

**STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE**

Dott. Geol. LAURA ZILIANI  
Dott. Geol. DAVIDE GASPARETTI  
Dott. Geol. GIANANTONIO QUASSOLI  
Dott. Geol. SAMUELE CORRADINI

25123 BRESCIA – Via T. Olivelli, 5  
Tel. 030-3771189 Fax 030-3778086  
e-mail: [info@studiogeologiambiente.it](mailto:info@studiogeologiambiente.it)

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA  
PER IL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO****D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005****D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008****RELAZIONE****modificata in base al parere di compatibilità al PTCP - 2011****INDICE**

1. PREMESSA .....	3
2. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA .....	5
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE .....	7
3.1. Inquadramento geomorfologico .....	7
3.2. Caratteristiche geologiche .....	9
3.3. Caratteristiche geotecniche dei terreni .....	13
3.4. Geomorfologia .....	15
3.4.1. Elementi geomorfologici .....	16
3.4.2. Caratteristiche morfologico-strutturali del paesaggio .....	17
4. PERICOLOSITÀ SISMICA .....	19
4.1. Introduzione .....	19
4.2. Zona sismica di appartenenza .....	19
4.3. Carta della pericolosità sismica locale (Tav. 3) .....	21
4.4. Applicazione del 2° livello .....	23

4.4.1.	Effetti morfologici .....	23
4.4.2.	Effetti litologici.....	24
5.	SISTEMA IDROGRAFICO .....	31
6.	IDROGEOLOGIA .....	33
6.1.	Unità idrogeologiche affioranti .....	33
6.2.	Caratteristiche delle falde acquifere.....	34
6.2.1.	Falde freatiche .....	34
6.2.2.	Falde profonde.....	35
6.3.	Piezometria .....	36
6.4.	Pozzi comunali .....	37
6.5.	Vulnerabilità degli acquiferi.....	38
6.5.1.	Falde freatiche .....	38
6.5.2.	Falde profonde.....	40
7.	CARTA DEI VINCOLI.....	42
8.	CARTA DI SINTESI.....	43
9.	CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO.....	46
9.1.	Descrizione delle classi di fattibilità e norme geologiche di attuazione.....	46
9.2.	Sismicità del territorio .....	50
9.3.	Procedure per l'applicazione della normativa geologica.....	50
10.	CONCLUSIONI .....	51

## 1.PREMESSA

Nella presente relazione viene definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio di Muscoline in attuazione dell'art.57 della L.R. 11 marzo 2005 n.12.

Lo studio delle caratteristiche geologiche del territorio ha sostanzialmente due obiettivi. Il primo è la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e con le condizioni di sismicità del territorio. A tale scopo vengono definite le aree che possono essere interessate da situazioni di pericolo (frane, dissesti, allagamenti, amplificazioni dei danni di un terremoto, ecc.). Il secondo obiettivo è l'individuazione delle risorse presenti che si ritiene debbano essere tutelate, come la falda acquifera, le aree umide, gli elementi morfologico-paesistici che caratterizzano il paesaggio, ecc.

Lo studio è stato condotto secondo i criteri e gli indirizzi contenuti nella D.G.R. 22/12/2005 n.8/1566, aggiornati con D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374.

L'indagine geologica sul terreno è stata preceduta da una ricerca bibliografica, finalizzata al reperimento di informazioni e documenti utili a migliorare la conoscenza del territorio in esame. In particolare si è tenuto conto dei dati contenuti nello *Studio geologico del territorio comunale* (Sarti L., Rebonato A., 1997), opportunamente integrati con gli approfondimenti richiesti dai criteri contenuti nella D.G.R. 22/12/2005 n.8/1566 e nella D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374.

I dati di tipo geologico e geomorfologico raccolti, integrati dall'interpretazione delle fotografie aeree, hanno portato alla redazione della CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV. 1), prodotta in scala 1:5.000. Questo elaborato illustra i terreni presenti nel territorio comunale, nonché le forme ed i processi geomorfologici più significativi ai fini della valutazione della pericolosità indotta da fenomeni di tipo geologico. Evidenzia inoltre gli elementi morfologici che strutturano il paesaggio.

Lo studio delle caratteristiche idrogeologiche del territorio nell'ambito del P.G.T. è finalizzato soprattutto alla tutela delle risorse idriche sotterranee ed in particolare di quelle captate dall'acquedotto comunale. I dati di tipo idrogeologico sono riportati sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV. 2), realizzata in scala 1:5.000.

Su questo elaborato è stato riportato il reticolo idrico principale e minore, così come contenuto nello *Studio per la determinazione del reticolo idrico minore* (Ziliani L., Di Pasquale A., Quassoli G., 2010).

Per valutare se all'interno del territorio comunale sono presenti situazioni litologiche e geomorfologiche in grado di produrre effetti di amplificazione sismica locale è stata applicata la metodologia contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374. È stata quindi predisposta la CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 3) ed è stata effettuata un'indagine geofisica sismica superficiale a rifrazione in due aree campione per la valutazione dei parametri  $V_p$  e  $V_s$  e per la ricostruzione del modello geofisico del sottosuolo.

La fase di sintesi/valutazione ha condotto alla predisposizione della CARTA DEI VINCOLI (TAV. 4) che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico e della CARTA DI SINTESI (TAV. 5) che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

La sovrapposizione critica di queste due cartografie ha portato alla redazione della CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 6) che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi e indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti.

Il comune di Muscoline è compreso nell'elenco della Tabella 2 dell'Allegato 13 alla D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, modificata con D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374, avendo concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI.

Si allegano:

TAV. 1: CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA – scala 1:5.000;

TAV. 2: CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO – scala 1:5.000;

TAV. 3: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – scala 1:5.000;

TAV. 4: CARTA DEI VINCOLI – scala 1:5.000;

TAV. 5: CARTA DI SINTESI – scala 1:5.000;

TAV. 6: CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO – scala 1:5.000.

## 2. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA

Per il presente lavoro è stata svolta una ricerca storica e bibliografica finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, andando ad esaminare l'evoluzione del territorio ed i fenomeni di dissesto avvenuti in passato. In particolare sono stati consultati: gli studi disponibili in bibliografia, il Sistema Informativo Territoriale regionale, gli studi di tipo geologico presenti presso l'Ufficio Tecnico Comunale, le cartografie disponibili al momento della stesura della presente relazione, le pubblicazioni effettuate dai vari Enti Territoriali (v. bibliografia di seguito riportata).

### BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V. (1989) - *Il rischio sismico nel bresciano. Elementi per una valutazione*. Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica, Ed. Ramperto, Brescia.
- AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. & ZANFERRARI A. (1987) - *Neotectonic Map of Italy*. Prog. Fin. Geodin. Sottopr. Neotettonica. Carte scala 1:500.000.
- BARONI C. & VERCESI P.L. (1989) - *Neotettonica del territorio bresciano: stato delle conoscenze*. In: "Il rischio sismico nel bresciano. Elementi per una valutazione", Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica. Ed. Ramperto, Brescia.
- BONI A. & CASSINIS G. (1973) - *Carta geologica delle Prealpi Bresciane a Sud dell'Adamello. Note illustrative della legenda stratigrafica*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia.
- BONI A. & PELOSO G.F. (1982) - *Dati sulla neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia", di parte dei fogli 35 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"*. In: C.N.R. - "Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta neotettonica d'Italia", pubbl.506 P.F. Geodinamica.
- CREMASCHI M. (1987) - *Paleosols and vetusols in the central Po Plain (Northern Italy). A study in quaternary geology and soil development*. Unicopli, Milano.
- E.R.S.A.L. (1997) *Progetto Carta Pedologica: I suoli dell'area morenica gardesana - settore bresciano*; ERSAL Edizioni – Milano.
- SARTI L. & REBONATO A. (1997) – *Studio geologico del territorio comunale di Muscoline*, committ.: Amministrazione Comunale.

- SARTI L. & REBONATO A. (2004) – *Reticolo idrografico minore*, committ.: Amministrazione Comunale.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Carta geologica d'Italia. Foglio 48 - Peschiera del Garda (II edizione), alla scala 1:100.000*, Poligrafico dello Stato. Napoli.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1990) - *Carta Geologica della Regione Lombardia Scala 1:250.000*, Milano.
- VENZO S. (1957) - *Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda, parte 1, tratto occidentale Gardone-Desenzano*. Mem.Soc.It.Sci.Nat., vol.2. Milano.
- VENZO S. (1965) - *Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda dal Chiese all'Adige*. Mem.Soc.Ital.Sc.Nat.e Mus.Civ.St.Nat.Milano, vol.14, n.1. Milano.
- ZILIANI L. (1989) - *Piano Territoriale Paesistico: Carta delle unità di paesaggio territoriali e Carta morfologica*. Scala 1:25.000 Amministrazione Provinciale, Assessorato all'Ecologia.
- ZILIANI L. (1994) - *Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee della pianura bresciana – scala 1:25.000*, Studi preliminari del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia.
- ZILIANI L. (1996) - *Progetto di una rete di monitoraggio idrogeologico e geochimico degli acquiferi di pianura, di valle e di anfiteatro morenico della provincia di Brescia*. Amministrazione Provinciale, Assessorato all'Ecologia.

### **3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE**

#### **3.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il comune di Muscoline occupa una superficie pari a 10,09 km<sup>2</sup>. Morfologicamente il territorio si presenta piuttosto vario ed articolato; esso presenta un minimo altimetrico di 181 m s.l.m. in prossimità del Fiume Chiese ed un massimo pari a 366 m s.l.m. sul M. Cervo.

La genesi del territorio è legata prevalentemente all'azione del ghiacciaio benacense che durante il Pleistocene, in fasi successive, ha costruito l'anfiteatro morenico del Garda, grandioso insieme di colline disposte in archi concentrici.

Nell'area in esame si alternarono i periodi freddi delle invasioni glaciali e i periodi caldo-umidi e secchi degli interglaciali da cui sono derivati processi periglaciali, ferrettizzazione rapida di materiali depositati, cementazione di ghiaie e detriti ecc. che testimoniano un'attività dei cicli di gelo e disgelo molto intensa con elevate variazioni di temperatura.

Il succedersi delle fasi glaciali ha determinato diverse oscillazioni della lingua glaciale che nei periodi di espansione raggiunse estensioni differenti e depositò una serie di grandi argini frontali, costituiti da materiali detritici, disposti grosso modo ad archi concentrici, che formano le colline arcuate dell'anfiteatro morenico.

Da un punto di vista cronostratigrafico le cerchie moreniche possiedono in linea generale età crescente allontanandosi dalla linea di riva del lago di Garda. Procedendo dall'interno verso l'esterno dell'anfiteatro si osserva che le morfologie divengono progressivamente meno nette a causa dei processi geomorfologici che le hanno interessate.

Nel bresciano, secondo l'interpretazione più recente dovuta a M. Cremaschi (1987), sono state riconosciute cinque fasi di avanzamento del ghiacciaio gardesano. La più antica è testimoniata sul rilievo di Ciliverghe (in comune di Mazzano) ed è attribuibile al Pleistocene inferiore. Al Pleistocene medio sono riferibili le fasi del M. Faita, di Carpendolo e di Sedena. Al Pleistocene superiore, infine, è attribuita la fase di Solferino, responsabile della deposizione della cerchia più interna dell'anfiteatro.

Nel territorio di Muscoline sono riconoscibili testimonianze della ultime quattro fasi di avanzamento glaciale.

Durante lo scioglimento delle masse glaciali si originavano torrenti fluvioglaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie.

Tra ghiacciaio e morena, o tra ghiacciaio e rilievi costituiti da substrato roccioso, o ancora tra morena e rilievi costituiti da substrato roccioso si sono sedimentati depositi di contatto glaciale che talora corrispondono a terrazzi di kame.

Con il passaggio verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale e alla gravità si sostituirono a quelli glaciali, apportando alcune significative modifiche al paesaggio.

Infine l'azione antropica di modellamento della superficie topografica, dapprima essenzialmente legata alle pratiche agricole e successivamente all'urbanizzazione, ha portato nel tempo il territorio all'attuale configurazione.

La morfologia del territorio di Muscoline è caratterizzata dall'alternarsi di rilievi collinari, depressioni e superfici subpianeggianti che degradano con quote via via decrescenti dalla cerchia principale dell'anfiteatro morenico, rappresentata dall'allineamento M. Brassina - M. Cassaga - M. Soffaino – M. Forca (questi ultimi due rilievi sono situati in comune di Puegnago), verso il Fiume Chiese.

La cerchia sopra ricordata è la più elevata dell'anfiteatro morenico e di conseguenza funge anche da spartiacque. Procedendo verso l'esterno dell'anfiteatro (in direzione ovest) si osservano cerchie moreniche più antiche e morfologie progressivamente meno nette e più dolci e arrotondate a causa dei processi geomorfologici che le hanno interessate più a lungo.

Tra i rilievi morenici sono presenti alcune valli a fondo piatto prodotte dagli scaricatori fluvio-glaciali. Particolarmente significativa è la valle di Cà dell'Ava - S. Quirico. Sono inoltre presenti alcune profonde incisioni torrentizie prodotte dai corsi d'acqua attuali che scaricano nel Fiume Chiese.

Il territorio di Muscoline è caratterizzato anche da ampie superfici suborizzontali, come la piana fluvio-glaciale di Longavina che comprende le frazioni di Terzago, Chiesa e Longavina.

Ben sviluppate sono inoltre le superfici di raccordo tra i rilievi morenici e le valli o piane fluvio-glaciali, a pendenze basse o moderate, come quelle di Moniga del Bosco, di Cà Bianco, ecc.

Nella porzione sud-occidentale del territorio comunale è presente la piana alluvionale del Fiume Chiese, a morfologia pianeggiante o debolmente ondulata



### 3.2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Sull'area sono disponibili diversi studi geologici che danno interpretazioni differenti relativamente alla stratigrafia e all'età dei depositi (v. bibliografia riportata al cap.2).

Nel presente lavoro ci si è riferiti soprattutto all'interpretazione di M. Cremaschi (1987), ripresa in *I suoli dell'area morenica gardesana - settore bresciano* (ERSAL, 1997), integrata da rilievi di campagna e dall'interpretazione delle fotografie aeree. Il rilevamento sul terreno ha comportato lo studio dei diversi profili del suolo e del sub-suolo visibili lungo le scarpate, le strade, i fronti di sbancamento delle cave e dei cantieri, ecc.

Le caratteristiche litologiche del territorio comunale sono riportate sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV.1), prodotta in scala 1:5.000.

I giudizi relativi alle caratteristiche geotecniche sono indicativi del comportamento medio del litotipo e non possono quindi sostituire indagini geologiche e geotecniche di dettaglio previste le indagini previste nel testo unico sulle costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) per la realizzazione di interventi specifici sul territorio; permettono tuttavia di esprimere una valutazione di massima sull'area e di programmare le indagini geotecniche più opportune in relazione alle caratteristiche litologiche.

Di seguito vengono descritte le unità litologico-morfologiche cartografate.

#### **SUBSTRATO ROCCIOSO PREQUATERNARIO**

##### **Scaglia Lombarda (Sc) – Eocene inf.-Barremiano sup.?**

Si tratta di marne e marne argillose rosate e rossastre. Affiorano lungo un tratto di scarpata che delimita la piana del Fiume Chiese in località il Mulino, oltre che lungo le scarpate del tratto finale del Vallone Profondo.

##### **Formazione del Colle di S. Bartolomeo (SB) – Miocene sup. – Pliocene sup.**

A questa formazione sono attribuiti i conglomerati che affiorano al Castello di Muscoline. Si tratta di conglomerati con ciottoli prevalentemente calcarei, a stratificazione poco evidente

### **DEPOSITI QUATERNARI**

#### **"Ceppo" (ce) – Pleistocene medio-inf.?**

Si tratta di conglomerati (prevalenti) ed arenarie, costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali ben cementati con clasti calcarei e rari elementi di porfido e rocce cristalline.

Affiorano alla base della scarpata sulla sponda sinistra del Chiese e lungo le incisioni del Vallone Profondo, del Vallone delle Bosche e del Vallone Pissarotte.

#### **FASE GLACIALE DEL M. FAITA – Pleistocene inf.- Antico Pleistocene medio**

##### **Morena di Monte Faita (mF)**

Depositi glaciali costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice con massi erratici; al tetto di questi depositi si sviluppa uno spesso vetusuolo.

Costituiscono il rilievo morenico del M. delle Tese e la porzione basale del cordone M. Cervo – M. Serina, nonché il M. Guarda. Si tratta di morene antiche, caratterizzate da morfologie arrotondate e da pendenze moderate per la prolungata azione modellatrice erosivo-colluviale cui sono stati sottoposte.

##### **Superficie di raccordo con le piane fluvioglaciali (rF)**

Si tratta di superfici di raccordo tra i rilievi morenici e le valli o piane fluvioglaciali, a pendenze basse o moderate, costituite da antichi sedimenti di origine colluviale o eolica su depositi di origine glaciale e fluvioglaciale molto alterati.

Questa unità costituisce una fascia quasi continua ai piedi dei rilievi morenici antichi sopra descritti. I depositi superficiali fini colluviali o loessici possono localmente assumere spessore metrico.

##### **Piana di Longavina (LF)**

Terrazzo costituito da sedimenti fluvioglaciali grossolani molto alterati ricoperti da depositi eolici e/o colluviali con orizzonti superficiali sovraconsolidati a drenaggio difficoltoso.

Si tratta di una porzione di piana fluvioglaciale, estesa da Longavina a C.na Terzago, preservatasi dall'erosione prodotta dalle acque dei torrenti fluvioglaciali. È caratterizzata da coperture di materiali fini (eolici e/o colluviali) molto profonde. I depositi fluvioglaciali sottostanti sono molto alterati e non contengono ciottoli calcarei poiché questi sono stati disciolti in modo totale. Al di sotto della copertura pedologica, oltre i 3,5 – 4 m almeno, sono presenti livelli conglomeratici, presumibilmente evoluti sui medesimi depositi fluvioglaciali, nei quali si sono accumulati i carbonati asportati dai suoli sovrastanti.

Localmente nei suoli sono presenti orizzonti induriti (plintite), caratterizzati da colorazioni bruno-rossastre o rossastre, tessitura argillosa e diffuse laccature di ossidi di manganese di colore nero-bluastro.

### **Depositi fluvioglaciali (fgF)**

Alluvioni fluvioglaciali, prevalentemente ghiaiose, localmente sepolte da coperture eoliche e colluviali. L'affioramento di maggiori dimensioni è situato tra le località Morsone e Castello. Attorno a Morsone fonti del luogo segnalano la presenza a limitata profondità di conglomerato che tuttavia non è stato individuato né nei rilevamenti ERSAL, né nei nostri sopralluoghi.

## **FASE GLACIALE DI CARPENDOLO - Pleistocene medio**

### **Morena di Carpenedolo (mC) – Pleistocene medio**

Depositi glaciali costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice con massi erratici; al tetto di questi depositi si sviluppa uno spesso vetusuolo.

Nella porzione settentrionale del territorio di Muscoline essi sono addossati alle morene della fase glaciale del Monte Faita, formando il cordone M. Cervo - M. Serina. Nella porzione meridionale costituiscono deboli rilievi ed ondulazioni intorno a Castrezone.

### **Superficie di raccordo con le piane fluvioglaciali (rC)**

Si tratta di fasce di piede versante e di aree di collegamento tra i rilievi morenici dell'unità precedente e le valli o piane fluvioglaciali; sono caratterizzate da spesse coperture di antichi sedimenti di origine colluviale ed eolica su depositi di origine glaciale e fluvioglaciale molto alterati.

Questa unità è stata cartografata ai piedi sia del piccolo cordone morenico di Burago che dei rilievi morenici di Castrezone.

### **Depositi fluvioglaciali (fgC)**

Alluvioni fluvioglaciali e fluviali, prevalentemente ghiaiose, localmente sepolte da coperture eoliche o colluviali.

Questa unità è stata cartografata nel territorio circostante Castrezone. Di particolare interesse morfologico è la vallecchia a fondo piatto presente tra Castrezone e Località Tese.

**FASE GLACIALE DI SEDENA – Pleistocene medio-superiore****Morena di Sedena (mSe)**

Depositi glaciali fortemente erosi costituiti da diamicton etoremetrico. Le caratteristiche morfologiche hanno consentito a Cremaschi (1987) di correlare questa unità alla fase di Sedena.

Questa unità costituisce il cordone morenico sul quale è stata realizzata la porzione meridionale del Residence Panorama ed il piccolo cordone del “Monticello”.

**FASE GLACIALE DI SOLFERINO – Pleistocene superiore****Morena di Solferino (mS)**

Depositi glaciali costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice con erratici di rocce esotiche (micascisti e tonaliti-granodioriti) talora di dimensioni rilevanti. È presente un orizzonte di alterazione superficiale di colore bruno-rossastro di modesto spessore.

Questa unità costituisce la cerchia principale dell’anfiteatro morenico. È rappresentata dall’allineamento M. delle Fontane - M. Brassina - M. Cassaga - M. Soffaino – M. Forca (questi ultimi due rilievi sono situati in comune di Puegnago). A sud è separata dalle cerchie più antiche da una valle fluvioglaciale che si apre a Corzago Riviera, mentre più a nord dalla valle di S. Quirico.

**Superficie di raccordo con le piane fluvioglaciali (rS)**

Antichi sedimenti di origine colluviale di piede versante prevalentemente sabbioso-limosi su depositi di origine glaciale e fluvioglaciale.

Questa unità è stata cartografata in piccoli lembi ai piedi dei rilievi morenici dell’unità precedente.

**Depositi fluvioglaciali (fgS)**

Alluvioni fluvioglaciali e fluviali, prevalentemente ghiaiose, anche con massi di notevoli dimensioni.

Questi depositi si rinvengono nella valle fluvioglaciale di Cà dell’Ava - S. Quirico ed in quella che scende a Corzago Riviera. Nella prima le stratigrafie dei pozzi evidenziano la presenza di ghiaia sabbiosa con ciottoli e localmente trovanti fino ad una profondità dal piano campagna compresa tra 35 m a sud (pozzo P14) e 44 m a nord (pozzo P18).

**Depositi di conoide – Olocene**

Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi immersi in una matrice limoso-argillosa quantitativamente variabile, organizzati in superfici a pendenza regolare

#### **Depositi alluvionali antichi del Fiume Chiese – Olocene**

Depositi più antichi del Fiume Chiese, terrazzati rispetto alle alluvioni più recenti, costituiti prevalentemente da sabbie ghiaiose con ciottoli e massi in matrice limosa

#### **Depositi alluvionali attuali o recenti del Fiume Chiese – Olocene**

Depositi più recenti del Fiume Chiese, terrazzati rispetto alle alluvioni più recenti, formati da ghiaie e sabbie in matrice fine quantitativamente variabile. Localmente possono ritrovarsi lenti di materiale fine sabbioso e limoso.

#### **Depositi alluvionali medi o recenti dei corsi d'acqua minori – Olocene**

Depositi alluvionali grossolani, ricoperti da sedimenti fini, riempiono le vallette che incidono le piane fluvioglaciali interne.

#### **Detrito di falda e colluvio – Olocene**

Depositi costituiti da elementi di pezzatura variabile a spigoli vivi o arrotondati in matrice fine limoso-argillosa. Presentano spessori estremamente variabili e si ritrovano sia alla base della scarpata che delimita la piana alluvionale del Fiume Chiese, sia all'interno delle vallette che recapitano le acque all'esterno dell'anfiteatro, nel Fiume Chiese. Frequentemente sono caratterizzati da substrato di natura conglomeratica.

### **3.3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

Nel presente paragrafo si riporta una descrizione sintetica delle caratteristiche geotecniche dei terreni, basata sui dati riportati in bibliografia ed in particolare nello *Studio geologico del territorio comunale* (Sarti L., Rebonato A., 1997).

Dal punto di vista geotecnico è possibile distinguere le seguenti unità:

- ⇒ terreni prevalentemente grossolani (ghiaioso-sabbiosi);
- ⇒ terreni ghiaioso-sabbioso-limosi;
- ⇒ roccia affiorante o subaffiorante.

**- Terreni prevalentemente grossolani (ghiaioso-sabbiosi)**

Comprendono i depositi alluvionali grossolani, quelli fluvioglaciali e il detrito di falda. Si tratta di materiali costituiti prevalentemente da blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie con subordinata matrice fine. Le caratteristiche geotecniche sono generalmente buone.

I depositi più antichi sono alterati e spesso sepolti da coperture eoliche o colluviali fini caratterizzate da parametri geotecnici mediocri.

**- Terreni ghiaioso-sabbioso-limosi**

Si tratta di depositi di origine glaciale costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi in abbondante matrice limoso-argillosa (till di alloggiamento e till di ablazione). I materiali appartenenti a till di alloggiamento sono generalmente sovraconsolidati e di conseguenza presentano caratteristiche geotecniche buone. I depositi attribuibili a till di ablazione presentano caratteristiche geotecniche piuttosto variabili (generalmente da buone a mediocri).

I depositi glaciali più antichi sono alterati e spesso sepolti da coperture eoliche o colluviali fini caratterizzate da parametri geotecnici mediocri

**- Aree costituite da ammassi rocciosi affioranti o subaffioranti**

Le formazioni rocciose presenti nel territorio del Comune di Provaglio di Iseo presentano generalmente caratteristiche geomeccaniche da discrete a buone.

Nel Ceppo e nei livelli conglomeratici presenti a 4-5 m di profondità nella Piana di Longavina è segnalata la presenza di cavità di volume anche plurimetrico, legate all'irregolare distribuzione della cementazione e a fenomeni di dissoluzione dei carbonati. In particolare sono state incontrate cavità durante la perforazione del pozzo n.15, situato in località Chiesa (v. Tav.2), oltre che nel territorio circostante, in occasione di scavi di sbancamento.

La Scaglia Lombarda, presente in un limitato affioramento situato nel tratto terminale del Vallone Profondo, costituita da litotipi calcareo-marnosi ben stratificati, appare profondamente fratturata e corrugata, dimostrando di essere stata soggetta a stress e deformazioni molto intense. Ne deriva che localmente i parametri geomeccanici sono piuttosto mediocri.

### ***Considerazioni conclusive***

I dati geotecnici disponibili indicano che, nella porzione di territorio caratterizzata dai depositi più antichi, in superficie sono presenti coltri potenti generalmente 4-5 m di depositi fini di origine colluviale e eolica con parametri geotecnici mediocri.

Inferiormente a tali depositi di copertura i terreni presentano caratteristiche geotecniche generalmente buone.

In corrispondenza del Ceppo e dei livelli conglomeratici è segnalata la presenza di cavità di volume anche plurimetrico.

Le considerazioni appena espresse sono indicative del comportamento medio del litotipo e non possono quindi sostituire indagini geologiche e geotecniche di dettaglio (come previsto dal testo unico sulle costruzioni D.M. 14 gennaio 2008) per la realizzazione di interventi specifici sul territorio; permettono tuttavia di esprimere una valutazione di massima sull'area e di programmare le indagini geotecniche più opportune in relazione alle caratteristiche litologiche.

### **3.4. GEOMORFOLOGIA**

Dato lo scopo del presente lavoro, lo studio delle caratteristiche geomorfologiche del territorio ha essenzialmente le seguenti finalità:

- valutare la pericolosità dei processi morfogenetici che possono determinare situazioni di rischio;
- analizzare l'evoluzione geomorfologica del territorio comunale, in modo da verificare la compatibilità di eventuali cambiamenti di destinazioni d'uso;
- evidenziare gli elementi che caratterizzano il paesaggio o che presentano interesse dal punto scientifico – naturalistico.

Gli elementi morfologici di seguito descritti sono riportati sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (Tav.1).

### 3.4.1. Elementi geomorfologici

Sul territorio di Muscoline non sono stati evidenziati problemi di instabilità dei versanti particolarmente gravi. I terreni possiedono infatti caratteristiche generalmente favorevoli alla stabilità; tuttavia interventi antropici errati potrebbero rompere l'equilibrio esistente e indurre situazioni di dissesto soprattutto in corrispondenza delle aree che presentano pendenze maggiori.

Sono state cartografate alcune aree di versante interessate da fenomeni di erosione e/o di instabilità superficiali.

Si tratta di modesti fenomeni di dissesto presenti localmente lungo i versanti più ripidi; essi coinvolgono soltanto la porzione corticale del terreno, e sono dovuti all'elevata inclinazione della scarpata alla quale spesso si somma la presenza di vie preferenziali di scorrimento delle acque di ruscellamento superficiale.

Le aree identificate a nord di località Porcili e a nord-ovest di località Singia sono interessate da fenomeni di instabilità superficiale presumibilmente non recenti e con ricrescita del manto boschivo.

L'area a sud-est di Moniga del Bosco si presenta come un decorticamento della coltre superficiale per pochi decimetri di spessore su una porzione di versante a bassa pendenza.

L'ultima area individuata si trova ad ovest di Cabianco ed è caratterizzata da erosione superficiale presumibilmente riconducibile ad allevamenti di ovini.

Sono inoltre state cartografate alcune scarpate morfologiche in degradazione legate all'attività erosiva dei corsi d'acqua. Si tratta delle scarpate erosive che delimitano le incisioni torrentizie, sovente interessate da fenomeni erosivi; localmente il ciglio è soggetto a fenomeni di crollo di porzioni di conglomerato, causati dallo scalzamento al piede provocato dall'erosione torrentizia che agisce nei momenti di piena.

Entrambe i fenomeni sopra descritti presentano un rischio piuttosto basso. Infatti nel primo caso si tratta di fenomeni superficiali (erosione a rivoli, decorticamenti, ecc.), mentre nel secondo caso le scarpate sono contenute nei valloni ed interessano aree difficilmente accessibili.

Di conseguenza, considerato il rischio basso dei fenomeni descritti e tenuto conto che anche la documentazione cartografica disponibile presso il SIT della Regione Lombardia (PAI e GEOIFFI) non evidenzia dissesti o fenomeni franosi, non si è ritenuto di produrre la Carta dei dissesti con legenda uniformata a quella del PAI. Il comune di Muscoline è



compreso nell'elenco della Tabella 2 dell'Allegato 13 alla D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, modificata con D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374, avendo concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI.

Sono state cartografate le scarpate di origine fluviale o torrentizia, nonché le scarpate morfologiche dovute a più agenti morfogenetici (glaciale, fluvioglaciale, degradazione, ecc.). Esse caratterizzano ampiamente il paesaggio geomorfologico di Muscoline. Particolare rilievo paesistico presenta la scarpata morfologica che sovrasta la piana alluvionale del Chiese, con un dislivello di una ventina di metri a nord, in località Mulino, e di una quarantina di metri a sud, alla base del piccolo cordone morenico di Burago. La scarpata è intersecata dalle incisioni torrentizie dei corsi d'acqua

Tra le forme legate alle fasi glaciali susseguite nel Quaternario sono state indicate in carta le creste dei cordoni morenici in quanto assumono particolare rilievo dal punto di vista paesaggistico, nonché i principali percorsi degli scaricatori fluvioglaciali.

Sono inoltre indicate le sorgenti ed alcune aree interessate dal ristagno delle acque a causa delle condizioni di drenaggio difficoltoso.

Tra le forme di origine antropica sono stati cartografati i tratti dei corsi d'acqua caratterizzati da sponde artificiali e gli orli di scarpata antropica.

Inoltre sono segnalate le aree interessate in passato da attività estrattiva ed un'area di discarica di RSU situata nella valle di Cà dell'Ava – S. Quirico.

### **3.4.2. Caratteristiche morfologico-strutturali del paesaggio**

In riferimento al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia e alla D.G.R. 8 novembre 2002 n.7/11045, nel presente paragrafo si esaminano le caratteristiche morfologico-strutturali del paesaggio di Muscoline.

Il sistema morenico del Garda presenta la classica struttura a cerchie concentriche che segnano le diverse fasi di espansione dei ghiacciai. Chiaramente visibili sono i cordoni morenici, dossi allungati costituiti da detrito accumulatosi al margine di un ghiacciaio. Spesso presentano sulla sommità una cresta più o meno evidente.

Tra le cerchie moreniche si riconoscono le valli a fondo piatto percorse in passato dai torrenti che raccoglievano le abbondanti acque di scioglimento del ghiacciai, detti scaricatori fluvioglaciali.

Nel sistema morenico gli elementi che strutturano il paesaggio sono principalmente:

- creste di cordoni morenici
- scarpate morfologiche
- terrazzi naturali
- vallette fluvio-glaciali a fondo piatto
- valloni incisi dai torrenti
- sistema dei corsi d'acqua, il cui percorso è frequentemente evidenziato da vegetazione arborea e arbustiva.

## **4.PERICOLOSITÀ SISMICA**

### **4.1. INTRODUZIONE**

L'attività sismica storica nel bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria evidenziata nella FIGURA 2 che costituisce uno stralcio della "Carta neotettonica dell'Italia" (Ambrosetti et al., 1987), modificata da Cassinis et alii, 1980. Il territorio di Muscoline appartiene ad "un'area in sollevamento, con zone stabili o in abbassamento durante il Pliocene inferiore; in forte sollevamento durante il Pliocene medio e superiore e il Quaternario".

La sismicità di questa zona è legata alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Le sorgenti sismogenetiche dovrebbero trovarsi ad una profondità compresa tra 5 e 15 km, in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria.

### **4.2. ZONA SISMICA DI APPARTENENZA**

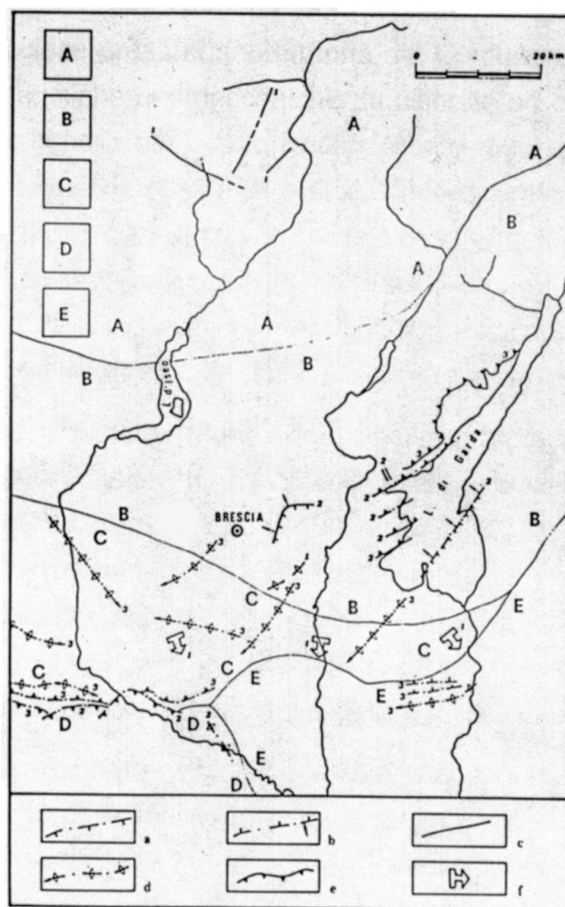
Con l'OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" vengono individuate le nuove zone sismiche sul territorio nazionale. L'Ordinanza è in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964 recepisce, in via transitoria e fino a nuova determinazione, la classificazione contenuta nella OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003. Il Comune di Muscoline ricade in Zona Sismica 3.

Il 5 marzo 2008 è entrato in vigore il D.M. 14 gennaio 2008 contenente la nuova normativa tecnica associata alla classificazione sismica.

**Fig. 1 – Carta neotettonica riferita al territorio bresciano**

(da Cassinis G., Perotti C., Vercesi P.L. (1990) – Prealpi bresciane a sud dell'Adamello: breve sintesi delle conoscenze geologiche e ulteriori temi di ricerca. In: Attualità dell'opera di A. Cozzaglio nel 40° della scomparsa, Ateneo di Brescia)



– Carta neotettonica riferita al territorio bresciano (da Ambrosetti et al., semplificata).

Elementi areali: A = catena alpina interessata da un forte e all'incirca continuo sollevamento durante il Pliocene e il Quaternario. Le deformazioni avvengono per faglie normali e localmente trascorrenti; B = area in sollevamento, con zone stabili o in abbassamento durante il Pliocene inferiore; forte sollevamento durante il Pliocene medio e superiore e il Quaternario; C = area interessata da movimenti alterni di sollevamento e abbassamento, con tendenza al sollevamento durante il Pliocene e il Quaternario; D = area caratterizzata da continuo e intenso abbassamento durante il Pliocene e il Quaternario. Deformazioni pressoché assenti o, localmente, blande per piegamento; E = area interessata da abbassamento generalizzato. Moderate deformazioni avvenute principalmente per piega, e localmente per sovrascorrimento.

Elementi lineari: a = faglia normale; b = faglia inversa; c = faglia di tipo non definito; d = asse di anticlinale; e = sovrascorrimento; f = sollevamento differenziale. Elementi che definiscono i momenti di attività neotettonica degli elementi lineari: 1 = attivo nel Pleistocene-Olocene e forse in precedenza; 2 = attivo nel Pliocene e nel Quaternario; 3 = attivo dal Pliocene (generalmente medio e superiore) al Pleistocene inferiore; 4 = attivo nel Pliocene (generalmente inferiore e medio).

### 4.3. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 3)

In occasione di eventi sismici le particolari condizioni litologiche e geomorfologiche di una zona possono produrre effetti di amplificazione locale o effetti di instabilità.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica individuati sul territorio.

Il 1° livello di approfondimento consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base delle osservazioni di tipo geologico e/o bibliografico. Le diverse situazioni tipo (scenari) in grado di determinare gli effetti sismici locali sono elencate in Tabella 1.

<b>Sigla</b>	<b>Scenari di pericolosità sismica locale</b>	<b>Effetti</b>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

*Tabella 1 - Scenari di pericolosità sismica locale*

Nel territorio esaminato potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione sismica locale riferibili ai seguenti scenari, rappresentati sulla CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (Tav. 3):

- Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana (instabilità);
- Z2 - Zona con riporti poco addensati (Cedimenti);
- Z3a - Zona di ciglio  $H > 10$  m (amplificazione topografica);
- Z3b - Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (amplificazione topografica);
- Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi (amplificazione litologica);
- Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche) (amplificazione litologica);
- Z5 - Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti (comportamenti differenziali).

Nelle aree identificate come “Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana” è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale necessario per la quantificazione dei fenomeni di instabilità.

Nell'area “Z2 - Zona con riporti poco addensati” è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale necessario per la quantificazione dei fenomeni instabilità e di cedimento.

Le aree interessate dalla “Z5 - Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti” non è previsto un approfondimento delle conoscenze dal punto di vista sismico in quanto tale scenario esclude la possibilità di edificare a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione potrà essere superata qualora si operi in modo tale da ottenere un terreno di fondazione omogeneo.

Per gli altri scenari di pericolosità sismica individuati si rende necessaria l'applicazione del 2° livello di approfondimento previsto dall'Allegato 5 che consente una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi, in quanto fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

#### 4.4. APPLICAZIONE DEL 2° LIVELLO

##### 4.4.1. Effetti morfologici

L'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008 riporta la procedura per la valutazione qualitativa degli scenari morfologici suscettibili di amplificazione sismica. Tali scenari sono costituiti da "Zona di ciglio  $H > 10$  m" e da "Zona di cresta rocciosa".

Nel Comune di Muscoline si possono osservare, in corrispondenza dei principali rilievi gli scenari di cresta rocciosa e di ciglio di scarpata con altezza maggiore di 10 m. In tavola 3 (Carta della pericolosità sismica locale) sono riportate le creste e le scarpate individuate e anche le tracce delle sezioni utilizzate per l'analisi sismica.

Facendo riferimento alle relative schede per gli effetti morfologici riportate nell'allegato 5 sono stati ottenuti i fattori di amplificazione ( $F_a$ ) che dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica nazionale vigente.

Per gli effetti morfologici la procedura fornisce il valore di  $F_a$  solamente per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s. I valori di  $F_a$  ottenuti dalle schede di valutazione ( $F_a$  abaco) devono essere confrontati con il valore di  $St$  delle Norme Tecniche per le Costruzioni (derivante dalla categoria topografica), che rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa nazionale non è sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione topografica presente nel sito. Rispetto al valore di soglia, viene considerata una variabilità di + 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata.

In allegato si riportano le schede riassuntive per le sezioni verificate nel territorio di Muscoline.

Il confronto mostra come i valori di soglia siano superiori o uguali ai valori di  $F_a$  ottenuti dall'abaco, in alcuni casi considerando anche la variabilità di + 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata.

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per il territorio di Muscoline la possibile amplificazione sismica di carattere topografico risulta contenuta e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione topografica.

#### 4.4.2. Effetti litologici

Per l'applicazione del 2° livello di approfondimento è necessario conoscere, oltre alla stratigrafia del sito, l'andamento della velocità delle onde trasversali ( $V_s$ ) con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s ed in particolare lo spessore e la velocità  $V_s$  di ciascuno strato.

Sulla base dei risultati del livello 1, illustrati sulla carta della pericolosità sismica locale (Tav. 3), sono state scelte delle aree campione all'interno delle quali sono stati realizzate due indagini geofisiche per la ricostruzione di profili di  $V_s$  che possano essere rappresentativi degli scenari individuati in tutto il territorio.

Lungo i due stendimenti realizzati sono state effettuate due diverse tipologie di indagini geofisiche:

- indagine di sismica a rifrazione con onde di volume  $V_p$  e  $V_s$ ;
- analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

Inoltre sono stati utilizzati dati disponibili presso gli uffici dei comuni limitrofi, per litologie confrontabili con quelle presenti nel territorio di Muscoline; in particolare si è fatto riferimento ai dati emersi da indagini geofisiche realizzate nei territori di Padenghe sul Garda, Polpenazze del Garda, Lonato, Puegnago del Garda e Prevalle.

Trattandosi di dati geofisici diretti a questi viene assegnato un grado di attendibilità alto; per quanto riguarda la valutazione dell'amplificazione litologica sui cordoni morenici (scenario Z4c), avendo utilizzato dati provenienti da indagini ubicate al di fuori del territorio comunale, viene assegnato un grado di attendibilità medio.

Tutti i dati raccolti permetteranno una valutazione semiquantitativa della sismicità del territorio di Muscoline nei confronti della normativa tecnica nazionale per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

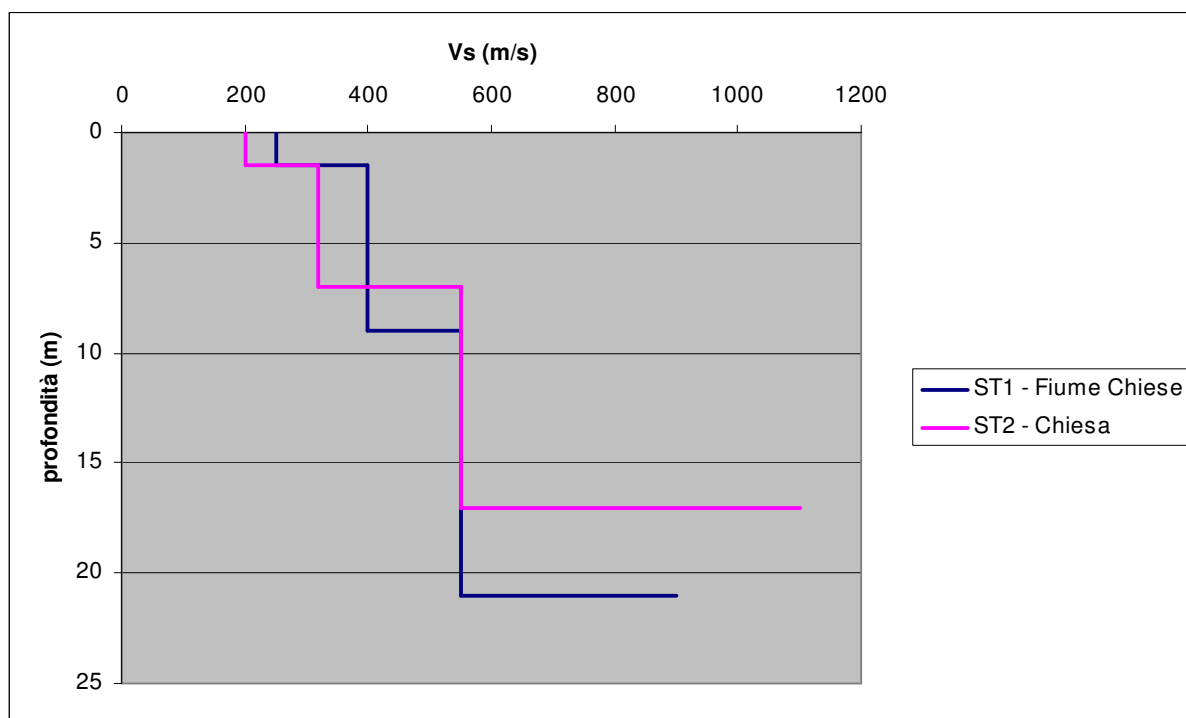
#### **Scenario Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi**

In questo scenario sono state inserite sia le piane degli scaricatori fluvioglaciali, sia la piana alluvionale del F. Chiese.



Si tratta di depositi prevalentemente ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi caratterizzati da diversi gradi alterazione e localmente con coperture fini limoso-argillose di natura eolica o colluviale.

Le due analisi geofisiche sono state realizzate all'interno di questo scenario in quanto dal punto di vista litologico questi depositi generalmente presentano un grado di addensamento minore rispetto ai depositi glaciali che costituiscono i cordoni morenici.



Il grafico precedente illustra l'andamento medio delle Vs con la profondità per l'indagine realizzate.

### ST1 – Fiume Chiese

In base ai valori delle onde di taglio (Vs) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ( $V_{s30} = 530$  m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio Vs con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell'area pari a 0.177 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia ghiaiosa (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 3 (colore blu) e inserendo nell'abaco il periodo  $T = 0.177$  s, il fattore di amplificazione risulta  $F_a = 1.3$  nell'intervallo 0.1-0.5 s e  $F_a = 1.1$  nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di Fa (Fa abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Muscoline per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma B	Fa calcolato	Soglia norma B
1.3	1.5	1.1	1.7

Il confronto mostra come il valore di Fa ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti minore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B, per tipologie edilizie caratterizzate sia da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s sia da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

## ST2 – Chiesa

In base ai valori delle onde di taglio (Vs) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ( $V_{s30} = 548$  m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio Vs con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell'area pari a 0.153 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia ghiaiosa (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 3 (colore blu) e inserendo nell'abaco il periodo  $T = 0.153$  s, il fattore di amplificazione risulta  $Fa = 1.3$  nell'intervallo 0.1-0.5 s e  $Fa = 1.1$  nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di Fa (Fa abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Muscoline per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma B	Fa calcolato	Soglia norma B
1.3	1.5	1.1	1.7

Il confronto mostra come il valore di Fa ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti minore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B, per tipologie edilizie caratterizzate sia da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s sia da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

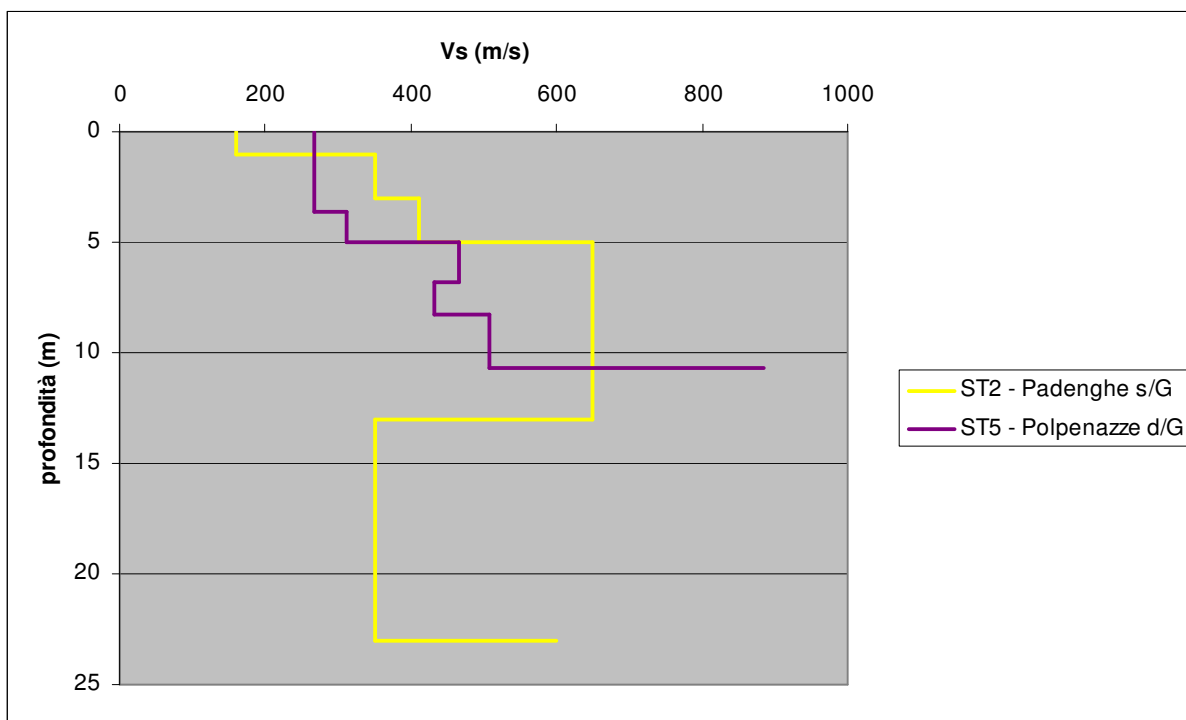
#### **Scenario Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)**

In questo scenario sono inseriti i depositi glaciali che costituiscono i cordoni appartenenti alla cerchia morenica del Lago di Garda.

Sono costituiti prevalentemente da depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa più o meno abbondante in relazione al grado di alterazione; frequenti le coperture di natura eolica e colluviale. A tratti presentano facies conglomeratica.

Le analisi condotte nei comuni limitrofi e reperibili presso gli Uffici Tecnici (in particolare per i Comuni di Padenghe sul Garda e di Polpenazze del Garda) evidenziano la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo B. Il grado di addensamento di questi terreni consente di affermare che, in seguito all'applicazione del II° livello di approfondimento, la normativa nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Di seguito si riportano i dati di due indagini geofisiche presumibilmente rappresentative dei comportamenti al limite minimo e al limite massimo delle litologie moreniche riferibili allo scenario Z4c.



**ST2 – Padenghe sul Garda**

In base ai valori delle onde di taglio (Vs) ricavati, ai terreni ricompresi nell’area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti” ( $V_{s30} = 432$  m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio Vs con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell’area pari a 0.222 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia ghiaiosa (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 3 (colore blu) e inserendo nell’abaco il periodo  $T = 0.222$  s, il fattore di amplificazione risulta  $Fa = 1.4$  nell’intervallo 0.1-0.5 s e  $Fa = 1.1$  nell’intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di Fa (Fa abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Muscoline per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma B	Fa calcolato	Soglia norma B
1.4	1.5	1.1	1.7

Il confronto mostra come il valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti minore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B, per tipologie edilizie caratterizzate sia da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s sia da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

### ST5 – Polpenazze del Garda

In base ai valori delle onde di taglio ( $V_s$ ) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ( $V_{s30} = 579$  m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio  $V_s$  con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio ( $T$ ) dei depositi presenti nell'area pari a 0.112 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia ghiaiosa (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 3 (colore blu) e inserendo nell'abaco il periodo  $T = 0.122$  s, il fattore di amplificazione risulta  $F_a = 1.2$  nell'intervallo 0.1-0.5 s e  $F_a = 1.0$  nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di  $F_a$  ( $F_a$  abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Muscoline per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma B	Fa calcolato	Soglia norma B
1.2	1.5	1.0	1.7

Il confronto mostra come il valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti minore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B, per tipologie edilizie caratterizzate sia da un intervallo di

periodo 0.1-0.5 s sia da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per gli scenari identificati nel territorio di Muscoline la possibile amplificazione sismica risulta contenuta e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Di conseguenza tali scenari non vengono riportati sulla Carta della Fattibilità Geologica (Tav. 6) per non appesantirne la lettura.

Nelle zone potenzialmente interessate da dissesti (Z1c) e cedimenti (Z2), già presenti sulla Carta di Fattibilità Geologica, viene specificata nella normativa la necessità, in fase progettuale, di un approfondimento delle conoscenze di tipo sismico (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008).

## 5.SISTEMA IDROGRAFICO

La rete idrografica, riportata sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV. 2), è tratta dallo *Studio per la determinazione del reticolo idrico minore* (Ziliani L., Di Pasquale A., Quassoli G., 2010), al quale si rimanda per qualsiasi approfondimento.

Il reticolo idrografico di Muscoline è caratterizzato dal Fiume Chiese, appartenente al reticolo idrico principale, e da una serie di corpi idrici ascrivibili al reticolo idrico minore.

Il Fiume Chiese nasce dal ghiacciaio dell'Adamello, nella testata della Val di Fumo, e dopo aver percorso la Val Daone e la Valle delle Giudicarie, sfocia nel Lago d'Idro. Quindi attraversa tutta la Val Sabbia e raggiunge la pianura dove, dopo un percorso di 155 km, confluisce nel F. Oglio.

Il bacino del F. Chiese chiuso alla stazione di Gavardo occupa una superficie pari a 934 km<sup>2</sup>. Il corso d'acqua nel periodo di osservazione 1934-1971 ha presentato, sempre alla stazione di Gavardo, una portata massima di 604 m<sup>3</sup>/s ed una portata media pari a 34.7 m<sup>3</sup>/s.

Nel comune di Muscoline il F. Chiese costituisce il confine occidentale del territorio comunale. L'alveo è delimitato da scarpate naturali e regolarizzate solo localmente in erosione.

In sponda sinistra del Chiese sono presenti due canali che derivano le acque dal fiume stesso, rivestiti in cls.

A nord scorre il canale del Consorzio elettrico "Medeghini" che deriva le acque del Chiese in territorio di Gavardo e serve la centrale elettrica di località Mulino in territorio di Muscoline, dove le acque vengono restituite al fiume.

Più a valle, in prossimità di C.na Zambelli, inizia la derivazione del canale che alimenta la centrale "a2a" di Prevalle.

I corsi d'acqua che solcano il territorio comunale confluiscono tutti nel F. Chiese. Il loro alveo nell'attraversamento della piana di Muscoline si approfondisce progressivamente in modo da raccordarsi con la quota del Chiese, formando profonde incisioni torrentizie. E' in corrispondenza di questi tratti che i corsi d'acqua sono caratterizzati da una notevole capacità erosiva.

Di seguito sono descritti i principali corsi d'acqua, partendo da nord.

Il Canale Bugnago si origina lungo le pendici del M. Faida e percorre la Valle di Caiano. Nell'ultimo tratto scorre in comune di Gavardo.

Il Vallone della Gola si origina lungo le pendici del M. Cervo e, nel primo tratto, scorre con andamento sinuoso in un alveo modestamente inciso all'interno di una depressione valliva piuttosto ampia; scorre quindi tra le frazioni Rampeniga e Chiesa, approfondendosi progressivamente a valle della strada diretta a Limone, prendendo così il nome di Vallone Profondo. Il Vallone Profondo con andamento sinuoso raggiunge il Monte S. Martino e ne fiancheggia il versante meridionale, quindi, dopo aver superato con un ponte canale in cls il canale del Consorzio Medeghini, confluisce nel F. Chiese.

Nel Vallone Profondo in sponda sinistra confluisce il Fosso dei Sentieri che si origina ai piedi del cordone morenico del M. Cervo ed attraversa, in parte tombato, la frazione Chiesa.

Il Vallone delle Bosche si origina ai piedi del rilievo conglomeratico del Castello di Muscoline ed è alimentato dalla sorgente Fonte Fuce. A valle della strada che collega Longavina con Cabianco riceve le acque del depuratore e l'alveo progressivamente si approfondisce. Alla base della scarpata che delimita la piana del Chiese confluisce nel Vallone di Burago.

Il Fiume di Pissarotte si origina a sud della frazione Cabianco. A valle della strada provinciale n.26 inizia una profonda incisione nella quale confluisce il Vallone di Burago. Poco a valle della confluenza ai piedi della scarpata emerge la sorgente Pissarotte. Nella piana del Chiese riceve il Vallone delle Bosche.

Il Vallone della Valle costituisce per un tratto il confine con il comune di Calvagese.



## 6. IDROGEOLOGIA

### 6.1. UNITÀ IDROGEOLOGICHE AFFIORANTI

Lo studio idrogeologico si basa fundamentalmente sui dati relativi ai pozzi per acqua (profondità, stratigrafie, portate, livelli statici e dinamici, ecc.) presenti nel territorio comunale.

Nella Tabella allegata (Tab.2) è riportato l'elenco dei pozzi pubblici e privati individuati nel territorio di Muscoline, la cui ubicazione è riportata sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV. 2).

Sulla carta idrogeologica sono inoltre riportate le unità idrogeologiche affioranti di seguito descritte.

#### 1) Terreni a permeabilità alta o media per porosità

- Depositi fluvioglaciali ghiaiosi e sabbiosi costituenti le valli percorse dagli scaricatori fluvioglaciali.
- Depositi alluvionali antichi del Fiume Chiese.
- Depositi alluvionali attuali o recenti del Fiume Chiese.
- Depositi alluvionali medio-recenti dei corsi d'acqua minori.

All'interno di questa unità è presente una certa variabilità relativamente alla granulometria e quindi alla permeabilità dei sedimenti, legata alla competenza delle correnti torrentizie che li hanno depositi.

In genere questi depositi ospitano falde freatiche.

#### 2) Terreni a permeabilità media o medio-bassa per porosità

- Depositi glaciali ghiaiosi, sabbiosi e limosi.
- Depositi fluvioglaciali alterati con coperture di natura eolica e colluviale.

Sono compresi in questa unità i cordoni morenici e le superfici di raccordo tra i cordoni morenici e le piane fluvioglaciali, costituite da antichi sedimenti di origine colluviale o eolica su depositi di origine glaciale e fluvioglaciale alterati.

La potenzialità idrica è nel complesso limitata, contenendo ridotte falde idriche per lo più di carattere stagionale.

#### 3) Terreni a permeabilità bassa per porosità

- Depositi fluvioglaciali molto alterati con coperture fini di natura eolica e colluviale.

Si tratta dei terreni affioranti nella Piana di Longavina, caratterizzati globalmente da una bassa permeabilità.

La potenzialità idrica è assai limitata, contenendo ridotte falde idriche per lo più di carattere stagionale.

#### **4) Formazioni a permeabilità media per porosità e fratturazione con circolazione idrica piuttosto discontinua**

- Formazione del Colle di S. Bartolomeo.
- Ceppo.

La potenzialità idrica è nel complesso piuttosto limitata, contenendo una circolazione idrica per lo più discontinua che può dare origine a manifestazioni sorgentizie di regime occasionale.

#### **5) Formazioni a permeabilità bassa per fratturazione con circolazione idrica discontinua in corrispondenza degli orizzonti litoidi fratturati**

- Scaglia Lombarda

La potenzialità idrica è nel complesso assai limitata, contenendo una circolazione idrica per lo più discontinua che può dare origine a manifestazioni sorgentizie di regime occasionale.

## **6.2. CARATTERISTICHE DELLE FALDE ACQUIFERE**

### **6.2.1. Falde freatiche**

I depositi fluvioglaciali che affiorano nelle valli intermoreniche contengono falde freatiche (o libere), la cui potenzialità varia in relazione allo spessore dei depositi, alla loro permeabilità e ai processi di alimentazione.

Lungo la valle fluvioglaciale di Cà dell'Ava - S. Quirico le stratigrafie dei pozzi evidenziano la presenza di ghiaia sabbiosa con ciottoli e localmente trovanti fino ad una profondità dal piano campagna compresa tra 35 m a sud (pozzo n.14) e 44 m a nord (pozzo n.18). I depositi ghiaiosi contengono una falda libera captata da alcuni pozzi privati (n. 18 e n. 24).

Altre falde freatiche, generalmente di scarsa potenzialità, alimentate dalle precipitazioni, sono contenute nei cordoni morenici o nei conglomerati e sono legate a condizioni morfologiche ed idrogeologiche locali. In corrispondenza dell'intersezione tra la superficie della falda e quella topografica si hanno manifestazioni sorgentizie, caratterizzate da portate esigue, e fenomeni di alimentazione della rete idrografica che esercita un effetto drenante sulla falda superficiale.

In Tav. 2 sono indicate quattro sorgenti. Le più interessanti sono le sorgenti Fonte Fuce, Pissarotte e Cavallino. La sorgente Fonte Fuce (n. 1) è ubicata alla testata del Rio del Vallone delle Bosche, a circa 260 m s.l.m. ed è stata captata dall'acquedotto di Muscoline fino al 1980.

La sorgente Pissarotte (n. 2) è ubicata nell'omonimo vallone, circa a quota 210 m s.l.m., ed è stata utilizzata in passato dal comune di Prevalle.

La sorgente Cavallino (n. 3) è situata in località Cavallino ed emerge da roccia conglomeratica.

### **6.2.2. Falde profonde**

I depositi cartografati in superficie ricoprono depositi più antichi. I rapporti esistenti tra le diverse unità idrogeologiche presenti in profondità sono talora piuttosto complessi e difficili da ricostruire a causa dei fenomeni deposizionali ed erosivi che si sono avvicendati nel tempo e che hanno determinato sensibili variazioni laterali e verticali dei depositi glaciali e fluvioglaciali e complesse interdigitazioni tra gli stessi.

Le stratigrafie dei pozzi presenti nel settore morenico riportano spesso la presenza a diverse profondità di materiali a granulometria fine, generalmente argillosi o limosi, la cui deposizione può essere dovuta, oltre che a fasi di impaludamento e ristagno da parte delle acque degli scaricatori, alla formazione di laghi (glaciali in senso stretto, di sbarramento morenico, intermorenici, ecc.), o ad alterazione pedogenetica di terreni preesistenti. La funzione idrogeologica di questi livelli a bassissima permeabilità varia in relazione allo spessore ed alla continuità laterale degli stessi.

Nel territorio di Muscoline, in profondità, nei livelli ghiaioso-sabbiosi compresi tra limi ed argille, sono presenti falde acquifere confinate o semiconfinate che costituiscono presumibilmente un sistema multistrato caratterizzato da un notevole spessore complessivo.

I pozzi comunali Piazzole (n.1 in TAV.2) e Fornace (n.2) attingono a questo acquifero. Il pozzo Lucone (n.3) capta sia la falda libera che quella profonda confinata/semiconfinata.

La potenzialità degli acquiferi profondi dipende dallo spessore e dalla continuità laterale dei livelli ghiaioso-sabbiosi, nonché dalla loro alimentazione.

### 6.3. PIEZOMETRIA

Gli unici dati piezometrici disponibili sono quelli riportati sulle stratigrafie. Essendo stati misurati in periodi differenti tra loro non è possibile costruire una carta piezometrica; è possibile tuttavia effettuare alcune considerazioni sui dati disponibili.

Nella tabella pozzi (Tab. 2) sono riportati, laddove disponibili, le profondità dei filtri e del livello statico (sia in m dal piano campagna che in m s.l.m.).

Sulla base di questi dati, oltre che di quelli stratigrafici, è possibile distinguere i pozzi che captano la falda libera (n.18 e n.24, entrambe situati nella valle di Cà dell'Ava - S. Quirico) da quelli che captano livelli acquiferi confinati o semiconfinati (che rappresentano la maggior parte dei pozzi presenti).

I dati relativi al livello piezometrico statico sono riportati anche sulla Carta idrogeologica e del sistema idrografico (Tav. 2).

Come già evidenziato nello *Studio geologico del territorio comunale* (Sarti L., Rebonato A., 1997) i dati piezometrici disponibili consentono di distinguere due acquiferi: uno con livello piezometrico compreso tra 263 e 230 m s.l.m. e l'altro con livello piezometrico più basso, compreso tra 170 e 145 m s.l.m..

È presumibile che i due acquiferi siano in comunicazione tra loro tramite fenomeni di drenanza (dal primo verso il secondo).

Il primo acquifero è captato dai pozzi: n. 1, n. 5, n. 6, n. 8, n. 9, n. 10, n. 11, n. 14, n. 16 e n. 17 situati nel territorio orientale e centrale di Muscoline. I livelli produttivi captati sono compresi tra 253 e 158 m s.l.m..

Pur considerando che si tratta di livelli piezometrici misurati in momenti differenti, si può notare un'inclinazione della falda verso ovest, ovvero verso l'esterno dell'anfiteatro morenico, passando da 263 a 230 m s.l.m..

Si ritiene che questo acquifero alimenti la sorgente Fonte Fuce, ubicata alla testata del Rio del Vallone delle Bosche, a circa 260 m s.l.m., e la sorgente Pissarotte, ubicata nell'omonimo vallone, circa a quota 210 m s.l.m..

L'acquifero più profondo è captato dai pozzi: n. 2, n. 7, n. 12, n. 19, n. 20, n. 21 e n. 22, situati a quote prossime o inferiori rispetto al livello piezometrico dell'acquifero sopra descritto. I livelli produttivi captati sono compresi tra 160 e 38 m s.l.m..

I pozzi n. 2, n. 7 e n. 12 sono situati nella porzione meridionale del territorio e raggiungono tutti e tre profondità elevate dal piano campagna, pari rispettivamente a 195 m, 198 m e 178 m. I livelli piezometrici, compresi tra 150 e 145 m s.l.m, evidenziano grosso modo una direzione della falda verso sud.

I pozzi n. 19, n. 20, n. 21 e n. 22 sono ubicati nell'angolo sud-occidentale del territorio comunale, nei pressi (i primi tre) e all'interno (n. 22) della piana alluvionale del Fiume Chiese. I livelli piezometrici, compresi tra 173 e 158 m s.l.m., evidenziano una direzione della falda verso la piana del Fiume Chiese.

I pozzi che captano il sistema acquifero più superficiale non hanno raggiunto il sistema acquifero più profondo. I due sistemi sembrano essere separati da un potente acquiclude argilloso, incontrato nel tratto inferiore dei pozzi n. 15 e n. 6 (che captano il sistema acquifero più superficiale) ed attraversato dal pozzo n. 7 (che capta il sistema acquifero più profondo) per un'ottantina di metri, tra le quote 170 e 90 m s.l.m..

#### **6.4. POZZI COMUNALI**

L'approvvigionamento idrico dell'Acquedotto Comunale é attualmente fornito dai seguenti pozzi:

- **Pozzo Piazzole (n.1 in TAV.2)**
  - profondità: 117,00 m
  - fenestrature da 40 a 61 m, da 80 a 85 m e da 104 a 117 m di profondità dal piano campagna
  - portata al collaudo: 6,00 l/s
  - livello statico al collaudo: 19,50 m
  - livello dinamico al collaudo: 36,00 m
  - quota di riferimento: 281,50 m s.l.m.
  
- **Pozzo Fornace (n.2).**
  - profondità: 195,00 m
  - fenestrature da 91 a 100 m, da 132 a 150, da 166 a 178 m di profondità dal piano campagna

- portata al collaudo: 25,00 l/s
  - livello statico al collaudo: 97,00 m
  - livello dinamico al collaudo: 113,50 m
  - quota di riferimento: 242 m s.l.m.
- **Pozzo Lucone (n.3);**
- profondità: 96,00 m
  - fenestrature da 32 a 35 m, da 41 a 44 m, da 63 a 66 m, da 72 a 78 m di profondità dal piano campagna
  - portata al collaudo: 8,00 l/s
  - livello statico al collaudo: 2,70 m
  - livello dinamico al collaudo: 27,05 m
  - quota di riferimento: 264 m s.l.m.

Per quanto riguarda la qualità delle acque captate dai pozzi non è stato possibile disporre di analisi chimiche recenti relative alle acque distribuite dai pozzi comunali, ad eccezione dell'analisi effettuata in data 12.01.2005 sulle acque captate dal pozzo Lucone.

Quest'ultima, allegata, evidenzia che i parametri sono tutti contenuti nei limiti di legge.

## **6.5. VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI**

### **6.5.1. Falde freatiche**

Per quanto riguarda gli acquiferi liberi, la valutazione del grado di vulnerabilità è stata effettuata utilizzando il sistema DRASTIC, proposto da Aller et Al., 1985 ed utilizzato dall'Epa (U.S. Environmental Protection Agency).

La valutazione è stata fatta nelle tre aree dove si ritiene che gli acquiferi abbiano una consistenza di un certo rilievo e, di conseguenza, possano contenere una falda libera di un certo interesse: la piana del Fiume Chiese, la valle fluvio-glaciale di Cà dell'Ava – S. Quirico e la valle fluvio-glaciale che con andamento grosso modo NNE-SSW sbocca a Corzago Riviera.

I parametri su cui si basa il sistema DRASTIC sono i seguenti:

D = Profondità della falda  
R = Ricarica della falda

A = Mezzo acquifero saturo  
 S = Tipo di suolo  
 T = Inclinazione della superficie topografica  
 I = Mezzo non saturo  
 C = Conducibilità idraulica

Di questi 7 parametri i primi due sono dinamici, cioè soggetti a variazioni nel tempo, mentre gli altri 5 sono statici, cioè costanti nel tempo, salvo variazioni antropiche in particolare sul suolo. La variabilità di ciascun parametro, in conformità con quanto suggerito dal metodo Drastic, è valutata singolarmente attribuendo ad ogni situazione un punteggio (I) variabile da 1 a 10.

La maggiore o minore importanza dei diversi parametri è controllata da un peso fisso (P) attribuito al parametro, variabile da 1 a 5, che viene moltiplicato per il punteggio di ogni singolo parametro. La somma dei punteggi corrisponde ad un indice Drastic ID ( $ID = \sum I \cdot P$ ).

I punteggi, compresi tra 23 e 230, sono stati da noi suddivisi in 10 classi di vulnerabilità i cui limiti sono riportati nella tabella seguente.

CLASSI	LIMITI	VULNERABILITA'
1	23-43	minima
2	44-64	estremamente bassa
3	65-85	molto bassa
4	86-106	bassa
5	107-127	medio-bassa
6	128-148	medio-alta
7	149-169	alta
8	170-190	molto alta
9	191-211	estremamente alta
10	212-230	massima

*Classi di vulnerabilità (DRASTIC 23-230)*

Nelle tre aree analizzate (piana del Fiume Chiese, valle fluvioglaciale di Cà dell'Ava – S. Quirico, valle fluvioglaciale che sbocca a Corzago Riviera) i parametri presentano caratteristiche piuttosto simili; solamente la soggiacenza varia. Infatti nel pozzo n. 24 (situato nei pressi di Cà dell'Ava) la falda risulta a 10 m di profondità, mentre più a nord nella stessa valle la soggiacenza aumenta raggiungendo 28,5 m nel pozzo n.18. Anche nella piana del Fiume Chiese la falda risulta oltre i 20 m di profondità (pozzo n. 22); non sono disponibili dati relativi alla soggiacenza nella valle fluvioglaciale che scende verso Corzago Riviera.

L'analisi dei parametri sopra esposti ha portato ad attribuire i punteggi riportati nella tabella sottostante.

	PARAMETRI	CAMPO (RANGE)		PUNTEGGIO (I)		PESO (P)	IxP	
D	Profondità falda	5-10 m	> 20 m	7	2	5	35	10
R	Ricarica falda	50-200 mm		5		4	20	
A	Mezzo acquifero saturo	Ghaie e sabbie		8		3	24	
S	Tipo di suolo	Protettività bassa		8		2	16	
T	Pendenza	0-2 %		10		1	10	
I	Mezzo non saturo	Ghaie e sabbie		8		5	40	
C	Conducibilità idraulica	5 *10 <sup>-4</sup> m/s		8		3	24	
	<b>TOTALE (ID)</b>						<b>169</b>	<b>144</b>

*Intervalli di valori dei parametri analizzati e relativi punteggi*

L'indice Drastic risulta pari a 169 nel caso di soggiacenza compresa tra 5-10 m e corrisponde alla classe di vulnerabilità alta.

Nel caso di soggiacenza maggiore di 20 m l'indice Drastic è pari a 144 e corrisponde alla classe di vulnerabilità medio-alta.

Gli acquiferi liberi nel territorio di Muscoline sono quindi caratterizzati da un grado di vulnerabilità variabile da alto a medio-alto

### 6.5.2. Falde profonde

Per quanto riguarda gli acquiferi confinati o semiconfinati il grado di vulnerabilità è basso o molto basso, data la presenza di materiale argilloso-limoso che ricopre tali acquiferi. Tuttavia la perforazione di pozzi che attingono sia alla falda superficiale che a quella profonda, o di pozzi che attingono solo a quella profonda, ma che non sono stati realizzati in modo corretto, ripristinando adeguatamente i livelli impermeabili presenti naturalmente, può indurre il trasferimento di sostanze inquinanti dalla falda superficiale a quella più profonda.

Inoltre localmente possono essere presenti lacerazioni (o livelli a permeabilità maggiore) dei diaframmi naturali impermeabili che separano la falda freatica da quella profonda, cosicché le acque potrebbero passare da un sistema all'altro.

I diaframmi che delimitano il sistema acquifero profondo determinano quindi senz'altro un rallentamento della diffusione di inquinanti, ma non possono costituire una barriera nei



confronti di sostanze contaminanti presenti in quantità sempre maggiori nelle falde superficiali. Di conseguenza la tutela della falda freatica è necessaria anche per proteggere il sistema acquifero sottostante.

## 7.CARTA DEI VINCOLI

Sulla CARTA DEI VINCOLI sono riportate tutte le limitazioni d'uso del territorio di carattere prettamente geologico derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore.

### *VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO (L. 183/89)*

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001 (Elaborato n. 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali).

Sono riportati i limiti della Fascia di deflusso della piena (Fascia A) del F. Chiese.

All'interno del territorio di Muscoline la delimitazione della fascia di piena (Fascia A) coincide con quella della fascia di esondazione (Fascia B)

La delimitazione delle fasce fluviali è stata tratta dalla cartografia del PAI alla scala 1:25.000 e riportata sulle carte di piano (scala 1:5.000); questo passaggio ha comportato modesti aggiustamenti dei limiti delle fasce per adeguarli alla morfologia locale meglio rappresentata dalla base aerofotogrammetrica.

### *AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE*

- Zona di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile. L'area è stata individuata secondo le disposizioni contenute nel D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94).
- Zona di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile. L'area è stata individuata secondo le disposizioni contenute nel D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94) con metodo geometrico (200 m di raggio).

### *VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA*

- Fascia di rispetto del reticolo idrico minore di competenza comunale. Le fasce di rispetto sono tratte dallo "Studio per la determinazione del reticolo idrico minore" (Ziliani L., Di Pasquale A., Quassoli G., 2010), al quale si rimanda per qualsiasi approfondimento.

## 8. CARTA DI SINTESI

Sulla Carta di Sintesi sono rappresentati gli elementi di fragilità individuati nel territorio e descritti nello Studio geologico. Sono cartografate quindi tutte quelle situazioni areali o puntuali che sono caratterizzate da fragilità riferita alle diverse componenti ambientali (suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee) e che di conseguenza possono comportare delle limitazioni nell'uso del territorio, limitazioni delle quali è necessario tener conto nella stesura del Piano di Governo del Territorio.

### *AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI*

- Area di versante interessata da fenomeni di erosione e/o di instabilità superficiali. Si tratta di modesti fenomeni di dissesto presenti localmente lungo i versanti più ripidi; essi coinvolgono soltanto la porzione corticale del terreno, e sono dovuti all'elevata inclinazione della scarpata alla quale spesso si somma la presenza di vie preferenziali di scorrimento delle acque di ruscellamento superficiale
- Scarpata in erosione attiva. Si tratta delle scarpate erosive che delimitano le incisioni torrentizie che caratterizzano la piana di Muscoline, sovente interessate da fenomeni erosivi; localmente il ciglio è soggetto a fenomeni di crollo di porzioni di conglomerato, causati dallo scalzamento al piede provocato dall'erosione torrentizia che agisce nei momenti di piena.

Entrambe i fenomeni sopra descritti presentano un rischio piuttosto basso. Infatti nel primo caso si tratta di fenomeni superficiali (erosione a rivoli, decorticamenti, ecc.), mentre nel secondo caso le scarpate sono contenute nei valloni ed interessano aree difficilmente accessibili. Di conseguenza, considerato il rischio basso dei fenomeni descritti e tenuto conto che anche la documentazione cartografica disponibile presso il SIT della Regione Lombardia (PAI e GEOIFFI) non evidenzia dissesti o fenomeni franosi, non si è ritenuto di produrre la Carta dei dissesti con legenda uniformata a quella del PAI. Il comune di Muscoline è compreso nell'elenco della Tabella 2 dell'Allegato 13 alla D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, modificata con D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374, avendo concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI.

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

- Area con grado di vulnerabilità delle acque sotterranee variabile da alto a medio-alto

Sono state così classificate: la piana del Fiume Chiese, la valle fluvio-glaciale di Cà dell'Ava-S. Quirico e la valle fluvio-glaciale che scende a Corzago Riviera.

- Sorgenti Fonte Fuce, Pissarotte e Cavallino. Si tratta delle tre principali sorgenti presenti sul territorio comunale.

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

- Fascia A del PAI
- Area soggetta a ristagno d'acqua a causa delle condizioni di drenaggio difficoltoso.

#### *AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE*

- Area di discarica di RSU
- Area interessata in passato da attività estrattiva attualmente recuperata

#### *AREE DI INTERESSE GEOMORFOLOGICO - IDROGEOLOGICO - PAESISTICO*

- Rilievi collinari a morfologia ondulata, vallette inframoreniche e ripiani subpianeggianti, con alternanza di zone boscate, oliveti, vigneti, e prati permanenti con scarsa presenza antropica: aree ad elevato interesse geomorfologico, paesistico e naturalistico. E' stata così classificata una porzione alquanto ampia del territorio comunale. La morfologia è piuttosto varia, con rilievi di differenti dimensioni, blande ondulazioni e superfici subpianeggianti. I boschi rivestono i pendii più ripidi, mentre le aree meno acclivi sono caratterizzate da oliveti, vigneti e prati permanenti. In queste aree si riconoscono due tipi di limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni: una è legata al fatto che, anche se in generale si tratta di aree piuttosto stabili, interventi antropici errati potrebbero rompere l'equilibrio esistente e indurre situazioni di dissesto; l'altra è legata al valore morfologico-paesistico e naturalistico di queste aree.
- Versanti a maggiore pendenza e con maggiore valore paesaggistico sia dal punto di vista percettivo che per le coperture boschive. Corrispondono ai versanti più ripidi; di conseguenza si tratta di aree più delicate sia per quanto riguarda la possibilità di

innescare situazioni di dissesto, sia per il valore paesaggistico, in quanto questi versanti risultano particolarmente esposti.

- Rilievi collinari e ripiani subpianeggianti con alternanza di prati, seminativi, vigneti e rare zone boscate con evidenti modificazioni indotte dall'attività antropica: aree di interesse geomorfologico, paesistico e naturalistico

E' stata inserita in questa classe una buona parte del territorio comunale, caratterizzata da morfologia ondulata, con rilievi arrotondati, spesso interessati da terrazzamenti, e vaste superfici subpianeggianti o debolmente ondulate. La presenza antropica è maggiore rispetto all'unità precedente.

## **9. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**

### **9.1. DESCRIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE**

Lo studio condotto ha evidenziato la presenza nel territorio di Muscoline di aree a differente sensibilità nei confronti delle problematiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e idrogeologiche. Queste aree, sulla base delle limitazioni di tipo geologico in esse riscontrate, sono state attribuite a quattro classi e sono state cartografate nella CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 6).

All'interno di ciascuna classe sono presenti differenti situazioni (sottoclassi) che sono state distinte sulla carta in base al tipo di controindicazione o di limitazione alla modifica della destinazione d'uso. Laddove si verifica una sovrapposizione di due o più classi o sottoclassi, questa è indicata in carta. La descrizione delle classi, per maggiore chiarezza espositiva, è effettuata a partire dalla classe che presenta maggiori limitazioni.

#### **CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

Questa classe comprende aree soggette ad una forte restrizione della fattibilità.

All'interno di questa classe è 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) e c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie all'adeguamento per la normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili, previa valutazione attenta e puntuale della tipologia del dissesto e del grado di rischio. 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.

Nelle sottoclassi individuate valgono, oltre alle norme generali per la classe 4 sopra esposte, le norme specificate di seguito.

#### **4a - Area di versante interessata da fenomeni di erosione e/o di instabilità superficiali**

In occasione di un terremoto, si può verificare un'accentuazione dei fenomeni di instabilità dovuti ad effetti dinamici. Di conseguenza in fase progettuale è obbligatorio eseguire gli approfondimenti di 3° livello (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008).

#### **4b – Scarpate in erosione attiva**

In occasione di un terremoto, si può verificare un'accentuazione dei fenomeni di instabilità dovuti ad effetti dinamici. Di conseguenza in fase progettuale è obbligatorio eseguire gli approfondimenti di 3° livello (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008).

#### **4c - Fascia di deflusso della piena (Fascia A e Fascia B del PAI)**

Al suo interno si applicano le Norme di Attuazione del PAI per le Fasce Fluviali, con particolare riguardo a quanto stabilito dagli articoli 1 (comma 6), 29, 32, 38, 38 bis, 38 ter e 39.

#### **4d - Sorgenti Fonte Fuce, Pissarotte e Cavallino**

All'interno di questa classe sono consentite solamente opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili, previa valutazione attenta e puntuale della vulnerabilità della risorsa e del grado di rischio.

### **CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

All'interno delle aree definite in classe 3 sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopo edificatorio 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 o opere di difesa.

#### **3a - Rilievi collinari a morfologia ondulata, vallette inframoreniche e ripiani subpianeggianti con alternanza di zone boscate, oliveti, vigneti e prati permanenti, con**

**scarsa presenza antropica: aree di elevato interesse geomorfologico, paesaggistico e naturalistico;**

**3a\* - Versanti a maggiore pendenza e con maggiore valore paesaggistico sia dal punto di vista percettivo che per le coperture boschive.**

E' stata così classificata una porzione alquanto ampia del territorio comunale. La morfologia è piuttosto varia, con rilievi di differenti dimensioni, blande ondulazioni e superfici subpianeggianti. I boschi rivestono i pendii più ripidi, mentre le aree meno acclivi sono caratterizzate da oliveti, vigneti e prati permanenti.

In queste aree si riconoscono due tipi di limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni: una è legata al fatto che, anche se in generale si tratta di aree piuttosto stabili, interventi antropici errati potrebbero rompere l'equilibrio esistente e indurre situazioni di dissesto; l'altra è legata al valore morfologico-paesaggistico e naturalistico di queste aree.

Le aree 3a\* corrispondono ai versanti più ripidi; di conseguenza si tratta di aree più delicate sia per quanto riguarda la possibilità di innescare situazioni di dissesto, sia per il valore paesaggistico, in quanto questi versanti risultano particolarmente esposti.

All'interno delle aree classificate 3a e 3a\* gli interventi sono subordinati ad un'indagine geologica e/o geotecnica che valuti la compatibilità dell'intervento stesso con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e naturalistiche del sito, verificando che non vengano alterati gli elementi geomorfologici che strutturano il paesaggio.

Si raccomanda di non modificare il naturale scorrimento delle acque e di ridurre al minimo gli sbancamenti ed i riporti di materiale, al fine di non alterare l'equilibrio naturale del pendio.

L'impermeabilizzazione delle superfici sarà consentita solo laddove necessario.

**3b - Area con grado di vulnerabilità delle acque sotterranee variabile da alto a medio-alto.**

La realizzazione di insediamenti potenzialmente idroinquinanti (ad es. gli insediamenti produttivi che sono assoggettati alla disciplina di cui all'art.3 del Regolamento regionale 24 marzo 2006 n.4 per quanto concerne lo smaltimento delle acque di prima pioggia) è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e, se necessario, dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.



### **3c - Area soggetta a ristagno d'acqua**

La realizzazione di interventi è subordinata ad indagine geologica, idrogeologica e geotecnica che verifichi la natura dei depositi presenti, la profondità della falda acquifera e valuti la compatibilità dell'intervento con le condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del sito.

### **3d – Area interessata in passato da attività estrattiva, recuperata in parte a discarica di RSU.**

Le destinazioni d'uso del terreno sono definite nelle autorizzazioni. In occasione di un terremoto, si può verificare un'accentuazione dei cedimenti dovuti ad effetti dinamici. Di conseguenza in fase progettuale è obbligatorio eseguire gli approfondimenti di 3° livello (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008).

## **CLASSE 2: FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI**

**2 - Rilievi collinari e ripiani subpianeggianti con alternanza di prati, seminativi, vigneti e rare zone boscate con evidenti modificazioni prodotte dall'attività antropica. Aree di interesse geomorfologico, paesaggistico e naturalistico.**

E' stata inserita in questa classe una buona parte del territorio comunale, caratterizzata da morfologia ondulata, con rilievi arrotondati, spesso interessati da terrazzamenti, e vaste superfici subpianeggianti o debolmente ondulate. La presenza antropica è maggiore rispetto all'unità 3a.

Gli interventi eventualmente previsti sono subordinati ad un'indagine geologica e/o geotecnica che valuti la compatibilità dell'intervento stesso con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e naturalistiche del sito, verificando che non vengano alterati gli elementi geomorfologici che strutturano il paesaggio.

Si raccomanda di non modificare il naturale scorrimento delle acque e di ridurre al minimo gli sbancamenti ed i riporti di materiale, al fine di non alterare l'equilibrio naturale del pendio.

L'impermeabilizzazione delle superfici sarà consentita solo laddove necessario.

## **9.2. SISMICITÀ DEL TERRITORIO**

L'analisi della sismicità del territorio ha individuato le aree per le quali è obbligatorio in fase progettuale un approfondimento delle conoscenze di tipo sismico (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008): si tratta delle zone potenzialmente interessate da dissesti (Z1c) e cedimenti (Z2).

Si ritiene comunque che su tutto il territorio, per le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali di cui al D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904 della Regione Lombardia (pubblicato sul B.U.R.L. n. 49 del 1 dicembre 2003), si debba procedere ad un approfondimento dell'analisi sismica per la valutazione di condizioni di amplificazione sulla base di dati sito specifici.

## **9.3. PROCEDURE PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA GEOLOGICA**

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia della relazione geologica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/2005, art. 38).

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste nel testo unico sulle costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008)

## 10. CONCLUSIONI

Il territorio di Muscoline è caratterizzato da una morfologia varia ed articolata in quanto partecipa a due sistemi territoriali di paesaggio: il sistema morenico del Lago di Garda e la piana fluviale del Chiese.

Si tratta di un territorio che non presenta particolari fenomeni di instabilità in quanto non si evidenziano fenomeni franosi di rilievo lungo i versanti. Solo localmente, in corrispondenza di pendii ad elevata pendenza, si sono verificati alcuni dissesti di lieve entità e superficiali che spesso corrispondono a fenomeni di decorticamento.

Tuttavia si tratta di un territorio molto sensibile dal punto di vista geomorfologico-paesistico, in quanto caratterizzato da forme di erosione e di deposito operate dal ghiacciaio benacense ancor oggi perfettamente leggibili e riconoscibili. Localmente l'urbanizzazione ha cancellato le originali forme, tuttavia il sistema morenico all'interno del territorio di Muscoline costituisce un paesaggio geomorfologico unitario di grande valore che si distingue per le valenze estetiche ancora fortemente percepibili.

I dati geotecnici disponibili indicano che, nella porzione di territorio caratterizzata dai depositi più antichi, in superficie sono presenti coltri potenti generalmente 4-5 m di depositi fini di origine colluviale e eolica con parametri geotecnici mediocri.

Inferiormente a tali depositi di copertura i terreni presentano caratteristiche geotecniche generalmente buone. Si raccomanda comunque che su tutto il territorio comunale gli interventi contemplati dal P.G.T. siano preceduti da adeguate indagini geologiche di dettaglio, come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Dal punto di vista idrogeologico nel territorio comunale sono presenti falde freatiche di esigua entità e falde profonde di un certo interesse. Le prime sono contenute nei depositi fluvioglaciali e nei livelli più permeabili dei cordoni morenici. In corrispondenza dell'intersezione tra la superficie della falda e quella topografica si hanno manifestazioni sorgentizie, generalmente caratterizzate da portate esigue e fortemente legate all'andamento delle precipitazioni, e fenomeni di alimentazione della rete idrografica da parte della falda superficiale.

In profondità è presente un sistema di falde confinate o semiconfinate contenute in livelli ghiaiosi più o meno cementati che non sono in contatto diretto con la falda acquifera più superficiale.

Il grado di vulnerabilità delle falde freatiche è generalmente piuttosto alto, mentre le falde più profonde sono protette dal materiale argilloso-limoso che le ricopre.

Tuttavia in corrispondenza di pozzi che attingono sia alla falda superficiale che a quella profonda o a pozzi profondi mal realizzati possono verificarsi infiltrazioni della falda superficiale in quella profonda. Inoltre localmente possono essere presenti lacerazioni (o livelli a permeabilità maggiore) dei diaframmi impermeabili che separano la falda freatica da quella profonda, cosicché le acque potrebbero passare da un sistema all'altro. I diaframmi che delimitano il sistema acquifero profondo determinano quindi senz'altro un rallentamento della diffusione di inquinanti, ma non possono costituire una barriera nei confronti di sostanze contaminanti presenti in quantità sempre maggiori nelle falde superficiali (ci si riferisce in particolare ai nitrati). Di conseguenza la tutela della falda freatica è necessaria anche per proteggere il sistema acquifero confinato.

L'analisi sismica evidenzia che per tutti gli scenari che fanno riferimento all'amplificazione litologica e morfologica la possibile amplificazione sismica non risulta superiore ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa per la categoria di sottosuolo identificata (D.M. 14 gennaio 2008) è sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica e morfologica.

Per le aree potenzialmente interessate da dissesti e cedimenti è obbligatorio in fase progettuale un approfondimento delle conoscenze di tipo sismico (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008).

Brescia, maggio 2010

Dott. Geol. Laura Ziliani

Dott. Geol. Gianantonio Quassoli