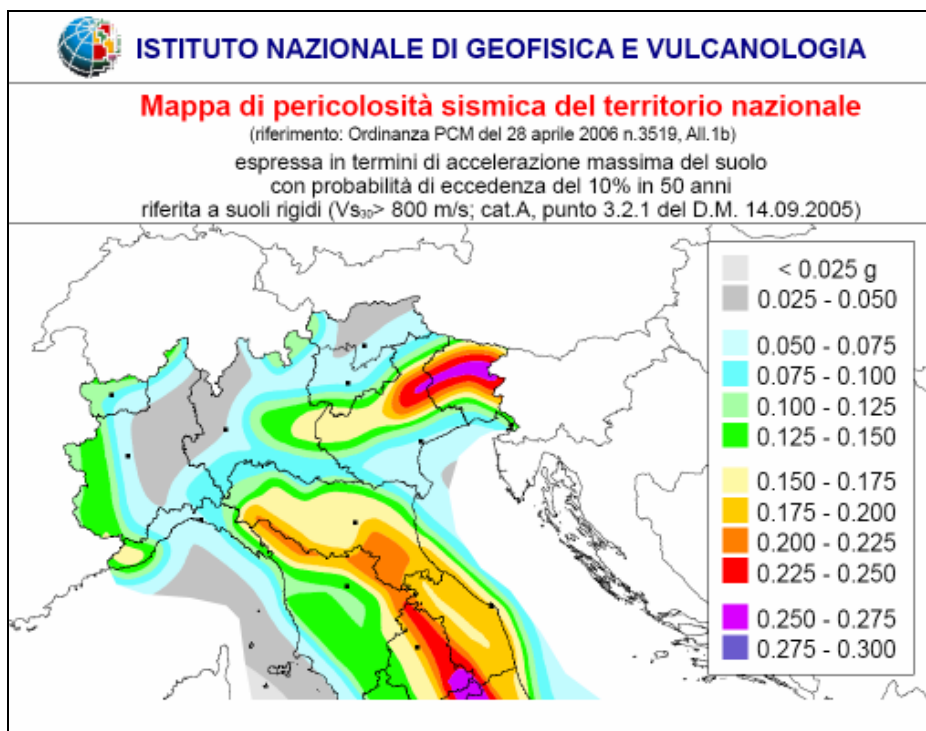
febbraio 2008), dà la possibilità di operare – in alternativa – con le norme tecniche precedenti, a parte le eccezioni di esclusiva competenza statale, di cui agli elenchi A e B dell'allegato 1 al decreto 21 ottobre 2003 del Capo del DPC.

“Art.20. – (Regime transitorio per l'operatività della revisione delle norme tecniche per le costruzioni). –1. Il termine di cui al comma 2-bis dell'articolo 5 del decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186, già prorogato il 31 dicembre 2007, ai sensi dell'articolo 3, comma 4-bis, del decreto-legge 28 dicembre 2006, n.300, convertito, con modificazioni, dalla legge 26 febbraio 2007, n.17, è differito al 30 giugno 2009.

... omissis...”

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella figura seguente ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia il comune di Puegnago del Garda ricade in una zona con accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat .A) compresa tra 0.150 e 0.175g.



**Estratto da “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” riferimento Ordinanza del 20 marzo 2003 n.3274 All.1. espressa in termine di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat .A .All.2.3.1)**

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/08 sono state approvate le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n°29 del 04/02/08) nelle quali è presente un allegato relativo alla pericolosità sismica del territorio nazionale, in particolare è fornita la pericolosità sismica. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione

dello spettro in accelerazione orizzontale),  $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Di seguito sono riportati i valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  relativi alla pericolosità sismica per un punto al centro del territorio comunale (lat. 45.56792, long. 10.50981) per vari tempi di ritorno.

| $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_c^*$<br>[s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.042        | 2.560        | 0.226          |
| 50              | 0.057        | 2.493        | 0.242          |
| 72              | 0.069        | 2.459        | 0.253          |
| 101             | 0.082        | 2.478        | 0.254          |
| 140             | 0.096        | 2.483        | 0.255          |
| 201             | 0.113        | 2.468        | 0.258          |
| 475             | 0.159        | 2.481        | 0.271          |
| 975             | 0.206        | 2.486        | 0.278          |
| 2475            | 0.283        | 2.468        | 0.290          |

Il comune di Puegnago del Garda è classificato a media sismicità (Zona 2), ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

### 3.2.1 - Primo livello di approfondimento

Ricadendo il comune in zona sismica 2 si è proceduto per la stima del rischio sismico con un approfondimento di primo livello che ha portato al riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) e dati esistenti.

La Carta della pericolosità sismica locale (TAV. 3), realizzata in questa fase, evidenzia come effetti di sito, in grado di generare un'amplificazione sismica locale, siano da imputare principalmente a **fattori litologici**, ricadenti nei seguenti scenari di pericolosità sismica:

- zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti (Z1b);
- zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana (Z1c);
- zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (Z2);
- zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e /o fluvio-glaciali granulari e /o coesivi (Z4a);
- zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre (Z4b);
- zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (Z4c).

### 3.2.2 - Secondo livello di approfondimento

Si è successivamente proceduto con approfondimento di secondo livello al fine di valutare le amplificazioni sismiche per i diversi scenari di pericolosità sismica locale individuati con particolare attenzione alle aree urbanizzate o di interesse strategico, che possono assumere rilevanza fondamentale per le finalità di protezione civile durante un evento sismico (Ordinanza PCM n.3274/03 – d.d.u.o. 19904/04).

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati; validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche ed utilizzati per zonare l'area di studio in funzione di Fa.

Il valore di  $F_a$  si riferisce agli intervalli di periodo 0.1-0.5 s, caratteristico di strutture relativamente basse (da 1 a 5 piani), regolari e piuttosto rigide, e di periodo 0.5-1.5 s, caratteristico di strutture più alte e flessibili.

Per quanto concerne la microzonizzazione sismica si fa presente che l'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche.

La presenza dei terreni sciolti di copertura in ricoprimento delle formazioni rigide determina il cosiddetto effetto "locale": i diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico che consistono non solo nella variazione dell'accelerazione di picco, ma anche nella implicita variazione del contenuto in frequenza del segnale stesso.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessaria pertanto la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle future fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock): la classificazione può essere basata sulla stima, nei primi 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_s$ .

La conoscenza degli spessori delle unità presenti nei primi 30 m e della velocità delle onde "S" ( $V_{s30}$ ) è stata ottenuta utilizzando un metodo di indagine geofisica diretto (sismica passiva – microtremori), in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito.

La stima della velocità delle onde "S" ( $V_{s30}$ ) è stata ottenuta dalla misura del rumore sismico ambientale (microtremori) sempre presente sulla superficie terrestre e generato da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche).

Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è il tromografo “Tromino”, si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri), un ampio range frequenziale (0,1 – 256 Hz) e il sistema GPS integrato.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali (HVSr).

Il metodo HVSr consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_r = V_{s1} / 4 h$$

$V_{s1}$  = velocità delle onde S del primo strato

h = spessore primo strato

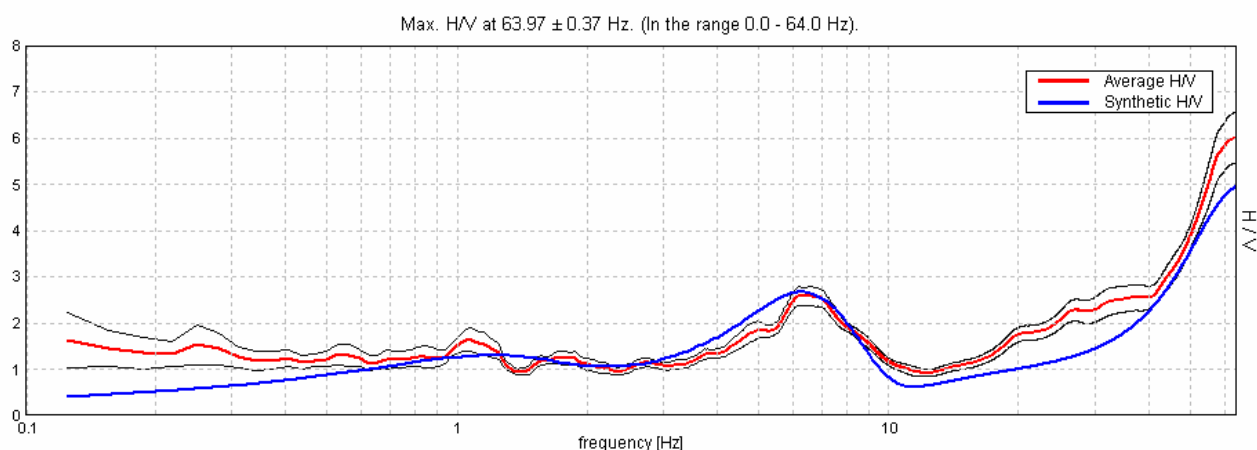
Nakamura (1989) ha inoltre dimostrato che i massimi dei rapporti spettrali H/V consentono di individuare correttamente la frequenza e quindi il periodo fondamentale di risonanza per le onde S.

L'indagine sismica effettuata, mediante prospezioni geofisiche (sismica passiva – microtremiti), ha consentito inoltre la valutazione della frequenza (o periodo) fondamentale di risonanza dei terreni attraversati; tale valutazione risulta di notevole importanza se si considera che in caso di eventi sismici, le strutture edificatorie subiscono danni notevolmente maggiori se presentano dei modi di vibrazione con frequenze prossime a quelle dei terreni di fondazione.

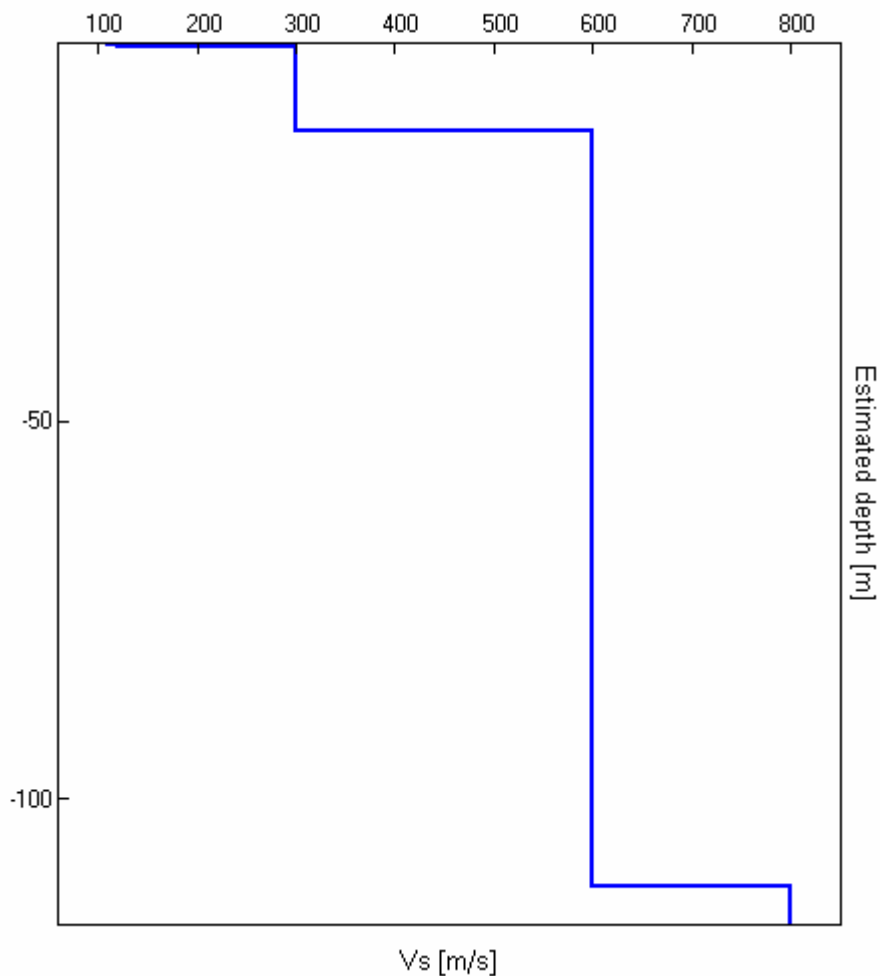


### 3.2.2.1 - Caratterizzazione semiquantitativa degli effetti litologici in zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (Z4c)

Come visibile nel grafico sottostante, relativo alla indagine geofisica eseguita in corrispondenza dell'area di futura espansione residenziale ubicata nelle vicinanze del cimitero, la metodologia adottata ha consentito di individuare le categorie di suolo ai sensi del OPCM 3274/2003 presenti sul territorio comunale.



Il confronto tra la curva teorica (BLU) e quella sperimentale (ROSSO) e il modello di Vs hanno permesso di individuare il Profilo delle Vs nei primi 30 m di profondità dal p.c. ( $V_{s30}$ ) e di individuare per il sito in questione la categoria “B” (“depositi di sabbie o ghiaie molto addensate, o argille ad elevata consistenza, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale incremento delle proprietà meccaniche con la profondità, valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt} > 50$ ,  $C_u > 250$ Kpa)), ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell'8-5-2003).



| Profondità alla base dello strato<br>[m] | Spessore<br>[m] | Vs [m/s] |
|------------------------------------------|-----------------|----------|
| 0.10                                     | 0.10            | 110      |
| 0.50                                     | 0.40            | 120      |
| 11.50                                    | 11.00           | 300      |
| 111.50                                   | 100.00          | 600      |
| inf.                                     | inf.            | 800      |

La  $V_{s30}$  a partire dalla superficie è:

$$30 \text{ m} / [ 0,1/110 + 0,4/120 + 11,0/300 + 18,5/600 ] \text{ s} = 427,2 \text{ m/s}$$

Per addivenire all'approfondimento di secondo livello si è adottata la procedura consigliata dal DGR 8/1566-2005 e pertanto, sulla scorta delle indagini disponibili sul territorio, elaborato un modello geofisico che prevede:

- un'unità superficiale limoso-argillosa dello spessore di 0,5 metri;
- un'unità intermedia limoso-sabbiosa dello spessore di 11 metri;
- una seconda unità intermedia limoso-sabbiosa consolidata con spesse lenti di ghiaia dello spessore di circa 100 metri;
- un'unità profonda (substrato sismico locale) caratterizzata da valori di Vs pari a 800 m/s.

Questo modello ha consentito il calcolo del periodo proprio del sito (T), pari a

0,84 sec. utilizzando la seguente equazione proposta dalla normativa di riferimento:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

In dipendenza dell'abbondanza della componente sabbiosa e dell'andamento delle Vs con la profondità, è stata selezionata la scheda di riferimento: "litologia sabbiosa".

## EFFETTI LITOLGICI - SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

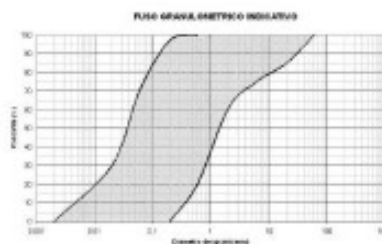
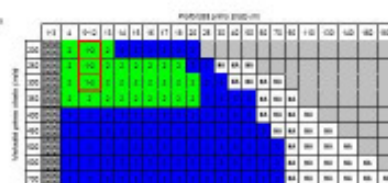
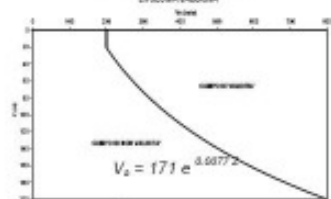
#### PARAMETRI INDICATIVI

**GRANULOMETRIA:**

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

**NOTE:**

Comportamento granulare  
Struttura granulo-sostenuta  
Clasti con  $D_{50} > 20$  cm inferiori al 15%  
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%  
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

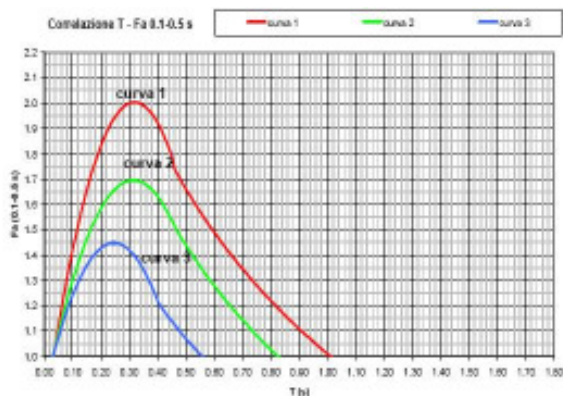
ANSAEMIOCELLE VA CON LA PROFONDITÀ  
LITOLOGIA BARBONA

la sigla NA indica  $F_a = 1$

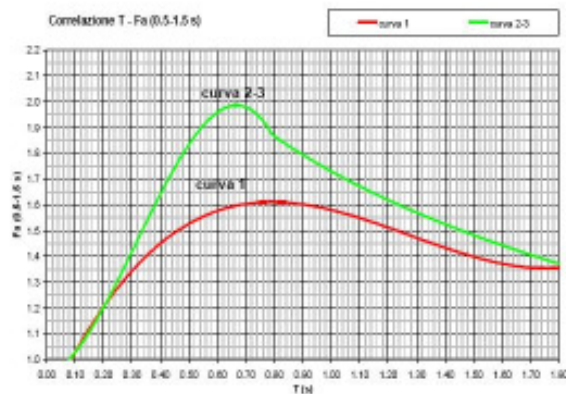
il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

**CONDIZIONE:** strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $\frac{1}{3}$  minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

La scelta della curva di correlazione  $T/Fa$  all'interno della scheda di valutazione è avvenuta tramite individuazione dello spessore e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale, che ha portato a selezionare la curva 1.



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



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

Il fattore di amplificazione per i periodi di interesse è stato quindi stimato mediante le formule:

$$Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$$

$$Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T$$

per cui è ottenuto:

$$Fa_{0.1-0.5} = 1,17$$

$$Fa_{0.5-1.5} = 1,60$$

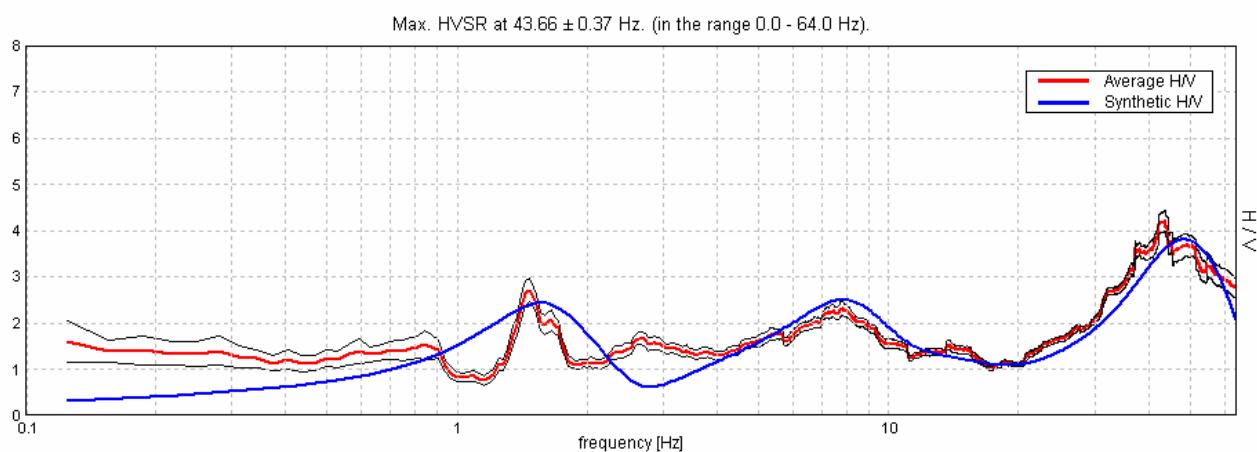
#### VALORI DI SOGLIA FORNITE DALLA REGIONE LOMBARDIA

| COMUNE             | INTERVALLO       | Valori soglia |          |          |          |
|--------------------|------------------|---------------|----------|----------|----------|
|                    |                  | <i>B</i>      | <i>C</i> | <i>D</i> | <i>E</i> |
| PUEGNAGO SUL GARDA | <b>0.1 - 0.5</b> | 1.5           | 1.8      | 2.3      | 2.0      |
|                    | <b>0.5 - 1.5</b> | 1.7           | 2.4      | 4.3      | 3.0      |

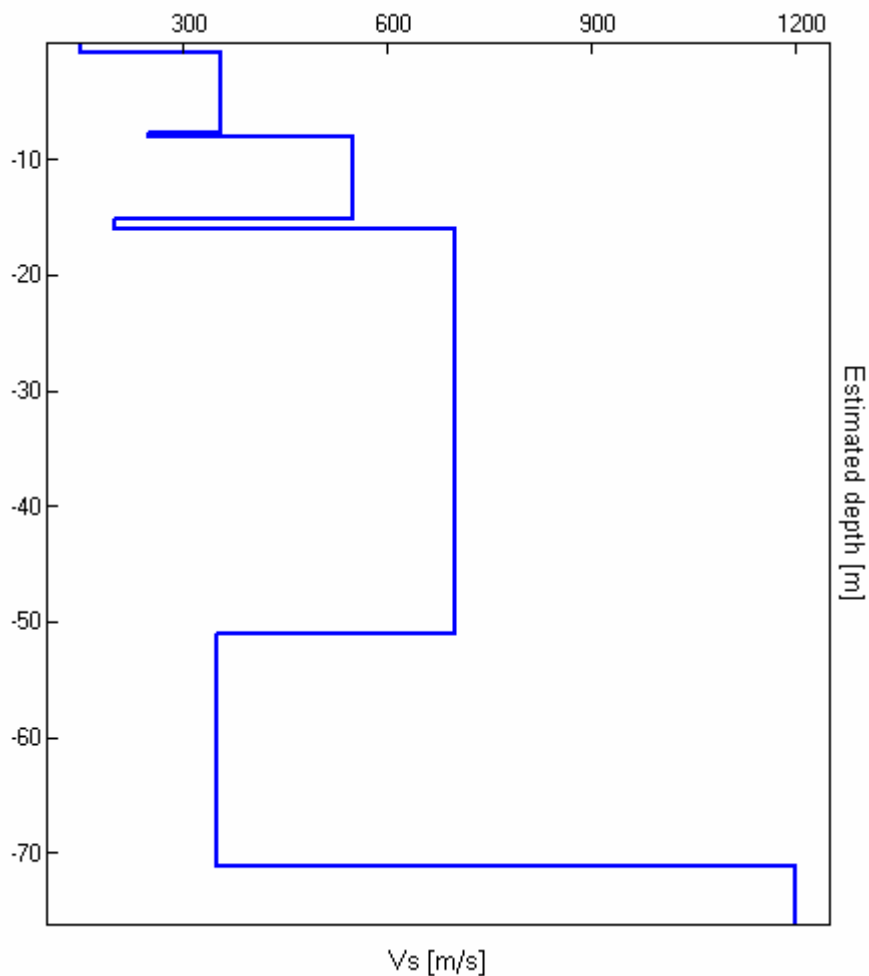
Il valori di  $F_a$  ottenuti per l'area comunale di Puegnago del Garda risultano minori al valore di soglia assegnato dalla Regione Lombardia alla categoria di suolo corrispondente ("B"); per tale motivo, in accordo alle disposizioni normative in materia antisismica, per il territorio comunale di Puegnago del Garda si applica lo spettro previsto dalla normativa in vigore. Questo significa che la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione eventuali effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa vigente.

### 3.2.2.2 - Caratterizzazione semiquantitativa degli effetti litologici in zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi (Z4a)

Come visibile nel grafico sottostante, relativo alla indagine geofisica eseguita in corrispondenza di Crociale Raffa, la metodologia adottata ha consentito di individuare le categorie di suolo ai sensi del OPCM 3274/2003 presenti sul territorio comunale.



Il confronto tra la curva teorica (BLU) e quella sperimentale (ROSSO) e il modello di Vs hanno permesso di individuare il Profilo delle Vs nei primi 30 m di profondità dal p.c. ( $V_{s30}$ ) e di individuare per il sito in questione la categoria “B” (“depositi di sabbie o ghiaie molto addensate, o argille ad elevata consistenza, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale incremento delle proprietà meccaniche con la profondità, valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt} > 50$ ,  $C_u > 250$ Kpa)), ai sensi dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell’8-5-2003).



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] |
|---------------------------------------|--------------|----------|
| 0.80                                  | 0.80         | 150      |
| 7.80                                  | 7.00         | 355      |
| 8.10                                  | 0.30         | 250      |
| 15.10                                 | 7.00         | 550      |
| 16.10                                 | 1.00         | 200      |
| 51.10                                 | 35.00        | 700      |
| 71.10                                 | 20.00        | 350      |
| inf.                                  | inf.         | 1200     |

La  $V_{s30}$  a partire dalla superficie è:

$$30 \text{ m} / [ 0,8/150 + 7,0/355 + 0,30/250 + 7,0/550 + 1,0/200 + 13,9/700 ] \text{ s} = 478,4 \text{ m/s}$$



Per addivenire all'approfondimento di secondo livello si è adottata la procedura consigliata dal DGR 8/1566-2005 e pertanto, sulla scorta delle indagini disponibili sul territorio, elaborato un modello geofisico che prevede:

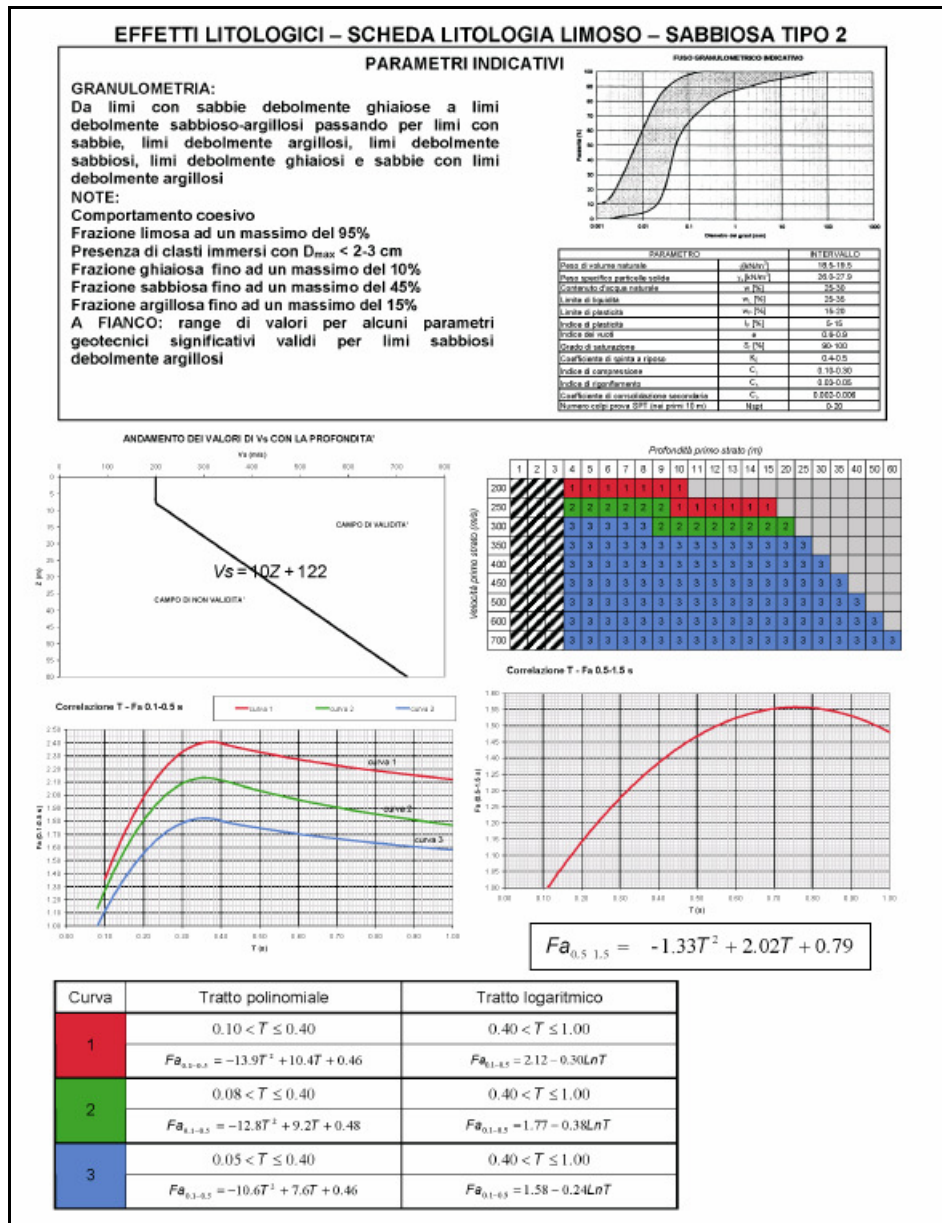
- un'unità superficiale limoso-argillosa di terreno agrario dello spessore di 0,8 metri;
- un'unità intermedia ghiaioso-sabbiosa, con livelli metrici di argilla limosa consolidata, dello spessore di circa 70 metri ;
- un'unità profonda (substrato sismico locale), costituito da conglomerato con trovanti, caratterizzato da valori di Vs pari a 1200 m/s.

Questo modello ha consentito il calcolo del periodo proprio del sito (T), pari a

0,53 sec. utilizzando la seguente equazione proposta dalla normativa di riferimento:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

In dipendenza dell'abbondanza della componente sabbiosa e dell'andamento delle Vs con la profondità, è stata selezionata la scheda di riferimento: "litologia limoso-sabbiosa tipo 2".



La scelta della curva di correlazione T/Fa all'interno della scheda di valutazione è avvenuta tramite individuazione dello spessore e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale, che ha portato a selezionare la curva 3.

Il fattore di amplificazione è stato quindi stimato mediante la formula:

$$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$$

per cui è ottenuto:

$$Fa_{0.1-0.5} = 1,73$$

$$Fa_{0.5-1.5} = 1,49$$

#### VALORI DI SOGLIA FORNITE DALLA REGIONE LOMBARDIA

| COMUNE             | INTERVALLO       | Valori soglia |          |          |          |
|--------------------|------------------|---------------|----------|----------|----------|
|                    |                  | <i>B</i>      | <i>C</i> | <i>D</i> | <i>E</i> |
| PUEGNAGO SUL GARDA | <b>0.1 - 0.5</b> | 1.5           | 1.8      | 2.3      | 2.0      |
|                    | <b>0.5 - 1.5</b> | 1.7           | 2.4      | 4.3      | 3.0      |

Il valore di  $F_a$  ottenuto per l'area comunale di Puegnago del Garda risultano minori al valore di soglia assegnato dalla Regione Lombardia alla categoria di suolo corrispondente ("B"); per tale motivo, in accordo alle disposizioni normative in materia antisismica, per il territorio comunale di Puegnago del Garda si applica lo spettro previsto dalla normativa in vigore. Questo significa che la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione eventuali effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa vigente.

## 4 - CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI FINI GEOLOGICO-APPLICATIVI

### 4.1 - PARAMETRI GEOMECCANICI

La stima dei parametri di resistenza al taglio dei terreni (coesione e angolo d'attrito interno) è stata effettuata applicando correlazioni empiriche universalmente note a prove in sito e di laboratorio di tipo standard.

È stato possibile ricavare i principali parametri geomeccanici dei litotipi affioranti nell'area studiata:

- Detrito parzialmente o non cementato:  
 $c' = 0$ ,  $\phi' = 30^\circ \div 35^\circ$ ,  $\gamma = 17 \div 19 \text{ KN/m}^3$
- Torbe e argille organiche:  
 $c' = 10 \div 20 \text{ KPa}$ ,  $\phi' = 10^\circ \div 15^\circ$ ,  $\gamma = 19 \div 20 \text{ KN/m}^3$
- Terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi:  
 $c' = 5 \div 10 \text{ KPa}$ ,  $\phi' = 35^\circ \div 40^\circ$ ,  $\gamma = 18 \div 20 \text{ KN/m}^3$
- Terreni prevalentemente ghiaioso-sabbiosi:  
 $c' = 10 \div 15 \text{ KPa}$ ,  $\phi' = 35^\circ \div 40^\circ$ ,  $\gamma = 18 \div 20 \text{ KN/m}^3$
- Depositi caotici con prevalenza di ghiaie, ciottoli e blocchi:  
 $c' = 10 \div 20 \text{ KPa}$ ,  $\phi' = 30^\circ \div 35^\circ$ ,  $\gamma = 18 \div 20 \text{ KN/m}^3$

## 5 - FATTIBILITÀ GEOLOGICA

### 5.1 - CARTA DEI VINCOLI

La carta dei vincoli rappresenta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico.

I vincoli normativi che incidono sul territorio del Comune di Puegnago del Garda sono di seguito riportati.

#### **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.

Più precisamente, sono state distinte le seguenti zone:

- zona di tutela assoluta: costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni: 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.
- zona di rispetto: costituita dalla porzione di territorio avente una estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione, in assenza dell'individuazione da parte della regione; 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 un maggiore dettaglio riguardo le caratteristiche delle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile si rimanda ad paragrafo 2.5.5 “aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee” del presente studio.

### **Vincoli di polizia idraulica**

Sono state riportate sulla Carta dei Vincoli le fasce di rispetto individuate dallo studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore per la regolamentazione dell'attività di polizia idraulica di competenza comunale ai sensi della L.R. 5 Gennaio 2000, n. 1 - DGR 25 Gennaio 2002, n. 7/7868, DGR 1 Agosto 2003, n. 7/13950.

La fasce di rispetto presentano una larghezza minima di:

- metri 10,00 per corsi d'acqua esterni al perimetro del centro edificato;
- metri 5,00 per corsi d'acqua interni al perimetro del centro edificato.

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 vincoli di polizia idraulica si rimanda alla relazione tecnica ed alle norme tecniche d'attuazione dello studio di “*Identificazione del reticolo idrico minore e delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua*”.

## 5.2 - CARTA DI SINTESI

La "Carta di sintesi" (TAV. 4), che contiene gli elementi più significativi evidenziati nella fase di analisi, ha lo scopo di fornire un quadro sintetico delle criticità individuate sul territorio. A tal proposito sono stati riportati i seguenti ambiti di pericolosità.

### **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 attive o dismesse non ancora recuperate.

### **Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:**

- aree di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile ai sensi del d.lgs. 258/2000;
- aree di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile ai sensi del d.lgs. 258/2000.

### **Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:**

- aree interessate da fenomeni di erosione fluviale;
- aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali.

### **Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:**

- aree torbose di ristagno con limitate capacità portanti.

## **5.3 - CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**

### **5.3.1 - Classi di fattibilità**

La "Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano" (TAV. 5) viene ricavata dalla valutazione incrociata della carta dei vincoli e della carta di sintesi, ed ha consentito di suddividere il territorio in classi di fattibilità geologica, ferma restando per qualsiasi intervento l'osservanza dei vincoli normativi di natura fisico-ambientale ed antropici che gravano sul territorio e fatti salvi i diritti di terzi.

Per le finalità del presente documento si è ritenuto più significativo redigere una carta applicativa mirata a dimostrare la fattibilità geologica, piuttosto che una carta del rischio in senso tradizionale. Infatti le classi di fattibilità qui proposte tengono conto delle valutazioni della pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico-ambientale.

In tale ottica sono state individuate, dal punto di vista delle condizioni geologiche, quattro classi di fattibilità, definite secondo le indicazioni della vigente normativa regionale (D.G.R. 6/37918/1998 e s.m.i.).

#### **5.3.1.1 - Classe 1 (bianca) - *Fattibilità 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 dal d.m. 14 settembre 2005 «Norme tecniche per le costruzioni».



### **5.3.1.2 - Classe 2 (gialla) - *Fattibilità con modeste limitazioni***

In questa classe ricadono le aree 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 d'indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Più in dettaglio, andrà posta particolare attenzione a quanto segue:

- *aree potenzialmente interessate da fenomeni di soliflusso*: si dovranno considerare le condizioni di smaltimento delle acque superficiali e prevedere, in caso di nuove edificazioni, sistemi di smaltimento e collettamento delle acque, prevedendo le opportune verifiche idrogeologiche per definire i sistemi di drenaggio più idonei; dovranno altresì essere verificate le condizioni di stabilità locali e la compatibilità degli interventi urbanistici.

### **5.3.1.3 - Classe 3 (arancione) - *Fattibilità 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, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici ed opere di difesa.

Più in dettaglio andrà posta particolare attenzione a quanto segue:

- *aree potenzialmente interessate da fenomeni di versante legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati*: si dovranno considerare le condizioni di smaltimento delle acque superficiali e prevedere, in caso di nuove edificazioni,

sistemi di smaltimento e collettamento delle acque, prevedendo le opportune verifiche idrogeologiche per definire i sistemi di drenaggio più idonei; dovranno altresì essere verificate le condizioni di stabilità locali e la compatibilità degli interventi urbanistici;

- *aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile*: si dovranno osservare i vincoli e limitazioni d'uso del territorio ai sensi del d.lgs. 258/2000;

- *aree a valle delle zone dove si evidenziano potenziali fenomeni erosivi*: si dovranno effettuare precise valutazioni in merito alla possibilità di innesco di colate di detrito e fenomeni di trasporto in massa finalizzate alla predisposizione degli opportuni interventi di contenimento;

- *aree interessate da fenomeni di erosione fluviale*: si dovranno effettuare precise valutazioni in merito al rischio idraulico e idrogeologico al fine di mitigare la pericolosità per erosione spondale dei corsi d'acqua; dovranno altresì essere verificate le compatibilità degli interventi urbanistici;

- *aree interessate da attività estrattive attive o dismesse se non ancora recuperate*: si dovranno effettuare precise valutazioni in merito al degrado ambientale e alle situazioni di pericolo dovute alle profondità di scavo, alla ripidità delle scarpate e dei fronti di cava, nonché alla parametrizzazione geomeccanica dei materiali impiegati o da impiegare per i ritombamenti; dovranno altresì essere verificate le condizioni di stabilità locali e la compatibilità degli interventi urbanistici;

- *aree interessate da potenziali fenomeni di esondazione e di sovralluvionamento*: si dovranno effettuare precise valutazioni in merito al rischio idraulico e idrogeologico al fine di mitigare la pericolosità per esondazione dei corsi d'acqua e di insufficienza della rete scolante superficiale; dovranno altresì essere verificate la compatibilità degli interventi urbanistici;

- *aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*: si dovranno effettuare precise valutazioni in merito alle capacità portanti ed ai cedimenti dei terreni e dovranno altresì essere verificata la compatibilità degli interventi urbanistici.

#### **5.3.1.4 - Classe 4 (rossa) - Fattibilità con gravi limitazioni**

In tale classe rientrano le zone in cui l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso.

Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, 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 consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Il professionista deve fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non è strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre deve essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

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 che

determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. 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.

A prescindere dalle classi di fattibilità individuate, si precisa comunque che, ai sensi della vigente normativa nazionale (D.M. 11 marzo 1988 e s.m.i.), per tutte le opere pubbliche e private da realizzare, le scelte, i calcoli e le verifiche di progetto devono sempre essere basati sulla caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo ottenuta per mezzo di rilievi, indagini e prove, i cui risultati devono essere esposti in una relazione geotecnica (accompagnata, quando previsto, da una relazione geologica e/o geotecnica), parte integrante degli atti progettuali.

Ne consegue che alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale dovrà essere sempre allegata apposita relazione geotecnica e geologica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con le caratteristiche del territorio, al fine di garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni e di assicurarne la stabilità.

OTTOBRE 2009

