STUDIO GEOLOGICO TECNICO LECCHESE

Indagini, consulenze e calcolo di geologia applicata, geotecnica, idrogeologia, geologia ambientale
Geoingegneria: consulenze, progetti, direzione lavori

COMUNE DI CRANDOLA VALSASSINA

PROVINCIA DI LECCO

STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL PIANO REGOLATORE GENERALE

Gennaio 1998

Via Palestro 21, 23900 LECCO -Tel (0341) 361843 - 286095

SOMMARIO

1	Premessa	pag. 2
2	Metodologia di lavoro	3
3	Inquadramento geografico	6
4	Inquadramento geologico - strutturale	8
4.1	Cenni sull'assetto strutturale	8
4.2	Cenni di stratigrafia	10
4.3	Carta geologica	13
5	Analisi geomorfologica	14
5.1	Carta geomorfologica	14
5.2	Considerazioni geomorfologiche generali	17
6	Analisi idrologica ed idrogeologica	20
6.1	Meteorologia	20
6.2	Idrografia	22
6.3	Carta idrogeologica	22
7	Carta litologica e della dinamica geomorfologica	26
8	Carta geologico - tecnica	29
12	Bibliografia	43
Appendice fotografica		

ALLEGATI FUORI TESTO:

all.1	Carta geologico-strutturale
all.1bis	Sezione geologica
all.2	Carta geomorfologica
all.3	Carta idrogeologica
all.4	Carta litologica e della dinamica geomorfologica
all.5	Carta geologico tecnica

1 - PREMESSA

Il presente lavoro è stato realizzato su incarico dell'Amministrazione Comunale di Crandola Valsassina (LC), al fine di definire la componente geologica da utilizzarsi a supporto della pianificazione comunale, così come richiesto dal DM 11.03.88, dalla L.R. 24/11/97 N° 41, e secondo i "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale" di cui alla Delibera della Giunta della Regione Lombardia n. 5/36147 del 18 Maggio 1993.

Vengono analizzate le componenti geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e vincolistiche interessanti il territorio Comunale di Crandola Valsassina ed interagenti con le ipotesi di pianificazione urbanistica dell'abitato.

Sulla base di rilevamenti di campagna, dell'analisi bibliografica condotta e della valutazione degli elementi emergenti dalle cartografie tematiche e di sintesi prodotte, viene definita la fattibilità geologica delle azioni di piano, con relativa cartografia, utile alla definizione delle problematiche che si potrebbero riscontrare al seguito dell'urbanizzazione delle aree.

Leggere il territorio comunale in funzione della fattibilità geologica degli interventi urbanistici consente all'Amministrazione Comunale di verificare le proprie scelte in materia di pianificazione territoriale, con particolare attenzione alla componente geologico-ambientale sempre più rilevante nel quadro di una corretta gestione del territorio.

2 METODOLOGIA DI LAVORO

Gli studi eseguiti sono stati redatti prendendo come riferimento lo schema di lavoro proposto dal documento della Regione Lombardia indicante i " Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale " (D.G.R. n. 5/36147 del 18.5.93) ad opera del Servizio Geologico Regionale, il quale è volto a "specificare ed attuare i disposti del decreto ministeriale 11/3/1988 che, nel fare riferimento a "Piani Urbanistici", non disciplina esplicitamente la metodologia della ricerca in campo geologico relativa agli strumenti urbanistici generali comunali (PRG).

Tali studi hanno compreso una prima fase di raccolta ed analisi critica dei dati esistenti, le cui fonti bibliografiche sono riportate in appendice, ed una seconda fase di rilievo direttamente sul terreno, a cui va aggiunta una serie di informazioni raccolte sul posto circa fenomeni e processi geomorfici. Nella prima fase sono state consultate le foto aeree del territorio comunale, oltre a carte geologiche e tematiche edite da pubbliche amministrazioni o reperite in bibliografia.

Dopo aver raccolto le informazioni di carattere generale è stato effettuato un accurato rilievo originale dell'intera area comunale e dei territori limitrofi alla scala 1:10.000 , 1:5.000 ed 1:2.000 per ottenere una cartografia di base e di dettaglio che evidenzi le caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e geotecniche del territorio comunale, in particolare durante la fase di rilievo si è data importanza alle strutture presenti ed ai processi morfodinamici potenziali ed in atto.

Sono stati perciò individuati i seguenti specifici obiettivi:

- raccolta dei dati con integrazioni in campagna e realizzazione di una cartografia di base in scala opportuna;
- definizione delle unità geologico-strutturali e geologico-tecniche presenti, dell'assetto geomorfologico e idrogeologico del Comune di Crandola Valsassina per un'analisi incrociata di tutti gli elementi utili ad una corretta pianificazione da un punto di vista geologico-ambientale;
- redazione della carta di sintesi contenente gli elementi più significativi evidenziati nella fase di analisi allo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio preliminare alla valutazione della fattibilità geologica delle azioni di piano.
- realizzazione della cartografia della fattibilità geologica delle azioni di piano, redatta sulla stessa base dello strumento urbanistico, direttamente utilizzabile in sede di pianificazione territoriale.

La carta di sintesi ha lo scopo di fornire, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio, rappresentato in funzione della pericolosità idrogeologica e geoambientale, al fine di confrontarla con l'urbanizzazione esistente per giungere alla sintesi della vulnerabilità e del rischio idrogeologico; vengono inoltre definite le zone di tutela assoluta, di rispetto e di protezione delle opere di captazione delle risorse idropotabili presenti sul territorio comunale, in accordo con quanto stabilito dalla normativa di settore, secondo i criteri derivanti dalla conoscenza della situazione idrogeologica locale.

Per "*pericolosità idrogeologica e geoambientale*" si vuole esprimere la probabilità che un certo fenomeno, di origine naturale (frana, esondazione, ecc.) o indotto dall'antropizzazione (inquinamento ad es.), si verifichi in un certo territorio ed in un certo periodo di tempo.

Per "vulnerabilità territoriale" si intende l'insieme complesso della popolazione, delle costruzioni, delle infrastrutture, delle attività economiche, e degli eventuali programmi di espansione e di potenziamento di un territorio, che per il fatto stesso di esistere sono potenzialmente esposti alla "pericolosità".

Per "rischio geoambientale" intendiamo la probabilità che le conseguenze economiche e sociali di un certo fenomeno di pericolosità superino una certa soglia (Panizza, 1988) ritenuta accettabile. Pertanto il rischio geo-ambientale è il prodotto della pericolosità ambientale in funzione della vulnerabilità del territorio.

La valutazione del rischio geo-ambientale passa perciò attraverso l'analisi dei rapporti che intercorrono fra i vari fattori di "vulnerabilità" e le diverse forme di "pericolosità" possibili.

Sulla base di questi concetti si è cercato di mettere in luce i rapporti esistenti tra il quadro geologico generale, le forme del dissesto e della pericolosità idrogeologica con l'uso del territorio.

I criteri di cui alla citata delibera della Giunta Regionale prevedono che la fase di analisi si basi sulla raccolta di dati integrati e loro rappresentazione su base cartografica in scala non inferiore a 1:25.000, e cartografia tematica e di dettaglio alla scala della cartografia di piano per le aree di ipotetica espansione e per un significativo intorno.

Considerando che le eventuali proposte di espansione urbanistica riguarderanno l'ambito delle aree già urbanizzate, e non prevedendosi altre opere significative nel territorio comunale, si è ritenuto di estendere la fase di analisi di dettaglio ad un intorno significativo delle aree urbanizzate, comprendendo tutta la parte più occidentale del

territorio comunale, al di sotto delle quote 900-850 m circa, e di riportare i dati relativi su elaborati a scala 1:2.000 per dare un quadro sinottico degli ambiti urbanizzati e del loro intorno.

La cartografia di sintesi deve essere realizzata ad una scala funzione dell'estensione territoriale e della potenzialità discriminativa dei fenomeni da rappresentarsi.

Nel dettaglio le cartografie prodotte a compendio delle presente relazione sono le seguenti:

Cartografia di base e di inquadramento

Carta geologica e strutturale	1:10.000
Carta geomorfologica	1:10.000
Carta idrogeologica con elementi idrografici	1:10.000

Cartografia tematica e di dettaglio

Carta litologica e della dinamica morfologica	1:2.000
Carta geologico tecnica	1:2000

Cartografia di sintesi

Carta di sintesi del rischio	1:10.000

Cartografia di zonazione

Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano	1:2.000

3 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Crandola Valsassina, situato nell'alta Valsassina in provincia di Lecco, si sviluppa in corrispondenza del versante degradante verso ovest dei rilievi del Cimone di Margno e della Cima d'Olino, estendendosi su di una superficie di circa 9 Kmq.

Da un punto di vista cartografico l'ambito oggetto del presente studio risulta compreso all'interno del Foglio 17 della Carta d'Italia a scala 1:100.000 edita a cura dell'Istituto Geografico Militare, sul Foglio B3 sezioni e5 e d5 della Carta Tecnica della Regione Lombardia a scala 1:10.000, ed in corrispondenza del Foglio 17 - Chiavenna -della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000.

Nel dettaglio il limite comunale nel settore settentrionale decorre, partendo dall'impluvio del Torrente Maladiga nel punto più a valle, in corrispondenza del crinale che raggiunge la vetta del Cimone di Margno passando in prossimità degli alpeggi denominati Stalle Piazza, Alpe Grasso ed Alpe Ortighera, per poi ridiscendere sul versante opposto sino in prossimità dell'alveo del Torrente della Val Marcia. Quindi nel tratto orientale decorre lungo la Valle d'Ombrega risalendo verso la cima del rilievo denominato Il Roccolo, seguendo poi nel tratto meridionale la cresta di collegamento in direzione della Cima d'Olino. Nel tratto sudoccidentale il limite comunale si sviluppa in maniera più articolata lungo il versante degradante da Cima d'Olino verso il fondovalle sino ad intersecare a mezza costa la strada per Taceno.

Dal punto di vista altimetrico il territorio comunale risulta compreso tra la quota massima di 1805 m. corrispondente al Cimone di Margno e la quota minima di circa 540 m. in prossimità del corso del Torrente Maladiga.

Il centro urbanizzato risulta suddiviso negli abitati di Crandola, che si sviluppa tra le quote 800 e 750 m.s.l., e di Vegno, compreso tra le quote 680 e 660 m.s.l. circa. Le ipotesi di pianificazione del territorio prevedono il completamento funzionale dell'urbanizzazione prevalentemente in tale ambito.

Le caratteristiche del territorio, se da un lato contribuiscono a fornire all'assetto paesaggistico un patrimonio di indubbia qualità, determinano una serie di problematiche di carattere geologico-applicativo, unitamente alla necessità di salvaguardare con il dovuto rigore le peculiarità ambientali dell'area.

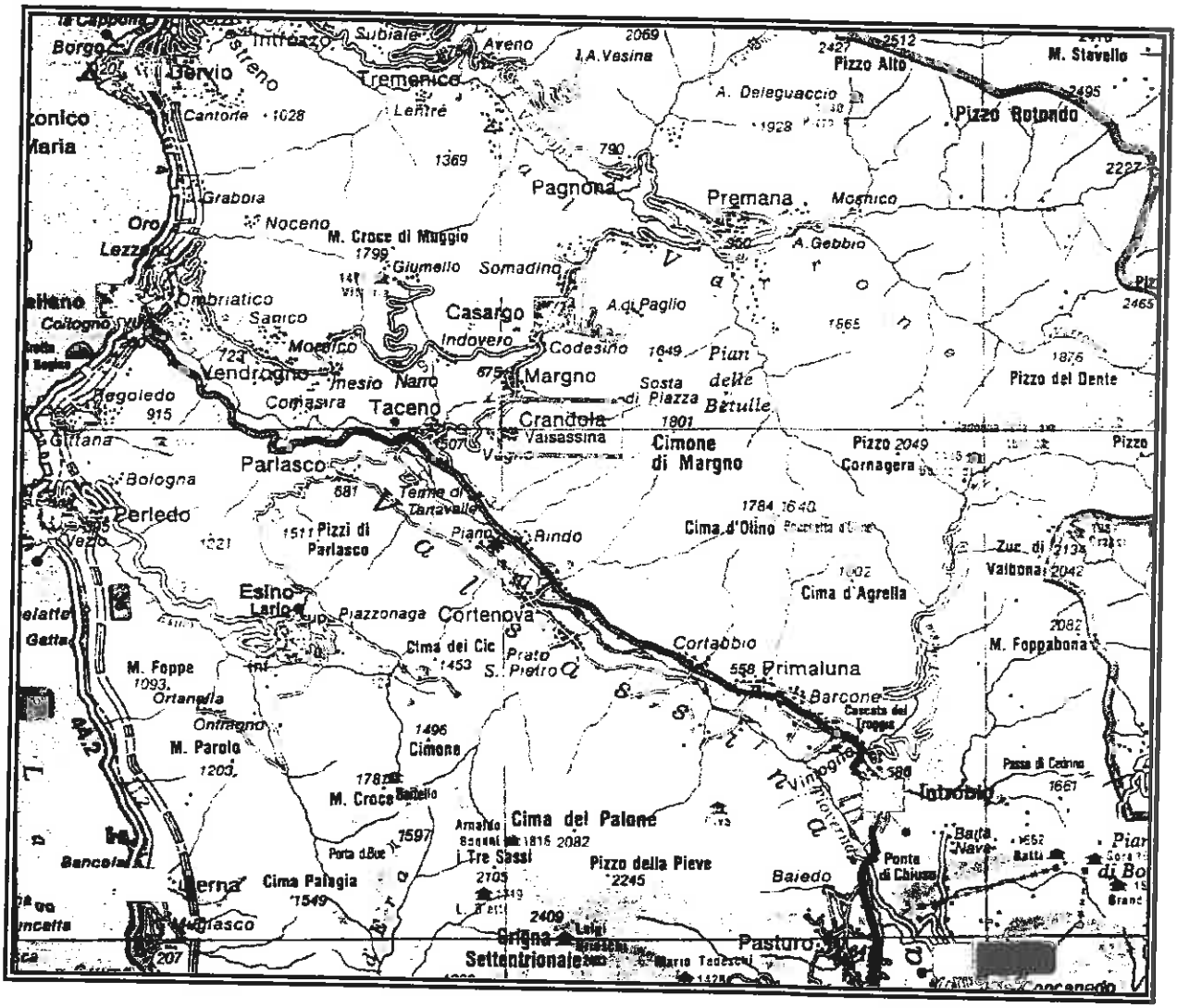

Fig.1 - Corografia dell'area in esame

4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

L'inquadramento geologico del territorio comunale di Crandola Valsassina non può prescindere dall'elencazione, e relativa analisi, degli elementi geologici convenzionali a partire dalla caratterizzazione stratigrafica e analisi strutturale speditiva, derivata dalla bibliografia di settore e da rilievi di campagna appositamente condotti.

4.1 Cenni sull'assetto strutturale

I caratteri geologico-strutturali dell'area in esame si inseriscono in un quadro geodinamico regionale complesso, la cui definizione risulta in continuo approfondimento.
La comprensione dei caratteri geologico-strutturali del territorio comunale non può prescindere dall'analisi del contesto tettonico regionale (fig. 2).
L'area oggetto di studio rientra nel settore delle Alpi Meridionali il cui assetto tettonico rappresenta il risultato delle deformazioni conseguenti il processo di raccorciamento crostale che in più fasi ha caratterizzato lo sviluppo dell'orogenesi alpina.
Tale processo ha causato lo scollamento e la frammentazione delle potenti sequenze della copertura di origine sedimentaria, in prevalenza dolomie e calcari, in differenti domini strutturali che in seguito si sono sovrapposti tra loro, determinando a sud dell'area in oggetto l'edificio a scaglie tettoniche che caratterizza l'assetto strutturale della regione ad oriente del Lago di Como.
L'area studiata si localizza al passaggio tra il settore dove affiora il basamento cristallino e l'area di affioramento delle unità di copertura sedimentaria tra loro sovrapposte. Questo passaggio risulta definito da un lineamento strutturale di importanza regionale denominato Linea Orobica, con direzione circa E - W, che provoca la sovrapposizione tettonica del basamento sulle unità sedimentarie. Tale lineamento che più ad oriente si riconosce come faglia inversa con piano di faglia inclinato ed immergente verso nord , nell'area studiata in prossimità del Cimone di Margno si caratterizza come un piano di sovrascorrimento con inclinazione di circa 30°, lungo il quale viene stimata una traslazione di circa 3 km.
Le sequenze litologiche dell'area studiata risultano appartenere quindi a due differenti domini strutturali:

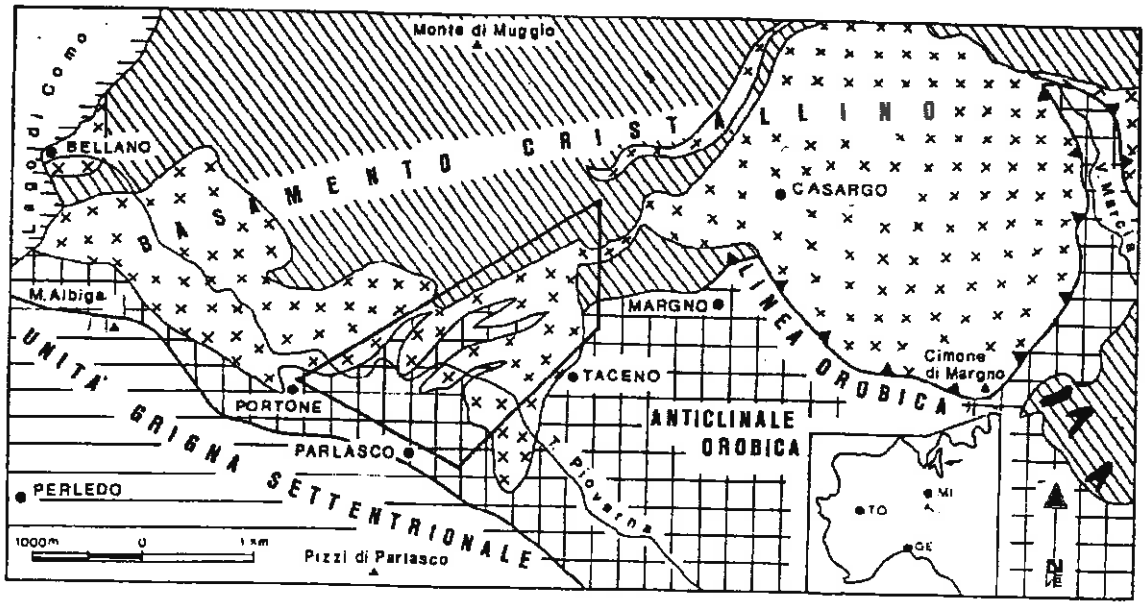

Fig. 1 – Schema strutturale semplificato dell'alta Valsassina tra il Lago di Como (Bellano) e la val Marcia (rigato obliquo: Gneiss di Morbegno; crocette: Gneiss Chiari; nero pieno: porfidi permiani; quadrettato: depositi permo–triassici; rigato orizzontale: successione carbonatica triassica della Grigna settentrionale). L'area delimitata al centro rappresenta la zona studiata.

fig.2 - Schema strutturale dell'area in esame

Basamento Cristallino

Il basamento cristallino dell'edificio sudalpino rappresenta l'antica crosta continentale di età pre-westfaliana, ma in parte anche più antica, poiché chiaramente polimetamorfica. L'ultimo evento metamorfico riconosciuto è precedente all'orogenesi alpina, mentre non vi sono importanti testimonianze di metamorfismo di età alpina.
Nell'area in esame affiora limitatamente in corrispondenza della vetta del Cimone di Margno ed in finestra tettonica lungo l'incisione della Valle Marcia ed a valle del Cantone Grande verso il margine del confine comunale.

Anticlinale Orobica

Ampia ed estesa culminazione anticlinalica ad asse suborizzontale con direzione circa E-W , che presenta al nucleo affioramenti di basamento cristallino con intrusioni erciniche e prodotti effusivi; è comunque costituita essenzialmente da unità sedimentarie permiane e infratriassiche ed è delimitata a nord dalla Linea Orobica, che definisce il passaggio all'unità del basamento cristallino.
L'area in esame risulta per la maggior parte compresa all'interno di tale unità strutturale, ad eccezione del settore della vetta del Cimone di Margno.

4.2 Cenni di stratigrafia

Dal punto di vista stratigrafico, le litologie caratterizzanti le formazioni rocciose del territorio comunale risultano appartenere alle seguenti unità stratigrafiche:

Basamento cristallino

- *Gneiss chiari*

Gneiss quarzoso-feldspatico-muscovitici a tessitura da mediamente scistosa a massiccia e struttura talora blastomilonitica di colore grigio chiaro. Sono considerati dalla maggior parte degli autori come ortoderivati di intrusioni granitiche del carbonifero.
Si presentano con bancatura da decimetrica a metrica, con netta fratturazione in blocchi parallelepipedi; nell'area in esame costituiscono la parte sommitale dell'edificio del Cimone di Margno, dove risultano sovrascorsi tettonicamente sulle più recenti formazioni della successione sedimentaria.

- Gneiss di Morbegno

Da gneiss biotitici, granatiferi, talora staurolitici o sillimanitici passanti localmente a tipi quarzitici a micascisti granatiferi a staurolite; a grana fine con marcata scistosità si presentano in bancate da decimetriche a metriche talvolta intensamente fratturati. Nell'area in esame affiorano, in finestra tettonica al di sotto della copertura sedimentaria, nell'incisione della Val Marcia e nei pressi della Valle dei Gozzoli e della Valle del Piolo.

Copertura sedimentaria

- Verrucano Lombardo (Permiano sup.)

Conglomerati grossolani a matrice arenacea e subordinate intercalazioni arenacee e siltitiche specie nella parte alta della successione; il caratteristico colore rosso violaceo ne riflette la composizione data essenzialmente da clasti riolitici, derivanti dallo smantellamento di prodotti effusivi tardo ercinici, e in subordine elementi quarzitici, gneissici e micascistosi con clasti che presentano talora un discreto arrotondamento.
Si presentano in bancate di spessore da decimetrico a metrico ed affiorano estesamente nell'area in esame dall'abitato di Vegno sino al culmine del Cantone Grande e quindi sul versante della Val Marcia.

- Servino (Scitico)

Sequenza di rocce terrigene con alla base quarzareniti pure a grana grossa, talora conglomeratiche, di colore biancastro e patina di alterazione giallastra e verdastra, quindi arenarie conglomeratiche, arenarie a grana media e fine, chiare a matrice silicea rossastra, e nella parte superiore siltiti e peliti grigio-verdi in strati decimetrici con intercalazioni di dolomie siltose giallastre. Si presentano in bancate da decimetriche a metriche nella parte bassa a litologia arenaceo-conglomeratica e sottilmente stratificate e talora fittamente scagliate nella parte alta a litologia siltitico-pelitica.
Affiorano estesamente nel tratto di versante che scende dal Cimone di Margno dall'Alpe Ortighera sino all'abitato di Crandola, e costituiscono la parte sommitale della Cima d'Olino e del tratto di cresta in direzione del rilievo denominato Il Roccolo.

Rocce filoniane permiane con metamorfismo alpino

- Porfido quarzifero

Filoni di porfidi quarzoso-feldspatici con biotite, muscovite ed anfibolo di colore grigio rossastro metamorfosati con metamorfismo alpino; affiorano in corrispondenza di allineamenti strutturali lungo gli impluvi della Valle Grande e della Valle del Piolo, si presentano intensamente tettonizzati con netta fratturazione a blocchi.

Rocce plutoniche permo - carbonifere con metamorfismo alpino

- Dioriti

Dioriti a granodioriti a grana media e fine, talora con struttura orientata, passanti a dioriti quarzifere metamorfosate con metamorfismo alpino, affiorano lungo l'incisione della Val Marcia dove si presentano intensamente tettonizzati con netta fratturazione a blocchi.

Depositi superficiali

- Depositi morenici:

Depositi quaternari di origine glaciale caratterizzati da granulometria eterometrica comunque piuttosto grossolana anche con blocchi di dimensioni notevoli e poca matrice limosa; l'unico deposito di estensione cartografabile risulta localizzato nel settore a valle della strada di collegamento con Taceno in corrispondenza delle quote più basse del territorio comunale, mentre si sono rinvenute tracce di morenico sparso in altri tratti di versante, in particolare in corrispondenza delle rotture di pendio, ma la loro limitata estensione non ne consente una efficace rappresentazione cartografica.

- Detrito di versante

Depositi generalmente monolitologici, formati da clasti spigolosi grossolani, di dimensione dal ciottolo al blocco ma per lo più molto grossolani, rappresentanti l'accumulo di blocchi e materiali di frana, moderatamente selezionati. I depositi di dimensioni maggiori si rilevano, a valle delle pareti rocciose caratterizzanti l'incisione della Valle Grande ed in località Le Gronde, diversi altri accumuli di detrito sono stati rinvenuti alla base dei numerosi risalti rocciosi presenti nell'area ma la loro limitata estensione non ne consente una efficace rappresentazione cartografica.

4.3 CARTA GEOLOGICA

Il rilievo e la rappresentazione in carta dei caratteri litologici e strutturali delle rocce e dei terreni affioranti risulta preliminare ad una corretta lettura dei fattori di potenziale dissesto del territorio e della loro eventuale evoluzione.

L'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di numerosi lineamenti strutturali, dovute alle intense deformazioni conseguenti al raccorciamento crostale ed ai grandi movimenti di scaglie di copertura sedimentaria che hanno interessato la regione, e tali da determinare sistemi di fratture di grande entità e notevole sviluppo su rocce relativamente poco plastiche come il basamento metamorfico e la sequenza sedimentaria terrigena.

La stessa corografia della zona, come lo sviluppo dei fenomeni erosivi ed il modellamento dei versanti hanno risentito in modo determinante dell'andamento dei limiti strutturali, come evidenziato dal parallelismo delle depressioni vallive con i suddetti sistemi di fratture.

Tale controllo strutturale è particolarmente evidente osservando l'allineamento in direzione circa NE-SO delle numerose incisioni vallive che interessano entrambi i versanti del Cimone di Margno - Cima d'Olino.

I lineamenti strutturali vengono rappresentati in carta con simboli convenzionali, ma sono da intendersi non come un singola linea di frattura ma piuttosto come una fascia più o meno ampia di fratture, con sviluppo subparallelo tra loro.

Lungo le linee di debolezza rappresentate dai principali lineamenti tettonici inoltre sono localizzate le intrusioni dei filoni di porfidi permiani.

L'intensa tettonizzazione determina inoltre uno scadimento delle caratteristiche geomeccaniche delle rocce con conseguente accelerazione dei processi erosivi, oltre che a condizionare lo sviluppo della circolazione sotterranea delle acque.

Come evidenziato dalla sezione geologica allegata, l'andamento delle giaciture delle bancate rocciose della copertura sedimentaria risulta essere a franapoggio sul versante occidentale con inclinazione prossima a quella del pendio, mentre verso monte in prossimità della cresta assumono una più blanda inclinazione risultando suborizzontali.

Al di sotto della copertura sedimentaria che raggiunge uno spessore massimo stimato di circa 200-250 m., si osserva la presenza del basamento cristallino talora affiorante in finestra tettonica; la successione stratigrafica risulta quindi intrusa da masse plutoniche e da filoni lungo alcune linee di debolezza strutturale.

5 - ANALISI GEOMORFOLOGICA

Particolare importanza riveste, ai fini della caratterizzazione di un territorio nella sua vocazione all'urbanizzazione, la rappresentazione di una serie di fenomeni di evoluzione delle forme del paesaggio, al seguito del disfacimento degli elementi morfologicamente rilevati e della rielaborazione di questi da parte dell'azione degli agenti morfodinamici. La disciplina delle Scienze della Terra che affronta tali argomenti è la Geomorfologia e la carta omonima è il sistema di rappresentazione convenzionale dell'insieme delle situazioni riscontrabili in un territorio.

5.1 Carta geomorfologica

La sintesi degli elementi cartografati, ai fini dell'analisi geomorfologica del territorio comunale di Crandola può essere descritta secondo lo schema di legenda che qui di seguito riportiamo, nella suddivisione di forme del territorio derivate, e dei relativi meccanismi generatori.

Substrato lapideo:

Nella carta geomorfologica le formazioni rocciose costituenti il substrato sono rappresentate indifferenziatamente dove direttamente affioranti o con sottile copertura regolitica.

Si intende per regolite l'insieme dei prodotti di disgregazione e alterazione delle rocce (nonché il suolo eventualmente sviluppato su di essi), formatisi in sito, incoerenti e privi di espressione morfologica propria. Nell'area in esame lo spessore della regolite è in genere esiguo o dell'ordine dei decimetri sino al metro.

Depositi superficiali:

Si definiscono come tali gli accumuli di materiale originatosi dallo smantellamento dei rilievi ad opera dell'azione erosiva degli agenti morfodinamici, in seguito rimaneggiati e rideposti.

Si differenziano dalla copertura regolitica per possedere morfologia di accumulo propria e per lo spessore più rilevante. Sono differenziati a seconda dei processi che li hanno generati.

D*epositi di versante:*

sono costituiti essenzialmente da accumuli detritici, generalmente monolitologici, formati da clasti spigolosi grossolani, di dimensione dal ciottolo al blocco, moderatamente selezionati, privi di matrice fine; sono formati per distacco di singoli clasti da soprastanti pareti rocciose o per crollo e frantumazione di maggiori blocchi rocciosi, ed in questo caso sono caratterizzati da granulometria molto grossolana.

Altri processi che non siano la semplice azione della gravità possono rielaborare tali depositi (creep, acque di dilavamento, ecc.) distribuendoli secondo angoli inferiori al proprio angolo di riposo.

Nell'area in esame, depositi di versante sono presenti limitatamente lungo le pendici dei versanti maggiormente acclivi alla base di risalti rocciosi e per la loro scarsa estensione areale, spesso non risultato cartografabili. Si tratta per lo più di accumuli detritici inattivi e stabilizzati ricoperti da suolo e vegetazione, e talvolta i detriti di cui sono costituiti risultano visibili solo in alcune incisioni. Sono in genere accumuli detritici rimaneggiati, in parte, dall'azione delle acque di dilavamento e successivamente colonizzati dalla vegetazione. Possono eventualmente essere soggetti a processi erosivi.

Lungo la profonda incisione della Valle Grande ed in località Le Gronde si rileva la presenza di estesi accumuli detritici, rappresentati da blocchi anche di enormi dimensioni, originatisi per distacco localizzato ed estesi fenomeni franosi dalle soprastanti pareti rocciose; si riconosce una parziale selezione del materiale franato con i blocchi di dimensioni maggiori nelle parti più distali degli accumuli.

Tali accumuli di blocchi risultano per lo più stabilizzati in località Le Gronde, mentre per gli accumuli di frana localizzati lungo la Valle Grande, per la naturale acclività dei versanti su cui si sono arrestati, risultano parzialmente stabili con locali situazioni di possibile rimobilizzazione di singoli blocchi.

Depositi morenici:

depositi di origine glaciale costituiti da granulometria grossolana con scarsa matrice fine, caratterizzati da litologie eterogenee; si è rilevata la presenza di depositi morenici di entità cartografabile unicamente nel settore al margine del limite comunale a valle della S.P.67 in direzione Taceno, mentre tracce di depositi morenici sparsi, di estensione non cartografabile, sono state rilevate lungo il versante, in particolare nei tratti ove si verifica una parziale rottura di pendio.

Processi geomorfici in atto

Sulla carta geomorfologica vengono rappresentate, con dei simboli indicativi, le tracce lasciate dai processi geomorfici in atto sul territorio, ad eccezione di quelle già evidenziate sulla base topografica. Si tratta di processi esogeni, legati all'azione delle acque, del gelo e disgelo, della neve, della gravità e dell'uomo, alcuni dei quali agiscono arealmente sui versanti e, quindi, non possono essere fedelmente riportati alla scala della rappresentazione cartografica.
La corretta valutazione di tali processi consente di chiarire il quadro degli eventuali dissesti presenti sul territorio e di definirne l'evoluzione potenziale.

Forme di denudazione.

Le forme di denudazione sono forme di erosione dei versanti originatesi in seguito all'azione della gravità, delle acque superficiali e dei processi crionivali.

Orlo di scarpata di frana

Indicano la presenza di nicchie di frana lungo le quali si è verificato il distacco, ad opera dell'azione prevalente della gravità, di materiale roccioso o detritico. Vengono distinte in attive o quiescenti a seconda che la dinamica del dissesto sia ancora in atto oppure il processo sia stabilizzato.

Orlo di scapata interessata da distacco

Indicano la presenza di scapate rocciose soggette ad erosione attiva ad opera dell'azione della gravità e delle acque superficiali, lungo le quali si registrano distacchi localizzati di materiale comunque di limitata estensione.

Orlo di scarpata morfologica

Indicano la presenza di gradini morfologici ed orli di terrazzi e scarpate in attiva erosione; tali forme sono dovute all'azione prevalente o combinata della gravità e delle acque superficiali. Non si riconoscono dinamiche di dissesto significative.

Solco di ruscellamento concentrato

Rappresentano le incisioni dove si raccolgono le acque superficiali dovute al progressivo approfondimento dei rivoli con il graduale aumento della concentrazione del flusso entro linee preferenziali.

Soliflusso

Indica un lento movimento verso il basso della copertura regolitica; rappresenta il risultato di un insieme di movimenti parziali degli elementi che costituiscono la copertura

detritica ad opera della gravità, dell'azione delle acque circolanti nella copertura regolitica ed all'azione del gelo e disgelo. Tale processo si sviluppa arealmente interessando in particolare i tratti più acclivi dei versanti.

Forme fluviali

Le forme fluviali sono quelle derivate dal modellamento, sia per erosione che per accumulo, operato dalle acque correnti torrentizie.

Alveo in approfondimento

Alvei torrentizi nei quali si verifica intensa erosione lineare e laterale, che raggiunge e incide profondamente il substrato roccioso formando stretti valloni, talvolta delimitati da scarpate.

La causa di queste erosioni accelerate sono sia la locale tettonizzazione che rende la roccia più facilmente degradabile, sia il notevole salto morfologico che i torrenti devono superare per raggiungere il loro livello di base rappresentato dal Torrente Pioverna lungo la Valsassina.

Forme glaciali

Le forme glaciali sono quelle dovute all'azione di modellamento e di deposito operato dai ghiacciai durante le varie fasi di espansione e ritiro del Quaternario.

Cordone morenico

Forma di accumulo glaciale costituita da materiale deposto dal ghiacciaio ai lati e sulla fronte, e abbandonato durante le fasi di ritiro.

Forme crionivali

Canalone di valanga

Indicano la presenza sui versanti di incisioni o vallecole lungo le quali si verifica lo scoscendimento di valanghe e colate miste di detrito e neve.

5.3 - Considerazioni geomorfologiche generali

Dal punto di vista geomorfologico il territorio comunale si presenta con caratteristiche piuttosto omogenee, essendo interamente compreso lungo i versanti orientali ed occidentali del gruppo montuoso di Cimone di Margno - Cima d'Olino.

Tali versanti sono infatti sede di medesimi processi morfogenetici caratterizzati da intensa degradazione fisica per azione delle acque superficiali, della gravità e per processi di gelo e disgelo.

Si possono comunque distinguere due settori con caratteri morfologici sensibilmente differenti:

1) Il pendio occidentale, comprendente verso valle le aree urbanizzate, si presenta degradante con pendenze piuttosto costanti con locali rotture di pendio riconducibili prevalentemente a cause tettoniche ed all'azione erosiva delle acque incanalate.

Il motivo di tale sviluppo poco articolato è da ricondursi alla giacitura delle bancate rocciose che risultano pressoché subparallele all'orientazione del pendio e con inclinazione simile.

2) Il settore più orientale, comprendente i versanti della Valle Marcia, caratterizzato da pendii più articolati con frequente sviluppo di pareti piuttosto acclivi.

In entrambi i settori la morfologia dei versanti risulta quindi condizionata dalla giacitura del substrato roccioso che risulta ovunque affiorante o subaffiorante con copertura regolitica comunque sempre di esiguo spessore, e dall'andamento dei lineamenti tettonici principali.

Le incisioni vallive che si sviluppano lungo i versanti del territorio comunale, risultano infatti impostate prevalentemente secondo le principali linee di frattura che si sviluppano subparallele tra loro con direzione prevalente NE - SO.

I processi morfodinamici che interessano l'area sono essenzialmente processi erosivi legati all'azione della gravità e delle acque superficiali che, nei settori ove il substrato si presenta più fratturato in corrispondenza dei lineamenti tettonici, possono dar luogo allo sviluppo di scarpate in erosione regressiva soggette localmente a fenomeni di dissesto.

In particolare si è rilevata la presenza di scarpate di frana nei pressi dell'Alpe Besso e lungo l'impluvio della Valle Grande, alla base delle quali si evidenziano estesi accumuli di blocchi franati parzialmente stabilizzati. Sono inoltre state rappresentate in carta le situazioni dove si registrano locali distacchi di materiale.

Localmente si sono rilevati limitati dissesti e situazioni che potrebbero evolvere verso condizioni di rischio, in particolare in concomitanza di eventi meteorici di intensità elevata.

Risulta piuttosto diffuso su tutti i versanti il soliflusso generalizzato, che peraltro rappresenta un processo di progressivo assestamento della copertura regolitica. Solo

localmente si manifestano limitati scollamenti della coltre detritica superficiale, in particolare nel settore di monte del versante occidentale dove risulta assente la copertura arborea. Nelle restanti parti del territorio l'estesa copertura arborea contribuisce alla protezione del terreno dall'azione erosiva delle acque superficiali non incanalate.

I torrenti a carattere stagionale incidono i versanti molto profondamente e sono caratterizzati da alvei in continuo approfondimento; quasi assenti e comunque mai cartografabili sono i depositi torrentizi, rappresentati da ciottolame e grossi blocchi.

Il reticolo idrografico, data l'elevata pendenza, risulta poco sviluppato; le aste torrentizie principali subparallele tra loro sono sviluppate in direzione NE - SO, risultando per lo più impostate lungo linee di frattura, con affluenti brevi e per lo più perpendicolari.

6 - ANALISI IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA

Per una comprensione della situazione idrologica ed idrogeologica del territorio comunale di Crandola Valsassina si è ritenuto importante inserire in questo capitolo alcune considerazioni di carattere meteorologico, per la valutazione della dinamica dei fenomeni ad essa ricollegabili. Tali informazioni sono poi state correlate con valutazioni della permeabilità dei terreni e di altre componenti idrogeologiche, per la estrinsecazione della potenzialità all'isolamento, o tutela, della falda acquifera.

6.1 Meteorologia.

Non esistendo in Crandola una stazione meteorologica attiva di riferimento ci si è dovuti basare sulle informazioni derivate da stazioni contermini, pubblicate su annali di settore. Data la vicinanza geografica si è potuto fare riferimento alle misurazioni condotte presso la stazione del Museo di Lecco, quella di Barzio e altre contermini, utili alla caratterizzazione meteorologica del comparto.

Di interesse, ai fini del presente studio, è particolarmente la piovosità media sull'area, per il dimensionamento delle opere idrauliche di smaltimento e di collettamento. Dall'analisi dei dati bibliografici (tra i quali sono stati analizzati anche quelli della stazione di Ballabio ed Introbio, per il periodo 1974-1981) si evidenzia come la zona sia interessata da un regime di piovosità annuale media che dagli autori (Bini, Belloni) viene definito come medio-elevato, riscontrandosi valori compresi tra 1500 e 2700 mm di pioggia/anno (con valore medio ponderato per il periodo citato di 2044 mm/anno).

Particolarmente interessanti, al fine di caratterizzare il regime pluviometrico, risultano essere i dati sull'intensità delle precipitazioni, derivabili dalle serie storiche dei massimi annuali delle piogge della stazione di Introbio per il periodo 1935-1985, dalle quali risultano i seguenti valori medi:

Durata della pioggia in ore	Altezza in mm raggiungibile
1	31,45
3	48,70
6	67,95
12	78,25
24	95,36

Peraltro, dalla stazione di Lecco (in un ambito che pertanto, arealmente non distante, ma condizionato dal microclima lacustre) rileviamo anche un dato di interesse ai fini del presente lavoro riferito alla intensità delle maggiori precipitazioni con tempo di ritorno calcolato in dieci anni. La schematizzazione possibile (secondo l'elaborazione dei dati elaborata secondo la legge probabilistica di Gumbel) risulta essere la seguente:

Durata della pioggia in ore	Altezza in mm raggiungibile
1	42,05
3	60,58
6	76,81
12	90,83
24	114,18

Ai fini della comprensione della possibile interazione dei dati sopra espressi con le componenti geologiche del territorio, si sono prese in considerazione anche le temperature medie che presentano valori che oscillano attorno ai 6 gradi di massima ed allo 0 di minima, con una media ponderata di circa 2 gradi per la stagione invernale.

Questi valori tendono a modificarsi nel corso dell'anno rispettivamente in 13, 5, 9 (primavera), 23, 13, 18 (estate), 14, 6, 10 (in autunno), trovando una completa corrispondenza per i valori rilevati a Barzio. La Stazione di Premana presenta il medesimo trend annuale con temperature, in media, più basse di due gradi centigradi, mentre al contrario la stazione di Lecco, con l'indubbio effetto mitigatore del microclima lacustre, ha valori in media superiori di un grado a quelli di Barzio, e di un grado e mezzo nei valori medi stagionali.

Le altre stazioni lacustri (Bellano, Bellagio e Lierna) mostrano un trend molto più regolare, se si vuole vincolato, rispetto a quelle sopra citate, con livelli termini medi più elevati.

Vista la temperatura minima media, che viene fatta corrispondere per il periodo invernale, attorno a 0°, risulta anche importante avere indicazioni circa i giorni di persistenza al di sotto dello zero. Il Comune di Crandola, a tale riguardo, non consente di dare un valore omogeneo estensibile all'intero territorio comunale, a causa delle differenziazioni morfo-altimetriche, particolarmente significative in loco. E' peraltro da prevedersi un significativo ruolo del ciclo gelo-disgelo sull'intero meccanismo dell'evoluzione geomorfologica dei luoghi.

6.2 Idrografia.

Il reticolo idrografico che caratterizza il territorio del comune di Crandola Valsassina, data l'elevata pendenza dei versanti, risulta poco sviluppato; le aste torrentizie principali subparallele tra loro sono sviluppate in direzione NE -SO su entrambi i versanti, essendo per lo più impostate lungo linee di frattura, e risultano prevalentemente perpendicolari al collettore principale rappresentato dall'impluvio della Val Marcia nel settore orientale, e dal torrente Pioverna nel settore occidentale.
I principali corsi d'acqua presenti sono rappresentati dal torrente della Val Marcia nel settore orientale, e dai torrenti della Valle Grande, Val Camiaola e Valle del Piolo sul versante occidentale.
Si tratta di corsi d'acqua a regime torrentizio ed a carattere stagionale con portate massime in primavera ed autunno e minimi estivi ed invernali, comunque con portate non elevate poiché, dato l'esiguo sviluppo delle aste torrentizie, i corsi d'acqua sottendono dei bacini di alimentazione di estensione limitata.

6.3 Carta idrogeologica

La carta idrogeologica è stata redatta tenendo conto delle caratteristiche litologiche delle formazioni presenti nella zona, della geologia strutturale dell'area e della giacitura degli strati rocciosi.
La conducibilità idraulica (comunemente chiamata nell'ambito geologico permeabilità) di un ammasso, sia esso costituito da rocce lapidee o da rocce sciolte (terreni), è determinata dalla presenza di vuoti comunicanti fra loro in modo continuo, così da permettere il flusso di un fluido (acqua, aria, ecc.) attraverso l'ammasso stesso. Per quanto concerne le rocce lapidee la permeabilità è determinata dalla somma della permeabilità della roccia propriamente detta (cioè del litotipo, ad esempio calcare, dolomia, argilliti, ecc.) e dalla permeabilità che deriva dallo stato di fessurazione dell'ammasso (dovuto alla presenza di superfici di stratificazione, diaclasi, fessure varie). La prima è denominata permeabilità primaria, mentre la seconda permeabilità secondaria. Un ammasso è sempre interessato da un certo grado di fessurazione (in particolare in quest'area che ha subito complesse evoluzioni strutturali) e la permeabilità ad esso dovuta è di gran lunga superiore a quella derivante dalla matrice roccia; pertanto quest'ultima viene generalmente trascurata.

Diversamente da quanto sopra affermato, nei terreni la permeabilità non è dovuta alla fessurazione (ad eccezione di alcuni terreni fissurabili superficialmente), ma ai vuoti intercomunicanti presenti tra i granuli, ovvero alla porosità che è una caratteristica strettamente dipendente dalla granulometria, dalla tessitura e dallo stato di addensamento.

Pertanto si è redatta la carta attribuendo ad ogni formazione una propria permeabilità in base alla fratturazione, stimata sia con rilevamenti, sia da rilievi strutturali reperiti in bibliografia o eseguiti in loco. Per speditezza e per la vastità del territorio da esaminare in tempi relativamente brevi, la valutazione della conducibilità idraulica è comunque rimasta qualitativa, rimandando ad eventuali studi di dettaglio riguardo a problematiche particolari, la sua precisa misurazione. La lettura della carta deve comunque essere compiuta attraverso l'analisi degli elementi tettonici, che condizionano in maniera determinante la circolazione idrica sotterranea.

Infatti, come già evidenziato in relazioni geologiche di autori precedenti, compilare una carta idrogeologica di quest'area supponendo che sia solo la permeabilità dei litotipi ad influenzare la circolazione idrica sotterranea, senza analizzare le importanti strutture idrogeologiche presenti, significherebbe incorrere in grossolane semplificazioni, senza comprendere la reale struttura idrogeologica e i principi che regolano la circolazione idrica sotterranea.

Le formazioni presenti nell'area sono state suddivise in tre unità, rispettivamente due riguardanti gli ammassi lapidei ed una riguardanti i terreni, riconosciute attraverso la stima della loro permeabilità.

Si riporta di seguito la legenda commentata delle tre unità:

I Unità: rocce a permeabilità da bassa a nulla

Questa unità comprende tutti i termini litologici presenti: arenarie, conglomerati, rocce del basamento cristallino ed i termini intrusivi plutonici e filoniani. Si tratta di rocce caratterizzate da permeabilità primaria nulla o molto bassa, con permeabilità secondaria per fratturazione e dissoluzione. Vengono classificati in questa unità i settori caratterizzati da ammassi rocciosi più competenti e meno fratturati.

II Unità: rocce a permeabilità media

In tale unità sono stati compresi i termini litologici elencati in precedenza dove questi si presentano intensamente fratturati; si rileva come l'intensa fratturazione sia da mettere in

relazione prevalentemente alla presenza dei lineamenti strutturali che interessano il territorio in esame

III Unità: terreni a permeabilità medio-bassa

Questa unità corrisponde ai depositi morenici caratterizzati da permeabilità per porosità; si tratta di depositi a granulometria eterometrica con prevalenza della frazione grossolana ma con discreta percentuale di frazione fine tale da rendere la permeabilità del deposito piuttosto limitata.

Attraverso l'esame dei settori con permeabilità più elevata si possono definire le aree ove avviene principalmente l'infiltrazione delle acque superficiali e la ricarica degli acquiferi, ma solo l'analisi delle strutture idrogeologiche permette di comprendere i meccanismi di circolazione delle acque sotterranee e l'entità delle risorse.

Data la natura litologica delle formazioni presenti, in generale poco favorevole alla circolazione idrica, le strutture idrogeologiche sono in stretta relazione con l'alterazione e fratturazione dei livelli più superficiali delle bancate rocciose, quindi legate agli effetti della tettonica e della decompressione della roccia.

La dislocazione tettonica delle rocce comporta lo sviluppo di una fascia di massima fratturazione intorno alle faglie, ed una serie di fenomeni meno intensi man mano che ci si allontana da esse. Solitamente risulta possibile distinguere altre due fasce oltre a quella di massima fratturazione, una immediatamente confinante con quella dislocata nella quale prevalgono le discontinuità legate alla faglia, ed una più distante in cui predominano scistosità o stratificazione.

A causa della maggior deformabilità di alcuni livelli, e per la presenza di altre faglie di minor entità e sviluppo, è comunque frequente la presenza di bancate rocciose altamente fratturate anche nei settori meno tettonizzati.

L'acqua infiltrandosi si accumula saturando le fratture presenti nei livelli più superficiali degli ammassi rocciosi, costituendo quindi la maggiore riserva idrica della zona.

La sorgente di maggior portata captata per la fornitura di acqua potabile risulta localizzata alla testata della Val Marcia nei pressi della località Alpe Agoredo, mentre altre sorgenti captate sono localizzate poco a monte dell'abitato di Crandola nei pressi del confine comunale.

La tutela delle risorse idriche e la loro disponibilità sono legate al rispetto ed alla protezione della qualità delle acque contenute negli acquiferi e in quelle superficiali responsabili della loro ricarica.

Le maggiori risorse idriche della zona provengono da acquiferi contenuti in rocce fratturate. Questo tipo di deposito è caratterizzato da una elevata conducibilità idraulica dello strato non saturato.

Queste caratteristiche comportano uno scarso potere depurante dell'acquifero (Rhese W.,1977) ed una elevata velocità di propagazione degli inquinamenti (B.R.G.M.,1977): queste risorse sono quindi da considerare ad elevata vulnerabilità.

E' quindi consigliabile una generale protezione dei bacini di alimentazione di queste risorgenze, che coprono vaste aree del territorio comunale, in ottemperanza al D.P.R. 236/88 "Attuazione alla direttiva CEE n. 80/778 concernenti la qualità delle acque destinate al consumo umano,....", attraverso una appropriata pianificazione dello sviluppo del territorio.

7 - CARTA LITOLOGICA E DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA

Su tale elaborato di dettaglio, relativo alla parte urbanizzata del territorio comunale e del suo intorno, vengono riportati due tematismi differenti, la litologia del substrato roccioso e dei depositi superficiali ed il dettaglio delle forme del territorio e dei processi morfologici in atto. Queste ultime risultano infatti essere direttamente in relazione, sia per la tipologia che per la loro possibile evoluzione, con la natura del substrato.
Sull'elaborato cartografico si è ritenuto di porre in maggior evidenza, data l'importanza che rivestono ai fini della caratterizzazione del territorio, i fenomeni ed i processi di evoluzione delle forme del paesaggio a seguito dell'azione degli agenti morfogenetici.
Pertanto oltre a riportare puntualmente le forme ed i processi di erosione e dissesto in atto, l'intero territorio è stato suddiviso in aree differenti a seconda della dinamica morfologica agente in prevalenza. Ciò consente di "leggere" il territorio in esame ponendone in risalto le dinamiche evolutive, rappresentando quindi un utile ausilio per una corretta gestione e pianificazione del territorio.
Per ciò che concerne la natura litologica del substrato sono state distinte in carta, prescindendo dall'appartenenza formazionale, le seguenti unità litologiche:

- *Conglomerati grossolani a matrice arenacea*

Conglomerati grossolani a matrice arenacea con subordinate intercalazioni arenacee e siltitiche specie nella parte alta della successione, con talora evidente gradazione. Si presentano in bancate di spessore metrico con caratteristico colore rosso violaceo che ne riflette la composizione data essenzialmente da clasti riolitici, derivanti dallo smantellamento di prodotti effusivi tardo ercinici, e in subordine elementi quarzitici, gneissici e micascistosi con clasti che presentano talora un discreto arrotondamento.

- *Arenarie a grana media e fine*

Alla base arenarie pure a grana grossa di colore chiaro con patina di alterazione giallastra e verdastra, quindi arenarie conglomeratiche, arenarie a grana media e fine, chiare a matrice silicea rossastra; affiorano con stratificazione ben distinta in bancate da decimetriche a metriche.

- Siltiti e peliti

Siltiti e peliti grigio-verdi sottilmente stratificate in strati da decimetrici a centimetrici con intercalazioni di dolomie siltose giallastre, talora fittamente scagliate e per lo più con deformazioni quali pieghe a piccola scala e netta scistosità.

Al tema litologico sono stati sovrapposti i simboli caratterizzanti le forme ed i processi geomorfici più significativi rilevati sul terreno, al fine di valutare le dinamiche geomorfiche in atto. Per meglio caratterizzare la dinamica evolutiva di tali processi sia nelle aree dove già presenti che in aree limitrofe o comunque con caratteristiche analoghe, viene riportata infine la zonazione del territorio in funzione della dinamica morfologica agente in prevalenza.

Sono state distinte le seguenti zone:

- Zone in erosione per l'azione prevalente della gravità

Sono in corrispondenza delle aree con substrato affiorante e pendenza molto elevata del versante; tali da dar luogo a pareti rocciose con notevole salto morfologico.

In tali aree per l'azione prevalente della gravità, ed in subordine delle acque superficiali, dell'azione gelo-disgelo e per l'azione di scalzamento esercitata dagli apparati radicali della copertura arborea, si verificano distacchi di materiale roccioso in particolare dove questo si presenta maggiormente fratturato. L'evolvere del fenomeno erosivo produce il progressivo lento arretramento delle scarpate rocciose, ma può dar luogo anche a distacchi di blocchi di dimensioni considerevoli.

Zone in erosione per l'azione combinata della gravità e delle acque superficiali

Corrispondono alle aree con substrato roccioso caratterizzate da acclività elevata, soggette ad erosione progressiva per opera delle acque superficiali non incanalate e della gravità. Rappresentano la maggior parte dei pendii presenti nel territorio in esame, dove l'evolvere dei fenomeni erosivi potrebbe portare allo sviluppo di forme di dissesto anche se di limitata estensione in relazione alla natura del substrato ed all'energia del rilievo, da fenomeni di soliflusso sino a distacchi della copertura regolitica ed al coinvolgimento del substrato ove questo si presenta maggiormente fratturato.

Zone in erosione per l'azione prevalente delle acque superficiali

Corrispondono ai pendi meno acclivi che risultano soggetti all'azione erosiva delle acque superficiali non incanalate che scorrendo su di essi per ruscellamento diffuso o per erosione concentrata possono dar luogo all'asportazione progressiva di materiale, in particolare in corrispondenza degli eventi meteorici di elevata intensità.

Zone in erosione per l'azione delle acque incanalate

Risulta soggetto all'azione erosiva delle acque incanalate l'impluvio situato al margine meridionale del territorio rappresentato nell'elaborato cartografico.

L'evoluzione progressiva del fenomeno erosivo, oltre a determinare l'approfondimento dell'alveo, può innescare fenomeni di dissesto per erosione laterale al piede dei versanti attraversati dagli impluvi.

Nel suo complesso l'area esaminata risulta essere soggetta ad attive dinamiche erosive, in particolare per l'azione delle acque superficiali e secondariamente per l'azione della gravità e del ciclo gelo-disgelo.

Nel settore di territorio comprendente i centri abitati ed il loro intorno il substrato roccioso si presenta poco fratturato e, data la relativa competenza delle litologie presenti, risulta quasi assente la copertura regolitica dovuta alla parziale degradazione del substrato.

Pertanto l'azione degli agenti morfodinamici da luogo a processi erosivi che, incidendo direttamente le bancate rocciose, si sviluppano con una progressione molto lenta.

Le dinamiche morfologiche risultano più accentuate nei tratti di versante maggiormente acclivi, quali i settori a monte dell'abitato di Vegno e di Crandola dove si verificano salti morfologici molto accentuati, probabilmente da ricondursi a motivi tettonici.

Lungo tali scarpate si è registrato il locale distacco di frammenti rocciosi, anche se mai di entità considerevole. Per tale motivo sono state posizionate delle reti paramassi a protezione degli abitati sottostanti.

Lo smaltimento delle acque lungo il pendio non presenta situazioni problematiche, poiché gli abitati sorgono lungo il crinale spartiacque che si sviluppa a valle della direttrice Cimone di Margno - Stalle Piazzi, pertanto anche in occasione di eventi meteorici molto intensi non sussistono situazioni di potenziale pericolo legate allo scorrimento delle acque selvagge.

8 - CARTA GEOLOGICO - TECNICA

Da un punto di vista della caratterizzazione geologico-tecnica è possibile azzonare il territorio comunale di Crandola Valsassina mediante discriminazione delle unità litologiche in funzione delle caratteristiche meccaniche (geotecniche).

Vengono perciò analizzati i principali aspetti geomeccanici degli ammassi rocciosi e geotecnici delle coperture.

Nell'elaborato cartografico di dettaglio relativo viene rappresentato l'areale di affioramento delle diverse unità geologico-tecniche, considerando che le unità relative al substrato vengono indicate come affioranti o subaffioranti quando l'eventuale copertura regolitica presente non superi il massimo di 1 - 2 m di spessore. In tal caso si ritiene di poter comunque attribuire a tali unità i parametri di massima del substrato, che saranno in seguito descritti, in quanto qualsiasi intervento od opera che si possa prevedere di realizzare andrebbe comunque ad interessare il substrato roccioso.

Si presentano i range dei principali parametri geotecnici e geomeccanici (angolo d'attrito, coesione dei materiali), desunti da bibliografia, da studi eseguiti in situazioni vicine e da osservazioni dirette su scavi e sui fronti rocciosi.

In particolare sono stati eseguiti una serie di rilievi strutturali di dettaglio al fine di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico gli ammassi rocciosi presenti.

Tali rilievi sono condotti allo scopo di identificare i parametri più significativi che influenzano il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso. Nello specifico si tratta di definire la configurazione geometrica delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, rilevandone orientazione, spaziatura, persistenza, dimensione e forma dei blocchi rocciosi, e di definire il meccanismo di trasmissione degli sforzi e della circolazione idrica rilevando scabrezza ed apertura delle discontinuità, resistenza della roccia, permeabilità e caratteristiche del materiale di riempimento delle discontinuità.

L'insieme dei dati raccolti sono stati elaborati e mediati al fine di sintetizzare le caratteristiche geomeccaniche di ciascun litotipo presente, e di procedere alla classificazione tecnica degli ammassi rocciosi secondo l'RMR System (Rock Mass Rating System di Bieniawsky 1973).

Questi valori non si devono intendere come pronti all'uso per progettazioni geotecniche ma piuttosto come prima classificazione dei terreni e delle rocce urbanizzabili, non sollevando chi di dovere dall'eseguire gli accertamenti e le prove geotecniche, quando previste, a livello di singolo progetto (D.M. 11/03/1988, Circ.Minist. 24/09/1988 n.30483).

Sono state distinte le seguenti unità geologico - tecniche:

- Arenarie a grana media e fine

Tale litologia corrisponde alla parte basale della Formazione del Servino, dove si evidenzia una sequenza litologica caratterizzata alla base da arenarie pure a grana grossa di colore chiaro con patina di alterazione giallastra e verdastra, quindi arenarie conglomeratiche, arenarie a grana media e fine, chiare a matrice silicea rossastra; affiorano con stratificazione ben distinta in bancate da decimetriche a metriche, con discontinuità molto persistenti e spaziatura variabile da circa 0.8 a 2 m.

Le discontinuità si caratterizzano per essere prevalentemente serrate o con apertura millimetrica e con presenza di materiale di riempimento; talora si rilevano discontinuità beanti per probabile dissoluzione dovuta alle acque circolanti.

Le bancate arenacee della Formazione del servino affiorano in prossimità dell'abitato di Crandola, di cui costituiscono l'evidente scarpata rocciosa che delimita verso valle il nucleo abitato.

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

famiglie di discontinuità	immersione (°)	inclinazione (°)
Pendio	260	30
S	40	35
K1	200	80
K2	300	90

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione	60	6
RQD%	100	21
Spaziatura discontinuità (m)	0,8	10
Acqua	1	15
Condizioni delle discontinuità	2	25
Compensazione in funzione	2	-5
		72

Classe	II
Descrizione	buona
Angolo d'attrito (°)	41
Coesione (KPa)	359

- Siltiti e peliti

Tale litologia corrisponde alla parte sommitale della Formazione del Servino; con passaggio graduale dalle arenarie sottostanti si rileva una successione di siltiti e peliti grigio-verdi sottilmente stratificate in strati da decimetrici a centimetrici, con intercalazioni di dolomie siltose giallastre, talora fittamente scagliose e per lo più con deformazioni quali pieghe a piccola scala e netta scistosità.

Le discontinuità risultano meno persistenti e con spaziatura apparentemente più fitta, con aperture dell'ordine di alcuni millimetri e presenza di materiale di riempimento argilloso. Lungo la stratificazione si evidenziano intercalazioni di tasche a granulometria più grossolana.

Affiorano dall'abitato di Crandola, dove sono evidenti in affioramento lungo la scarpata rocciosa che si sviluppa appena a monte dell'abitato, sino in località Alpe Ortighera dove poco a monte risultano elise per motivi tettonici dal sovrascorrimento sommitale del Cimone di Margno, non consentendo di valutarne lo spessore complessivo.

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

famiglie di discontinuità	immersione (°)	inclinazione
Pendio	260	30
S	40	35
K1	200	80
K2	300	90

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione	40	4
RQD%	81	16
Spaziatura discontinuità (m)	0,2	9
Acqua	2	10
Condizioni delle discontinuità	3	20
Compensazione in funzione	2	-5
		54

Classe	III
Descrizione	discreta
Angolo d'attrito (°)	32
Coesione (KPa)	272

- Conglomerati grossolani a matrice arenacea

Corrispondono alla Formazione del Verrucano Lombardo caratterizzata da conglomerati grossolani a matrice arenacea con subordinate intercalazioni arenacee e siltitiche specie nella parte alta della successione in prossimità del contatto con le soprastanti bancate arenacee del Servino. Risulta talora evidente una gradazione granulometrica dell'originario deposito terrigeno con talora evidenti tasche di materiale arenaceo. Si presentano in bancate di spessore metrico con caratteristico colore rosso violaceo che ne riflette la composizione data essenzialmente da clasti riolitici, derivanti dallo smantellamento di prodotti effusivi tardo ercinici, e in subordine elementi quarzitici, gneissici e micascistosi con clasti che presentano talora un discreto arrotondamento.

Si rilevano discontinuità molto persistenti con spaziature da 1 a 2.5 m, per lo più serrate o con aperture dell'ordine del millimetro.

Affiorano estesamente in corrispondenza dell'abitato di Vegno ed a valle di questo, e lungo il settore interessato dal tracciato della nuova strada di collegamento con l'abitato di Crandola.

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

famiglie di discontinuità	immersione (°)	inclinazione (°)
Pendio	260	30
S	280	25
K1	200	75
K2	100	65

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione	60	6
RQD%	100	21
Spaziatura discontinuità (m)	1,5	14
Acqua	1	15
Condizioni delle discontinuità	2	25
Compensazione in funzione	2	-5
		76

Classe	II
Descrizione	buona
Angolo d'attrito (°)	43
Coesione (KPa)	380

- Depositi morenici

Nell'area in esame affiora un deposito morenico di spessore limitato costituito da ciottoli ghiaia e sparsi blocchi in matrice sabbioso-limosa, con localmente aumento della frazione fine.

Questi terreni ad eccezione di un eventuale strato di decarbonizzazione e pedogenesi superficiale, presentano valori medi:

$$\gamma_t = 1.7\text{-}2.2 \text{ t/mc}$$

$$\phi = 28°\text{-}35°$$

con una coesione, considerando la loro natura prevalentemente granulare piuttosto ridotta e comunque variabile in funzione della percentuale di matrice fine.

11 - BIBLIOGRAFIA

G. P. Beretta (1980) - Problemi idrogeologici delle prealpi Lombarde: la Valsassina meridionale, Le Strade;

A. Bini (1986) - Il clima del gruppo delle Grigne - Monografie dei Musei Civici di Lecco Anno I Num. 1, Lecco;

S. Belloni, (1975) - Il Clima delle province di Como e Varese in relazione allo studio dei dissesto idrogeologici - CNR, Fond. Probl. Mont. Arco Alpino, vol. 99, n. 171, Milano;

S. Belloni e altri, (1982) - Note illustrative ai saggi di cartografia geo-ambientale - CNR, Programma Finalizzato "Promozione Qualità dell'Ambiente", Roma;

R. Carimati e altri, (1978) - Il bacino del torrente Pioverna, studio idrogeologico. - Istituto Vie e Trasporti Politecnico di Milano.

P. Della Torre e L. Scesi, (1978) - Studio idrogeologico di un torrente montano: torrente Pioverna - Valsassina. - Le strade.

V. Francani, (1971) - Osservazioni sulla geomorfologia e l'idrogeologia del gruppo delle Grigne - Riv. Geologia Tecnica n.3, anno XVIII, Roma;

V. Francani, (1986) - Circolazione idrica degli ammassi rocciosi del Lario - Mem. Soc. Geol. It., vol. 32, Roma;

M. Gaetani e R. Gianotti, (1981) - Foglio 32, Como - in "Castellarin - Carta Tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1: 200.000;

M. Gaetani et al, (1986) - Carbonifero superiore, permiano e triassico nell'area lariana. - Mem. Soc. Geol. It. , vol. 32, Roma.

R. Gianotti, (1968) - Considerazioni sul margine settentrionale del gruppo delle Grigne - Atti Ist. Geol. Un. Pavia, vol. XVIII, Pavia;

R. Gianotti, C. Pierotti, A. Piccio, (1986) - Fenomeni di dissesto idrogeologico nel bacino lariano - Mem. Soc. Geol. It. v. 32;

F.Jadoul e M. Gaetani, (1986) - L'assetto strutturale del settore lariano centro - meridionale. - Mem. Soc. Geol. It. , vol. 32, Roma.

G. Nangeroni, (1971) - Note geomorfologiche sul territorio montuoso comasco ad oriente del Lario - Atti Soc. It. Sc. Nat., 112, 1, Milano

M. Panizza, (1972) - Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio - Boll. Soc. Geol. It., vol. 91, Roma;

M. Panizza, (1973) - Proposta di legenda per carte della stabilità geomorfologica - Boll. Soc. Geol. It., vol. 92, Roma;

G. Pellegrini, A. Carton et alii (1993) - Studio di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo - Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia - Roma

M. Pesce (1986) - Sull'utilità della carta dell'acclività dell'ambiente alpino, finalizzata all'utenza urbanistica: introduzione di nuove soglie. - Mem. Soc. Geol. It. , vol. 32, Roma.

G. Schonbron, H.P. Laubscher (1986) - The suborobic imbrications near Taceno. - Mem. Soc. Geol. It. , vol. 32, Roma.

Commissione per la cartografia geologica e geomorfologica del C.N.R. (1992) - Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia - Proposta di segni convenzionali. - Roma.

Comunità montana Valsassina - Val Varrone - Val d'Esino e riviera. - Carta dei fenomeni di dissesto idrogeologico

Regione Lombardia - Cartografia tematica regionale - Morfologia, foglio B4 Como - Lecco.

APPENDICE FOTOGRAFICA

Foto 1: Vista degli abitati di Crandola e Vegno.

Foto 2: Panoramica del versante occidentale del Cimone di Margno con gli abitati di Crandola e Vegno.

Foto 3: Panoramica del versante occidentale del Cimone di Margno con le profonde incisioni della Valle Grande e Valle Piolo.

Foto 4: Vista della vetta del Cimone di Margno.

Foto5: Vista del versante orientale del gruppo Cimone di Margno-Cima d'Olino.

Foto 6: Vista del versante orientale della cima d'Olino.

Foto 7: Vista della cresta alla testata della Val Marcia.

Foto 8: Vista dell'abitato di Crandola con l'evidente scarpata morfologica a valle delle case.

Foto 7: Vista della cresta alla testata della Val Marcia.

Foto 8: Vista dell'abitato di Crandola con l'evidente scarpata morfologica a valle delle case.

Foto 9: Particolare della scarpata morfologica a valle dell'abitato di Crandola.

Foto 10: Vista del tratto di pendio acclive a monte di Crandola.

Foto 11: Particolare del tratto di pendio acclive a monte di Crandola; visibili le reti paramassi.

Foto 12: Vista del pendio acclive a monte di Vegno.

Foto 13: Vista del tratto di pendio acclive a monte di Vegno.

Foto 14: Vista del versante in prossimità dell'abitato di Vegno; visibile parte del tracciato della nuova sede stradale.

Foto 15: Dissesti localizzati nella copertura detritica nei pressi dell'Alpe d'Oro.

Foto 16: Solchi di erosione concentrata.

Foto 17: Erosione di fondo dei torrenti.

Foto 18: Accumulo detritico lungo il canalone di valanga.

Foto 19: Canalone soggetto a scoscendimento di valanghe e colate di detrito.

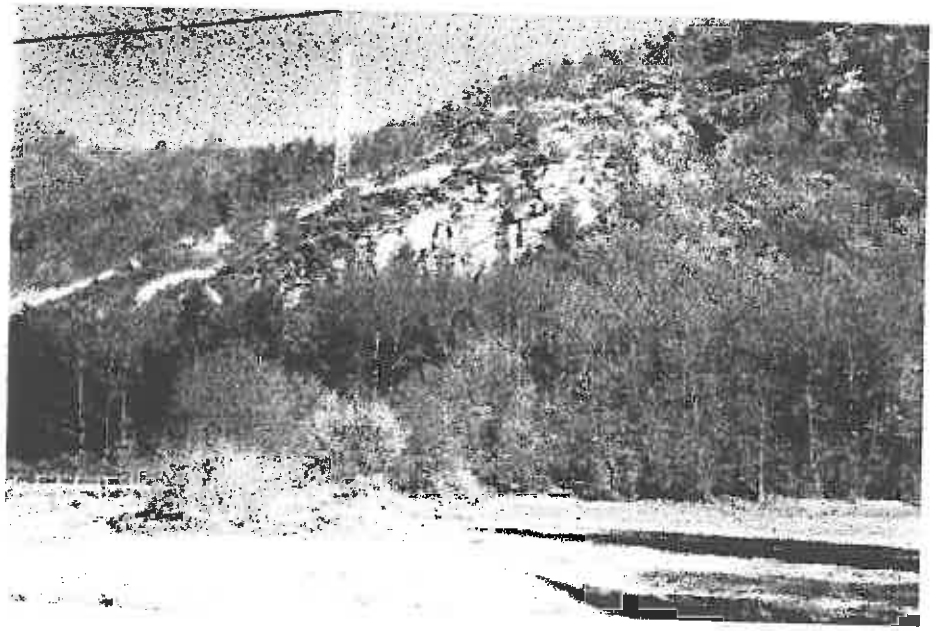

Foto 20: Affioramento di Verrucano Lombardo in bancate con giacitura subparallela al pendio.

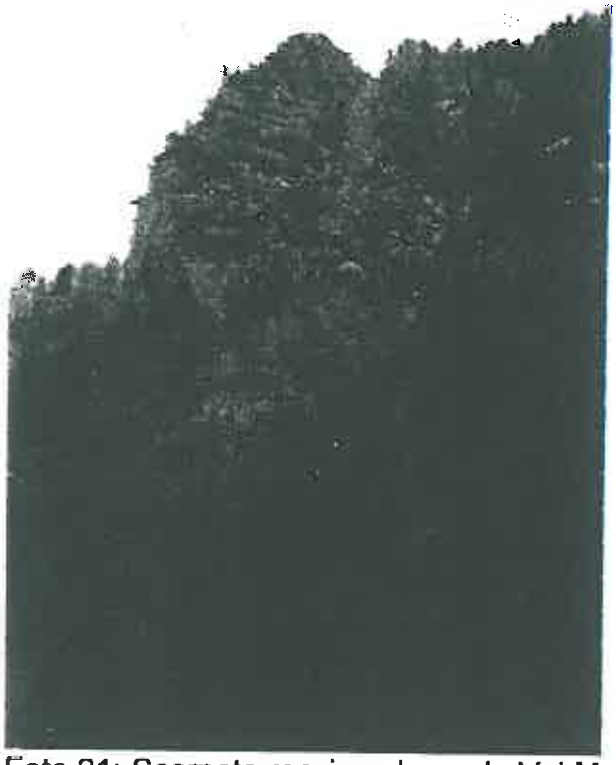

Foto 21: Scarpata rocciosa lungo la Val Marcia.

Foto 22: Affioramento di Verrucano Lombardo.

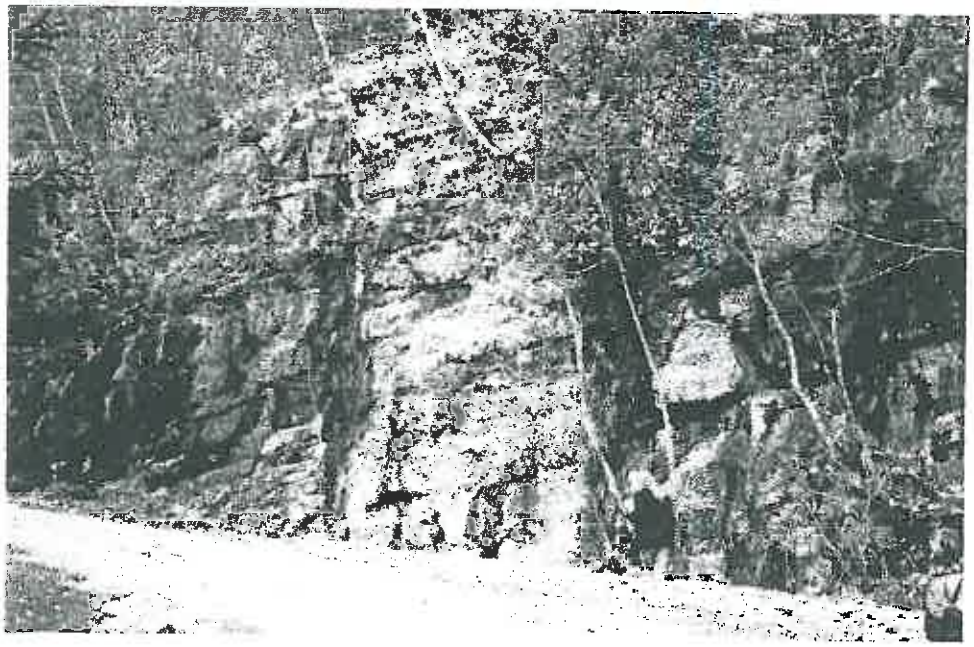

Foto 23: Affioramento della parte basale della Formazione del Servino a litologia arenacea-conglomeratica.

Foto 24: Affioramento della parte sommitale del Servino a litologia prevalentemente siltitica.