

07 marzo 2005

studio geologico **emme.vu.ci.**
di dott. geologo tavecchio walter
via cà piria caslino d' erba tel. **031/645052**
cod. fisc. tvc wtr 53r21 d416r part. iva 01226040135

PIANO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL P.R.G.

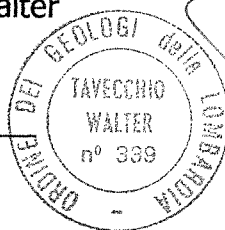
Comune di Viganò - Lc -

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA
NORME DI FATTIBILITA' PER LE AZIONI DI PIANO

REVISIONE GENERALE
- marzo 2005 -

Committente: Comune di Viganò

Relatore: Dott. Tavecchio Geol. Walter



SOMMARIO

1. <i>PREMESSA</i>	<i>pag. 3</i>
2. <i>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</i>	<i>pag. 5</i>
3. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</i>	<i>pag. 5</i>
4. <i>LINEAMENTI GEOLOGICI</i>	<i>pag. 6</i>
4.1 <i>SUBSTRATO ROCCIOSO</i>	<i>pag. 6</i>
4.2 <i>DEPOSITI SUPERFICIALI</i>	<i>pag. 8</i>
4.3 <i>LINEAMENTI STRUTTURALI</i>	<i>pag. 9</i>
4.4 <i>LINEAMENTI GEOMORFOLIGICI</i>	<i>pag. 10</i>
5. <i>INQUADRAMENTO CLIMATICO</i>	<i>pag. 13</i>
6. <i>LINEAMENTI IDROGEOLOGICI</i>	<i>pag. 16</i>
7. <i>CARATTERISTICHE LITOLOGICO-TECNICHE E MORFODINAMICHE</i>	<i>pag. 19</i>
8. <i>CARTA DI SINTESI</i>	<i>pag. 25</i>
9. <i>CALCOLO IDRAULICO DEL BACINO DEL TORRENTE DETTO "FIUME"</i>	<i>pag. 26</i>
10. <i>FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO</i>	<i>pag. 30</i>
11. <i>CONCLUSIONI</i>	<i>pag. 41</i>

Allegati:

- ~~1) *Norme per i pozzi e il reticolo minore*~~
- 2) *Schede tecniche dei pozzi*
- 3) *Documentazione fotografica a corredo calcoli idraulici*

1. **PREMESSA**

L'Amministrazione comunale di Viganò, a completamento del Piano Regolatore Generale, ha conferito allo Studio Geologico EMME.VU.CI. di Tavecchio geol. Walter l'incarico di procedere ad una indagine geologica approfondita ed estesa a tutto il suo territorio, al fine di fornire allo strumento urbanistico un valido documento geologico-tecnico di supporto, secondo quanto previsto dalle normative regionali vigenti.

La presente relazione è quindi la sintesi delle conoscenze raccolte nel corso dell'indagine sull'assetto geologico, idrogeologico e geotecnica del territorio comunale.

Il lavoro è stato condotto attraverso:

- l'analisi stereoscopica dei fotogrammi aerei del volo TEM 1 eseguito il 16/06/1980 dalla Regione Lombardia, per l'individuazione dei principali lineamenti geomorfologici presenti nell'area e per la valutazione dell'azione antropica sul territorio;
- la raccolta di tutti i dati geologici e geotecnici disponibili;
- la ricerca bibliografica e iconografica degli studi a carattere geologico, idrogeologico e geomorfologico del territorio circostante;
- l'effettuazione di sopralluoghi su tutto il territorio comunale con particolare attenzione all'esame dei corsi d'acqua principali;
- l'esame delle indagini geognostiche precedenti finalizzate ad una maggior comprensione delle caratteristiche meccaniche dei depositi incoerenti e coesivi superficiali presenti nell'area esaminata;
- l'analisi litologico-tecnica degli ammassi rocciosi affioranti nella porzione più orientale del territorio comunale.

Dall'elaborazione dei dati così ottenuti sono state redatte e/o adeguate le seguenti carte tematiche:

- TAV. 1 – CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE - *scala 1:5000*
- TAV. 2 – CARTA GEOMORFOLOGICA - *scala 1:5000*
- TAV. 3 – CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO - *scala 1:5000*
- TAV. 4 – CARTA GEOLOGICO-TECNICA E DELLA DINAMICA MORFOLOGICA DI
DETTAGLIO - *scala 1:2000*
- ~~- TAV. 5 – CARTA DI SINTESI - *scala 1:5000*~~
- ~~- TAV. 6 – CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO - *scala 1:2000*~~
- TAV. 7 – CARTA MORFOLOGICA DEL BACINO IDROGRAFICO - *scala 1:10000*
- ~~- TAV. 8 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' - *scala 1:5000*~~
- TAV. 9 – CARTA DEL RETICOLATO IDROGRAFICO - *scala 1:5000*

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Viganò (prov. di Como), si estende per 1,6 Km² all'interno dell'anfiteatro morenico della Brianza.

Il suo territorio (vedi TAV. 1) risulta compreso tra i comuni di Barzanò e Ponticello Brianza ad Ovest, Sirtori a Nord e ad Est e Missaglia a Sud.

Idrograficamente è quasi completamente incluso nel bacino del Torrente detto "il fiume", tratto iniziale del T. Lavandaia, tributario del bacino del Fiume Lambro ed è inquadrato nelle tavolette topografiche dell'I.G.M. in scala 1:25.000 Carate Brianza (F°32 II S.O.) e Merate (F°32 II S.E.).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di studio risulta caratterizzata dall'affioramento di estese coperture quaternarie riferibili all'anfiteatro morenico brianzolo. Tali depositi ricoprono circa il 90% del territorio comunale.

Anche se appare piuttosto complesso ricostruire la geometria delle strutture del substrato roccioso sepolto, è stato fatto un tentativo per la porzione collinare, che è l'unica effettivamente interessata da affioramenti rocciosi.

4. LINEAMENTI GEOLOGICI

4.1 SUBSTRATO ROCCIOSO

Gli unici affioramenti rocciosi, seppur discontinui e di ridotte dimensioni, si rinvengono lungo il crinale che separa il Torrente detto Fiume, nel tratto iniziale del T. Lavandaia, dal T. Molgoretta.

Le formazioni presenti sono essenzialmente due; cronologicamente e stratigraficamente dal basso verso l'alto si hanno:

- 1) Arenarie di Sarnico (Coniaciano)
- 2) Flysch di Bergamo (Campaniano)

Si tratta in entrambi i casi di formazioni marine a prevalente composizione terrigena, del Cretacico Superiore.

1) La prima è caratterizzata da strati piano paralleli e ondulati di arenarie micacee, fini e grossolane, di colore grigio, grigio-nocciola e brune.

Verso il letto della formazione aumentano i livelli arenaci fini e compaiono livelli siltitici, pelitici e marnosi presso la località Molere.

Talora, specie nella parte basale, tale formazione presenta strutture sedimentarie tipiche di ambiente torbido, che permettono di riconoscere la direzione e il verso delle correnti marine.

Le Arenarie di Sarnico affiorano a Sud della sella di quota 470 m, con una giacitura immergente sempre verso il quadrante nordorientale ma con inclinazioni molto variabili per la presenza di complicazioni strutturali.

2) Il Flysch di Bergamo affiora in quest'area con la sua porzione basale; sono anche presenti piccoli livelli conglomeratici, che potrebbero rappresentare in effetti la transizione fra le Arenarie di Sarnico e il Flysch di Bergamo.

Richiamano infatti in parte le caratteristiche del Conglomerato di Sirone, che altrove si presenta interposto fra le due formazioni.

Litologicamente si tratta di una sequenza caratterizzata da alternanze di arenarie in strati spessi a base parallela, torbiditi sottili e peliti.

La giacitura del Flysch di Bergamo, concordante con le sottostanti arenarie, è comunque più costante, con inclinazione attorno ai 40°.

4.2 DEPOSITI SUPERFICIALI

Nella cartografia relativa all'inquadramento geologico strutturale sono stati distinti cinque gruppi di depositi superficiali:

- a) Depositi eluviali: tali depositi si rinvencono solo sulle colline orientali a quote in genere superiori ai 450 mt., ricoprendo in gran parte il substrato roccioso. Si tratta di terreni a prevalente matrice sabbiosa, prodotti dall'alterazione del substrato roccioso in posto; lo spessore è generalmente inferiore al metro.
- b) Depositi fluvioglaciali wurmiani: sono presenti sul fondovalle del torrente Lavandaia a quote inferiori a 365 mt. Sono costituiti da ghiaie e sabbie talora orientate e selezionate, quasi sempre inalterate; il loro spessore massimo può essere valutato pari a circa 10 mt.
- c) Depositi glaciolacustri wurmiani: sono stati individuati sulla base dei dati riscontrati durante le indagini geotecniche, nel fondovalle del torrente Lavandaia fra la Cascina Bandeggera e la Cascina Boschetti. Sono caratterizzati da alternanze di livelli sottili di sabbie fini, limi e argille di colore prevalentemente grigio-nocciola con anche strutture sedimentarie tipiche di ambiente di piccolo delta lacustre. Si notano infatti interi livelli ripiegati a dare piccoli slumpings, indicanti una certa acclività della superficie e quindi un forte dinamismo dell'ambiente deposizionale. Si stima uno spessore massimo di circa 40 mt.
- d) Depositi morenici wurmiani: sono i depositi morenici più recenti fra quelli affioranti nell'area e si rinvencono a quote superiori ai 385 mt. nel settore occidentale del comune, a costituire un vero e proprio cordone morenico, mentre nel settore orientale presentano spessori inferiori e sono caratterizzati anche dalla presenza di diffusi massi erratici. Si tratta di depositi eterometrici, con ghiaie e blocchi immersi in matrice prevalentemente sabbiosa. I ciottoli e i blocchi sono in genere poco alterati. Lo spessore massimo è di circa 45 mt., mentre nelle colline a Nord di Molere è in genere inferiore a 10 mt.

e) Depositi morenici rissiani: ricoprono un'area poco acclive a quote sempre inferiori a 400 mt. Granulometricamente richiamano i depositi precedenti, anche se nella matrice può essere presente una maggiore percentuale di argilla, a causa della più pervasiva alterazione dei clasti. Lo spessore massimo è valutabile in circa 20 mt. Non sono stati distinti in carta i depositi alluvionali del torrente Lavandaia, in quanto limitati all'esiguo alveo attuale del torrente stesso. Sono inoltre presenti, alla base delle scarpate in località Molere, dei depositi di crollo o di scivolamento che però, vista la loro limitata estensione non sono cartografabili.

4.3 LINEAMENTI STRUTTURALI

Sotto l'aspetto strutturale nell'area si notano con certezza solo strutture duttili, date da pieghe a ginocchio ben riconoscibili e con piano assiale immergente verso Nord; la continuità laterale di queste strutture non è comunque verificabile a causa della scarsità di affioramenti.

E' del tutto visibile invece la presenza di disturbi tettonici fragili tardivi (fratture o piccole faglie), che eventualmente si possono ipotizzare in corrispondenza del rio di C. Bandeggera e del Rio Boschetti.

4.4 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Le forme insistenti sul territorio sono legate sia alle azioni morfogenetiche del passato che a quelle recenti e attuali.

Al primo gruppo si possono ascrivere le forme legate alle antiche azioni erosive, che hanno lasciato il substrato roccioso subaffiorante o a debole profondità, in particolare in corrispondenza del crinale che separa il torrente Lavandaia dal torrente Molgoretta. Inoltre vi rientrano le azioni adesiva e soprattutto deposizionale dei ghiacci e delle loro acque di fusione, che hanno comportato l'attuazione delle forme precedenti ma anche l'individuazione di nuove forme.

I depositi morenici, appartenenti sia alla glaciazione rissiana che a quella wurmiana, caratterizzano infatti oltre l'80% delle coperture presenti e, nonostante l'intensa modificazione antropica, al loro interno è possibile ancora riconoscere alcuni lineamenti morfologici originari.

Tra le nuove forme importante è il cordone morenico che, con direzione NNE-SSW congiunge Sirtori a Monticello Brianza, presentando anche alcuni rami minori.

I depositi morenici wurmiani sono presenti anche sulle colline a Nord di Molere, ma in questo caso contribuiscono alla morfologia del territorio attraverso la semplice attenuazione delle forme preesistenti.

Interessante è la presenza di un campo di erratici lungo il crinale che da quota 504,2 mt. porta a Cascina Boschetti, in quanto rappresentano un segno della parziale ostruzione al flusso dei ghiacci causata dal crinale stesso, che probabilmente ha favorito la formazione dei depositi glaciolacustri.

Di più difficile individuazione sono gli elementi morfologici riconducibili ai depositi glaciali più antichi (Riss), ubicati all'interno dei precedenti e che caratterizzano una fascia collinare che da Casatenovo, attraverso Missaglia, termina a Sirtori.

I depositi rissiani si distinguono morfologicamente per il rilievo meno accentuato, caratteristica che li accomuna ai depositi glaciolacustri, i quali occupano un'area praticamente pianeggiante.

Le azioni morfogenetiche recenti e attuali si possono suddividere fra quelle naturali e quelle antropiche.

Le prime sono legate sia all'influenza della gravità in termini di movimenti di massa e quindi di creazione di nicchie di distacco e piccole frane, sia a quella delle acque superficiali.

Per quanto riguarda i fenomeni gravitativi sono infatti presenti alcuni piccoli dissesti superficiali a carico delle coperture moreniche, specie nel settore orientale, in prossimità delle incisioni torrentizie.

Tali dissesti sono di due tipi: scivolamenti rototraslazionali superficiali e fenomeni di creep.

I primi sono in genere di dimensioni assai ridotte, coinvolgono volumi modesti di depositi glaciali e subiscono una rapida evoluzione dinamica.

I secondi sono invece aree di piccole dimensioni nelle quali si notano contropendenze nel profilo topografico disposte parallelamente al versante; esse interessano volumi maggiori di depositi morenici e talora il substrato sottostante.

Si tratta di fenomeni a lenta o lentissima evoluzione, apparentemente quiescenti o inattivi e riattivabili soprattutto a seguito di intense alterazioni nella copertura vegetale.

Essi interessano soprattutto la fascia collinare ad Est di Cascina Bandeggera, quindi al di fuori del territorio comunale.

Non sono stati cartografati data la loro estensione e l'attuale inattività, ma va segnalato il fatto che una modifica nell'uso del territorio potrebbe portare ad una loro riattivazione.

Nell'area di Molere esistono anche fenomeni franosi in roccia di diverse dimensioni e collocazione temporale.

Sono infatti presenti alcune piccole frane di crollo attive ed altre stabilizzate di dimensioni maggiori, che perlopiù sono individuabili nelle aree oggetto dell'attività estrattiva.

Le acque superficiali danno vita a forme prevalentemente erosive, sviluppate soprattutto nella porzione orientale del territorio, mentre nel settore centrale prevalgono le azioni di trasporto; l'erosione è praticamente assente se si escludono i fenomeni di erosione incanalata e diffusa in genere impostati su depositi morenici wurmiani in corrispondenza delle aree soggette a creep, e di erosione spondale lungo le sponde del T. Lavandaia e dei suoi tributari di sinistra (idrografica).

Vi sono poi le forme legate all'uso antropico del territorio, particolarmente importanti in termini attuali.

Sono infatti presenti sia piccole cave di pietra, sviluppate nei secoli passati per l'edilizia locale, sia superfici da riporto legate allo sviluppo urbano e industriale degli ultimi decenni, sia infine piccoli interventi di regimazione delle acque superficiali.

L'attività antropica ha quindi modificato in modo assai rapido le forme del territorio, pur non provocando, in apparenza, accelerazioni nella dinamica morfologica del territorio.

5. INQUADRAMENTO CLIMATICO

Per la valutazione del regime climatico dell'area in esame sono stati utilizzati:

- per le precipitazioni i dati della stazione meteorologica di Cremella per il periodo 1972-1981 e della stazione di Lecco nel periodo 1958-1967 e nell'anno 1993;
- per i valori di temperatura si è invece usufruito solo di questi ultimi due, non avendo a disposizione dati relativi alla stazione di Cremella.

Dai dati sono state ricavate le precipitazioni totali mensili e le temperature medie mensili, riportate nei grafici di tavv. 2-3.

E' chiaro che le variazioni di maggiore entità si riscontrano nel grafico delle precipitazioni, ove, nell'anno 1993, si è registrato un picco notevole nel corso dei mesi di settembre-ottobre, mentre per il resto l'andamento di entrambi i valori misurati presso le stazioni lecchesi risulta abbastanza simile.

I dati rilevati presso la stazione di Cremella risultano avere un grafico complessivo piuttosto discordante da quello lecchese, anche se le precipitazioni totali annue sono fra loro paragonabili.

Comunque il fatto che questi dati siano stati raccolti in periodi diversi ne rende difficoltoso il confronto.

Dai valori di precipitazioni totali mensili e delle temperature medie mensili vengono ricavati parametri utili a classificare il clima dell'area, quali l'indice di aridità (A) di De Martonne e l'evapotraspirazione potenziale (ETP) di Thornthwaite.

Questo è stato chiaramente possibile solo per l'area lecchese; la loro estrapolazione per il territorio comunale di Viganò appare quindi piuttosto forzata.

Per quanto riguarda il primo indice si ha:

Indice di aridità annuale (periodo 1958-67) $A = P/T+10$;

Indice di aridità mensile $a = 12p/t+10$.

Utilizzando le precipitazioni medie annuali e medie mensili e le temperature medie annuali e mensili, risulta:

$$A = 61,9$$

$$ag = 43,2$$

$$af = 35,8$$

$$am = 54,9$$

$$aa = 72,7$$

$$am = 53,5$$

$$ag = 75,7$$

$$al = 53,1$$

$$aa = 59,1$$

$$as = 47,1$$

$$ao = 85,6$$

$$an = 97,0$$

$$ad = 66,4$$

Da questi dati il clima si può classificare (seguendo la classificazione di De Martonne) come perumido; per quanto riguarda le variazioni mensili, si possono inoltre notare due periodi umidi in corrispondenza degli intervalli gennaio-marzo e luglio-settembre.

L'evapotraspirazione potenziale secondo Thornwhaite risulta:

$$ETP = K * etp$$

con K = coefficiente di illuminazione mensile totale in funzione della latitudine e

etp = evapotraspirazione giornaliera in funzione dell'indice di calore globale e della temperatura media mensile.

$$ETP = 764,3$$

$$ETPg = 7,3$$

$$ETPf = 12,2$$

$$ETPm = 30,6$$

$$ETPa = 47$$

$$ETPm = 96,5$$

$$ETPg = 127,7$$

$$ETPI = 144,3$$

$$ETPa = 126$$

$$ETPs = 93,6$$

$$ETPo = 53,6$$

$$ETPn = 16,6$$

$$ETPd = 8,9$$

Dal confronto fra le ETP e le precipitazioni medie mensili si può ricavare in quali mesi si verifica nell'area una eccedenza idrica o un deficit rispetto all'ETP.

Da questo si ottiene una classificazione del clima che richiama per i risultati quella di De Martonne.

6. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Gli aspetti idrologici e idrogeologici, riportati nella Carta Idrogeologica e del Sistema Idrografico, riguardano l'idrografia superficiale, le principali caratteristiche idrogeologiche e le opere di distribuzione delle acque e di smaltimento delle acque reflue.

In particolare su questo tematismo si è inteso differenziare i terreni sulla base della loro permeabilità primaria nel caso dei depositi incoerenti e in base alla permeabilità secondaria per quanto riguarda quelli lapidei.

La permeabilità infatti è uno dei principali parametri per valutare l'assetto idrogeologico dell'area e si distingue in primaria, quando la circolazione avviene per porosità e secondaria, quando avviene lungo fratture o superfici di strato.

Le classi di permeabilità sono state individuate sulla base delle caratteristiche granulometriche nei depositi incoerenti e sul grado di fatturazione nei litotipi lapidei.

Tale valutazione è stata fatta sia quantitativamente, attraverso le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati nelle trincee e le stazioni strutturali di dettaglio, sia qualitativamente sulla base dei dati che emergono dalle stratigrafie dei pozzi e dal rilevamento geologico.

Per quanto riguarda la permeabilità primaria sono stati raggruppati nella classe a media permeabilità i depositi eluviali e quelli fluvioglaciali, con valori compresi fra 10^{-1} e 10^{-3} m/s.

La classe a permeabilità medio-ridotta comprende invece tutti i depositi morenici, senza distinzione fra rissiani e wurmiani, in quanto il range di variazione, individuato fra 10^{-3} e 10^{-6} m/s, consente di riunire sia i depositi a prevalente matrice sabbiosa che quelli a prevalente matrice limoso argillosa.

La classe a permeabilità primaria ridotta è localizzata in corrispondenza dei depositi glaciolacustri, con valori di permeabilità inferiori a 10^{-6} m/s.

Per quanto riguarda la permeabilità secondaria, è stata distinta una sola classe a permeabilità medio ridotta, a causa della presenza di una componente limoso-argillosa e della natura flyschoidale dei depositi ($K < 10^{-5}$ m/s).

In carta vengono inoltre evidenziate aree a drenaggio limitato, vicino al pozzo dimesso n. 4 (di seguito riportiamo le stratigrafie dei pozzi abbandonati e dimessi), a Ovest di Molere, ricollegabili alla presenza di un primo strato superficiale poco permeabile e alla contemporanea presenza di acque superficiali o legate alla presenza di una piccola falda libera prossima alla superficie topografica.

Sono inoltre state indicate le due piccole aree di esondazione presenti in prossimità dell'alveo del torrente detto "Fiume" e individuate soprattutto sulla base delle evidenze morfologiche di terreno.

Nel territorio comunale sono stati trivellati in passato quattro pozzi (le stratigrafie vengono riportate di seguito); il pozzo a Nord è attualmente attivo; i pozzi n. 2 e n. 4 sono stati sigillati mentre il pozzo n. 3 (Cascina Boschetti) è solo inattivo ed utilizzabile per scopo industriale o antincendio.

E' da rimarcare come il livello statico del pozzo n. 4 fosse, all'atto della costruzione, a circa 2 mt. dal piano campagna, mentre quello del pozzo n. 3 fosse a circa 11 mt., ad indicare, guardando la rispettiva quota topografica che esiste un gradiente dalla collina di Viganò verso la valle della Lavandaia.

L'acquifero sembra essere alimentato sia dalle piogge, nei settori di affioramento e nelle zone poste a Nord del comune di Viganò, sia dalle infiltrazioni del torrente stesso.

Il flusso della falda dovrebbe essere diretto da Nord verso S-SE.

Il pozzo esistente a Nord non è molto produttivo e va ricordato in questa sede che l'amministrazione comunale è interessata alla perforazione di un nuovo pozzo, in adiacenza al torrente detto "Fiume".

Bisogna segnalare che le zone di tutela assoluta e di rispetto, individuate attorno ai pozzi, si devono ritenere valide anche nel caso di aree individuate per la perforazione di nuovi pozzi.

Sono noti (Piano di Risanamento delle acque del Comprensorio Lecchese – 1994) i parametri microbiologici e fisico chimici esclusivamente del pozzo n. 1 rilevati negli anni 1990-1992-1993.

L'acqua risulta potabile a partire dal 1992; gli elementi inquinanti appaiono tutti entro la norma, ad indicare l'assenza di sorgenti inquinanti nell'area di alimentazione.

Si ricorda infatti che l'acquifero del pozzo esistente è protetto da un notevole spessore di materiali praticamente impermeabili, per cui l'eventuale presenza di inquinanti va ricercata in questo caso a monte dello stesso.

La situazione attuale del pozzo appare buona.

Tuttavia bisogna segnalare la non corrispondenza tra la prima fascia di tutela assoluta, $R=10$ mt, come segnalato nelle tavole allegate, e la recinzione attualmente esistente.

7. CARATTERISTICHE LITOLOGICO-TECNICHE E MORFODINAMICHE

La caratterizzazione geologico-tecnica è stata eseguita in corrispondenza di alcune delle zone individuate, nel piano di azionamento del Piano Regolatore Generale, redatto nel 1993, come C2, C3, D1, D2 ed S; essa ha comportato lo scavo di 12 trincee, con prelievo di campioni di terreno poi sottoposti ad analisi granulometriche complete.

Le trincee sono ubicate nella carta Geologico-Tecnica e sono state oggetto di una descrizione litopedologica finalizzata alla distinzione dei diversi orizzonti presenti.

All'interno dei diversi orizzonti sono state inoltre rilevate le caratteristiche di resistenza alla punta mediante un pocket penetrometro.

La caratteristica litologico-tecnica è stata resa possibile dall'esecuzione di tre rilievi strutturali di dettaglio, in punti localizzati nel suddetto piano come zona boschiva o al di fuori del territorio comunale.

Da alcuni dei livelli più significativi individuati nelle trincee sono stati prelevati 14 campioni rimaneggiati di cui sono state eseguite le analisi granulometriche.

Tali analisi sono state eseguite per via umida con setacci ASTM sino al diametro 0,075 mm.

Il materiale passante questo setaccio è stato sottoposto ad aerometria con densimetro ASTM, dopo apposito trattamento antiflocculante.

Da queste analisi sono state quindi ricavate le curve granulometriche.

Di queste analisi vengono allegati anche le relative schede ove vengono riportati alcuni parametri quali il diametro efficace (D_{10}), il D_{60} e il coefficiente di uniformità (U_c).

Per ciascuna scheda viene poi indicata anche la classificazione secondo le norme CNR UNI e U.S.C.E.

Da quest'ultime si ricavano anche indicazioni sul tipo di drenaggio e sulla qualità come terreno di fondazione.

I risultati ottenuti, integrati con le informazioni già in possesso, hanno permesso di elaborare la parte del documento cartografico riguardante i depositi superficiali e riferita ad una profondità di circa 2 mt. dal piano campagna.

In tale carta si è preferito riunire i depositi sulla base delle loro caratteristiche geotecniche come terreno di fondazione, distinguendo le seguenti classi: SC, S, D, B.

Come si può notare queste classi solo in parte ricoprono le unità quaternarie descritte nella Carta di Inquadramento Geologico Strutturale. Questo avviene perché in effetti si rifanno a quanto riscontrato nelle trincee ed evidenziato nelle stratigrafie di pozzo, ma soprattutto perché le suddette unità possono presentare variazioni al loro interno tali da farli rientrare in una classe piuttosto che in un'altra.

Infatti è sufficiente un aumento della matrice argillosa perché questo si verifichi e ciò è normale entro questo tipo di depositi; inoltre in alcuni casi sono presenti falde sospese a bassa profondità (inferiori a 2 m) che peggiorano notevolmente le caratteristiche tecniche dei terreni (vedi trincee A, B, e L).

Si hanno quindi le seguenti classi:

Classe SC: caratteristiche geotecniche da scarse a scadenti; resistenza al Pocket Penetrometer da 0,3 a 1 Kg/cm². Occupa 4 aree di cui la più settentrionale ricopre in pratica l'areale dei depositi glaciolacustri, ampliato verso Nord per la presenza di una piccola falda sospesa (trincea L); le altre sono localizzate in corrispondenza di bassi topografici entro i depositi morenici rissiani.

Classe S: caratteristiche geotecniche sufficienti; resistenza al Pocket Penetrometer intorno a 1,5 kg/cm². Essa in pratica occupa la restante parte di territorio nella quale sono presenti i depositi morenici rissiani, tranne le culminazioni di questi ultimi, in corrispondenza delle quali la matrice è più grossolana e che quindi rientrano nella classe successiva.

Classe D: caratteristiche geotecniche discrete, resistenza al Pocket Penetrometer pari a circa 2,5 Kg/cm². Si tratta di terreni di fondazione aventi discreta capacità portante e buon drenaggio, in questa categoria rientrano i depositi morenici wurmiani in genere. Inoltre sono stati inclusi in questo gruppo, in via cautelativa, pur mancando di dati diretti, i depositi fluvioglaciali e quelli eluviali, e i depositi morenici delle colline a Nord di Molere.

Classe B: caratteristiche geotecniche buone, resistenza al Pocket Penetrometer in genere superiore a 2,5 Kg/cm². In questa classe rientrano i depositi a prevalente supporto granulare, con drenaggio eccellente. Sono stati quindi qui raccolti i depositi morenici wurmiani della parte più settentrionale del cordone morenico.

Un'ultima indagine, che ha comunque riguardato porzioni di territorio a destinazione boschiva e in ogni caso incluse nel territorio del Parco Curone-Montevicchia, è stata come detto l'esecuzione di tre rilievi strutturali di dettaglio.

I primi due rilievi sono stati eseguiti su affioramenti del Flysch di Bergamo, mentre l'ultimo è stato eseguito su un affioramento delle Arenarie di Sarnico.

Dai risultati appare evidente la presenza, in tutti e tre gli affioramenti, di due famiglie di giunti oltre alla stratificazione.

Nella prima stazione si ha una K1 con buona persistenza lineare, rugosità media e apertura variabile ma in genere ben sviluppata, mentre la K2 ha minore persistenza, rugosità maggiore e apertura ridotta.

La stratificazione appare invece assai persistente, con apertura millimetrica, e rugosità bassa; i suoi valori sono rappresentati sugli stereogrammi con i quadrati.

Presso la stazione n. 2 la stratificazione, sempre rappresentata sugli stereogrammi con i quadranti, ha una persistenza lineare superiore al 90% e si presenta leggermente ondulata (e quindi con rugosità medio bassa), da serrata ad aperta e con riempimento da assente a coesivo.

Tra le due famiglie di giunti la più persistente è quella individuata come K2, che ha tra l'altro una rugosità e si presenta da serrata ad aperta.

Presso la stazione n. 3 la famiglia di giunti più pervasiva è quella individuata come K1, che risulta anche mediamente rugosa e con apertura millimetrica, mentre la K2 è chiusa e con persistenza lineare ridotta.

Le dimensioni ridotte degli affioramenti impediscono una classificazione significativa di questi ammassi rocciosi, che comunque non appare in questa sede fondamentale, non essendo presenti nelle aree oggetto del piano regolatore affioramenti del substrato roccioso.

Viceversa si è ritenuto opportuno verificare speditivamente la stabilità dell'ammasso roccioso attraverso il Test di Markland.

Ciò ha consentito di indicare qualitativamente che esiste, in corrispondenza delle stazioni strutturali n. 2 e n. 3 la possibilità di distacco di blocchi, che comunque dovrebbero essere di volume inferiore al mc.

La dinamica morfologica di dettaglio è illustrata attraverso gli elementi geomorfologici attualmente attivi o riattivabili già riconosciuti nella Carta Geomorfologica.

In generale il dinamismo del territorio risulta basso, con piccole aree soggette a movimenti di massa di dimensioni ridotte lontane dai principali nuclei urbani.

Per quanto riguarda le piccole aree di esondazione, comprese in classe 4 di fattibilità geologica, è esclusa qualsiasi nuova edificazione e sono ammessi solo interventi destinati alla messa in sicurezza.

Secondo tali criteri, vengono considerati essenzialmente due parametri nella definizione delle classi di vulnerabilità idrogeologica:

- a) la profondità della falda freatica;
- b) la permeabilità dei terreni sovrapposti ad essa.

Sulla base quindi delle informazioni raccolte, relative alla profondità della falda, che in corrispondenza del pozzo esistente è stata individuata alla profondità di - 27 mt. dal p.c., e sulla permeabilità dei terreni, rientrano nella classe di elevata vulnerabilità idrogeologica solo alcune zone a permeabilità media dei depositi glaciolacustri e fluvioglaciali. Il pozzo comunale n. 1 attivo è protetto da un banco di argille a permeabilità nulla che in quella zona raggiungono lo spessore di 27 mt. (vedi stratigrafia allegata).

Emerge chiaramente la presenza di due principali fattori condizionanti per l'interazione uomo-territorio.

Infatti, oltre alle problematiche legate alla presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti, sono da rimarcare i problemi che possono derivare dai possibili inquinamenti delle acque sotterranee.

La prima questione è risolvibile attraverso l'esecuzione di prove di caratterizzazione geotecnica che consentano una corretta progettazione delle fondazioni.

Per quanto riguarda la seconda questione, si deve sottolineare la presenza di limitate porzioni di territorio comunale in cui gli scarichi di acque reflue avvengono nel sottosuolo o entro corsi d'acqua superficiali.

8. CARTA DI SINTESI

La Carta di Sintesi illustra le situazioni geomorfologiche più rilevanti ai fini di una corretta pianificazione del territorio comunale, per la loro dinamicità o potenziale instabilità.

A questo riguardo si deve sottolineare comunque che le situazioni di maggiore instabilità non sono interessate dagli interventi urbanistici in progetto, che quindi non dovrebbero alterarne l'equilibrio.

Tra i vincoli imposti al territorio sono stati evidenziati in questa sede solo quello del Parco di Montevicchia e della Valle del Curone e quello legato alle fasce di rispetto dei punti di captazione, in quanto gli altri sono chiaramente illustrati nelle tavole del Piano Regolatore Generale di cui questa relazione rappresenta un completamento.

La carta inoltre evidenzia le aree con caratteristiche geotecniche scadenti, quelle di possibile esondazione e quelle a drenaggio limitato già riportate nella Carta Geologico Tecnica.

In questa carta vengono infine indicate le aree ad elevata vulnerabilità idrogeologica, definite secondo i criteri presentati dall'UNESCO e da Francani et al. 1988.

9. CALCOLO IDRAULICO DEL BACINO DEL TORRENTE DETTO "FIUME"

Nel presente paragrafo si espongono alcune considerazioni finalizzate alla valutazione della portata di massima piena del corso d'acqua che attraversa il territorio comunale di Viganò; è stata inoltre valutata la capacità di smaltimento dei ponti in concomitanza a fenomeni meteorici di particolare intensità; per questo motivo è stato effettuato un'esame dei dati relativi alle precipitazioni notevoli raccolti in aree circostanti.

I dati relativi alle precipitazioni sono stati ricavati elaborando i dati raccolti dalle stazioni di Como, Bellagio, Lecco e Cremella.

L'esame delle precipitazioni annuali, pone in evidenza un massimo principale in maggio, mentre i minimi principali si realizzano nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio.

L'analisi dei fenomeni di piena e dei processi erosivi del terreno richiede un'adeguata conoscenza delle precipitazioni notevoli, mentre per il calcolo delle reti di convogliamento delle acque meteoriche, con i moderni criteri del volume di invaso, è necessario disporre di una funzione che legghi l'altezza delle piogge (o intensità) alla durata.

Una funzione comunemente usata è:

$$h = aT^n$$

dove:

h = altezza (intensità)

T = durata dell'evento

a^n = costanti caratteristiche delle curva pluviometrica scelta

Per bacini di modesto areale, come quelli in oggetto, rivestono particolare importanza le piogge intense che si verificano nell'ambito giornaliero.

Quindi la curva che inviluppa la serie dei dati ragguagliati all'intero areale può essere la seguente:

$$P = 71 T^{0,43}$$

dove T in questo caso è espresso in h

Il tempo di corrivazione rappresenta uno dei parametri di base per lo studio dei fenomeni di piena, in quanto fornisce indicazioni sul tempo necessario per le concentrazioni delle acque di pioggia alla sezione di misura.

Per i bacini oggetto di studio è stata adottata la formula di Gianotti (1937) che è quella più comunemente usata per la valutazione di questo parametro:

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{Z}}$$

dove:

t_c = tempo di corrivazione in h

S = area del bacino in Km²

L = lunghezza massima percorsa dalle acque

Z = quota media del bacino riferita al punto di misura

Per la valutazione della portata di massima piena si fa uso della seguente formula:

Portata del bacino:

$$Q = \frac{\gamma \times PC \times S}{t_c \times 3600} \times 1000$$

$$Q = \frac{0,5 \times 70 \sqrt{t_c} \times S \times 1000}{t_c \times 3600}$$

dove:

$$PC = \text{pioggia critica} = 70 \sqrt{t_c}$$

γ = coefficiente di afflusso da 0,5 a 1

Dai calcoli eseguiti si evidenzia che:

- La portata di massima piena del bacino Nord è $Q_{MAX \text{ Nord}} = 13,10 \text{ mc/sec}$
- La portata di massima piena del bacino Sud è $Q_{MAX \text{ Sud}} = 30,47 \text{ mc/sec}$

VERIFICA DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DEI PONTI (NORD e SUD)

Formula di Kutter

$$V = \frac{100 \sqrt{R}}{\sqrt{R + m}} \times \sqrt{R \times J}$$

m = coefficiente di scabrezza

v = velocità in mt./sec.

$R = \frac{A}{C} = \frac{\text{Area sezione}}{\text{Perimetro bagnato}}$

C Perimetro bagnato

J = pendenza

$$Q_{1 \text{ Nord}} = V \times A = 23,13 \quad - \text{ con } R_{\text{Nord}} = 0,58$$

$$Q_{1 \text{ Sud}} = V \times A = 30,71 \quad - \text{ con } R_{\text{Nord}} = 0,87$$

La capacità di smaltimento dei ponti nei punti Nord e Sud del territorio comunale sono maggiori delle portate di massima piena.

BACINO NORD 23,13 > 13,10

BACINO SUD 30,71 > 30,47

OMISSIS DA PAGINA 30 A 40

11. CONCLUSIONI

In base a quanto precedentemente esposto, possono essere tratte le seguenti considerazioni conclusive.

Per ciò che concerne l'**ambito geologico e idrogeologico** si segnala che esistono alcune porzioni del territorio comunale dove la natura del terreno e la morfologia generale dei versanti montuosi comportano problematiche connesse a piccole frane, caduta di massi, fenomeni di trasporto, da monitorare periodicamente; tali aree, inserite in classe quattro di fattibilità, sono lontane dal nucleo abitato e si collocano in sponda sinistra (Est) del "fiume".

Dal **punto di vista geotecnico** bisogna segnalare che in gran parte del territorio comunale, i depositi superficiali sono caratterizzati da parametri geotecnici discreti, ad esclusione di alcune aree circostanti la vallata principale dove si segnala la presenza di depositi a prevalenza argillosa molto soffici; si ritiene tuttavia necessaria, in caso di future edificazioni in qualsiasi area, l'esecuzione di indagini geognostiche mirate alla conoscenza geologica e geotecnica del terreno per meglio definire le tipologie d'intervento (come da normativa vigente, D.M. 11.03.1988).

Le zone che presentano problemi geotecnici e/o vincoli tali da porre consistenti limitazioni ai progetti d'intervento, e che pertanto sono state incluse nella Classe tre di fattibilità, comprendono anche le aree in cui l'acclività dei versanti è particolarmente accentuata le aree in cui i terreni presentano parametri geotecnici particolarmente scadenti; in queste aree ogni progetto andrà corredato di studi geotecnici adeguati. In particolare per le aree a ridosso di scarpate ove si segnalano fenomeni di instabilità dovranno essere effettuate idonee verifiche di stabilità e verifiche di scendimento.

Il **quadro idrografico** del territorio comunale è condizionato dalla presenza del torrente detto "Fiume", che scorre nel fondovalle, e di alcuni torrenti affluenti di sinistra del che assumono importanza e aggressività solo durante gli eventi atmosferici notevoli.

La Classe quattro identifica un terreno scadente o una limitazione legislativa dove la fattibilità è possibile solo con gravi limitazioni e dove è addirittura sconsigliata, vedi le aree comprese nei 10 m di distanza dalla sponda dell'alveo di massima piena del corso d'acqua principale (fascia di rispetto idraulico) e le zone di tutela assoluta delle captazioni idriche ad uso potabile.

In queste aree sono ammissibili solo le opere e gli interventi volti alla riparazione e al consolidamento dell'esistente e alla stabilizzazione del dissesto.



Allegato n. 1

NORME PER I POZZI E IL RETICOLO MINORE

OMISSIS

Allegato n. 2

SCHEDE TECNICHE DEI POZZI

POZZO N. 1 – ATTIVO – Strada per Crippa***Dati tecnici***

Anno di realizzazione:	1957
Quota:	385 mt. s.l.m.
Ditta Perforatrice:	Della Torre (BS)
Profondità pozzo:	mt. 45,00
Diametro tubazioni:	300 mm
Portata:	1,5-2 lt/sec.
Filtri:	da 38 a 44 mt.

Stratigrafia

0,00 ÷ 27,00	→	argilla rossa e gialla
27,00 ÷ 29,00	→	sabbia e ghiaia grossa con acqua
29,00 ÷ 39,00	→	argilla cenere
39,00 ÷ 44,00	→	sabbia e sassi con acqua
44,00 ÷ 45,00	→	roccia

POZZO N. 2 – DISMESSO – Cascina Bandaggera***Dati tecnici***

Anno di realizzazione:	1972
Quota:	368 mt. s.l.m.
Ditta Perforatrice:	I.L.S. (CO)
Profondità pozzo:	mt. 32,00
Diametro tubazioni:	300 mm
Portata:	0-2 lt/sec.
Filtri:	da 7,5 a 12 mt. da 24 a 28,5 mt.
Livello statico:	- 2,0 mt.
Livello dinamico:	- 9,0 mt.

Stratigrafia

0,00 ÷ 1,00	→	terreno vegetale
1,00 ÷ 6,00	→	ghiaia e sabbia con ciottoli e massi
6,00 ÷ 7,50	→	limo argilloso misto a sabbia
7,50 ÷ 11,00	→	ghiaia e sabbia
11,00 ÷ 12,50	→	trovante
12,50 ÷ 14,50	→	limo argilloso bruno scuro
14,50 ÷ 24,00	→	sabbia sottile limosa compatta
24,00 ÷ 28,50	→	ghiaia, sabbia e ciottoli
28,50 ÷ 29,50	→	marne arenacee alterate
29,50 ÷ 32,00	→	marne arenacee compatte

POZZO N. 3 – INATTIVO

(UTILIZZABILE PER SCOPO INDUSTRIALE O ANTINCENDIO)

Cascina Boschetti

Dati tecnici

Anno di realizzazione: 1969

Quota: 362 mt. s.l.m.

Ditta Perforatrice: Panelli (AL)

Portata: 1-1,5 lt/sec.

Filtri: da 10 a 14 mt.

da 26 a 34 mt.

Stratigrafia

SCONOSCIUTA

POZZO N. 4 – DISMESSO – Strada per Barzanò***Dati tecnici***

Quota:	425 mt. s.l.m.
Ditta Perforatrice:	Panelli (AL)
Profondità pozzo:	mt. 50,40
Portata:	0-2 lt/sec.
Livello statico:	- 10,8 mt.
Livello dinamico:	- 35 mt.

Stratigrafia

0,00 ÷ 14,00	→	ghiaia compatta con trovanti
14,00 ÷ 15,50	→	ghiaia
15,50 ÷ 25,00	→	ghiaia compatta
25,00 ÷ 41,80	→	ghiaia compatta dura con grossi trovanti
41,80 ÷ 43,50	→	sabbia compatta
43,50 ÷ 50,40	→	arenaria

Allegato n. 3

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
A CORREDO CALCOLI IDRAULICI**



