

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

Indagini geologiche e geotecniche
Ricerche idrogeologiche
Pianificazione ecologica territoriale
Problemi di geologia ambientale
Indagini sulla vegetazione

Provincia di Brescia Regione Lombardia

COMUNE DI SIRMIONE

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

(L.R. 12/2005)

RELAZIONE

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

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 e D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008**

RELAZIONE**INDICE**

1. PREMESSA	3
2. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA.....	5
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	9
3.1. Inquadramento Geografico	9
3.2. Inquadramento geologico	9
3.3. Descrizione delle unità litologiche.....	11
3.4. Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	13
3.5. Caratteristiche strutturali.....	13
3.6. Caratteristiche geomorfologiche	14
4. PERICOLOSITÀ SISMICA	18
4.1. Introduzione.....	18

4.2.	Zona sismica di appartenenza	18
4.3.	Carta della pericolosità sismica locale	20
4.4.	Applicazione del 2° livello	21
4.4.1.	Effetti morfologici	21
4.4.2.	Effetti litologici.....	22
4.5.	Conclusioni dell'analisi sismica di 2° livello	25
5.	SISTEMA IDROGRAFICO	27
5.1.	Reticolo idrico minore	27
6.	IDROGEOLOGIA	28
6.1.	Caratteristiche idrogeologiche	28
6.1.1.	Metodologia	28
6.1.2.	Struttura idrogeologica.....	28
6.1.3.	Piezometria.....	29
6.2.	Fonti di approvvigionamento idrico pubbliche e private.....	31
6.3.	Vulnerabilità delle acque sotterranee all'inquinamento	31
6.4.	Acque termo-minerali.....	32
7.	CARTA DEI VINCOLI.....	33
8.	CARTA DI SINTESI.....	34
9.	DESCRIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE.....	36
10.	CONCLUSIONI	41

1. PREMESSA

Nella presente relazione viene definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio di Sirmione 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 (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, aggiornata con D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374, ed è stato suddiviso nelle seguenti fasi di lavoro: 1) fase di analisi, 2) fase di sintesi/valutazione e 3) fase di proposta.

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* prodotto per la Revisione del Piano Regolatore Generale (Ziliani L., Albin S., 1997). Tali dati sono stati opportunamente integrati con gli approfondimenti richiesti dalle direttive allegate alla D.G.R. 22/12/2005 n.8/1566 e alla 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. E' stata raccolta la documentazione relativa ai pozzi per acqua presenti nel territorio comunale. Le stratigrafie dei pozzi hanno permesso di tracciare due sezioni idrogeologiche al fine di illustrare la struttura sepolta del territorio.

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 minore, così come contenuto nel *Reticolo idrico minore del Comune di Sirmione*, predisposto dal Dott. Vincenzo Ottoni nel 2003.

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.

Si allegano:

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

TAV. 2: CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO – scala 1:10.000;

TAV. 3: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – scala 1:10.000;

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.
- AA.VV. (1991) - *Sirmione*. Guide Grafo/6, Brescia.
- AA.VV. (2008) – *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Rapporto finale del febbraio 2008*. Conferenza delle Regioni, delle Province Autonome e della Presidenza del Consiglio dei Ministri.
- AA.VV. – Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) version 3. www.ingv.it.
- AA.VV. *I canneti del basso Garda bresciano*. Provincia di Brescia, Assessorato all'Ambiente, Ecologia, Attività estrattive, Energia.
- ALLER L., BENNET T., LEHR J.H., PETTY R.J. (1985) - *DRSTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings*. EPA/600/2-85/018, National Water Well Association – Worthington;
- 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. (1986) - *Note sulla paleogeografia olocenica della costa occidentale del lago di Garda*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria Vol. 8 - Consiglio Nazionale delle Ricerche e Comitato Glaciologico Italiano, Torino.
- 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.

- BAZZOLI G., *Indagini litostratigrafiche ed idrogeologiche nell'anfiteatro morenico frontale del lago di Garda, nel tratto compreso tra i fiumi Chiese e Mincio (Brescia, Mantova, Verona)*. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche, Università di Padova, A.A. 1982-1983.
- BENNATI R., BRICHETTI P. (1995) - *L'importanza dei canneti relitti nell'ambiente lacustre benacense: censimento, tutela e gestione*. Committ.: Amministrazione Provinciale di Brescia - Ass.all'Ecologia.
- 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.
- CASSINIS G., PEROTTI C.R., VERCESI P.L. (1990) - *Prealpi bresciane a sud dell'Adamello: breve sintesi delle conoscenze geologiche ed ulteriori temi di ricerca*. In : "Attualità dell'opera di Arturo Cozzaglio nel 40° della scomparsa". Atti del Convegno Nazionale, Ateneo di Brescia.
- CHIARINI M. (1980) *Indagine geognostica per la costruzione di un impianto natatorio in località Lugana..* Committ.: Amministrazione Comunale di Sirmione.
- CENTRO RILEVAMENTO AMBIENTALE COMUNE DI SIRMIONE – *Ambiente e Territorio*. www.crasirmione.it.
- 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) - *I suoli dell'area morenica gardesana – Settore bresciano* – ERSAL Edizioni – Milano.
- FORLANI E. (2005) – *Riconoscimento dell'acqua minerale del pozzo Aquaria nell'ambito della concessione di Acqua Minerale "La Botola" nel territorio del Comune di Sirmione (BS)*. Terme e Grandi Alberghi Sirmione s.p.a..
- FUGANTI A. e PANIZZA M. (1975) - *La Geologia nella Pianificazione Territoriale della Comunità del Garda*. Mem. Soc. Geol. It. 14, 35-108, 18 ff, 1 tav..
- GASPARETTI D. (2004) – *Studio geologico, idrogeologicoe geomorfologico a supporto del Piano di Lottizzazione "Colombarola"*.

- GASPARETTI D. (2008) – *Indagine geologica e relazione geotecnica a supporto del progetto di costruzione di unità residenziali in località Lugana. Piano esecutivo n.8.* Committ.: IMCOM srl.
- GEIMCO s.p.a (1987) - *Progetto Monte Baldo Studio per la progettazione di un parcheggio sotterraneo, Indagine geognostica e prove di laboratorio note geologiche e geotecniche.* Committ.: Impresa Pessina s.p.a. Casalecchio di Reno.
- GEOTESTING (1994) - *Prove penetrometriche eseguite in via Amendola a Sirmione.* Committ.: Dott. Coluzzi. Brescia.
- GEOTESTING (1995) - *Prove penetrometriche eseguite in via Morandi a Sirmione.* Committ.: dott. G. Crestana. Brescia.
- I.N.G.V. – Documentazione disponibile sul sito www.ingv.it.
- PROVINCIA DI BRESCIA (1989) - *Piano Territoriale Paesistico della Provincia di Brescia.* Relazione geologica e cartografia a cura di L. Ziliani.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1990) - *Carta Geologica della Regione Lombardia* in scala 1:250.000 – Milano.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - Poligrafico dello Stato, *Carta geologica d'Italia. Foglio 48 - Peschiera del Garda (II edizione), alla scala 1:100.000.*
- STUDIO VERONESE DI INGEGNERIA - ING. STERZI G. (1996) - *Manutenzione ordinaria dei ganfi, Relazione tecnica generale, Planimetria generale dei bacini scolanti (scala 1:25.000) e Planimetria aerofotogrammetrica del percorso dei ganfi Bragagna, Pilandro, Ghidina, Mazzarona, Cantarane, Maddalena, Riello, Riellino e Demesse (scala 1:2.000).* Committ.: Amministrazione Comunale di Sirmione.
- TECNODRILL (1970) *Relazione tecnica sui sondaggi geognostici eseguiti in località Colombare di Sirmione in relazione al progetto di sottopasso della S.S. n. 11.* Committ.: Amm. Provinciale di Brescia. Brescia.
- TECNODRILL (1982) - *Progetto di costruzione termale. Indagine geologico-tecnica sui terreni di fondazione.* Brescia.
- TECNODRILL (1984) - *Indagine geognostica su terreni di fondazione del nuovo edificio delle Terme e Grandi Alberghi s.p.a.* Committ.: Impresa Edilzaffaina. Brescia.
- TECNODRILL (1988) - *Indagine geotecnica sui terreni di fondazione di un edificio per il rimessaggio barche a Colombare.* Committ.: Geom. Azzali. Brescia.
- TECNODRILL (1992) - *Sondaggi eseguiti per i nuovi uffici comunali.* Committ.: Impresa Edilzaffaina. Brescia.

- VENZO S. (1965) - *Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda dal Chiese all'Adige*. Mem. Soc. It. Sc. Nat. e Mus. Civ. St. Nat. Milano, 14.
- ZILIANI L. (1985) - *Indagine geotecnica sul terreno in località Colombare* - Committ.: Immobiliare Olimpo s.p.a.,.
- 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*. Committ.: Amministrazione Provinciale, Assessorato all'Ecologia.
- ZILIANI L., QUASSOLI G. (2004) – *Relazione geologica-geotecnica allegata al progetto di un nuovo edificio residenziale in località Punta Grò*. Committ.: Studio Tecnico Associato Geom. Agnolini & Geom. Lorenzetti.
- ZILIANI L., SCOVOLI M. (1998) – *Indagine geotecnica relativa all'area destinata all'impianto di potabilizzazione acque*. Committ.: Amm. Comunale.
- ZILIANI L., TREBESCHI A., *Indagine geognostica sul terreno di fondazione della nuova Scuola Media di Sirmione*. Committ.: Amministrazione Comunale di Sirmione, 1977.

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

3.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Sirmione si trova sulla costa meridionale del Lago di Garda, all'estremità orientale della provincia di Brescia, e confina a sud-ovest con Desenzano del Garda e a sud-est con Peschiera del Garda (provincia di Verona).

Morfologicamente il territorio si presenta piuttosto vario, con un minimo altimetrico di circa 65 m s.l.m. lungo la costa ed un massimo di 95 m s.l.m. sulla penisola di Sirmione, poco lontano da Punta Grotte.

Si riconoscono tre settori a morfologia diversa:

- la penisola subpianeggiante ed intensamente urbanizzata, con la caratteristica punta costituita dagli unici affioramenti rocciosi presenti nel territorio comunale;
- la fascia a lago, pure urbanizzata, con lembi di canneti;
- l'ampia zona meridionale caratterizzata da blande ondulazioni del terreno, in parte urbanizzata ed in parte coltivata a vigneto (zona di produzione del vino Lugana).

3.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La genesi del territorio di Sirmione è legata in buona parte all'azione del ghiacciaio benacense che durante il Pleistocene (1.640.000 - 10.000 anni fa), in fasi successive, ha costruito l'anfiteatro morenico del Garda, grandioso insieme di colline disposte in archi concentrici.

L'alternarsi di periodi glaciali freddi e di periodi interglaciali temperati determinò diverse oscillazioni della lingua glaciale che nei periodi di espansione raggiunse estensioni differenti e depositò durante la fase di ritiro una serie di grandi argini frontali, costituiti da materiali detritici, disposti grosso modo ad archi concentrici, che hanno dato origine alle colline arcuate dell'anfiteatro morenico che vediamo oggi.

Nel bresciano sono state riconosciute cinque espansioni glaciali, delle quali una è attribuibile al Pleistocene inferiore, tre al Pleistocene medio e una al Pleistocene superiore. La morfologia del territorio di Sirmione, secondo l'interpretazione più recente è dovuta

essenzialmente all'ultima glaciazione del Pleistocene superiore che ha avuto la massima espansione circa 20.000 anni fa (BONI A. & CASSINIS G., 1973; CREMASCHI M., 1987).

Durante la fase di ritiro di questa glaciazione il ghiacciaio, dopo aver depositato la cerchia morenica costituita dai rilievi di Desenzano, Pozzolengo e Peschiera, ha abbandonato la vasta piana ondulata compresa tra questi rilievi ed il lago.

Tale superficie subpianeggiante è quindi costituita da morena di fondo, formata da depositi limoso-argillosi addensati contenenti ciottoli striati e a spigoli smussati. Il colore del materiale limoso-argilloso è grigio-azzurrognolo oppure giallastro, se alterato dagli agenti atmosferici.

Localmente sono presenti depositi argillosi varvati glaciolacustri, legati alla presenza, nella zona di ritiro del ghiacciaio, di laghetti intermorenici, raccolti sia in avvallamenti prodotti da fusione di ghiaccio sepolto, sia in solchi formati dalle acque di disgelo.

Terminata la fase di ritiro glaciale, si sviluppò un reticolo idrografico costituito da corsi d'acqua che dalle colline moreniche si dirigevano verso il lago. Questi corsi d'acqua ripresero, rielaborarono e depositarono i materiali morenici presenti nei territori da essi attraversati. Di conseguenza, soprattutto nelle zone più depresse, la morena di fondo è ricoperta da materiale trasportato da questi corsi d'acqua, denominati "ganfi".

Laddove la pendenza del terreno induceva al ristagno delle acque, si sono formati piccoli bacini paludosi, come quello situato a nord-est di Rovizza.

In epoca post-glaciale il lago di Garda, che raggiungeva un livello maggiore rispetto a quello attuale, ha portato alla deposizione di sedimenti lacustri nelle zone morfologicamente più depresse.

All'estremità settentrionale della penisola di Sirmione, dopo la Rocca Scaligera, sono presenti gli unici affioramenti rocciosi rinvenibili nel territorio comunale. Il promontorio roccioso delle Grotte di Catullo è costituito da calcari di colore rosato lastriformi con intercalazioni marnose, mentre più a sud, lungo la porzione orientale della punta, fino oltre Villa Cortine, affiorano conglomerati biancastri e giallastri a ciottoli in prevalenza calcarei. Il contatto tra le due unità è tettonico, dovuto cioè ad una faglia subverticale (Faglia Rivoltella-Sirmione-Garda) orientata NE-SO (secondo la direzione strutturale giudicariense) che ha determinato il sollevamento del lato occidentale rispetto a quello orientale.

In corrispondenza di tale faglia emerge la sorgente termominerale Boiola che serve le Terme di Sirmione, nota sin dal XVI secolo e sfruttata a partire dal 1898 (par. 6.4).

La fonte scaturisce ad una temperatura di 69,9° C, a 18 m di profondità e ad una distanza di circa 300 m dalla riva. Attorno alla sorgente si raccoglie del fango cinereo finissimo che viene utilizzato nella stazione termale. L'acqua è classificata come ipotermale, minerale, sulfureo-salzo-bromo-iodica.

3.3. DESCRIZIONE DELLE UNITÀ LITOLOGICHE

Sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV. 1) è illustrata la distribuzione sul territorio delle unità litologiche individuate che sono qui di seguito descritte, a partire dalla più antica. Tra parentesi è indicata la sigla riportata sulla carta.

Calcari marnosi, calcareniti e marne di colore grigio-biancastro e rosato ben stratificati (SC): appartengono alla formazione geologica della Scaglia Rossa (Cretaceo superiore); immergono mediamente verso ovest con bassa inclinazione (5-10°). Costituiscono la punta della penisola di Sirmione, formando un promontorio roccioso dal quale si domina il basso Lago di Garda.

Conglomerati (CG): si tratta di conglomerati non stratificati, con ciottoli improntati in prevalenza calcarei, attribuiti al Miocene superiore. Affiorano nella fascia orientale sempre in corrispondenza della punta di Sirmione, a nord della Rocca Scaligera, comprendendo parte della zona abitata e la proprietà di Villa Cortine. Il contatto con la Scaglia Rossa è tettonico, dovuto cioè ad una faglia subverticale orientata NE-SW.

Depositi limoso-argillosi con più o meno rari elementi litici, corrispondenti a morena fangosa di fondo; localmente contengono argille glacio-lacustri (dl): si tratta di materiali trasportati nella porzione inferiore del ghiacciaio e abbandonati dalla lingua glaciale durante l'ultima fase di ritiro (cataglaciale Würm), costituiti da sedimenti prevalentemente fini, quali argille e limi. I ciottoli contenuti nella matrice limoso-argillosa sono minuti e si presentano striati e a spigoli smussati. Talora si rinvengono livelli ghiaioso-sabbioso-limosi.

Localmente sono presenti argille glacio-lacustri. In particolare queste ultime sono state rinvenute in un sondaggio eseguito in via Lamarmora per il progetto di una piscina comunale (poi non più realizzata), da prove penetrometriche effettuate in via Amendola e durante i lavori di realizzazione dei pali di fondazione per il cavalcavia della nuova Strada Statale n. 11, a SW della località Rovizza. Tuttavia i dati geotecnici disponibili non consentono di delimitare arealmente le argille glacio-lacustri dai depositi limoso-argillosi con ciottoli. Del resto la genesi di queste argille glacio-lacustri, legata alla formazione nella zona di ritiro del

ghiacciaio di laghetti intermorenici, fa sì che esse siano variamente distribuite e contenute in zone di dimensioni variabili, anche molto limitate, all'interno della morena di fondo.

Nelle aree più depresse, inoltre, la morena di fondo è ricoperta da sedimenti prevalentemente fini depositati dai corsi d'acqua che un tempo scendevano a lago dalle colline moreniche di Desenzano, Pozzolengo e Peschiera e divagavano nella piana.

Le superfici situate ad una quota inferiore a 69 - 70 m s.l.m. sono state presumibilmente occupate nella fase post-glaciale da un paleo-Garda il cui livello delle acque era più elevato rispetto a quello attuale di circa 3 - 3,5 m. In queste zone (parte meridionale della penisola di Sirmione, S.Maria in Lugana e Punta Grò) sulla morena di fondo potrebbero trovarsi quindi depositi lacustri.

I depositi glaciali sopra descritti affiorano alla base della penisola e in quasi tutto il territorio di Sirmione. I suoli che si rinvengono sono sottili o moderatamente profondi, con un drenaggio da lento a molto lento a causa del substrato argilloso sovraconsolidato fortemente calcareo.

All'interno di questa unità litologica, su base morfologica, sono state distinte tre sotto-unità:

a) aree rilevate (dlr): si tratta di superfici leggermente rilevate rispetto al territorio circostante. Sono state così cartografate un'ampia zona a Colombare e quattro deboli dossi allungati in direzione nord-sud, di cui uno a SW di località Palazzo, uno in località Cascina Borghetta, uno in località Chiodi e l'ultimo in località Rovizza.

b) aree debolmente ondulate (dlo): occupano superfici leggermente più basse di quelle precedentemente descritte e presentano una morfologia ondulata; i campi sono spesso baulati e dotati di reti drenanti per favorire lo scolo delle acque. Queste aree occupano buona parte del territorio comunale.

c) aree depresse percorse dai corsi d'acqua che si immettono nel lago (dld). Il reticolo idrografico che si è sviluppato al termine dell'ultima fase di ritiro del ghiacciaio ha prodotto l'incisione di alcune fasce depresse disposte nord-sud, all'interno delle quali i corsi d'acqua hanno depositato materiali prevalentemente fini (limi argillosi con ghiaia minuta)

Depositi argilloso-limosi paludosi nerastri a suoli organici (dp). Sono costituiti da sedimenti limoso-argillosi depositati per decantazione entro piccole conche umide o torbiere a suoli organici bruno-grigiastri. Nel territorio di Sirmione questi depositi sono presenti in una zona depressa situata a NE della località Rovizza.

3.4. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Allo scopo di definire le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel territorio di Sirmione, sono stati raccolti i dati geotecnici rilevati in indagini effettuate nel comune. L'elenco dei lavori consultati è riportato in bibliografia.

Questi studi, per lo più concentrati nelle località Colombare e S. Maria di Lugana, sono generalmente basati sull'esecuzione di prove penetrometriche statiche, dinamiche e/o di sondaggi. I dati così raccolti indicano la presenza di materiali limoso-argillosi o argilloso-limosi o limoso-sabbiosi inglobanti numerosi elementi lapidei. La consistenza dei materiali varia in profondità in relazione alla presenza di acqua contenuta in lenti sabbiose o sabbioso-ghiaiose. I livelli acquiferi sono debolmente in pressione ed il livello piezometrico corrisponde generalmente a quello del lago.

I materiali a comportamento coesivo presenti nei primi 5-6 m risultano localmente sovraconsolidati presumibilmente a causa dell'oscillazione del livello piezometrico al loro interno.

Localmente, in particolare nella zona compresa tra S.Maria di Lugana e la sede municipale, sono stati rinvenuti materiali argillosi corrispondenti a depositi glacio-lacustri. I dati geotecnici a disposizione non sono tuttavia sufficienti a delimitare la loro distribuzione areale sul territorio. Del resto, come già scritto precedentemente, la genesi di queste argille glacio-lacustri è legata alla formazione nella zona di ritiro del ghiacciaio di laghetti intermorenici e, di conseguenza, esse sono variamente distribuite all'interno della morena di fondo; inoltre anche l'area interessata da tali materiali può occupare . e contenute in zone di dimensioni variabili, anche molto limitate,

Si raccomanda che in tutto il territorio comunale gli interventi previsti vengano preceduti da indagini geologiche di dettaglio, come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

3.5. CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Il promontorio di Sirmione è interessato da una faglia subverticale (Faglia di Rivoltella-Sirmione-Garda) orientata NE-SW (secondo la direzione strutturale giudicariense) che

determina il contatto tettonico tra la Scaglia ed il Conglomerato e che ha determinato il sollevamento della porzione nord-occidentale del promontorio rispetto a quella sud-orientale.

Sul terreno sono individuabili più disturbi tettonici, collegati alla faglia di Rivoltella-Sirmione-Garda, riportati sulla Carta geologica e geomorfologica (Tav.1).

L'osservazione dall'alto della piattaforma d'abrasione che circonda il promontorio evidenzia che gli strati rocciosi (che presentano una giacitura verso NW ed un'inclinazione di 10-15°) sono interessati prevalentemente da due famiglie di fratture con direzione N30°E e N40°W, interpretabili come la risultante di una compressione secondo la direzione NNW-SSE.

Gli studi prodotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) consentono di ritenere che la faglia di Rivoltella-Sirmione-Garda, come la maggior parte delle faglie del dominio alpino, sia "cieca" e che quindi non sia in grado di produrre dislocazioni in superficie. Di conseguenza, in caso di terremoto, in corrispondenza del territorio interessato dalla faglia, si verificherebbe uno scuotimento al suolo come nel resto del territorio e non è ipotizzata la formazione di scarpate, fratture, dislocazioni, ecc. legate alla faglia.

La faglia è responsabile dell'emergenza della sorgente termominerale Boiola che serve le Terme di Sirmione, nota sin dal XVI secolo e sfruttata a partire dal 1898.

Attualmente la società Terme di Sirmione utilizza anche le acque dei pozzi "Virgilio", "Catullo" e "Aquaria", profondi rispettivamente 630, 400 e 600 m. Tutti e tre i pozzi sono situati in corrispondenza di disturbi tettonici legati alla faglia di Rivoltella-Sirmione-Garda e captano acqua sulfureo-salzo-bromo-iodica contenuta nella formazione dei Calcari grigi (Toarciano Hettangiano), presente tra 400 e 600 m di profondità (par. 6.4).

L'emergenza di acque termali è legata ad un sistema di fratture profonde che permettono la risalita di acque calde e determinano un'anomalia geotermica. Il flusso anomalo di calore è stimato in circa 80 mW/m² ad una profondità di 3.000 m ed induce temperature comprese tra 90 e 120°C, per un gradiente risultante di 10-15°C ogni 100 m, corrispondente a 4-5 volte il flusso geotermico medio terrestre.

3.6. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

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.

Nel territorio di Sirmione non sono presenti fenomeni di dissesto di rilievo. Anche la *Carta inventario dei fenomeni franosi*, redatta dalla Regione Lombardia (SIT - Dissesto idrogeologico) non ne evidenzia..

La rete idrografica e di drenaggio è ben sviluppata. Considerata la bassa permeabilità dei depositi che caratterizzano il territorio di Sirmione, è fondamentale che tale rete sia mantenuta sempre efficiente.

La morfologia del territorio di Sirmione risente ovunque dell'attività antropica che ne ha condizionato e ne condiziona tuttora l'evoluzione. Gli agenti geomorfologici naturali che risultano attivi sono sostanzialmente rappresentati dai corsi d'acqua e dal lago.

Gli elementi geomorfologici sono indicati nella CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV.1) in scala 1:5.000.

Le acque del lago lungo la costa causano processi erosivi legati al moto ondoso ed in particolare all'urto delle onde contro le rive. Si produce così l'escavazione di un solco del battente e la formazione di una scarpata che è destinata ad arretrare e, al piede di questa, di una piattaforma di abrasione, inclinata di pochi gradi verso il lago.

Fenomeni di tal genere si riscontrano in corrispondenza della penisola di Sirmione, battuta dai venti e dalle correnti dominanti.

Sulla costa nord-orientale della penisola, nei pressi della villa romana di Catullo, si è sviluppata infatti una **falesia** tuttora attiva che raggiunge un'altezza di 15-20 m. In altri punti del promontorio, soprattutto lungo il lato nord-occidentale si può notare una **scarpata di erosione lacustre**, ormai inattiva, per lo più coperta da una fitta vegetazione.

Tutta la porzione settentrionale della penisola è inoltre circondata da una **piattaforma di abrasione**, scolpita nella Scaglia Rossa, ampia fino a 100 metri. Sulla piattaforma sono presenti ghiaie appiattite dall'azione delle onde.

Lungo il resto della costa, formata da depositi facilmente erodibili, frequentemente le rive sono difese da muretti o da scogliere artificiali; talora l'attività erosiva ha scalzato queste opere di difesa.

Nella zona a SE di Villa Cortine è presente un livello di ghiaie di origine lacustre potente 50 cm, depositate sui conglomerati (CG), e la cui base è posta a 3,30 m circa sul livello medio del lago attuale, che rappresenterebbe una **paleo-spiaggia** (BARONI, 1985). Questa paleo-spiaggia è correlabile con i lembi di una paleo-piattaforma di abrasione, sopraelevata anch'essa mediamente di 3 - 3,5 m sul livello attuale del lago, lembi che sono stati individuati lungo la costa occidentale del lago, a sud di Salò. In particolare essi sono presenti sulla Punta Belvedere, sull'Isola di S. Biagio, dal Camping Fornella fino a S.Fermo e ai piedi della parete rocciosa della Rocca di Manerba del Garda.

La paleo-spiaggia di Sirmione e la paleo-piattaforma di P.ta Belvedere-Isola di S.Biagio, sono riferibili al post-glaciale, quando il paleo-Garda doveva essere più elevato rispetto all'attuale di circa 3 - 3,5 m e doveva quindi essere più esteso ed arrivare a 69 - 70 m s.l.m.. Ne deriva che in quel periodo la punta della penisola di Sirmione doveva essere isolata dalla costa e che il lago occupava la zona di S.Maria di Lugana e punta Grò.

Lungo la costa del promontorio di Sirmione e delle zone laterali sono presenti **zone a canneto**, indicate sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV.1) così come riportate sul rilievo aerofotogrammetrico.

Tali canneti, a partire dal 2001, sono oggetto di un importante progetto di rilevamento, manutenzione e valorizzazione da parte del Centro Rilevamento Ambientale (CRA) di Sirmione e dell'Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico nell'Ambiente (IREA) del CNR con sede a Sirmione presso la Stazione sperimentale "Eugenio Zilioli", con il supporto tecnico della Provincia di Brescia.

Il confronto con le aree a canneto individuate sulla Carta geologica e geomorfologica realizzata nel 1997, allegata allo Studio geologico del territorio comunale, evidenzia un miglioramento della situazione.

L'importanza di questi canneti nell'ambiente lacustre benacense è ben illustrata nei documenti disponibili sul sito del Centro Rilevamento Ambientale del Comune di Sirmione (www.crasirmione.it) e nella pubblicazione *I canneti del basso Garda bresciano*. Provincia di Brescia, Assessorato all'Ambiente, Ecologia, Attività estrattive, Energia, pure disponibile sul sito.

I canneti presenti nel territorio di Sirmione costituiscono una porzione importante fra quelli rimasti oggi lungo le sponde benacensi, la cui estensione è indubbiamente ridotta rispetto a quella rilevabile una cinquantina di anni fa. Si stima che agli inizi del '900 il canneto occupasse una superficie di circa 300.000 mq contro una superficie di 30-40.000 mq nel 1978. Attualmente la fascia costiera del comune di Sirmione è occupata da canneti per circa 3,5 km lineari, vale a dire per quasi un 25%.

Dal punto di vista geomorfologico i canneti svolgono un'importante azione protettiva delle sponde nei confronti dell'erosione lacustre. Inoltre rappresentano importanti ecosistemi, caratterizzati da un'elevatissima biodiversità, che consentono la sopravvivenza di numerose specie di uccelli, anfibi e pesci, sia come siti di nidificazione, di riproduzione e di sviluppo delle ovature, sia come nascondiglio e riparo dagli attacchi dei predatori.

Infine i canneti costituiscono una sorta di filtro naturale nei confronti delle sostanze organiche e inorganiche trasportate dalle acque, oltre a rappresentare un elemento di notevole rilievo dal punto di vista paesaggistico.

4. PERICOLOSITÀ SISMICA

4.1. INTRODUZIONE

L'attività sismica storica nel bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria evidenziata nella figura 1 che costituisce uno stralcio della "Carta neotettonica dell'Italia" (Ambrosetti et al., 1987), modificata da Cassinis et alii, 1980. Il territorio di Sirmione 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.

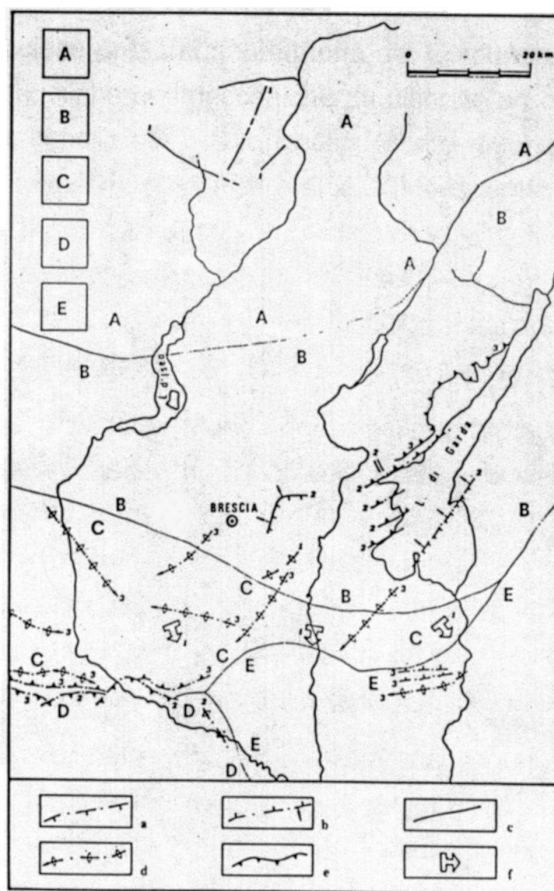
La Regione Lombardia con D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964 recepisce, in via transitoria e fino a nuova determinazione, la classificazione contenuta nella OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003. Il Comune di Sirmione ricade in Zona Sismica 3.

Il 5 marzo 2008 è entrato in vigore il D.M. 14 gennaio 2008 contenente la nuova normativa tecnica associata alla classificazione sismica. Tale decreto sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005, fatto salvo il periodo di monitoraggio di 18 mesi durante il quale si possono utilizzare per la progettazione sia le norme del D.M. 14 gennaio 2008, sia le norme previgenti. In tal caso per i comuni in zona 3, come Sirmione, si possono usare le specifiche di "sismicità bassa" (S=6).

Fanno eccezione le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali di cui al decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 21 ottobre 2003, per le quali si applicano da subito le norme del D.M. 14 gennaio 2008.

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 pressochè 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

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 nella seguente tabella.

Sigla	Scenari di pericolosità sismica locale	Effetti
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
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

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):

1. Z2 - Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (depositi argilloso-limosi paludosi nerastri a suoli organici) (cedimenti);
2. Z3a - Zona di ciglio $H > 10$ m (amplificazione topografica);
3. Z3b - Zona di cresta rocciosa (amplificazione topografica);
4. Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (amplificazione litologica);
5. Z5 - Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti (comportamenti differenziali).

Nelle aree identificate come “Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti” è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale necessario per la quantificazione dei cedimenti.

Le aree interessate dalla “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 Sirmione si possono osservare, in corrispondenza del promontorio roccioso delle "Grotte di Catullo", 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.

Facendo riferimento alle relative schede per gli effetti morfologici riportate nell'allegato 5 sono stati ottenuti i fattori di amplificazione (F_a) che devono 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 S_t 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.

Le analisi condotte sia per le scarpate, sia per le creste evidenziano fattori di amplificazione ricavati dagli abachi dell'allegato 5 contenuti, con valori compresi tra 1.1 e 1.2.

Tali valori devono essere confrontati con le categorie topografiche T2 per le scarpate e T3 o T4 per le creste; il valore di S_t minimo di queste categorie è pari a 1.2.

Il confronto mostra come i valori di soglia siano superiori o uguali ai valori di F_a ottenuti dall'abaco.

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per il territorio di Sirmione 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.

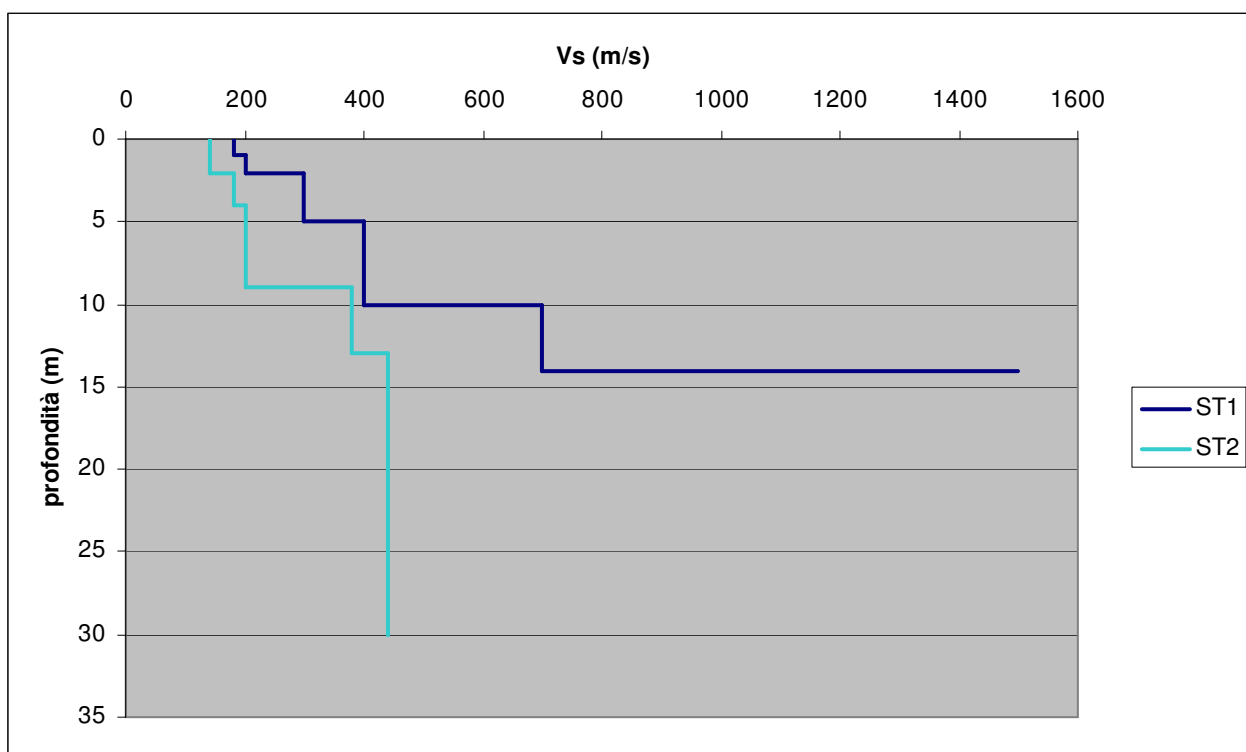
Sulla base dei risultati del livello 1, illustrati sulla carta della pericolosità sismica locale (Tav. 3), sono state scelte due aree campione dove realizzare indagini geofisiche per la ricostruzione di profili di V_s che possano essere rappresentativi dello scenario individuato in tutto il territorio.

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

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

L'ubicazione delle indagini geofisiche è riportata in Tavola 3 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.

Di seguito si riporta un grafico che illustra l'andamento delle V_s con la profondità per i dati geofisici raccolti.



I rapporti interpretativi delle indagini geofisiche sono allegati alla fine della presente relazione.

Il livello di attendibilità dei dati geofisici, derivanti da indagini dirette, risulta alto; tuttavia, vista l'estrema variabilità delle litologie che costituiscono i terreni presenti nel territorio di Sirmione, si ritiene più corretto assegnare ai dati un livello di affidabilità medio.

ST1 – Darsena degli Oleandri

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 E "Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento" ($V_{s14} = 361$ m/s - $V_{s30} = 607$ 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 0.129 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 2 (colore verde) e inserendo nell'abaco il periodo $T = 0.129$ s, il fattore di amplificazione risulta $F_a = 1.3$ 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 Sirmione per la categoria di sottosuolo E.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma E	Fa calcolato	Soglia norma E
1.3	1.9 + 0.1	1.0	3.0 + 0.1

Il confronto mostra come i valori di F_a ottenuti dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008 risultano minori del valore soglia.

ST2 - Centro sportivo

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 C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti" ($V_{s30} = 301$ 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 0.338 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia limoso-argillosa tipo 2 (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 2 (colore verde) e inserendo nell'abaco il periodo $T = 0.338$ s, il fattore di amplificazione risulta $F_a = 2.1$ nell'intervallo 0.1-0.5 s e $F_a = 1.3$ 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 Sirmione per la categoria di sottosuolo C.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma C	Fa calcolato	Soglia norma C
2.1	1.8 + 0.1	1.3	2.4 + 0.1

Il confronto mostra come, per l'intervallo di periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s, il valore di F_a ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008 risulta maggiore del valore soglia. Quindi, in fase di progettazione edilizia, sarà necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore, ovvero quello della categoria di sottosuolo D.

4.5. CONCLUSIONI DELL'ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

Le analisi effettuate permettono di ipotizzare, per il territorio esaminato, la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo C; tuttavia, alla luce della variabilità litologica riscontrata sia in indagini geognostiche (par. 3.4) sia nelle indagini geofisiche, è possibile che siano presenti anche terreni riferibili alle altre categorie di sottosuolo, in particolare D e E.

Infatti, l'assetto geologico generale del territorio mostra la presenza di depositi generalmente fini ma consistenti di natura glaciale (morena fangosa di fondo) associati a coperture più o meno potenti di terreni poco addensati di natura glacio-lacustre o alluvionale. Quando tali coperture poco consistenti o poco addensate (riconducibili alla categoria di sottosuolo C o D) presentano spessori inferiori a 20 m su un substrato glaciale più consistente si ha la categoria di sottosuolo E (vedi ST2 - Darsena degli Oleandri).

Quindi per lo scenario “Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi”, in fase progettuale, si dovrà procedere come segue:

- nel caso l'indagine di dettaglio geologica e geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo C, sarà necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (categoria di sottosuolo D);
- nel caso l'indagine di dettaglio geologica e geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo E, alla categoria di sottosuolo B o alla categoria di sottosuolo D sarà sufficiente utilizzare lo spettro di norma caratteristico della rispettiva categoria di sottosuolo (D.M. 14 gennaio 2008).

5. SISTEMA IDROGRAFICO

5.1. RETICOLO IDRICO MINORE

Il sistema idrografico del territorio di Sirmione è costituito da alcuni corsi d'acqua, chiamati "ganfi" che scorrono in senso ortogonale alla riva del Lago di Garda e raccolgono le acque provenienti dalla cerchia morenica di Desenzano – Pozzolengo – Peschiera e dalla piana che essi attraversano prima di entrare nel lago.

Sono alimentati da risorgive naturali presenti nella zona precollinare. Durante il percorso essi drenano le acque di piccole falde superficiali, contenute nei livelli sabbioso-ghiaiosi racchiusi all'interno dei depositi limoso-argillosi che caratterizzano la vasta piana ondulata.

La rete idrografica, riportata sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV. 2), è tratta dal *Reticolo idrico minore del Comune di Sirmione*, predisposto dal Dott. Vincenzo Ottoni nel 2003, al quale si rimanda per qualsiasi approfondimento.

Sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV.1), lungo i ganfi, sono indicati alcuni punti e tratti critici della rete idrografica, legati al degrado e/o all'insufficienza della sezione idrografica.

A causa di tali situazioni, in occasioni di precipitazioni particolarmente intense o prolungate, le acque fuoriescono dall'alveo, allagando il territorio circostante. Sono quindi state delimitate le aree che in passato sono state allagate.

L'analisi della rete idrografica evidenzia che l'estensione delle aree urbanizzate sta comportando un incremento dei volumi di deflusso che il sistema idrografico smaltisce con sempre maggiore difficoltà.

Inoltre l'urbanizzazione progressivamente crescente del territorio e la realizzazione di strade hanno determinato in passato interventi di canalizzazione, di modifica del tracciato e di tombinatura dei corsi d'acqua.

La rete idrografica e di drenaggio è ben sviluppata e, considerata la bassa permeabilità dei depositi che affiorano nel territorio, è fondamentale che tale rete sia mantenuta sempre efficiente. In caso di modifiche non solo del percorso dei ganfi, ma anche della rete di scolo delle acque, devono essere valutate le conseguenze che la modifica delle condizioni di drenaggio apporta al territorio circostante.

6. IDROGEOLOGIA

6.1. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

6.1.1. Metodologia

L'indagine ha comportato la raccolta dei dati riguardanti i pozzi pubblici e privati localizzati nel territorio di Sirmione ed in quello limitrofo.

Nella Tabella allegata alla pagina seguente, sono riportati i pozzi censiti ed i relativi dati. Per la loro ubicazione si veda la Tavola 2 (CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO).

A fine relazione si allegano le stratigrafie dei pozzi i cui dati stratigrafici e idraulici sono serviti per meglio definire la struttura idrogeologica.

Per illustrare l'andamento dei depositi presenti nel sottosuolo sono state elaborate due sezioni idrogeologiche, le cui tracce sono riportate sulla TAV. 2.

6.1.2. Struttura idrogeologica

Dalle stratigrafie dei pozzi censiti sono ben evidenti due unità con caratteristiche idrogeologiche differenti. Dalla più superficiale alla più profonda troviamo:

- **unità argilloso-limosa**, corrispondente alla morena fangosa di fondo, caratterizzata da permeabilità da molto bassa a nulla, che arriva a profondità variabili, generalmente comprese tra 40 e 60 m:
- **unità formata da alternanze di orizzonti argilloso-limosi ed orizzonti ghiaioso-sabbiosi talora con ciottoli e lenti di conglomerato**, presente fino alla profondità massima indagata, pari a 150 m da piano campagna.

La sezione A-A' evidenzia uno spessore abbastanza uniforme e costantemente presente in tutti i pozzi dello strato argilloso o argilloso-limoso di superficie. Spostandosi verso est (località Rovizza) si ha un aumento in profondità della frazione granulare (ghiaia, ciottoli e conglomerato).

La sezione B-B', tracciata dalla sponda del lago di Garda fin verso S. Martino della Battaglia, indica la presenza di orizzonti argillosi e limosi molto estesi anche in profondità (almeno fino a 90 m dal piano campagna) e sempre alternati e intercalati a materiale sabbioso e ghiaioso.

La circolazione idrica avviene in corrispondenza dei livelli ghiaioso-sabbiosi presenti in profondità, come indicato dalla posizione dei tratti fenestrati nelle stratigrafie. I livelli acquiferi profondi sono in pressione e sono tra loro comunicanti, in quanto tra i depositi permeabili e quelli meno permeabili vi sono soluzioni di continuità, legate al particolare tipo di genesi dei depositi.

Nel comune di Sirmione le risorse idriche sotterranee di maggiore interesse sono quindi rappresentate da falde confinate contenute nei livelli permeabili situati in profondità, compresi tra depositi poco o nulla permeabili.

La potenzialità dei livelli acquiferi varia sensibilmente in relazione al loro spessore, alla granulometria dei depositi ed alle modalità di alimentazione.

Nel territorio di Sirmione sono presenti alcuni pozzi ad anello in muratura, molto vecchi e poco profondi che captano piccole falde superficiali contenute nelle porzioni relativamente più permeabili (lenti ghiaioso-sabbioso-limose) situate all'interno del potente strato superficiale argilloso-limoso (pozzi n. 10, 11, 14). Si tratta di falde di scarsa potenzialità che in seguito al pompaggio si esauriscono rapidamente e vengono ricaricate lentamente dalle precipitazioni e dal lago. Il livello statico di queste falde si trova in genere a 1 o 2 m di profondità dal piano campagna.

Sono queste falde superficiali che alimentano i ganfi e creano problemi di imbibizione dei terreni se non viene mantenuto in efficienza il sistema di drenaggio dei terreni.

6.1.3. Piezometria

Sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV.2) è riportata la piezometria relativa alla falda profonda, elaborata in occasione della predisposizione dello *Studio geologico del territorio comunale* prodotto nel 1997, sulla base dei dati da noi rilevati nel gennaio-febbraio 1997, sia in comune di Sirmione che in quello di Desenzano del Garda.

Nel comune di Sirmione la falda presenta un dislivello di circa 6 m andando dai 65 m s.l.m a nord (quota del livello medio del lago) ai 59 m s.l.m. verso sud.

Da questi valori si ricava una superficie piezometrica con cadente piuttosto bassa, variabile dallo 0,2% allo 0,3%.

L'andamento delle isopieze nel territorio comunale di Sirmione evidenzia un deflusso delle acque diretto prevalentemente da N verso S. In comune di Desenzano le isopieze ruotano e

si riscontrano direzioni di flusso NO-SE, passanti (fuori carta) a direzioni O-E e localmente SO-NE. Questa variabilità è presumibilmente da collegare alle diverse forme di alimentazione del complesso sistema idrogeologico presente e alla diversa litologia dei depositi.

Si riscontra infatti in comune di Sirmione un'influenza del livello del lago che ricarica lentamente il sistema, interessando depositi a permeabilità ridotta che non favoriscono il deflusso.

Nelle porzioni più occidentali, in comune di Desenzano, l'alimentazione idrica è invece favorita dalla presenza del potente sistema collinare morenico e la falda è contenuta all'interno di depositi fluvioglaciali a permeabilità maggiore. La zona di raccordo tra queste due situazioni è rappresentata dalla fascia di territorio compresa tra le località Tassere e S. Martino, con direzioni di flusso quasi convergenti e gradienti estremamente ridotti.

L'articolato andamento della falda permette di raccordarsi in una visione più ampia, verso la provincia di Verona, ai livelli del Fiume Mincio e, verso la pianura bresciana, al normale deflusso N-S.

6.1.4 Caratteristiche chimiche della falda confinata

La falda confinata, captata in passato dal pozzo comunale Rovizza, presenta un chimismo caratterizzato dalla presenza di Ferro, Ammoniaca e Manganese, chimismo rinvenuto anche in altri pozzi situati nei comuni di Lonato e di Desenzano sul Garda.

Il Ferro ed il Manganese testimoniano la scarsa rialimentazione della falda profonda con acque ricche di ossigeno. In effetti, dai dati piezometrici si deduce che la falda ha una velocità di flusso talmente bassa da risultare quasi stagnante; di conseguenza i tempi di ricambio sono molto lunghi.

I Nitrati presentano valori bassissimi (generalmente inferiori a 0,5 mg/l), confermando la separazione tra la falda profonda e le acque superficiali, in genere caratterizzate da valori di qualche decina di mg/l.

Il pozzo Rovizza non è più utilizzato dall'acquedotto comunale a causa della presenza di Ferro nelle acque captate.

6.2. FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO PUBBLICHE E PRIVATE

L'acquedotto pubblico è alimentato dalla **presa a lago** situata ad una profondità di 30 m e ad una distanza di 600 m dalla riva occidentale della penisola, nei pressi della punta. Sulla costa all'interno di una zona a verde recintata è presente l'impianto di emungimento e la cabina elettrica per il funzionamento dell'impianto stesso.

I due pozzi comunali "Rovizza" e "Colombare", indicati rispettivamente con il n.1 ed il n.2 sulla Tav.2, sono inattivi.

I pozzi privati sono per la maggior parte utilizzati a scopo industriale o irriguo, poiché l'acquedotto comunale si è esteso negli ultimi tempi alla quasi totalità delle zone urbanizzate.

Restano esclusi i cascinali nelle zone di campagna, dove i pozzi esistenti vengono utilizzati anche per l'approvvigionamento di acqua a scopo idropotabile. Questi ultimi sono a volte molto vecchi, in muratura e perforati quasi sempre a profondità piuttosto limitata, compresa tra i 10 ed i 20 metri dal piano campagna; essi captano piccole falde contenute nei livelli ghiaioso-sabbiosi presenti all'interno dell'unità argilloso-limosa. Per questo motivo in seguito all'utilizzo prolungato (qualche ora o pochi giorni) questi pozzi si esauriscono e la ricarica è sempre molto limitata e lenta.

I pozzi più produttivi raggiungono invece l'unità idrogeologica sottostante che contiene orizzonti ghiaioso-sabbiosi.

6.3. VULNERABILITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE ALL'INQUINAMENTO

Il grado di vulnerabilità della falda acquifera profonda risulta basso. Il pacco di materiale a permeabilità molto bassa che sovrasta i livelli acquiferi, potente oltre 30 m, è, infatti, tale da assicurare ad essi una protezione nei confronti di eventuali agenti contaminanti provenienti dalla superficie. Le stratigrafie dei pozzi e le caratteristiche geologiche dei luoghi fanno ritenere che questo pacco sia continuo su tutta la piana e che si estenda fino alle colline moreniche di Desenzano-Pozzolengo-Peschiera.

Di conseguenza, all'interno del territorio di Sirmione, non vi sono rapporti tra le acque dei corsi d'acqua e la falda profonda. Per quanto riguarda il Lago di Garda si ritiene invece che esso operi una lenta ricarica dell'acquifero.

Le esigue falde superficiali presentano invece un grado di vulnerabilità mediamente alto, in quanto sono molto prossime al piano campagna.

6.4. ACQUE TERMO-MINERALI

Al largo della penisola di Sirmione, verso est, dalla fanghiglia cinerea presente sul fondo del lago, emerge la sorgente termale Bojola, la cui genesi è legata alla faglia che interessa la punta della penisola. L'acqua sulfureo-salzo-bromo-iodica sgorga ad una temperatura di 69,9 °C. La portata captata è pari a 2-3 l/s.

La sorgente Bojola è stata captata nel 1889.

Nel 1971 il Ministero delle Finanze – Direzione Generale del Demanio, tenuto conto degli studi geologici effettuati nel 1961 dal Prof. Maddalena e dall'Ing. Balboni, trasmette alla Società Terme e Grandi Alberghi di Sirmione copia della delimitazione dell'area di protezione della sorgente di acqua termo-minerale "La Bojola", riprodotta alla pagina seguente.

Dal 1982 la società Terme di Sirmione, nell'ambito della Concessione di Acqua Minerale "La Bojola", utilizza anche le acque dei pozzi "Virgilio" e "Catullo", profondi rispettivamente 630 m e 400 m. Il pozzo Virgilio capta 15-20 l/s, mentre il pozzo Catullo, perforato come pozzo di prova, ha una portata di 6-8 l/s.

Recentemente è stato perforato il pozzo "Aguaria", profondo 600 m, che capta una portata di 15 l/s.

Tutti e tre i pozzi sono situati in corrispondenza di disturbi tettonici legati alla faglia di Rivoltella-Sirmione-Garda e captano acqua sulfureo-salzo-bromo-iodica contenuta nella formazione dei Calcari grigi (Toarciano Hettangiano), presente tra 400 e 600 m di profondità.

L'area di protezione idrogeologica dei tre pozzi (ai sensi del DLgs 152/2006 e della L.R. 44 del 29.04.1980), riconosciuta nell'ambito dei documenti autorizzativi, è una circonferenza con raggio pari a 400 m. Tale area è riportata sia sulla Carta dei Vincoli che sulla Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano.

7. CARTA DEI VINCOLI

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

VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

Sono riportate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua tratte dal *Reticolo idrico minore del Comune di Sirmione*, predisposto dal Dott. Vincenzo Ottoni nel 2003.

AREA DI PROTEZIONE IDROGEOLOGICA DEI POZZI TERMALI

Area di protezione idrogeologica (circonferenza con raggio pari a 400 m)

Si riportano le aree di protezione idrogeologica dei tre pozzi che captano acqua termominerale, così come delimitate ai sensi del DLgs 152/2006 e della L.R. 44 del 29.04.1980 (e successive modificazioni e integrazioni) nei documenti autorizzativi.

8. CARTA DI SINTESI

Sulla CARTA DI SINTESI sono rappresentati gli elementi di fragilità individuati sul territorio. 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.

Di seguito sono descritti ed analizzati tali ambiti.

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Sono riportate le aree situate lungo i corsi d'acqua, interessate in passato da allagamenti.

AREA AD ALTO VALORE GEOMORFOLOGICO E NATURALISTICO

Il promontorio di Sirmione costituisce un'area di notevole interesse dal punto di vista geomorfologico-paesistico in quanto rappresenta una morfologia lacustre di notevole rilevanza visiva.

Inoltre sul promontorio e alla base dello stesso sono presenti elementi geomorfologici che caratterizzano il paesaggio, legati all'azione del moto ondoso (falesia, scarpata di erosione lacustre, piattaforma di abrasione, palespiaggia, ecc.).

Lungo le sponde del lago è stata individuata una fascia costiera. Data la quasi completa urbanizzazione della costa, la delimitazione di quest'area è stata condizionata dalla presenza di zone adibite a servizi pubblici, di parchi attrezzati, di verde privato e di canneti più o meno estesi.

La fascia presenta comunque un'ampiezza minima pari a 10 m dalla sponda. Al suo interno si riconoscono tre ambienti principali:

- le spiagge ghiaioso-sabbiose;
- gli affioramenti di roccia calcareo-marnosa alla base del promontorio;

- le zone a canneto.

AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

In località Rovizza è delimitata un' area con depositi argilloso-limosi paludosi nerastri a suoli organici.

Lungo i ganfi sono presenti alcune aree debolmente depresse con coperture di potenza metrica di depositi fini dotati di scadenti parametri geotecnici, soggette ad allagamenti o a fenomeni di ristagno delle acque favoriti dalla bassa permeabilità dei terreni.

La consistenza dei materiali varia in profondità in relazione alla presenza di acqua contenuta in lenti sabbiose o sabbioso-ghiaiose. I livelli acquiferi sono debolmente in pressione ed il livello piezometrico corrisponde generalmente a quello del lago. Il drenaggio delle acque è reso difficoltoso dalla permeabilità molto bassa dei terreni.

Come illustrato nel paragrafo 3.4, tutto il territorio comunale, ad eccezione del promontorio roccioso della penisola, è caratterizzato da depositi prevalentemente limoso-argillosi corrispondenti a morena fangosa di fondo con caratteristiche geotecniche da discrete a mediocri, con locale presenza di argille glacio-lacustri con caratteristiche geotecniche scadenti.

9. DESCRIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

Lo studio condotto ha evidenziato la presenza nel territorio di Sirmione 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 DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 6) realizzata in scala 1:5.000.

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 nelle quali sono state riscontrate gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso del territorio.

4a - Fascia di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore di competenza comunale (D.G.R. 25 gennaio 2002 N.7/7868 e D.G.R. 1 agosto 2003 N. 7/13950).

Sono recepite le fasce di rispetto del reticolo idrico minore tratte dal lavoro *Reticolo idrico minore del Comune di Sirmione*, predisposto dal Dott. Vincenzo Ottoni nel 2003.

La cartografia della fattibilità geologica riporta le fasce così come rappresentate nel succitato studio; si ricorda che la l'ampiezza esatta delle fasce sul terreno dovrà essere definita trasversalmente al corso d'acqua a partire dal piede esterno dell'argine o dal ciglio spondale e per i corsi d'acqua coperti e/o intubati dall'asse della canalizzazione.

All'interno delle fasce di rispetto e lungo i corsi d'acqua valgono le norme contenute nel lavoro citato.

4b - Area con depositi argilloso-limosi paludosi nerastri a suoli organici

Si tratta di un'area debolmente depressa che presenta terreni con caratteristiche geotecniche scarse o molto scarse. È in parte occupata da una zona umida e possiede quindi anche un interesse geomorfologico, paesaggistico e naturalistico.

È vietata la realizzazione di edifici

È vietata la realizzazione di interventi che possano modificare la morfologia del territorio (movimenti terra, bonifiche agricole, ecc.), il regime dei corsi d'acqua, l'area umida, la vegetazione naturale ed impattare in modo negativo sulla lettura del paesaggio.

CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

La classe 3 comprende zone per le quali lo studio ha evidenziato consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

3a - Area periodicamente allagata

Lungo i corsi d'acqua sono state delimitate alcune aree interessate periodicamente da allagamenti.

In queste aree l'edificazione è sconsigliata o comunque subordinata ad una verifica delle condizioni idrauliche ed idrogeologiche del sito e, se necessario, alla realizzazione delle opere per la mitigazione del rischio; la realizzazione di locali interrati o seminterrati è subordinata alla sistemazione del corso d'acqua responsabile dei fenomeni di allagamento.

3b - Area debolmente depressa con coperture di potenza metrica di depositi fini dotati di scadenti parametri geotecnici, soggetta ad allagamenti o fenomeni di ristagno delle acque favoriti dalla bassa permeabilità dei terreni

In queste aree l'edificazione è sconsigliata o comunque subordinata ad indagini geologiche e geotecniche che valutino la compatibilità dell'intervento stesso con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e idrauliche del sito.

3c - Area con depositi prevalentemente limoso-argillosi corrispondenti a morena fangosa di fondo con caratteristiche geotecniche da discrete a mediocri, con locale presenza di argille glacio-lacustri con caratteristiche geotecniche scadenti

La consistenza dei materiali varia in profondità in relazione alla presenza di acqua contenuta in lenti sabbiose o sabbioso-ghiaiose. I livelli acquiferi sono debolmente in pressione ed il livello piezometrico corrisponde generalmente a quello del lago. Il drenaggio delle acque è reso difficoltoso dalla permeabilità molto bassa dei terreni.

Gli interventi previsti devono essere preceduti da indagini geologiche e geotecniche atte a definire le caratteristiche geotecniche dei terreni e lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea. Particolare attenzione dovrà essere data al sistema di drenaggio delle acque superficiali che, considerata la bassa permeabilità dei terreni, deve essere mantenuto sempre efficiente.

Nelle aree agricole va rispettata, per quanto possibile, la baulatura dei terreni, tipica della Lugana, e la fitta rete di drenaggio delle acque di scolo, entrambe legate alla bassa permeabilità dei depositi limoso-sabbiosi.

3d - Area di rilevante interesse morfologico-paesaggistico: il promontorio di Sirmione

E' stata così delimitata la punta della penisola di Sirmione, dove affiorano conglomerati e calcari lastriformi nei quali il lago ha scolpito la falesia presente lungo la costa nord-orientale, nei pressi della villa romana, e la piattaforma di abrasione che corona tutta la porzione settentrionale della penisola.

L'interesse morfologico-paesaggistico si somma a quello storico e archeologico.

Gli interventi, se previsti, andranno inseriti in modo armonico nel contesto ambientale, nel rispetto degli elementi geomorfologici (riportati in Tav. 1) che lo caratterizzano.

3e - Area di interesse morfologico-paesaggistico: la fascia costiera

Data la quasi completa urbanizzazione della fascia costiera, la delimitazione di quest'area è stata condizionata dalla presenza di zone adibite a servizi pubblici, di parchi attrezzati, di verde privato e di canneti più o meno estesi.

La fascia presenta comunque un'ampiezza minima pari a 10 m dalla sponda.

Gli interventi, se previsti, andranno inseriti in modo armonico nel contesto ambientale.

I canneti sono tutelati dalla L.R. n.33 del 27 luglio 1977. Laddove possibile, va favorita la ricucitura dei piccoli lembi di canneto, al fine di creare aree più vaste e quindi più significative dal punto di vista ecologico.

3f – Area di protezione idrogeologica dei pozzi che captano acqua termo-minerale

Si riportano le aree di protezione idrogeologica dei tre pozzi che captano acqua termo-minerale, così come delimitate ai sensi del DLgs 152/2006 e della L.R. 44 del 29.04.1980 (e successive modificazioni e integrazioni) nei documenti autorizzativi.

SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Le analisi effettuate permettono di ipotizzare, per il territorio esaminato, la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo C; tuttavia, alla luce della variabilità litologica riscontrata sia in indagini geognostiche sia nelle indagini geofisiche, è possibile che siano presenti anche terreni riferibili alle altre categorie di sottosuolo, in particolare D e E.

Per lo scenario “Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi”, in fase progettuale, si dovrà procedere come segue:

- nel caso l'indagine di dettaglio geologica e geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo C, sarà necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (categoria di sottosuolo D);
- nel caso l'indagine di dettaglio geologica e geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo E, alla categoria di sottosuolo B o alla categoria di sottosuolo D sarà sufficiente utilizzare lo spettro di norma caratteristico della rispettiva categoria di sottosuolo (D.M. 14 gennaio 2008).

PROCEDURE PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA GEOLOGICA

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti (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

Dal punto di vista geomorfologico nel comune di Sirmione si riconoscono tre settori a morfologia diversa: la lunga penisola subpianeggiante ed intensamente urbanizzata, con la caratteristica punta costituita dagli unici affioramenti rocciosi presenti nel territorio comunale, la fascia a lago, pure urbanizzata, con residui lembi di canneto e l'ampia zona meridionale caratterizzata da blande ondulazioni del terreno, in parte urbanizzata ed in parte coltivata a vigneto e seminativi.

I terreni, ad eccezione degli affioramenti rocciosi che caratterizzano la punta della penisola, sono costituiti da materiali limoso-argillosi con scarsa frazione sabbioso-ghiaiosa. Localmente, in particolare nella zona compresa tra S. Maria di Lugana e la sede municipale, sono stati rinvenuti materiali argillosi corrispondenti a depositi glacio-lacustri, con caratteristiche geotecniche scadenti.

La consistenza dei materiali varia in profondità in funzione della presenza di acqua contenuta nelle lenti sabbiose o sabbioso-ghiaiose. I livelli acquiferi sono debolmente in pressione ed il livello piezometrico è in relazione, generalmente, con quello del lago.

Si raccomanda che in tutto il territorio comunale gli interventi previsti siano preceduti da adeguate indagini geologiche e geotecniche di dettaglio, come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

La bassa permeabilità dei depositi presenti in superficie e la conseguente difficoltà di drenaggio delle acque superficiali sono responsabili della baulatura dei terreni e della presenza di una fitta rete di drenaggio delle acque di scolo e di un sistema idrografico ben sviluppato che caratterizzano il paesaggio agricolo del settore meridionale del comune, adibito a vigneti e seminativi.

È di fondamentale importanza che tale rete di drenaggio delle acque superficiali sia mantenuta sempre efficiente, in quanto l'estensione delle aree urbanizzate ha comportato un incremento dei volumi di deflusso che il sistema idrografico smaltisce con sempre maggiore difficoltà. Inoltre l'urbanizzazione progressivamente crescente del territorio e la realizzazione di strade hanno determinato in passato interventi di canalizzazione, di modifica del tracciato e di tombinatura dei corsi d'acqua.

Lungo i corsi d'acqua sono state recepite le fasce di rispetto previste nel Reticolo idrico minore del Comune di Sirmione sia per evitare che nuovi edifici vengano realizzati a ridosso dei corsi d'acqua, laddove, in occasione di eventi di piena di carattere eccezionale, i

fenomeni erosivi e gli episodi di esondazione sono più probabili, sia per consentire l'accesso ai corsi d'acqua per i necessari interventi di pulizia e di manutenzione, sia per lasciare lungo il reticolo idrico uno spazio con significato ambientale-paesaggistico, in accordo con l'obiettivo del P.A.I. di assicurare il progressivo miglioramento non solo delle condizioni di sicurezza, ma anche della qualità ambientale e paesaggistica del territorio. Infatti, il sistema dei ganfi costituisce un elemento strutturante del paesaggio che deve essere per quanto possibile salvaguardato e valorizzato.

Lungo la fascia costiera sono presenti alcuni importanti lembi di canneto che proteggono le sponde dall'erosione lacustre e costituiscono una sorta di filtro naturale nei confronti delle sostanze organiche e inorganiche trasportate dalle acque, oltre a consentire la sopravvivenza di numerose specie di uccelli, anfibi e pesci e a rappresentare un elemento di notevole rilievo dal punto di vista paesaggistico.

Dal punto di vista idrogeologico il territorio studiato è caratterizzato dalla presenza di un pacco argilloso-limoso a bassissima permeabilità, corrispondente a morena di fondo, potente fino a 40 - 60 m, che si estende su tutta la piana retromorenica, delimitata dalle colline di Rivoltella - S. Martino della Battaglia - Peschiera. Inferiormente si rinvengono alternanze di orizzonti argilloso-limosi ed orizzonti ghiaioso-sabbiosi, talora con ciottoli e lenti di conglomerato, che si spingono fino alla profondità massima indagata (pari a 150 m da piano campagna). La falda idrica è contenuta nei livelli ghiaioso-sabbiosi.

Questi livelli acquiferi sono in pressione e possiedono un chimismo caratterizzato dalla presenza di Ferro, Ammoniaca e Manganese, chimismo rinvenuto anche in altri pozzi situati nei comuni di Lonato e di Desenzano sul Garda, legato alla scarsa rialimentazione della falda profonda e quindi ai tempi molto lunghi di ricambio delle acque. Il pozzo Rovizza non è più utilizzato dall'acquedotto comunale proprio a causa della presenza di Ferro nelle acque captate.

Nei terreni limoso-argillosi presenti in superficie sono presenti lenti ghiaioso-sabbioso-limose contenenti piccole falde acquifere di scarsa potenzialità, captate in passato da pozzi superficiali, che in seguito al pompaggio si esauriscono rapidamente e vengono ricaricate lentamente dalle precipitazioni e dal lago. Il livello statico di queste falde si trova in genere a 1 o 2 m di profondità dal piano campagna. Sono queste falde superficiali che alimentano i ganfi e creano problemi di imbibizione dei terreni se non viene mantenuto in efficienza il sistema di drenaggio e di scolo dei suoli.

Il grado di vulnerabilità della falda acquifera profonda risulta basso in quanto il pacco di materiale a permeabilità molto bassa che sovrasta i livelli acquiferi, potente oltre 30 m, è tale

da assicurare ad essi una protezione nei confronti di eventuali agenti contaminanti provenienti dalla superficie.

Al largo della penisola di Sirmione, verso est, dalla fanghiglia cinerea presente sul fondo del lago, emerge la sorgente termale Bojola, captata nel 1889, la cui genesi è legata alla faglia che interessa la punta della penisola. L'acqua sulfureo-salzo-bromo-iodica sgorga ad una temperatura di 69,9 °C.

Attualmente la società Terme di Sirmione utilizza anche le acque dei pozzi "Virgilio", "Catullo" e "Aquaria", profondi rispettivamente 630, 400 e 600 m. Tutti e tre i pozzi sono situati in corrispondenza di disturbi tettonici legati alla faglia di Rivoltella-Sirmione-Garda.

Dal punto di vista sismico tutto il territorio di Sirmione, a parte il promontorio roccioso del centro storico, è caratterizzato da terreni soggetti a possibili fenomeni di amplificazione del moto di un sisma localmente superiori a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni nazionali vigenti. Di conseguenza si raccomanda di attenersi a quanto illustrato nel capitolo 4 e ripreso nella normativa geologica.

Brescia, aprile 2009

Dott. Geol. Laura Ziliani

Dott. Geol. Gianantonio Quassoli