

PROVINCIA DI BERGAMO



COMUNE DI BRUSAPORTO

COMPONENTE GEOLOGICA

NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

INDICE

1. METODOLOGIA E FINALITA' DELLO STUDIO	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	7
4. INQUADRAMENTO CLIMATICO	8
5. INQUADRAMENTO VEGETAZIONALE	9
5.1. SCHEMA FISIONOMICO-STRUTTURALE	10
5.2. SCHEMA TIPOLOGICO	12
6. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI	14
6.1. RILIEVO GEOLOGICO	14
6.1.1. Depositi superficiali	14
6.1.2. Substrato roccioso	19
6.2. LINEAMENTI STRUTTURALI	22
7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED ELEMENTI GEOPEDOLOGICI	24
7.1. INDAGINE GEOMORFOLOGICA	24
7.1.1. Introduzione	25
7.1.2. Legenda della carta geomorfologica	25
7.2. INDAGINE GEOPEDOLOGICA	29
7.2.1. Significato dei termini	29
7.2.2. Studio dell'Ente Regionale per lo Sviluppo Agricolo Lombardo (ERSAL)	30
7.2.3. I suoli del territorio di Brusaporto	30
7.2.4. Legenda delle unità geopedologiche	32
8. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	34
8.1. IDROGRAFIA	34
8.2. IDROGEOLOGIA	34
8.2.1. Struttura idrogeologica	37
8.2.2. Caratteristiche della falda	40
8.2.3. Caratteristiche chimiche delle acque	44
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRITORIO	52
10. CAVE E DISCARICHE DI RIFIUTI INERTI	55
FASE DI SINTESI DEI DATI	57
11. CARTA DI SINTESI	57
11.1. ASPETTI GEOLOGICI - GEOTECNICI	57
11.2. ASPETTI GEOMORFOLOGICI	57
11.3. ASPETTI IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI	57
11.3.1. Idrologia	58
11.3.2. Idrogeologia	58
11.4. SISMICITA' DEL SITO	59

11.5. ASPETTI AMBIENTALI	59
11.5.1. Vincoli	59
12. CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	60
12.1. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	64
13. BIBLIOGRAFIA	67

Si ricorda che tutti i diritti di riproduzione e di rielaborazione sono riservati.
Si ricorda inoltre che la finalità del presente lavoro è esclusivamente quella di fornire
indicazioni generali di tipo geologico per la pianificazione territoriale.

data 30/06/1997

Dott. Geol. Pedrali Carlo

ELENCO DEGLI ALLEGATI

Il presente documento è composto da 71 pagine di testo, due figure e da due allegati.

- Figura 1. Visione prospettica del territorio comunale;
- Figura 2. Distribuzione dell'atrazina nelle acque sotterranee della Provincia di Bergamo.

Allegato cartografico

- Tavola 1. Inquadramento geografico;
- Tavola 2. Carta dell'acclività;
- Tavola 3. Carta geologica (scala 1: 5.000);
- Tavola 4. Carta geomorfologica - geopedologica (scala 1: 5.000);
- Tavola 5. Carta idrogeologica (da C.T.R.L., scala 1:10.000);
- Tavola 6. Carta della soggiacenza della falda (da C.T.R.L., scala 1:10.000);
- Tavola 7. Carta idrogeologica e del sistema idrografico (scala 1: 5.000);
- Tavola 8. Sezione idrogeologica n.1;
- Tavola 9. Sezione idrogeologica n.2.
- Tavola 10. Carta di sintesi (scala 1:5000);
- Tavola 11. Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano (scala 1: 2.000).

Allegato fotografico

- Documentazione fotografica.

1. METODOLOGIA E FINALITA' DELLO STUDIO

Il 18 Maggio 1993, la Giunta della Regione Lombardia ha rilasciato la delibera N. 5/36147 "*Criteria ed indirizzi relativi alla componente geologica nella Pianificazione Comunale*". Tale delibera ha raccolto le istanze contenute in altre recenti normative ed in particolare:

- il D.M. dell'11/03/88 sui Piani Urbanistici, finalizzato alle indagini per la realizzazione di opere civili;
- la legge regionale n.33/88;
- la legge 183/89 per la Difesa del Suolo;
- la legge 102/90 di difesa del suolo e il riassetto idrogeologico della Valtellina e delle zone adiacenti.

Le motivazioni che stanno alla base della delibera 5/36147, sono da ricercare nella constatazione del fatto che la conoscenza delle caratteristiche naturali di un territorio, e nel caso in esame di quelle geologiche-ambientali, può fornire a coloro che effettuano scelte di pianificazione territoriale, tutti quegli indispensabili elementi di valutazione, che possono minimizzare i rischi naturali ai quali possono andare soggette le attività antropiche.

Con riferimento alla predetta delibera, il Comune di Brusaporto ha affidato, al Dott. Geol. Pedrali Carlo, l'incarico per la stesura del presente documento, con l'intento di dotarsi delle conoscenze geologiche di base a supporto delle attività di pianificazione previste dal nuovo PRG.

Lo studio geologico del territorio comunale è stato effettuato adottando le più recenti raccomandazioni fornite dal Servizio Geologico della Regione Lombardia che, con la delibera della Giunta Regionale del 18 maggio 1993, ha definito i criteri per redigere tali studi secondo nuovi standard, con lo scopo di fornire ai pianificatori, strumenti di rapida valutazione e di pronto utilizzo.

Secondo tali raccomandazioni lo schema metodologico adottato è stato il seguente:

1. Raccolta dei dati bibliografici inerenti gli aspetti geologici, geomorfologici, pedologici, idrologici, idrogeologici, naturalistico-ambientali, necessari alla produzione della cartografia d'inquadramento e consistente nei seguenti elaborati:
 - carta geomorfologica con elementi geopedologici:
questa cartografia riporta le informazioni di carattere geologico (natura litologica dei terreni o del substrato roccioso, assetto strutturale delle unità riconosciute), quelle di carattere geomorfologico (forme riconoscibili e stato di attività dei processi responsabili della morfogenesi), caratteristiche pedologiche dei suoli.

- carta idrogeologica e del sistema idrografico:
questa cartografia riporta le caratteristiche di conducibilità idraulica di rocce e terreni, l'ubicazione delle sorgenti perenni e dei pozzi idrici, i valori di soggiacenza della falda e, quando possibile, ricostruisce le curve isofreatiche e le aree di protezione idrogeologica. In particolare riporta le fasce di rispetto delle opere di captazione (pozzi e sorgenti) secondo il D.P.R. n.236/88.
2. Integrazione dei dati bibliografici mediante rilievi di terreno, analisi critica della documentazione e dei dati raccolti, incrocio delle informazioni disponibili. Nel corso di questa fase è stata effettuata un'analisi incrociata dei fattori di rischio riconosciuti sul territorio, con l'obiettivo del riconoscimento di quelle situazioni, il cui equilibrio naturale può essere facilmente compromesso da interventi che non tengano conto dello stato dei luoghi e con l'intento di dotare gli strumenti di pianificazione urbanistica di un mezzo di tutela ambientale preventiva.
Gli elaborati prodotti in questa fase sono stati i seguenti:

- Carta di sintesi:
rappresenta la sintesi delle conoscenze disponibili dal punto di vista geologico-geomorfologico-idrografico-idrogeologico.
Su tale elaborato sono riportati anche i vincoli normativi di natura fisico-ambientale ed antropici (vincolo idrogeologico, distanze dai corsi d'acqua L.431/1985, L.523/1904, vincoli 1497/1939, ecc.).
- Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano.
Questo elaborato opera una zonazione del territorio in quattro classi in relazione ai rischi geologici ai quali il territorio stesso è soggetto. Per ciascuna zona vengono espresse indicazioni in merito alla diversa fattibilità geologica, cioè alla maggiore o minore predisposizione del territorio, a sostenere determinati interventi antropici.

Nel caso in cui tali interventi presentino potenziali controindicazioni, vengono formulate raccomandazioni sulle cautele generali da adottare o sugli studi e le indagini da effettuare nel caso si ravvisi la necessità di approfondimenti preliminari.

Le indicazioni espresse possono quindi essere utilmente recepite dagli strumenti urbanistici, con l'effetto di minimizzare gli effetti connessi all'utilizzo improprio del territorio.

In questa fase è stata valutata la vocazione d'uso del territorio e si sono definiti i possibili rischi naturali a cui questo è soggetto mediante l'analisi incrociata degli elementi evidenziati nella suindicata carta di sintesi. Ciò ha consentito di affrontare la lettura delle caratteristiche del territorio anche sotto il profilo geologico-ambientale, di conoscere e quindi di poter prevedere le situazioni che possono compromettere gli equilibri naturali attuando una tutela ambientale preventiva.

Le raccomandazioni del Servizio Geologico della Regione Lombardia prevedono, ove possibile, la realizzazione di una Carta di prima caratterizzazione geotecnica. Tale

elaborato non ha potuto essere realizzato a causa della estrema limitatezza delle informazioni di base disponibili, come pure alla notevole disomogeneità nella loro distribuzione sul territorio comunale. Gli elementi acquisiti sono stati comunque inseriti nel capitolo nove della presente relazione ed oggetto di considerazioni di carattere generale.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune di Brusaporto è ubicato a cavallo della linea di separazione tra i primi rilievi collinari delle Alpi Orobie, e l'antistante pianura bergamasca, sulla sinistra idrografica del fiume Serio, in prossimità dell'ampia zona di displuvio tra il bacino di quest'ultimo e quello del torrente Zerra - Roggia Borgogna.

Il territorio comunale confina a nord con il comune di Albano San Alessandro, a ovest con il comune di Seriate, ad est e a sud con il comune di Bagnatica (tavola n.1).

La superficie comunale ha un'estensione di 501 ettari e, nonostante l'ampliamento della superficie adibita ad uso residenziale o artigianale/industriale verificatosi a partire dagli anni '60, presenta ancora estese superfici oggetto di attività agricole oppure ricoperte da boschi (foto 1,2 e3).

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico il territorio comunale si suddivide in due diverse zone (tavola n. 2 e figura n.1):

- la zona collinare con la collina di Brusaporto - Monte Tomenone che rappresenta il 20% c.a della superficie comunale;
- la zona pianeggiante che rappresenta il restante 80%.

Il punto più elevato del territorio comunale è rappresentato dalla cima del Monte Tomenone (371 m slm) mentre quello situato alla quota più bassa, si trova nel settore orientale dell'area pianeggiante, al limite con il comune di Bagnatica (225.3 m slm di Cascina Pezzola e 223 m slm in prossimità della Cascina Isola Bella di Bagnatica).

Le colline a Nord dell'abitato, che si sviluppano in direzione ONO-ESE, rappresentano le ultime propaggini delle Alpi Meridionali (Prealpi Bergamasche) esse risultano separate dai rilievi posti più a Nord dalla "Piana di Albano".

Esse sono costituite da rocce sedimentarie riferibili al periodo Cretacico superiore

Alla base di questi rilievi si sono accumulati nel tempo depositi colluviali che si raccordano dolcemente con le zone circostanti pianeggianti.

Due sono i principali rilievi collinari ricadenti nel territorio comunale, il rilievo più occidentale è denominato Collina di Brusaporto, quello orientale Monte Tomenone. I due rilievi sono separati da una sella in corrispondenza della località Cantalupa.

La collina di Brusaporto presenta uno sviluppo planimetrico decisamente irregolare, con numerose vallette ed incisioni. Questa morfologia è il risultato dell'influenza di alcune blande ondulazioni dirette ONO-ESE che interessano il rilievo.

L'inclinazione dei versanti della collina è generalmente contenuta entro i 30° (tavola n. 2); solo localmente, in corrispondenza di alcuni affioramenti rocciosi, sono presenti scarpate di limitata estensione con inclinazione superiore.

La collina più orientale, che culmina con il Monte Tomenone, possiede un profilo topografico nord-sud articolato, caratterizzato da un versante settentrionale dallo sviluppo rettilineo che da poco acclive diventa ripido solamente al di sopra dei 270- 280 m slm per il passaggio da litotipi prevalentemente pelitici a litotipi arenacei (inclinazione anche superiore ai 35°) e da un versante meridionale con inclinazione media 20-30° che degrada in modo omogeneo verso Sud. Da questo lato si prolungano verso sud due digitazioni con versanti che possiedono inclinazioni mediamente superiori ai 20°.

Il limite settentrionale di questa collina, netto e rettilineo, appare molto simile a quello di un altro rilievo, la collina di Comonte, situata ad occidente dell'area oggetto di studio, in comune di Seriate. Una simile morfologia potrebbe essere legata all'esistenza, a nord di tali rilievi, di una faglia sepolta con direzione NO-SE, che determinerebbe un forte abbassamento del substrato roccioso e la formazione della Piana di Albano.

La restante porzione di territorio comunale, pianeggiante, si è formata in gran parte nella fase di colmamento fluvio-glaciale e fluviale, di età pleistocenica, ad opera delle grandi fiumare che scendevano dall'edificio alpino; tale superficie ha subito successive erosioni e rielaborazioni ad opera dei fiumi attuali.

4. INQUADRAMENTO CLIMATICO

I dati climatici di riferimento per la zona in esame, sono forniti dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Stezzano (contenuti nella pubblicazione ERSAL "I suoli dell'Hinterland Bergamasco", 1992). Essi sono significativi per il settore dell'alta pianura bergamasca immediatamente a ridosso dei rilievi collinari e quindi anche per il comune di Brusaporto.

I valori medi annuali della temperatura dell'aria e del terreno (per il periodo di riferimento - 1963-1989) sono rispettivamente di 12.3° con un'escursione termica media annua di 20.9°; e di 12.5° (alla profondità di 50 cm).

Per quanto riguarda le precipitazioni del trentennio 1958-1987, i valori totali ammontano mediamente a 1184 mm/anno, mentre nei tre decenni la media è stata rispettivamente di 1228, 1189 e 1135 millimetri. Il valore annuale minimo è di 870 mm, mentre il massimo è di 1646 mm. Il regime mensile delle precipitazioni è caratterizzato da due massimi, rispettivamente tardo primaverile (maggio-giugno) e tardo estivo (agosto: media di 133 mm), intervallati da un minimo relativo in luglio (media di 102 mm). Il minimo principale si verifica durante la stagione invernale (gennaio: 69 mm). Questi dati indicano che nel complesso le precipitazioni sono ben distribuite durante l'anno. Il regime delle precipitazioni è tendenzialmente continentale, con le precipitazioni concentrate nel semestre caldo, mentre la distribuzione delle stesse è suboceanica, con un'escursione media annua di soli 74 mm.

Va sottolineata l'elevata piovosità estiva, che supera sempre i 100 mm mensili, ciò limita notevolmente il periodo di aridità del suolo (cioè il deficit idrico estivo), che invece risulta piuttosto marcato nella bassa pianura padana (giugno-agosto). Infatti, il calcolo del bilancio idrico del suolo secondo il metodo di Thornthwaite, evidenzia che si verificano mediamente condizioni di deficit idrico nel suolo solamente durante il mese di luglio. Il deficit idrico totale è pertanto molto basso (8,7 mm).

Per quanto riguarda il monitoraggio della qualità dell'aria l'amministrazione provinciale rende noto che la Provincia di Bergamo possiede una rete di rilevamento dei prodotti per la maggior parte dai processi di combustione come: NO₂, SO₂, polveri (PTS) e CO.

Secondo quanto riportato nelle considerazioni del rapporto annuale aggiornato al 31/12/1995, viene riportato che:

- per quanto riguarda i valori di NO₂ c'è da segnalare il peggioramento della situazione rispetto all'anno precedente con 100 superamenti del valore guida;
- per quanto riguarda gli altri tre parametri la situazione è rimasta invariata rispetto all'anno precedente senza superamenti dei valori guida fissati dalla normativa vigente.

5. INQUADRAMENTO VEGETAZIONALE

Per quanto riguarda l'inquadramento vegetazionale le informazioni riportate sono tratte in gran parte dallo studio specifico condotto per il Comune di Brusaporto nell'aprile del 1993 da Visconti dott. Gianluca e Valoti dott. Franco. Di questo studio si riporta esclusivamente il capitolo relativo all'inquadramento fitogeografico.

Secondo la definizione data da Gentile "la vegetazione è la copertura o manto vegetale che nelle sue varie forme, in rapporto alle diverse situazioni ambientali, si estende su di un territorio".

La vegetazione è caratterizzata da un insieme di elementi di natura biotica ed abiotica tra cui fondamentali sono: il clima, la struttura del suolo, la disponibilità di acqua e di nutrienti. Gli elementi biotici comprendono i rapporti di competizione e di concorrenza per lo spazio e per la luce tra le piante che si trovano a condividere lo stesso territorio.

Queste specie tendono a formare dei consorzi stabili nel tempo in una successione dinamica che porta a stadi di vegetazione sempre più complessa.

Si giunge così all'associazione climax che rappresenta il livello evolutivo più elevato in cui esiste una condizione di equilibrio tra vegetazione, clima e suolo.

Secondo la classificazione operata da Giacomini e Fenaroli (1958), il territorio di Brusaporto rientra nel Distretto padano della Provincia Alpina.

La vegetazione climax per la Padania è rappresentata da una struttura fisionomica forestale.

In realtà le foreste climax sono state distrutte o profondamente modificate dall'uomo per cui si parla di "vegetazione reale" differenziandola dalla "vegetazione potenziale", quella cioè che si costituirebbe a partire dalle condizioni attuali se l'azione esercitata dall'uomo venisse a mancare e fino a quando il clima non si modifichi molto (Tuxen, 1956). La vegetazione reale, quindi, appare modificata da quella potenziale che appariva costituita originariamente soprattutto da querce, tigli, carpini ed olmi.

5.1 SCHEMA FISIONOMICO-STRUTTURALE

Nell'ambito della struttura di bosco si individuano diverse situazioni vegetazionali riconducibili ai seguenti tipi principali:

a) Boschi misti mesoigrofilo di latifoglie costituiti: da carpino bianco, olmo campestre, farnia, castagno, betulla, ontano, pioppo nero, platano.

Il sottobosco è costituito soprattutto da sambuco, biancospino, rovo, pungitopo, edera, pervinca, campanellino, aglio selvatico, barba di becco, scilla silvestre, anemone bianca, primula comune, viburno, caprifoglio atlantico.

Questa fisionomia rappresenta la condizione più vicina a quella potenziale per le zone poste ai piedi dei rilievi del territorio e, sussiste tuttora nelle aree meno influenzate dall'intervento antropico legato allo sfruttamento del bosco ed in particolare nelle vallette esposte a nord ed in prossimità delle sorgenti. Questo tipo di vegetazione è riscontrabile nei rilievi n.17, 21, 25 (segnalati sulla carta della vegetazione allegata alla relazione originale) caratterizzati da un bosco ceduo composto.

I rilievi n.28, 29, 34 sono caratterizzati invece da bosco ceduo matricinato; mentre il rilievo n.33 è rappresentato da una fustaia pura di ontano nero.

Salendo in quota questa fisionomia tende a scomparire a causa di una minore disponibilità idrica legata ad una maggiore conducibilità idraulica e ad una maggiore inclinazione del suolo.

b) Boscaglie di robinia in popolamenti quasi puri.

Trattasi di una formazione insediata nelle aree esposte a nord a quote variabili tra i 230 ed i 370 m. s.l.m.

Questa fisionomia è concentrata soprattutto nel tipo colturale a bosco ceduo semplice.

La robinia, in fase di espansione, tende ad occupare interamente la superficie disponibile ed a prevalere nettamente sulle altre specie arboree tra cui castagno, betulla, carpino bianco ed olmo campestre.

La diffusione per seme le permette di occupare, in un primo tempo, degli spazi liberi all'interno di formazioni boschive rimanendovi senza espandersi molto, a causa dell'ombreggiamento e delle radici delle altre specie arboree.

Quando la competizione si allenta per i tagli nel bosco o per incendi la robinia tende ad occupare velocemente le superfici disponibili a scapito del bosco originale.

Allo stato attuale, le boscaglie di robinia rappresentano consorzi di sostituzione e presentano un sottobosco eterogeneo che accoglie tanto le specie del bosco originale di querce e carpini, precedentemente insediato, quanto le specie sinantropiche. Robinia e sambuco, che si impongono velocemente nelle superfici rese libere dal taglio del bosco originario, o dall'abbandono delle superfici coltivate, danno origine dapprima ad un intrico di cespugli bassi, impenetrabili sia per i rami che per le spine delle robinie e degli abbondanti rovi, e poi, col tempo, a boschi chiari con individui di robinia alti fino a 15 metri.

La Robinia pseudacacia, originaria dell'America nord-orientale, è stata portata in Europa solamente nel XVII secolo. La sua diffusione è stata favorita dagli agricoltori per la qualità del legno e dai forestali per la fissazione dei pendii franosi.

c) Boschi misti di latifoglie mesofile e mesotermofile costituite da roverella (prevalente), rovere, carpino nero, frassino orniello, nocciolo.

Lo strato arbustivo è rappresentato in prevalenza da lantana, sommacco selvatico, edera.

Le cenosi di questo tipo sono le più frequenti e più rappresentative dei boschi cedui dei versanti soleggiati.

Questo tipo di fisionomia è riscontrabile nei rilievi n.1, 14, 20 e 32.

In parecchi casi tale cenosi appaiono in forma degradata a causa dell'intervento antropico. La densità è discontinua, da formazione rada a carattere arbustivo si passa ai boschi uniformi nella struttura e nella densità stessa.

L'accrescimento è generalmente limitato, con altezze massime di 8-9 metri e diametro di 10-15 cm. La roverella è la specie prevalente e tende a formare aree pure. La distribuzione degli arbusti descritti prima è abbastanza specifica e costante.

L'importanza di un tale tipo di cenosi arborea ed arbustiva è rappresentata dall'efficace azione di protezione idrogeologica, oltre che economica.

La roverella è la specie più importante dei versanti a mezzogiorno e dei boschi a formazione aperta dove tende a formare dei popolamenti puri. Il portamento è di rado slanciato, sovente a carattere arbustivo, altezza massima 5-6 m. Molto importante la sua caratteristica di reazione al fuoco.

La maggior parte della superficie boscata del Comune di Brusaporto è caratterizzata soprattutto da cedui semplici e solo in piccola parte da matricinati, composti e ad alto fusto. Il ceduo è sempre stato, per queste zone, il principale sistema di sfruttamento dei boschi, anche se esistono le premesse per una conversione all'alto fusto di alcune specie (frassino maggiore e carpino bianco, carpino nero).

Il trattamento attuato nei cedui è a taglio raso con rilascio di matricine che, secondo le Prescrizioni di Massima di Polizia Forestale vigenti in Provincia di Bergamo, devono essere non meno di 70 ad ettaro. In pratica solo nelle zone di ceduo composto le matricine raggiungono una densità raccomandata (> 120 per ettaro).

d) Piantagioni specializzate: vite.

Tra le colture specializzate prevale la vite che occupa i versanti meglio esposti: questa coltura è concentrata nell'area occupata dalle Cascine Monte, Testa, Castello, Gola ed il Circolo Ippico.

Piccole aree coltivate a vite sono riscontrabili in micro appezzamenti situati in diverse località del territorio.

In località Cascina Monte si nota la presenza di diversi esemplari dell'olivo. Questo impianto rappresenta un tentativo avvenuto in passato di insediare tale coltura nel territorio.

In considerazione della favorevole esposizione scelta l'olivo assume un discreto portamento.

Si segnala inoltre la presenza di un piccolo frutteto in località Cascina Testa

e) Prato a sfalcio e seminativi.

La loro formazione è opera dell'uomo e sono caratterizzati da avvicendamenti periodici con diversi tipi di coltura come mais, frumento, orzo.

Le foraggere che compongono i prati appartengono per la maggior parte alle famiglie delle graminacee e delle leguminose.

5.2 SCHEMA TIPOLOGICO

Le osservazioni effettuate nelle zone boscate del territorio del Comune di Brusaporto hanno permesso di individuare un numero di aree sufficientemente omogenee per quanto riguarda la composizione floristica e la copertura.

L'analisi effettuata ha permesso di inquadrare, a livello vegetazionale, il territorio come segue: i boschi e le boscaglie naturali e seminaturali presenti sul territorio di Brusaporto appartengono alle classi Quercio-Fagetia e Quercetia robori-petraeae che comprendono nel primo caso la maggior parte degli aggruppamenti forestali mesofili di caducifoglie su suoli alcalini, neutri o a debole acidità e nel secondo le foreste di latifoglie decidue su suoli decisamente più acidi.

All'interno della classe Quercio-Fagetia si distinguono l'ordine Quercetalia pubescentis e l'alleanza Fraxino-Carpinion appartenente all'ordine Fagetalia silvaticae. Quest'ultima alleanza dovrebbe essere costituita dalle associazioni forestali a latifoglie miste mesofile a frassini, olmi, ontani e carpini.

Il primo tipo, invece, comprende boschi decidui di querce e latifoglie miste, termofili e neutrobasofili, posti su superfici con esposizione a sud.

La copertura arborea è data da carpino nero, carpino bianco, farnia, orniello; mentre la

copertura arbustiva è data da acero campestre, nocciolo, biancospino. La presenza di questi elementi è ricollegabile alle condizioni xerotermofile del territorio.

All'interno della classe Querco-Fagetea sono presenti elementi appartenenti all'altezza Berberidion dell'ordine Prunetalia.

Questi elementi (*Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Coronilla emerus*, *Ligustrum vulgare*, *Clematis vitalba*, *Evonymus europeus*) definiscono gli ambiti di più marcata influenza antropica.

FASE DI ACQUISIZIONE DEI DATI

6. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI

6.1 RILIEVO GEOLOGICO

Il rilievo geologico è consistito nella caratterizzazione geolitologica e strutturale del territorio del Comune di Brusaporto.

La distribuzione dei diversi litotipi riflette l'assetto morfologico del territorio, con un substrato roccioso affiorante o subaffiorante in corrispondenza dei rilievi collinari, attorno ai quali si è formata una fascia di detriti, e di depositi colluviali che passano esternamente ai depositi fluvioglaciali di pianura.

I limiti tra le diverse formazioni affioranti sono stati riportati sulla carta geologica di tavola n.3 (scala 1:5000); la sigla di riferimento per ciascuna litofacies di appartenenza è riportata sulla carta nella zona di affioramento ed è riconoscibile in legenda.

6.1.1 *Depositi superficiali*

Per quanto riguarda le coperture detritiche superficiali sono stati distinti i seguenti depositi:

- accumuli detritici di origine antropica;
- depositi eluviali, regoliti e paleosuoli evoluti sul substrato: sono depositi legati all'alterazione più o meno spinta del substrato roccioso;
- depositi colluviali: sono depositi generati dal trasporto ed accumulo, ad opera delle acque di ruscellamento, dei materiali di alterazione superficiale;
- depositi detritici di versante;
- accumuli di frana;
- depositi alluvionali attuali o recenti (non riportati in carta);
- depositi alluvionali antichi (depositi fluviali - fluvioglaciali, fluviolacustri e palustri)
 - **Unità Wurmiana e Tardiglaciale** (Pleistocene Superiore)
 - **Unità di Cascina Fornace**: depositi fluviali terrazzati precedenti l'ultimo massimo glaciale würmiano (Pleistocene medio o superiore);

Accumuli detritici di origine antropica

Sono piccoli accumuli di materiale presumibilmente legati a depositi temporanei o a discariche incontrollate.

Depositi eluviali, regoliti e paleosuoli evoluti sul substrato

La copertura eluviale ed i paleosuoli si estendono su gran parte dei rilievi, con spessori variabili da zona a zona ma che risultano generalmente superiori al mezzo metro. In alcune zone lo spessore dei paleosuoli raggiunge valori di 2-3 metri come nelle parti sommitali pianeggianti della collina di Brusaporto oppure dove sono stati ricavati i terrazzamenti a vigneto (foto 4).

La coltre eluviale che ricopre il Flysch marnoso-arenaceo, le Arenarie di Sarnico e la Pietra di Credaro, è caratterizzata da una matrice per lo più limoso-sabbiosa, di colore giallo verdastro, dalla quale spiccano elementi delle dimensioni della ghiaia o dei ciottoli.

Depositi colluviali

I depositi colluviali formano una superficie tabulare estesa, poco inclinata e pressochè continua anche se di larghezza variabile che fasciano la base dei rilievi.

Tali depositi rappresentano l'elemento di raccordo tra i rilievi e la pianura e ricoprono parzialmente i depositi fluviali e fluvioglaciali, talvolta interdigitandosi con questi ultimi (foto3 e 5).

Lo spessore di tali depositi supera generalmente il metro ed arriva ad un massimo stimabile in 4-5 metri sulla base dei risultati delle indagini geognostiche effettuate per la realizzazione del nuovo campo sportivo (eseguite nel 1987); in tale zona infatti è stata riconosciuta la seguente successione stratigrafica:

- 0 - 1.5 m, limi argillosi bruni;
- 1.5 - 3.5/4.0 m, limi argillosi leggermente sabbiosi con inclusi di ghiaia;
- 3.5/4.0 - 8.0 m, limi argillosi grigio giallognoli passanti a limi sabbiosi grigi intercalati a ghiaia. A profondità superiori ai 5 metri si ha un progressivo arricchimento in ghiaia.

La successione testè descritta è compatibile con fenomeni di interdigitazione tra depositi colluviali e depositi fluvioglaciali.

I depositi colluviali sono caratterizzati di regola da profili di alterazione profondi, a cui si associano pesanti fenomeni di decarbonatazione. Dal punto di vista delle caratteristiche granulometriche questi terreni risultano simili ai paleosuoli (infatti spesso i colluvi rimangono i paleosuoli evoluti sul substrato), ma se ne distinguono per la presenza nella matrice fine di frammenti spigolosi della dimensione di ghiaie e di ciottoli con la tendenza ad una classazione granulometrica legata all'azione delle acque non incanalate di ruscellamento superficiale.

Depositi detritici di versante

Sono sviluppati sul versante settentrionale ed in prossimità dello sperone sud-occidentale del Monte Tomenone. Questi depositi sono legati all'azione gravitativa e si

rinvengono per lo più alla base dei settori a maggiore pendenza.

Tali depositi sono costituiti dall'accumulo di blocchi di diversa dimensione legati a distacchi di roccia da piccole scarpate, oggi per lo più inattive. Le dimensioni dei clasti variano dal decimetro (per la Pietra di Credaro) sino al mezzo metro cubo (soprattutto per l'Arenaria di Sarnico). La loro genesi dovrebbe essere ricondotta al periodo postglaciale, quando la ridotta presenza di copertura vegetale, esponeva fortemente i terreni all'azione degli agenti atmosferici.

Sono stati compresi in questo tipo di depositi anche gli accumuli dei materiali di scarto delle cave attive in passato sia sul Monte Olivo che sul costone occidentale che si sviluppa a partire dal Monte Tomenone (loc. Cascina Frati).

Sono compresi in questa categoria anche i detriti di frana riconoscibili solo in un punto, ad ovest di cascina Testa. Si tratta di uno scivolamento rotazionale in terra probabilmente innescato da sovraccarico artificiale. Il sovraccarico è rappresentato da un riporto di materiali di scavo effettuato negli anni '80-'81. L'estensione complessiva del dissesto risulta di circa un migliaio di metri quadrati e presenta una superficie topografica inclinata di 8° c.a., il suo spessore è presumibilmente contenuto entro qualche metro.

Depositi alluvionali recenti o attuali (Olocene)

Sono riconoscibili nelle immediate vicinanze, all'esterno dei limiti comunali, lungo l'alveo del fiume Serio e quello del torrente Zerra. Non appaiono pertanto rappresentati sulla carta di tavola 3.

Per quanto riguarda il torrente Zerra, si tratta probabilmente di depositi originatisi per la rielaborazione dei precedenti e più rilevati depositi fluvioglaciali che ricoprivano la Piana di Albano; di essi perciò ricalcano le originarie caratteristiche granulometriche e litologiche anche se con una maggior abbondanza di matrice sabbioso limosa.

Depositi alluvionali antichi (depositi fluviali - fluvioglaciali, fluviolacustri e palustri)

Si sono depositi durante il Pleistocene medio-superiore (780.000 - 10.000 anni BP) e sono rappresentati, nel territorio di Brusaporto, da due unità principali:

- a) Unità del Tardo Pleistocene Superiore - ultimo Pleniglaciale Wurmiano e Tardiglaciale. Quest'unità costituisce, dal punto di vista geomorfologico il "Livello Fondamentale della Pianura" che rappresenta gran parte della pianura di Brusaporto.
- b) Unità di Cascina Fornace di Brusaporto: depositi fluviali terrazzati precedenti l'ultimo massimo glaciale würmiano (Pleistocene medio o superiore)

a) *Unità Wurmiana e Tardiglaciale (Pleistocene Superiore)*

L'unità è rappresentata da depositi prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi (con rari blocchi), poligenici, a supporto clastico. I ciottoli appaiono da arrotondati e subarrotondati a discoidali, con dimensione massima di 10-20 cm. La matrice è

sabbioso calcarea e la cementazione è diffusa, ma scarsa e disomogenea (aumenta al di sotto dei primi 15 metri).

La litologia prevalente dei clasti è rappresentata da rocce calcaree e da conglomerati ed arenarie permiane (Verrucano e Collio) e secondariamente da rocce cristalline (metamorfiti prevalenti - gneiss, quarziti).

L'ambiente di deposizione è quello tipico di fiumi di tipo "Braided" con strutture deposizionali a barre longitudinali e depositi fini intercalati relativi a fasi di riempimento ad opera di canali minori o legati ad episodi di esondazione. E' comune una stratificazione grossolana suborizzontale mentre appare subordinata la stratificazione incrociata concava; appare frequentemente riconoscibile una gradazione diretta con un'embricatura a basso angolo. Sono riconoscibili strati sabbiosi centimetrici (massimo decimetrici) discontinui lateralmente (lenticolari), a laminazione orizzontale ed incrociata a basso angolo.

Tale deposito appare localmente ricoperto da limi di esondazione. La superficie limite superiore è pedogeneizzata con suoli che se conservati raggiungono uno spessore massimo di un metro (foto 6 e 8).

Limiti dell'Unità

Il limite orientale è rappresentato, a est della collina di Costa di Mezzate - Montello, da una sottile fascia di limi pedogenizzati che segue l'andamento del Torrente Zerra-Borgogna e che limita i depositi fluvio-glaciali tardo pleistocenici più esterni attribuibili al fiume Oglio.

Il limite inferiore di tale unità è marcato dalla presenza di un paleosuolo sepolto e dal sottostante conglomerato fluviale (attribuito al Pleistocene Inferiore) visibile in affioramento lungo il Serio (a Seriate) e denominato genericamente "Ceppo".

Profilo geopedologico di Cascina San Domenico

Si riporta un profilo-tipo, rilevato nell'estate 1996 nella zona di Cascina S. Domenico.

0- 50 cm (orizzonte arativo). Sabbie limose, scheletro mediamente scarso di ciottoli centimetrici ben arrotondati, colore bruno giallastro (10 YR 5/4). Aggregazione poliedrica angolare medio-fine.

50 - 95 cm (orizzonte I B). Ghiaie a matrice sabbiosa, supporto clastico, con ciottoli di dimensione massima 10 cm, ben arrotondati (Verrucano, Formazione di Collio, carbonati, gneiss; rinvenuti rarissime rocce intrusive granitoidi), colore bruno (7.5 YR 5/4). Aggregazione poliedrica angolare media ben espressa. Patine di argilla sparse. Limite inferiore graduale.

95 - 180 cm (orizzonte I C). Ghiaie come sopra a ciottoli con diametro massimo 20 cm, matrice sabbiosa alterata di colore bruno giallastro (10 YR 5/4). Locale cementazione carbonatica nelle aree con matrice scarsa.

180 - 250 (300) cm. Ghiaie come sopra a matrice debolmente alterata. Limite inferiore ondulato, irregolare.

250 (300) - 350 cm ed oltre. Ghiaie fini sabbiose a matrice debolmente alterata. Limite inferiore non raggiunto.

a) *Unità di Cascina Fornace: depositi fluviali terrazzati precedenti l'ultimo massimo glaciale würmiano (Pleistocene medio o superiore)*

I terrazzi antecedenti l'ultimo massimo glaciale würmiano sono rappresentati nel territorio di Brusaporto da una superficie suborizzontale di limitata estensione, che ricopre in discordanza i paleosuoli evoluti sulle rocce flyschoidi del substrato, in località "I Cadè". Tale superficie appare rilevata rispetto al livello fondamentale della pianura di circa 5 metri, in relazione al continuo sollevamento dell'edificio alpino, man mano che si succedevano diverse fasi di colmamento del bacino padano.

Tali depositi si sono dunque formati durante fasi deposizionali e pedogenetiche precedenti a quelle che, nell'ultimo massimo glaciale wurmiano, hanno costituito gran parte del "Livello fondamentale della Pianura".

L'unità di Cascina Fornace è costituita da una successione di paleosuoli e di depositi fluviali di bassa energia che succedono ad argille giallastre di ambiente palustre e/o lacustre. Tali argille avrebbero, sulla base della stratigrafia della perforazione (a distruzione di nucleo) effettuata nella zona del Circolo Ippico di Bergamo - Cascina Fornace, uno spessore di circa 30 metri. Al di sotto sono presenti altri 40 metri di argille nere cui seguono almeno 15 metri di ghiaie acquifere, senza che sia stato raggiunto il substrato roccioso.

La matrice profondamente alterata che caratterizza questa unità è di natura limoso-argillosa ed il colore è variabile tra il rosso giallastro ed il bruno (5 YR e 7.5 YR della scala di Munsell). I ciottoli presenti sono costituiti da elementi siliceo-quarzosi del basamento cristallino (metamorfiti prevalenti alterate), nonché da Verrucano, Formazione di Collio, quarziti e selci di varia origine, mentre mancano gli elementi calcarei.

Profilo geopedologico di Cascina Fornace

Si descrivono in dettaglio le caratteristiche di questa unità che affiora lungo un profilo esposto nell'estate 1996 lungo la bretella della SS 42 all'altezza della Cascina Fornace di Brusaporto.

0 (piano campagna) - 150 cm (orizzonte I B) (*depositi fluviali alterati*). Limoso sabbioso a sabbie fini, ciottoli sparsi ben arrotondati (Verrucano, quarzo, arenarie permiane, metamorfiti). Colore bruno rossiccio (7.5 YR 4/4). Aggregazione poliedrica angolare media, bene espressa, porosità moderata, patine di argilla ben distribuite sulle facce degli aggregati, ma sottili e di piccole dimensioni. Patine Fe-Mn assenti.

150 - 230 cm (orizzonte II B) (*paleosuolo sepolto tipico di ambiente di steppa?*). Franco limoso argilloso, privo di scheletro. Colore rosso giallastro (5 YR 5/6). Aggregazione poliedrica angolare media, bene espressa, connessa ad una elevatissima porosità determinata da pedotubuli. Questi sono orientati prevalentemente in verticale, lunghezza variabile tra pochi cm e 2 dm, diametro costante intorno a 2-3 mm e sono

rivestiti internamente da patine nere. I pedotubuli si concentrano specialmente alla sommità di questo orizzonte. Limite inferiore graduale.

230 - 280 cm (orizzonte II B/Cg) (*paleosuolo sepolto di ambiente forestale e clima interglaciale*). Argilloso limoso, privo di scheletro. Colore bruno rossiccio (5 YR 4/4). Aggregazione poliedrica angolare grossa fortemente espressa, porosità moderata. Patine di argilla coprono interamente le facce degli aggregati, patine Fe-Mn scarse. Il limite inferiore è graduale.

280 - 320 cm (orizzonte II Cg). Argilloso limoso, privo di scheletro, Colore bruno rossiccio (5 YR 4/4) screziato. Screziature bianche a margini netti, molto frequenti, ampie. Patine di argilla scarse. Patine Fe-Mn moderatamente abbondanti. Limite inferiore graduale.

320 - 400 cm ed oltre (*depositi palustri e/o fluviolacustri alterati*) Argille 7.5 YR, screziate. Screziature bianche sparse. Limite inferiore non raggiunto.

6.1.2 *Substrato roccioso*

Affiora localmente, in corrispondenza dei rilievi a causa della rilevante diffusione della copertura eluvio-colluviale. L'ubicazione degli affioramenti è stata evidenziata sulla carta geologica di tavola n.3.

Le rocce del substrato che affiorano in corrispondenza dei rilievi di Brusaporto appartengono a formazioni di origine sedimentaria formatesi circa 100 milioni di anni orsono (Cretacico inf.- sup.).

L'ambiente di sedimentazione di queste formazioni era marino e più precisamente di conoide torbidityca in lenta progradazione sull'antistante piana bacinale. Le diverse conoidi erano alimentate da franamenti che interessavano la sommità di scarpate sottomarine prossime a zone costiere. Alle aree costiere provenivano ingenti apporti detritici la cui natura poteva essere prevalentemente terrigena o carbonatica in relazione alla diverse zona di alimentazione.

L'assetto strutturale dominante nel settore collinare è quello di una monoclinale immergente verso Sud, per cui spostandosi da sud verso nord si incontrano via via rocce più antiche.

Vengono descritte le formazioni affioranti a partire da quelle più recenti a quelle più antiche con il seguente ordine cronologico-stratigrafico:

- Pietra di Credaro (Campaniano).
- Conglomerato di Sirone (Santoniano);
- Arenarie di Sarnico (Coniaciano);
- Flysch marnoso arenaceo (Turoniano superiore);

Le caratteristiche litologiche di ciascuna formazione sono di seguito descritte:

FLYSCH CARBONATICO (PIETRA DI CREDARO)

Questa formazione è presente su quasi tutto il costone che limita ad oriente il territorio comunale e che sovrasta la Cascina Frati (foto 9). Tale formazione risulta eterotipica verso ovest con il Flysch di Bergamo. L'ambiente di deposizione è quello marino e più precisamente di conoide torbidity in facies distale al limite con l'antistante piana bacinale, con sedimentazione in massa di fanghi calcarei provenienti da sud.

Si tratta di una sequenza ritmica di strati pianoparalleli, da centimetrici a decimetrici, costituita da calcareniti, calcisiltiti e calcilutiti, alternate a livelli di marne-argillose scagliose verdastre. Il rapporto di spessore calcari-marne è di 1:1/2:1. Negli strati più grossolani sono visibili gradazioni dirette e laminazioni da parallele a convolute (sequenze di Bouma Tb-Td), alla base degli strati calcarei sono riconoscibili impronte di corrente. Localmente sono presenti strati decimetrici di microconglomerati con frequenti clasti calcilutitici della stessa natura della matrice.

Il colore predominante della parte più carbonatica appare bruno-giallastro o avorio sulla superficie alterata mentre allo spacco il colore risulta nocciola chiaro. Per la frazione marnosa il colore prevalente è il grigio azzurro-grigio verdastro.

Queste rocce sono fratturate secondo due piani di discontinuità tra loro perpendicolari e normali alla superficie di stratificazione che generano perciò elementi prismatici. Tutto ciò, unitamente alle caratteristiche di resistenza meccanica ed al pregio estetico della pietra, ne hanno favorito la diffusione come materiale edilizio. Sono ancora riconoscibili i fronti delle vecchie cave abbandonate nel territorio dei comuni di Brusaporto, di Bagnatica e di Costa Mezzate.

CONGLOMERATI (CONGLOMERATO DI SIRONE)

E' riconoscibile in affioramento in corrispondenza di tutta la zona collinare Bergamasca e per le sue caratteristiche peculiari fu' denominato "Piano di Sirone" da De Alessandri già nel 1899.

Quest'unità affiora a sud della Cascina Paradiso ed è rappresentata da due corpi sedimentari lenticolari intercalati tra banchi di arenarie del tipo delle Arenarie di Sarnico. Tale unità mostra una stratificazione poco pronunciata o assente con gradazioni sia dirette che inverse, tipiche di depositi torbidity di conoide intermedia, che sono riconducibili, in relazione alla granulometria alquanto grossolana, agli originari canali di alimentazione della conoide. Tali corpi, limitati alla base da superfici erosionali, sono costituiti da un conglomerato grossolano e poligenico, con matrice arenacea e cemento carbonatico (foto 11 e 12). Nel conglomerato è presente una grande varietà di ciottoli, anche arrotondati, provenienti dal franamento sottomarino di vasti settori della sommità della scarpata continentale, in prossimità di aree costiere caratterizzate da ingente trasporto solido; sono abbondanti il quarzo traslucido e latteo, le dolomie, i calcari, le selci, mentre sono rari i frammenti di rocce cristalline.

Lo spessore dei corpi conglomeratici è contenuto complessivamente in una cinquantina di metri.

ARENARIE (ARENARIE DI SARNICO)

Questa unità è costituita da torbiditi terrigene, assai compatte, riferibili ad un ambiente di conoide sottomarina e, più precisamente di lobo di conoide; trattasi di arenarie quarzitiche in banchi massicci metrici (foto 10) o da alternanze arenaceo-pelitiche, in strati di spessore variabile da decimetrico a metrico, con rapporto A/P (arenaria/pelite) nettamente superiore ad uno.

La stratificazione è prevalentemente pianoparallela o leggermente ondulata, talora con evidenze di megasequenze torbiditiche negative, che mostrano cioè un aumento dello spessore degli strati verso l'alto.

Il colore prevalente per i litotipi arenacei è bruno-rossastro o verdastro sulla superficie di alterazione, mentre è grigio o grigio azzurro sulla superficie fresca. La frazione pelitica è di colore prevalentemente grigio scuro per le argilliti, e grigio-grigio verdastro, per le intercalazioni più marnose. Alla base degli strati sono talvolta riconoscibili tracce di bioturbazione ed impronte di carico o di corrente.

Gli strati arenacei mostrano spesso una gradazione granulometrica diretta con il passaggio da arenarie grossolane o microconglomerati imballanti ciottoli sino a centimetrici (soprattutto nella parte più alta della formazione), che sfumano verso l'alto ad arenarie fini con laminazioni da pianoparallele a convolute (sequenze di Bouma Ta-Tc, Tb-Td).

Sono riconoscibili anche fenomeni di rinsaldamento (amalgamazione) degli strati che danno un aspetto ancora più massiccio agli afforamenti rocciosi.

Queste rocce compatte costituiscono il crinale dei due principali rilievi del territorio comunale (Collina di Brusaporto - Monte Tomenone). Strutturalmente appaiono spesso fratturate secondo piani perpendicolari alla superficie di stratificazione, con scomposizione in blocchi di qualche metro cubo.

Le arenarie di Sarnico sono oggetto di coltivazione per impiego edilizio, vedi la presenza della cava, ora abbandonata, a nord della Cascina Monte (Monte Olivo).

FLYSCH MARNOSO ARENACEO

Affiora in corrispondenza del margine settentrionale delle colline dando luogo a morfologie per lo più assai dolci.

L'unità in questione viene identificata con il nome formazionale di Flysch di Pontida (Bersezio R. et al.) nelle zone più ad ovest del comune oppure con quello di Flysch di Colle Cedrina (Flysch marnoso-arenaceo del Monte Sega) nei settori più ad est. Tali formazioni risultano tra loro eteropiche.

Questa unità, di origine torbiditica e di natura prevalentemente terrigena, è caratteristica di depositi di piana di bacino ed è rappresentata da sottili alternanze arenaceo-pelitiche, in strati di spessore da 5 a 20 cm, con rapporto A/P (arenaria/pelite) di 1:2, 1:3.

La stratificazione risulta prevalentemente pianoparallela o leggermente ondulata.

Nei sottili strati arenacei sono frequentemente riconoscibili laminazioni da pianoparallele a convolute e strutture di corrente alla base.

La frazione pelitica è rappresentata da strati di marne e marne argillose, fogliettate, facilmente disagregabili, di colore grigio chiaro giallastro (foto 13).

Ai litotipi terrigeni si intercalano banchi metrici, lenticolari di marne o calcareniti marnose del tutto simili ai litotipi che caratterizzano la formazione del Sass della Luna (foto 14). L'esame micropaleontologico, effettuato su un paio di campioni prelevati in zona, ne ha accertato una più recente età (Turoniano sup.).

Il colore prevalente per i litotipi arenacei è il grigio sulla superficie fresca, o il grigio-verdastro con patine giallo-rossastre sulla superficie di alterazione.

Il colore dei litotipi marnosi risulta grigio-nocciola o panna sulla superficie fresca mentre la superficie di alterazione risulta ricoperta da una patina di colore biancastro.

Questi litotipi sono per lo più facilmente alterabili ed erodibili ed è raro quindi trovare affioramenti di una certa continuità ed estensione.

6.2 LINEAMENTI STRUTTURALI

L'area di studio, secondo quanto riportato da Gaetani et. al. (1981) sulla carta tettonica delle Alpi Meridionali Foglio 33 "Bergamo", appartiene alla zona delle "Faglie recenti del Serio, di Monte Tomenone e del Cherio" dove è stata ipotizzata dagli autori l'esistenza, al di sotto delle alluvioni quaternarie, di importanti strutture di dislocazione. In particolare sono segnalate:

- faglia orientata NO-SE che limita a settentrione il Monte Tomenone. Secondo altre interpretazioni, in questa zona ci potrebbe essere, anziché una struttura disgiuntiva, una piega-faglia diretta NO-SE (stile compressivo con analogia alle strutture presenti più a nord) con piano di accavallamento immergente verso N-NE e situata al di sotto la Piana di Albano;
- faglia orientata NNE-SSO e impostata lungo la valle del T. Cherio che potrebbe presentare una certa componente trascorrente.

Tale area si colloca subito a sud della zona a "Pieghe sinclinali-anticlinali aperte di M. Canto-Pontida, Colli di Bergamo, Colli di Carobbio-Credaro".

L'assetto strutturale risulta nel complesso piuttosto semplice ed è rappresentato da una monoclinale immergente verso sud, caratterizzata da una successione stratigrafica in serie normale con valori d'inclinazione della stratificazione localmente molto variabili (da orizzontale sino a subverticale).

Le giaciture che immergono verso nord consentono tuttavia di ipotizzare l'esistenza di piccoli piegamenti che in alcuni casi portano al rovesciamento della serie stratigrafica, come nel caso delle rocce che affiorano al Castello.

La collina di Brusaporto presenta uno sviluppo planimetrico decisamente irregolare legato alla presenza di alcune blande ondulazioni dirette ONO-ESE che interessano il rilievo.

La regolarità della successione è interrotta dalla presenza di faglie orientate:

- E-W o NO-SE, di cui la principale è quella che limita a nord le colline, mentre un'altra è quella che incide i due costoni a sud della località Greppi (Costa di Mezzate).
- N-S o NNE-SSO di cui la principale appare quella che separa, mediante una sella, la collina di Brusaporto da quella del Monte Tomenone.

7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED ELEMENTI GEOPEDOLOGICI

Gli studi geologico-geomorfologici della Pianura Padana hanno avuto nell'ultimo decennio un notevole impulso.

La ricerca petrolifera ha determinato un notevole incremento nella conoscenza della "Geologia del Quaternario". Sono state sviluppate così nuove metodologie di indagine e sono stati intrapresi numerosi studi finalizzati alla ricostruzione dettagliata della successione stratigrafica pliocenico-quadernaria.

Le prime indagini condotte in pianura risalgono alla fine del secolo scorso e sono state curate da illustri autori quali: *STOPPANI* (1874), *TARAMELLI* (1876) e *STELLA* (1895). Essi cominciarono a riconoscere e classificare i processi geomorfologici responsabili del modellamento dei rilievi. Questi autori non riuscirono a ricostruire con esattezza i meccanismi che avevano portato all'evoluzione della pianura, ma ne cartografarono con precisione le caratteristiche morfologiche e litologiche.

Gli autori degli anni dal '50 al '70 cominciarono ad inquadrare correttamente lo schema evolutivo del bacino padano e la conseguente successione stratigrafica. Venne riconosciuto il rapporto tra i diversi ordini di terrazzi riconoscibili nelle zone di alta pianura e le grandi glaciazioni secondo lo schema proposto da *PENCK & BRUCKNER* (1909). Notevoli contributi vennero forniti anche dagli studi di *GABERT* (1962), *VENZO* (1957, 1961, 1965), *PETRUCCI & TAGLIAVINI* (1969), *UGOLINI & OROMBELLI* (1968).

Gli studi più recenti si sono occupati della Pianura Padana Centrale. Tra di essi sono da ricordare quelli di *CREMASCHI* (1987), a cui si deve una classificazione completa dei suoli della pianura e, parallelamente ad essa, un'interpretazione ben articolata dell'evoluzione ambientale.

MARCHETTI (1992) interpreta le forme e l'evoluzione geomorfologica dell'intera Pianura Padana Centrale (a nord del Po), inquadrando in unità fisiografiche omogenee. Il riconoscimento e la distinzione delle diverse unità fisiografiche avviene secondo criteri geomorfologici, geopedologici e stratigrafici.

7.1 INDAGINE GEOMORFOLOGICA

La redazione della "carta geomorfologica - geopedologica" (tavola 4) si è avvalsa della metodologia suggerita da *CASTIGLIONI et al.* (1986) che è stata ampiamente collaudata per le aree di pianura e della tesi di dottorato di *MARCHETTI M.* (1992) sulla geomorfologia e l'evoluzione recente della Pianura Padana Centrale a Nord del Fiume Po.

Grande importanza è stata assegnata alla fotointerpretazione che è servita come strumento di base per identificare e delimitare le forme del territorio, per valutare il grado di attività dei processi geomorfici e come base per il successivo controllo di terreno.

L'esame stereoscopico delle fotoaeree è stato condotto in prevalenza sulla base delle seguenti riprese:

- volo TEM1, a colori, (Compagnia Generale Riprese aeree per conto Regione Lombardia), anno 1980-81, scala 1:33.000 circa (strisciata 6B n.25-28 e strisciata 7B n.16-19),
- foto aeree bianco e nero (volo Compagnia Generale Riprese aeree per conto del Comune di Brusaporto) dell'anno 1988, scala 1:8.200 circa (strisciata 1 n. 6401-6407 e strisciata 2 n. 6418-6426)
- foto aeree bianco e nero del volo Regione Lombardia '94 (Compagnia Generale Riprese aeree per conto di Regione Lombardia) anno 1994, scala 1:40.000 (strisciata 14 n.2203-2207).

7.1.1 Introduzione

L'intensa azione disgregatrice verificatasi in concomitanza dell'ultimo periodo glaciale, ha provocato la profonda alterazione delle rocce affioranti, con abbondante produzione di sabbie e limi, che successivamente sono state ridistribuite su una larga fascia dell'antistante pianura ad opera dei processi gravitativi e fluviali. Le forme principali riconoscibili nel territorio in esame sono pertanto quelle connesse all'azione dell'erosione, di scorrimento e di deposito delle acque superficiali (in particolare di quelle non incanalate).

In tutte le zone situate ai piedi dei rilievi, i depositi colluviali ricoprono le unità fluvio-glaciali-fluviali.

Gran parte delle zone incuneate o protette dai rilievi collinari prospicienti la pianura, erano configurabili in passato (Pleistocene-Olocene) come delle zone marginali depresse sbarrate a valle delle grandi conoidi alluvionali in forte progradazione (es: fiume Serio); in corrispondenza di tali aree depresse si potevano impostare anche piccoli bacini lacustro-palustri. E' conosciuto e studiato il caso del Bacino di Longuelo dove, durante la fase dell'Olocene precedente ai 4500 anni B.P., erano presenti paludi e piccoli bacini lacustri in cui si accumulavano sedimenti fini trasportati principalmente dai piccoli corsi d'acqua locali. Anche in questo caso tali depositi risultano attualmente ricoperti da depositi colluviali più recenti (Marchetti et al.,1996).

7.1.2 Legenda della carta geomorfologica

La legenda utilizzata per la carta geomorfologica è quella proposta da *CARTON & al.*, (1990), che rappresenta l'affinamento della "legenda geomorfologica unificata per aree di pianura" (Castiglioni et al., 1986), realizzata dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, coordinato dal Prof. G.B. Castiglioni dell'Università di Padova.

Secondo tale legenda le forme del territorio sono state classificate in funzione dei relativi agenti morfogenetici.

Per ogni forma inoltre, è stato distinto lo stato di attività (attivo, quiescente o inattivo).

Inoltre viene data anche una descrizione delle unità fisiografiche che caratterizzano il territorio.

Per quanto riguarda gli aspetti geopedologici si rimanda al paragrafo successivo.

Forme dovute all'azione della gravità

- orli di scarpata di degradazione o di frana, distinti in: attivo, quiescente e inattivo;
- accumulo di frana di scivolamento attivo;

Forme dovute all'azione fluviale

- paleo-direttrici di drenaggio superficiale;
- orli di scarpata di erosione fluviale suddivisi in: attivi o inattivi;
- vallecole poco profonde a conca (dal profilo trasversale arrotondato);
- vallecole profonde (dal profilo trasversale inciso a “V”);

Forme strutturali

- selle;

Forme dovute all'azione antropica

- orli di scarpata artificiale;
- orli di scarpata di cava;
- aree di cava attiva/inattiva;
- discariche d'inerti.

UNITA' FISIOGRAFICHE

Un'unità fisiografica si identifica come una superficie caratterizzata da un'omogeneità delle forme del paesaggio. Essa risponde perciò a criteri propriamente geomorfologici ed è caratterizzata dalle seguenti proprietà:

- un'unità fisiografica è una superficie riconosciuta sulla base di discontinuità che la distinguono dalle adiacenti;
- i limiti delle unità fisiografiche sono costituiti da superfici sia d'erosione che di aggradazione. I corpi sedimentari delimitati da queste superfici possono presentare caratteristiche litologiche, tessiturali, fisiche, chimiche, paleontologiche proprie sia verticalmente che orizzontalmente;
- le unità fisiografiche sono definite da un'area tipo;
- l'interpretazione genetica non è un criterio che può essere utilizzato per definire l'unità stessa, ma può facilitare all'individuazione dei limiti.

I criteri adottati per la distinzione delle diverse unità fisiografiche sono:

- geomorfologico: come sottolineato precedentemente, l'assetto geomorfologico dell'area è legato all'attuale assenza di importanti corsi d'acqua che ha determinato la conservazione, nelle zone pianeggianti, delle forme ereditate al termine del periodo glaciale.
- del grado di alterazione dei depositi e del grado di sviluppo del processo pedogenetico: le caratteristiche dei suoli descritte nel successivo capitolo e quelle dei depositi fluvioglaciali definite nel paragrafo 7.1 risultano direttamente collegate alle unità fisiografiche che sono state individuate nell'ambito del territorio comunale;
- la presenza di loess: spesso è utilizzata per la distinzione dei terrazzi prewurmiani;
- i rapporti stratigrafici: spesso risultano di scarso aiuto in quanto i depositi delle diverse unità fisiografiche non sono stratigraficamente sovrapposti ma in contatto laterale.

Sono state riconosciute le seguenti unità partendo dai depositi più antichi:

Unità dei terrazzi antichi della pianura (loc. Casc.na Fornace e i Cade')

E' costituita da depositi fluvioglaciali notevolmente alterati (ferrettizzazione). La sua distribuzione è circoscritta alla zona delle cascate Fornace e Cadè e spesso la sua presenza è mascherata dalla sovrastante coltre colluviale più o meno spessa. Questi terreni non sono stati più interessati dai successivi apporti fluvioglaciali e quindi non sono stati ricoperti dai più recenti depositi wurmiani. I processi di alterazione e di pedogenesi hanno quindi interessato senza interruzione tali superfici.

Unità del "Livello fondamentale della pianura".

Sono riferibili a tale unità sia la pianura a Nord dei rilievi collinari (Piana di Albano) che buona parte del territorio pianeggiante a Sud dei predetti rilievi e degli orli di terrazzo più antichi.

La pianura più settentrionale presenta una morfologia degradante da Ovest verso Est e mostra evidenze di rielaborazione ad opera di un corso d'acqua (l'attuale T. Zerra). In passato questo fiume doveva scorrere ai piedi delle colline in corrispondenza della posizione dell'attuale Cavo Passi (cfr. Capitolo 10). Con il trascorrere del tempo il corso si sarebbe spostato verso il lato settentrionale della piana di Albano. La deviazione dal tracciato più antico sembra essersi verificata a ovest dell'abitato di Albano.

La pianura meridionale presenta una morfologia che degrada con debole pendenza e regolarità da NO verso SE essa rappresenta, nel caso specifico, la superficie della conoide alluvionale del fiume Serio, il cui apice s'incunea tra i terrazzi più antichi. La superficie tabulare del livello fondamentale della pianura deriva dalla giustapposizione di più corpi alluvionali di diverse età costituiti da depositi di natura fluviale-fluvioglaciale. Essa costituisce buona parte dell'area pianeggiante che si estende a sud dell'abitato di Brusaporto. L'ambiente di deposizione è riferibile a corsi

d'acqua pluricursali (braided), a basso indice di sinuosità ed elevata energia.

In concomitanza del periodo glaciale tali corsi d'acqua erano caratterizzati da portate liquide e solide sicuramente maggiori rispetto a quelle attuali (*CREMASCHI & MARCHETTI, 1992*); essi riuscirono così ad occupare tutta l'attuale pianura sino ai piedi delle colline di Brusaporto.

Appaiono ben riconoscibili topograficamente le blande ondulazioni che caratterizzano questa unità e che sono rappresentate principalmente da forme convesse riconducibili a dossi fluviali e da forme concave con il significato di zone morfologicamente depresse, orientate approssimativamente NO-SE.

I dislivelli massimi presenti sono di 2-3 metri ma più comunemente non superano il metro.

Unità delle "Valli Attuali".

Al termine della fase di deglaciazione, le grandi paleofiumare (Paleo Serio - Paleo Oglio) ridussero la propria portata liquida e ancora più sensibilmente quella solida. Il reticolo fluviale si adattò al diverso regime idrico e climatico, sostituendo alla configurazione pluricursale, quella monocursale meandriforme o di tipo misto. In conseguenza di ciò si sono determinate:

- la notevole riduzione di ampiezza della zona di diretta influenza fluviale;
- l'inizio della fase d'incisione della piana alluvionale appena abbandonata;
- l'insorgere del processo pedogenetico sulle aree non più interessate dall'attività fluviale.

Attualmente a ovest del territorio d'indagine (Comune di Seriate) è riconoscibile la scarpata principale che rappresenta il limite della fase erosiva che ha interessato il Livello Fondamentale della Pianura. All'interno di tale scarpata sono presenti depositi legati all'attività più recente dei corsi d'acqua (nella zona in esame del Serio); più precisamente vi si riconoscono le seguenti subunità:

- il "Terrazzo fluviale Olocenico"

Subunità costituita da almeno un ordine di terrazzi sviluppatasi ai lati del F. Serio. Tale fascia non è più interessata da processi connessi agli agenti fluviali ed è generalmente bordata da scarpate che la separano dalla piana fluviale attuale. Il terrazzo di sinistra del fiume Serio è in genere poco rilevato rispetto alla piana attuale e la sua larghezza varia tra i 500 e gli 800 metri.

In alcuni tratti tuttavia, il corso del Fiume Serio è alla stessa quota o addirittura sopraelevato rispetto ai terreni adiacenti.

la "Piana fluviale attuale"

Si tratta della stretta fascia lungo il Serio che comprende, oltre al letto ordinario, anche le aree interessate dalle piene del fiume. La sua larghezza varia tra un minimo di 50 metri in corrispondenza dell'abitato di Seriate, fino ad un massimo di 300 metri all'altezza del ponte autostradale.

L'aspetto è quello di una morfologia ondulata costituita da prevalenti ciottoli e blocchi embricati che appaiono cementati all'altezza dell'abitato sopraccitato.

A nord delle colline di Brusaporto, alla fase di deposizione del livello fondamentale della Pianura, seguì l'attività erosiva fluviale operata dal Paleo Zerra sui depositi fluvioglaciali appena depositi.

Segni della presenza di tale evoluzione fluviale sono riconoscibili in corrispondenza del lato sud della Piana di Albano dove sono presenti diversi orli di erosione fluviale inattivi correlabili a tale paleoalveo. Ben riconoscibili appaiono invece i terrazzi fluviali antichi (più esterni) e i terrazzi fluviali recenti, che delimitano il corso attuale dello Zerra, oltre ad una piana fluviale attuale limitata in molti casi all'interno di lunghi tratti artificializzati.

7.2 INDAGINE GEOPEDOLOGICA

Il rilevamento pedologico è stato condotto parallelamente all'individuazione delle unità geomorfologiche. Per ciascuna delle due subunità fisiografiche riconosciute sono stati descritti dei profili rappresentativi ricavati da esame di fronti di scavo.

La metodologia adottata risulta essere quella descritta da *SANESI* (1976). I suoli sono stati classificati secondo i criteri della Soil Taxonomy. L'interpretazione genetica e pedostratigrafica è basata sui concetti esposti da *CREMASCHI* (1987) e da *CREMASCHI & RODOLFI* (1991).

7.2.1 Significato dei termini

Verranno fornite in questo paragrafo alcune informazioni utili alla comprensione del sistema di classificazione e della terminologia utilizzata, limitatamente ai suoli che si incontrano nel territorio di Brusaporto. La terminologia adottata deriva dal sistema tassonomico americano di classificazione dei suoli ("Soil Taxonomy"). I suoli vengono gerarchizzati rispettivamente in ordini, sottordini, grandi gruppi e sottogruppi. I primi due livelli gerarchici fanno riferimento ai processi pedogenetici più importanti che portano alla formazione del suolo, evidenziati dal riconoscimento di "orizzonti diagnostici". I nomi si ottengono premettendo alle sigle che definiscono l'ordine (es.: la sigla di alfisuolo "ALF") un prefisso che indica una proprietà importante del suolo (es.: il prefisso che indica il regime di umidità udico "UD"). Nel caso perciò di alfisuoli udici si parlerà di "UDALF".

Per classificare un profilo a livello di ordine è sufficiente una accurata descrizione di campagna e l'individuazione delle figure pedogenetiche che consentono di riconoscere gli orizzonti diagnostici.

E' importante ricordare che, con la deforestazione della pianura legata allo sviluppo dell'agricoltura, iniziata nel Neolitico ma estesa a gran parte della superficie a partire dall'Età Romana, i suoli di tutta la Pianura Padana Centrale a Nord del Po subirono una forte erosione superficiale che ne determinò in alcuni casi la completa asportazione. Solamente nelle posizioni topografiche più protette, come ad esempio nelle depressioni dei canali abbandonati e riempiti, questi suoli si poterono conservare.

7.2.2 Studio dell'Ente Regionale per lo Sviluppo Agricolo Lombardo (ERSAL)

Nel quadro del Progetto "Carta Pedologica", l'ERSAL ha realizzato recentemente uno studio di dettaglio sull'hinterland di Bergamo (1992). Benchè il limite dell'area studiata venga fatto coincidere con il limite amministrativo del Comune di Seriate, le principali unità geopedologiche descritte nello studio sono risultate presenti anche nel territorio di Brusaporto e in particolare soprattutto per quanto riguarda il "Livello fondamentale della Pianura" di età pleistocenica superiore.

Nel territorio di Brusaporto sono stati riconosciuti i seguenti ordini di suoli:

Alfisuoli (ALF): Suoli provvisti di un orizzonte argillitico, cioè di un orizzonte illuviale, in cui si accumulano significative quantità di argille ricche in silice, ben saturate in basi. La presenza di un orizzonte argillitico è indice di un elevato sviluppo genetico, identificato dal suo colore rossastro (processo di rubefazione), dal grado di alterazione dei ciottoli contenuti e dallo spessore, che nell'area studiata varia tra 30 e 50 (70) cm.

Gli alfisuoli si suddividono in base al regime di umidità. Nel territorio di Brusaporto sono presenti alfisuoli "udici" (UDALF), nei quali una sezione di controllo, estesa tra 10 e 30 cm di profondità, di regola non risulta secca per più di 90 giorni consecutivi.

Inceptisuoli (EPT): Suoli mediamente evoluti che presentano un orizzonte cambico, ovvero un orizzonte diagnostico profondo derivante da un'alterazione chimico-fisica che porta alla rimozione di basi, ferro ed alluminio, nonché alla neoformazione di argille. La limitata evoluzione di questi suoli dipende da fattori fisico-climatici, geomorfologici, litologici o da un tempo di azione poco prolungato dei diversi fattori pedogenetici. I profili sono moderatamente profondi (mediamente compresi tra 80 cm e 1,5 m) e rispecchiano le caratteristiche del clima e del substrato geologico da cui traggono origine. Gli inceptisuoli si suddividono in base a caratteristiche climatiche, geologiche, idrogeologiche.

Nel territorio di Brusaporto sono stati individuati i DYSTROCHREPTS, suoli fortemente desaturati (tasso di saturazione in basi minore del 60%) e sviluppati lungo i versanti dei rilievi montuosi; nella piana fluviale sono invece presenti suoli con un'elevata saturazione in basi, detti EUTROCHREPTS.

Ultisuoli (ULT): Suoli fortemente alterati, acidi profondi, sviluppati in ambiente sufficientemente caldo da produrre una forte alterazione e sufficientemente umido da consentire la lisciviazione completa delle basi e delle argille. Caratteristiche peculiari di questi suoli sono la presenza di un orizzonte argillico, un basso grado di saturazione (inferiore al 35%) nella parte inferiore del profilo ed un regime di temperatura mesico o più caldo. L'elevata desaturazione in basi e l'alterazione molto spinta sono dovuti, oltre che al clima, alla stabilità geomorfologica e a processi pedologici agenti per un lungo periodo di tempo.

7.2.3 I suoli del territorio di Brusaporto

Zona dei rilievi

I rilievi, oltre al substrato roccioso affiorante o subaffiorante, presentano alla superficie coltri di alterazione relativamente sottili, soggetti a moderata azione pedogenetica (regolite-eluvium).

Nelle parti sommitali pianeggianti dei rilievi situati nella zona occidentale del territorio di Brusaporto sono presenti paleosuoli fersiallitici, spessi da 2 sino a 10 m, aventi alla base sapropel profondo, totalmente decarbonatato, sviluppato su rocce flyschoidi. Tali paleosuoli particolarmente evoluti ed alterati appartengono al gruppo dei PALEUDULTS.

Al piede dei pendii a maggiore acclività sono presenti depositi di origine prevalentemente gravitativa ma intercalati a materiali sedimentati dall'azione delle acque di ruscellamento (Glacis di accumulo); questi nella loro porzione distale passano a depositi colluviali, generalmente ben selezionati dove i contributi di azioni puramente gravitative vengono a ridursi sensibilmente. Tali unità possiedono profili di alterazione piuttosto sviluppati, decarbonatati, ma con scarsa attività pedogenetica. Sul versante settentrionale del M. Tomenone e sulla collina di Comonte l'ERSAL (1992) ha cartografato una consociazione di suoli moderatamente profondi appartenenti al Sistema dei rilievi montuosi, con scheletro comune, tessitura media, reazione acida, saturazione molto bassa, non calcarei, drenaggio buono (U.C. 12, GVN1, class. USDA: Typic DISTROCHREPTS fine argilloso, class. FAO: Dystric CAMBISOLS). Tale consociazione può essere estesa alla totalità dei versanti, fino alle zone terrazzate o di pianura.

Alla base dei paleoaltopiani e delle superfici terrazzate profondamente pedogenizzate ed alterate, si sviluppano depositi colluviali, risultanti dalla mobilizzazione di coltri di paleosuoli localmente anche profonde.

Zona dei terrazzi antichi

Le unità geopedologiche presenti sui terrazzi antichi sono sfuggite al rilevamento dell'ERSAL (1992), in quanto sono di limitata estensione e sono venute in luce solo a seguito dei lavori di sbancamento eseguiti per la costruzione della bretella della SS 42 (1993 - 1995). Tra Cascina Fornace e I Cadè si estende un terrazzo, rilevato sul "Livello fondamentale della Pianura" di circa 5 m (unità di Cascina Fornace, precedente l'ultimo massimo glaciale würmiano) caratterizzato in superficie, da una complessa successione pedostratigrafica policiclica, che comprende fasi attribuibili al Pleistocene medio e forse al Pleistocene superiore. Nel complesso il paleosuolo è caratterizzato da un profilo potente oltre 5 m, con più orizzonti argillici a regime udico (paleudalfs).

Zona di Pianura

Nella piana di Albano è stata cartografata una consociazione di suoli profondi appartenenti al sistema fluvioglaciale e fluviale terrazzato del "Livello Fondamentale della Pianura", con scheletro comune o frequente, tessitura moderatamente fine (talora fine in profondità), reazione subacida in superficie e da neutra a subalcalina in profondità, saturazione alta, calcarei in profondità, drenaggio da buono a mediocre (U.C.24, RUM1, class. USDA: Typic HAPLUDALFS fine, class. FAO: Calci-chromic LUVISOLS)

La piana situata a sudovest dell'abitato di Brusaporto in base alle descrizioni effettuate durante il rilievo geopedologico ed agli studi dell'Ersal (1992) risulta caratterizzata da una consociazione di suoli moderatamente profondi appartenenti al Sistema fluvio-glaciale e fluviale terrazzato del "Livello Fondamentale della Pianura", con scheletro frequente in superficie ed abbondante in profondità, tessitura media, reazione da neutra a subalcalina in superficie ed alcalina in profondità, saturazione alta, scarsamente calcarei in superficie e molto calcarei in profondità, drenaggio buono (U.C.35, CPN1, class. USDA: Typic EUTROCHREPTS scheletro argilloso, class. FAO: Eutric CAMBISOLS).

7.2.4 *Legenda delle unità geopedologiche*

Oltre alla legenda geomorfologica la carta di tavola 4 discrimina le diverse unità geopedologiche.

Alle diverse unità geopedologiche viene associata la descrizione dei suoli secondo la classif. USDA, 1990 secondo la seguente suddivisione:

- **SR:** Substrato roccioso affiorante o subaffiorante, con copertura di suoli sottili e poco evoluti, costituito da calcareniti, conglomerati, arenarie, flysch marnoso arenacei
- **R (regolite):** Coltri di alterazione del substrato roccioso subaffiorante, relativamente sottili (0,5 - 1 m di profondità), soggetti a moderata azione pedogenetica.

DYSTROCHREPTS Suoli moderatamente profondi, con scheletro assente o scarso, tessitura moderatamente fine, reazione acida, saturazione molto bassa, drenaggio buono.

- **P (paleoaltopiani):** Superfici di pianalto alla sommità dei rilievi, costituiti da alterazione profonda del substrato roccioso, soggetti a pedogenesi marcata.

PALEUDULTS: Suoli molto profondi, privi di scheletro, reazione subacida, bassa saturazione in basi, drenaggio da buono a mediocre.

- **GA (glacis d'accumulo):** Pendii debolmente inclinati posti alla base dei versanti, costituiti da depositi di origine prevalentemente gravitativa ma con intercalazioni di materiali sedimentati dall'azione delle acque di ruscellamento.

DYSTROCHREPTS Suoli moderatamente profondi, con scheletro assente o scarso, tessitura moderatamente fine, reazione acida, saturazione molto bassa, drenaggio buono.

- **DC (depositi colluviali):** Fascia di depositi colluviali alla base del glacis d'accumulo, costituito da materiali generalmente ben selezionati ma con rari contributi anche di azione puramente gravitativa.

DYSTROCHREPTS Suoli moderatamente profondi, con scheletro assente o

scarso, tessitura moderatamente fine, reazione acida, saturazione molto bassa, drenaggio buono.

- **T (terrazzi antichi):** Superfici terrazzate addossate ai versanti, caratterizzate da depositi argilloso-limosi, con sviluppo di paleosuoli.

PALEUDALFS Suoli da profondi a molto profondi, generalmente privi di scheletro, tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione da subacida a neutra in profondità, saturazione media, drenaggio da buono a mediocre.

- **CS (colluvi di suoli antichi):** Depositi colluviali, risultati dalla mobilizzazione di coltri di paleosuoli localmente anche profonde.

DYSTROCHREPTS Suoli moderatamente profondi, con scheletro assente o scarso, tessitura moderatamente fine, reazione acida, saturazione molto bassa, drenaggio buono.

- **DF (depositi fluviali):** Ghiaie e ciottoli poligenici ben selezionati, a supporto clastico, con rari blocchi. Ciottoli da arrotondati a subarrotondati di forma prevalentemente discoidale.

DF(H) HAPLUDALFS Suoli profondi con scheletro comune o frequente, tessitura moderatamente fine, reazione subacida in superficie e da neutra a subalcalina in profondità, saturazione alta, calcarei in profondità, drenaggio da buono a mediocre.

DF(E) EUTROCHREPTS Suoli moderatamente profondi con scheletro frequente in superficie ed abbondante in profondità, tessitura media, reazione da neutra a subalcalina in superficie e alcalina in profondità, saturazione alta, scarsamente calcarei in superficie e molto calcarei in profondità, drenaggio buono.

- **AR (aree di riporti):** Superfici costituite da materiale riportato ad opera dell'attività antropica.
- **AC (aree di cava):** Superfici interessate dall'asportazione di materiale inerte.

8. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

In questo capitolo sono state raccolte tutte le conoscenze relative all'idrografia superficiale e alla circolazione idrica sotterranea disponibili per il territorio di Brusaporto. Tali conoscenze potranno essere utilizzate per la localizzazione, la caratterizzazione quantitativa e qualitativa e la difesa delle risorse idriche.

Tali conoscenze sono riassunte nelle tavole 5, 6, 7, 8 e 9.

8.1 IDROGRAFIA

Il territorio comunale di Brusaporto presenta un reticolo idrografico naturale piuttosto esiguo, rappresentato da numerose piccole incisioni corrispondenti ad aste di primo o secondo ordine, a decorso rettilineo, che dipartono radialmente dalla collina dirigendosi verso le aree pianeggianti circostanti (reticolo di tipo centrifugo).

Nella carta prodotta (tavola 7) sono stati distinti i corsi d'acqua a carattere permanente, quelli a carattere temporaneo (rii e fossi) e i canali artificiali d'irrigazione (rogge e canali) in alcuni casi vecchi di centinaia d'anni.

Dati i modesti bacini di alimentazione, il regime dei corsi d'acqua, ed in particolar modo quello dei rii, appare fortemente condizionato dalle precipitazioni meteoriche, soprattutto dove un minimo di alimentazione non è garantita dalla presenza a monte di sorgenti perenni di una certa consistenza, come nel caso dei rii del versante settentrionale delle colline. In questi casi le portate scendono praticamente a zero durante la stagione secca, mentre in occasione degli eventi meteorici più intensi possono salire rapidamente a valori elevati.

Le acque di questi rii si disperdono nei diversi canali di irrigazione che risultano tombati in corrispondenza dell'abitato.

Il sistema idrografico ad uso irriguo, costituito da rogge e canali, è piuttosto sviluppato e consente di sopperire alle carenze d'acqua del periodo estivo. Tale sistema di irrigazione è funzionale soprattutto per i terreni meridionali del comune, molto permeabili, incapaci di trattenere l'umidità, con falda assai profonda e assoggettati a coltivazioni che richiedono notevoli quantità d'acqua.

I principali canali sono la roggia Brusaporto-Padera, la roggia Cattanea, la roggia Comunale di Seriate/Bagnatica e la Roggia Martinenga che è ubicata in prossimità dell'orlo di scarpata fluviale del fiume Serio, immediatamente fuori dal limite comunale occidentale. Questi canali traggono la loro alimentazione dalle acque del fiume Serio.

Sia la roggia Brusaporto-Padera che la Cattanea, nel tratto di attraversamento del territorio comunale, sono in gran parte tombate.

8.2 IDROGEOLOGIA

SORGENTI

In corrispondenza del territorio di Brusaporto o nelle immediate vicinanze, sono state censite le sorgenti ed i pozzi di cui alla tavole n.5, 6 e 7.

Sono da considerare perenni le sorgenti di:

- Fonte Fontanelle, la cui portata costante garantiva, sino ad un quarantina di anni fa, il fabbisogno idrico dell'abitato di Brusaporto;
- Sorgente della Cantalupa che alimenta due laghetti in cascata;
- Sorgente di Cascina Testa (non disponibile a causa di un piccolo franamento che ha lesionato il bottino di presa);
- Sorgente di Cascina Volpe.

E' importante notare come queste sorgenti, che appaiono distribuite abbastanza omogeneamente alla base del versante meridionale delle colline, presentino sempre una discreta portata, anche in assenza di bacini di alimentazione di una certa consistenza a tergo (foto 17).

All'estremità settentrionale del territorio comunale, a nord della collina di Brusaporto, è presente un fontanile che alimenta per gran parte dell'anno il "Cavo Passi" e che rappresenta l'emergenza della falda libera.

Il periodo di secca di questa emergenza è legato all'abbassamento del livello freatico della falda presente nella piana di Albano e la sua durata è rappresentativa del deficit di bilancio idrogeologico che interessa tale falda. Il motivo è legato al sovrasfruttamento di questa falda, operato dai numerosi pozzi industriali presenti nella zona.

POZZI

I pozzi censiti sono stati distinti in carta secondo due diverse tipologie:

- pozzi antichi scavati a mano e in muratura;
- pozzi recenti perforati.

I primi, generalmente poco profondi (al massimo una ventina di metri), sono presenti in quasi tutte le cascine ed il loro periodo di costruzione risale all'inizio secolo. Una buona parte è in disuso, essendosi prosciugati o addirittura riempiti e otturati. Per nessuno di essi è disponibile la relativa stratigrafia.

I principali pozzi individuati sono i seguenti:

- pozzo Cascina Galeazzo (Costa di Mezzate)
- pozzo Portico Camozzi (Costa di Mezzate)
- pozzo Cascina Casella (Bagnatica, profondità 27.00);

- pozzo Casa Pianetti (Bagnatica, profondità 4.80);
- pozzo Cascina Gola;
- pozzo Cascina Pezzola;
- pozzo Cascina dei Frati;
- pozzo Cascina in Via Vittorio Emanuele (profondità 11.00).
- pozzo Cascina in via Colleoni

Per la ricostruzione della successione stratigrafica dei terreni presenti nella zona, sono stati utilizzati i dati ricavabili dalle descrizioni relative ai pozzi perforati per uso prevalentemente irriguo o industriale eseguiti negli ultimi 40 anni.

Nella zona a sud dei rilievi sono stati censiti i seguenti pozzi in gran parte ubicati all'esterno del territorio comunale:

- pozzo n.1 Ex Rumi di Seriate n.1, profondità 80 m e portata di 4 l/s (Seriate);
- pozzo n.2 Acq. S.S.S. Roncaglino, profondità 97 m (Seriate).
- pozzo n.3 Acq. P.zzo Tre Signori, profondità 112 m e portata di 33 l/s (Seriate).
- pozzo n.4 O.L.F.E.Z, profondità 80 m e portata di 18 l/s (Seriate);
- pozzo n.5 Mazzoleni - Ex S.B.I.C. n. 1, profondità 175 m e portata di 15 l/s (Seriate).
- pozzo n.6 Felli Color n.2 (esterno), profondità 115 m e portata di 19 l/s (Seriate).
- pozzo n.7 Cava Bertoncina dei F.lli Colosio, profondità 100 m e portata di 10 l/s (Seriate).
- pozzo n.8 Discoteca XX Secolo, profondità 100 m e portata di 36 l/s (Seriate);
- pozzo n.9 Nembrini, profondità 130 m (Seriate).
- pozzo n.10 Mobili Barcella, profondità 105 m e portata di 40 l/s (Bagnatica);
- pozzo n.11 Acquedotto Sponda Sinistra Casc.na Groane, profondità 100 m e portata di 55 l/s (Bagnatica);
- pozzo n.12 Cava Nuove Iniziative, profondità 97.5 m e portata massima di 40 l/s (Bagnatica).
- pozzo n.14 E.U.R Marmi, profondità 80 m e portata di 40 l/s (Bagnatica);
- pozzo n.20 Acquedotto S.S.S. Via Don Cavagna, profondità 82 m e portata di 10 l/s (Costa di Mezzate).

- pozzo n.21 Acquedotto S.S.S. Via Bolgare, profondità 108 m e portata di 5.5 l/s (Costa di Mezzate).
- pozzo n.22 Canzona, profondità 167 m e portata di 50 l/s (Consorzio di Bonifica della Pianura Bergamasca - Calcinate).
- pozzo n.23 Circolo Ippico Bergamasco, profondità 85 m e portata di 5 l/s (Brusaporto). E' l'unico pozzo che capta una falda in pressione presente in un acquifero sottostante alle argille di base;
- pozzo n.24 Acquedotto S.S.S. Statale per Brescia, profondità 122 m e portata di 75 l/s (Cavernago).

Nella piana di Albano, limitatamente alla zona d'interesse, sono stati censiti i seguenti pozzi:

- pozzo ex Zoodina - Gloria Mangimi, profondità 57 m e portata di 15 l/s (Albano);.
- pozzo Longhi, profondità 40 m e portata di 5 l/s (Albano);
- pozzo Lactis 1, profondità 59 m e portata di 4 l/s (Albano);
- pozzo Lactis 2, profondità 70 m e portata di 0.6 l/s (Albano);
- pozzo IRCA, profondità 72 m e portata di 20 l/s (Albano);
- pozzo Via Tonale 1, profondità 53 metri e portata di 14 l/s (Acquedotto Sponda Sinistra Serio, Albano);
- pozzo Via Tonale 2, profondità 40 metri e portata di 10 l/s (Acquedotto Sponda Sinistra Serio, Albano).

8.2.1 *Struttura idrogeologica*

L'esame delle descrizioni stratigrafiche redatte durante la perforazione dei pozzi di cui sopra, unitamente all'esame delle caratteristiche litologiche dei fronti di scavo effettuati per la realizzazione di edifici nel comune o nelle sue immediate vicinanze, ha consentito di riconoscere le caratteristiche granulometriche dei terreni attraversati, di correlare tra loro tali caratteristiche e di identificare le diverse unità idrogeologiche.

Oltre alle stratigrafie dei pozzi, informazioni stratigrafiche relative ai livelli più superficiali sono state ricavate dall'esame visivo dei fronti di scavo delle seguenti cave (Foto 6, 8 e 18):

- Cava Marell Scavi ex Facchinetti (profondità massima 11 metri);
- Cava F.lli Testa (profondità massima 10.5 metri);
- Cava Milesi (profondità massima attuale 4 metri ma in escavazione);
- Cava Bertoncina F.lli Colosio di Seriate (profondità massima 7-8 metri);

- Cava Pinetti F.lli Testa Comune di Bagnatica (profondità massima 13 metri);

E' stata così ricostruita la successione litostratigrafica ed è stata definita la geometria degli acquiferi e dei livelli impermeabili di separazione.

Vista la notevole diversità dal punto di vista idrogeologico, è risultato indispensabile separare in due zone le aree pianeggianti del territorio comunale.

Zona a nord dei rilievi di Brusaporto-Bagnatica (Piana di Albano)

La struttura idrogeologica ricostruibile nella zona a nord delle colline in corrispondenza della piana di Albano è definita dall'esistenza di un'unico acquifero di limitata potenzialità vista la ridotta profondità alla quale è posto il substrato impermeabile.

Sulla base delle stratigrafie dei pozzi posti in asse alla piana è possibile ipotizzare la seguente successione stratigrafica:

- da 0 a 30 metri, **unità a ghiaie in matrice limoso argillosa con intercalati sottili livelli di ghiaie e ciottoli talora cementati**. Tale unità rappresenta l'acquifero superficiale;
- da 30 a 40 (60) metri, **unità delle argille grigio-azzurre** (Villafranchiano) correlabili alle argille presenti subito al di sotto dell'unità a ghiaie e sabbie della successione stratigrafica riconosciuta a sud delle colline. Anche in questo caso rappresentano il limite inferiore dell'acquifero sopracitato;
- il substrato roccioso sottostante alle argille è situato ad una profondità variabile tra i 10-20 metri ai piedi della collina di Brusaporto sino ai 50-60 metri in asse alla piana. Litologicamente sembra essere costituito da calcari marnosi compatti e marne varicolori.

Zona a sud dei rilievi di Brusaporto-Bagnatica (Monte Tomenone)

La successione stratigrafica ricostruita è stata rappresentata nelle sezioni geologiche di tavole n.8 e 9. Dall'esame di tali sezioni è possibile riconoscere, per la tale zona una struttura idrogeologica costituita da diverse unità idrogeologiche all'interno delle quali sono riconoscibili essenzialmente due acquiferi principali:

il **I° Acquifero** si estende da 0 sino a 60 metri di profondità e la superficie libera della flada è posta a 40-60 metri di profondità:

- da 0 a 20 (30) metri **unità ghiaiosa superficiale** costituita da ghiaie e sabbie con ciottoli;
- da 20 a 60 metri **unità conglomeratica** costituita da un conglomerato fluviale grossolano a cementazione irregolare e diffusa che presenta rare intercalazioni lenticolari limoso-argillose o di ghiaie fini/sabbie non cementate. Questo

conglomerato, definito genericamente "Ceppo", è segnalato in gran parte delle perforazioni per acqua effettuate nella zona e per le caratteristiche molto simili a quello affiorante in corrispondenza della forra del fiume Adda (Ceppo dell'Adda) è stato attribuito al Pliocene sup.-Pleistocene inf..

Tale conglomerato è soggetto a processi di alterazione e di dissoluzione dei clasti calcarei. Per questa ragione le aree di affioramento di tale conglomerato rappresentano una via preferenziale, anche se puntuale, d'infiltrazione delle acque superficiali, mentre in profondità tale unità rappresenta un importante acquifero;

il **II° Acquifero**: si estende dai 60 sino ai 100 metri di profondità. Il livello di falda di questo acquifero non appare distinto da quello del primo acquifero. Nella fascia dell'alta pianura i due acquiferi risultano praticamente in comunicazione per l'assenza di livelli impermeabili (argille) sufficientemente spessi e continui in grado di fungere da efficaci elementi separatori (vedi tavola 8 e 9) e secondariamente anche dal fatto che vi sono pozzi i cui filtri sono stati posti a diverse profondità mettendo così in costante comunicazione le acque dei due acquiferi:

- da 60 (80) sino ai 100 metri, **unità a ghiaie e sabbie alternate a lenti argillose o conglomeratiche**. Esso poggia direttamente sul sottostante substrato idrogeologicamente impermeabile costituito in prevalenza da argille cineree (grigio-azzurre) di ambiente lacustre (Villafranchiane?) il cui limite superiore appare irregolare per successive azioni erosive. Alla base di tali argille è presente un'unità attribuita al Pliocene marino e costituita da tre diverse facies (Brambilla G. et al. 1983); dall'alto verso il basso: argille verdognole, sabbie siltose giallastre e argille grigie.

Alla base delle unità fini prevalentemente argillose sopracitate è presente il substrato roccioso cretacico caratterizzato da una morfologia irregolare.

Indagini geofisiche condotte nella zona tra Scanzorosciate e Torre Boldone ubicherebbero il substrato roccioso ad una profondità variabile tra i 200 e i 300 metri. Da indagini geoelettriche condotte per la realizzazione della nuova S.S. n.42 del Tonale e della Mendola, è emersa la presenza, alla base della collina di Comonte (Seriato) di un unico orizzonte prevalentemente grossolano con spessori compresi tra i 70 e gli 80 metri poggianti direttamente sulle sottostanti argille di base.

In una perforazione (condotta a rotazione a distruzione di nucleo), effettuata un chilometro e mezzo a sudovest dell'abitato, è stato riconosciuto uno spessore complessivo di depositi sciolti superiore ai 150 metri costituito da ghiaie e sabbie prevalenti sino alla profondità di circa 90 metri. Lo spessore rimanente è costituito da intercalazioni di sabbie in argille poste al di sopra del substrato roccioso costituito presumibilmente da formazioni cretacicche.

La pendenza delle unità idrogeologiche ricavata dalla sezione n.1 (tavola n.8) risulta mediamente contenuta tra il 6 e il 9‰ con locali aumenti sino all'1.7%. Nel caso della sezione n.2, che risulta orientata est-ovest (tavola n.9), l'assetto generale risulta suborizzontale.

8.2.1.1 *Potenzialità e vulnerabilità degli acquiferi*

Si riportano le indicazioni circa la conducibilità idraulica che caratterizza le unità idrogeologiche sopradescritte tratte da alcuni studi precedenti.

Tali dati sono riportati su alcune stratigrafie di pozzo della zona o sono stati ricavati effettuando prove di pompaggio:

- 10^{-1} - 10^{-3} m/s per le ghiaie con sabbie e ciottoli, sciolte o poco cementate alla quale si intercalano sottili livelli di conglomerati poco cementati;
- 10^{-3} - 10^{-5} m/s per i conglomerati denominati comunemente con "Ceppo s.l. cavernoso";
- 10^{-4} - 10^{-6} m/s per le ghiaie limo sabbiose con pochi ciottoli;
- 10^{-7} - 10^{-8} m/s per i limi sabbiosi con argilla e poca ghiaia.

Questi range appaiono in accordo con quanto riportato dagli autori in bibliografia. Questi valori sono stati impiegati per suddividere il territorio comunale in zone a diversa conducibilità idraulica superficiale (cfr. tavola 7).

Al primo e al secondo gruppo appartengono i terreni che più largamente rappresentano i depositi fluvioglaciali wurmiani della pianura, il terzo gruppo di valori è più caratteristico dei depositi fluvioglaciali terrazzati più antichi mentre il quarto è abbastanza tipico per i depositi eluvio-colluviali.

In relazione all'estensione del bacino di alimentazione, allo spessore dei depositi permeabili e ai valori di conducibilità idraulica, l'acquifero di gran lunga più importante è quello della pianura meridionale.

Per quanto riguarda la vulnerabilità degli acquiferi si riportano le conclusioni dell'indagine effettuata dallo Studio Ghezzi (1986) in cui la zona a sud dei rilievi è classificata come "caratterizzata,...., dalla presenza di sedimenti ad elevato coefficiente di permeabilità con relativa facilità all'infiltrazione in profondità degli inquinanti sparsi sul suolo. Un certo grado di protezione è fornito quindi esclusivamente dall'elevata soggiacenza della falda".

Per quanto riguarda la zona a nord dei rilievi (Piana di Albano), tenendo in considerazione sia le caratteristiche di elevata conducibilità idraulica che caratterizzano l'acquifero (simili a quelle della zona a sud) che la presenza di un livello di falda situato a ridotta profondità, si ritiene di poter affermare che il grado di protezione è da considerarsi molto basso.

8.2.2 *Caratteristiche della falda*

In considerazione del fatto che i rilievi presenti isolano due diversi acquiferi, si ritiene necessario distinguere anche in questo caso tra la falda presente nei terreni situati a nord dei rilievi da quella presente a sud di questi ultimi.

Zona a nord dei rilievi di Brusaporto-Bagnatica. Falda alimentata dalle acque del torrente Zerra (Piana di Albano)

Nell'area comunale a nord dei rilievi collinari non sono presenti pozzi, pertanto non è stato pertanto possibile rilevare i relativi livelli freatici.

Studi precedenti che prendevano in considerazione anche i comuni limitrofi (Albano e Pedrengo) hanno evidenziato l'esistenza di una falda libera con superficie situata ad una profondità media di 6-10 metri. Tale superficie freatica presenta una marcata concavità in corrispondenza dell'asse della valle attuale e una direzione del flusso sotterraneo diretta da ONO verso ESE. Il gradiente della falda, in questa zona è compreso tra il 6 e il 7‰.

Nella zona orientale di Pedrengo l'andamento delle isofreatiche mette in luce l'esistenza di uno spartiacque sepolto a ridotta profondità e diretto N-S. Tale spartiacque è in grado di impedire un'eventuale alimentazione ad opera delle acque sotterranee presenti nel fondovalle seriano quindi l'alimentazione di questa falda dipende strettamente dagli apporti provenienti dalla superficie o dalle zone retrostanti (Scanzorosciate - Torre de Roveri).

In relazione a quanto precedentemente esposto, unitamente alle limitate dimensioni dell'acquifero, il legame tra andamento annuale delle precipitazioni ed escursione dei livelli di falda è assai stretto.

Sono note ormai da tempo le condizioni di sovrasfruttamento alla quale è soggetta questa falda ad opera dei numerosi pozzi per uso industriale presenti.

In tale situazione è abbastanza frequente che la risorgiva del Cavo Passi, il cui fondo è situato alla profondità di 5.5-6 metri dal piano campagna, vada in secca in diversi periodi dell'anno.

Zona a sud dei rilievi di Brusaporto-Bagnatica. Falda alimentata dalle acque del fiume Serio.

La superficie freatica che al piede dei rilievi risulta situata a pochi metri di profondità, come rilevato nei vecchi pozzi presenti nel nucleo storico del paese e nei fori di sondaggio effettuati per la realizzazione del campo sportivo, si abbassa rapidamente verso sud. Il rapido abbassamento della falda potrebbe rispecchiare un altrettanto rapido approfondimento del substrato impermeabile (tavola 5, 8 e 9).

La superficie freatica raggiunge una profondità massima di 50-60 metri in corrispondenza dell'estremità meridionale del territorio comunale (livelli statici misurati tra il 28/09/96 e il 05/10/96).

La direzione principale delle direttrici di flusso appare pertanto verso sudovest con un gradiente che raggiunge il 2.7% (inclinazione superficie topografica 4.6 ‰).

Se ci si sposta a ovest, parallelamente al fiume Serio, nella zona al limite tra Seriate e Bagnatica, l'andamento della superficie della falda evidenzia una marcata inflessione delle curve isofreatiche che con la concavità rivolta verso sud delineano la presenza di un asse drenante a direzione NNO-SSE, che si scosta leggermente dal tracciato attuale del fiume Serio, a partire dall'abitato di Seriate. L'esistenza di una direzione preferenziale di drenaggio da NNO verso SSE è confermata anche da una maggiore

potenzialità della falda che consente di ottenere portate specifiche nettamente superiori rispetto a quelle dei pozzi vicini (oltre i 20 l/s per metro di abbassamento). Il gradiente della falda in questa zona è dell'1.3% (inclinazione superficie topografica 1%).

Il pozzo realizzato in corrispondenza del Circolo Ippico Bergamasco capta l'unica falda in pressione contenuta in un livello di ghiaie che sembra sottostare al potente spessore delle argille lacustri di base. Il livello statico è situato a 30 metri di profondità (10/10/1994).

Di seguito vengono forniti i dati delle misurazioni del livello della falda eseguite nel corso degli ultimi anni:

N°	Pozzo	quota pc m. s.l.m	quota falda	quota falda	quota falda	quota falda	quota falda	quota falda	quota falda	quota falda	quota falda
	data misurazione		01/86	07/86	02/89	03/90	10/90	01-03/91	12/93	07/94	09-10/96
1	Ex Rumi Seriate										
2	Acq. S.S.S Roncaglino				201.3					208.3	
3	Acq. S.S.S. P. Tre Signori				204.9			208.8			
4	O.L.P.E.Z	252									206.4
5	Mazzoleni Ex S.B.I.C.1	243.5	190	195.5							
6	Felli Color	242.5					189	187.5			
7	Cava Colosio	237					181.5 ?				169.5
8	Discoteca XX° Secolo	231.5	165	167.5			161.5				166
9	Nembrini	221	162	165.5			161.0				
10	MB Mobili Barcella	221.5	1.din 163	1.din.1 65.5		163	161.5				165.8
11	Acq. S.S.S. Groane	225									
12	Cava Nuove Iniziative	219.5					162.5				
13	Acq. S.S.S. strada Statale	204	157		159.75				157.4		
14	Marmi EUR	215	162	165		156.5	156.7				
15	Cascina Galeazzo	207.3	192.8	192.8		191.5					
16	CascinaCasella	210									186
17	Portico Camozzi	212.7	196.2	196.7		196		196.3	197	195.8	196.3
18	Cascina centro paese (Brusaporto)	235									230.7
19	Casa Pinetti (Bagnatica)	226									224.2
20	Acq. S.S.S. Don Cavagna	217.5	192.5								

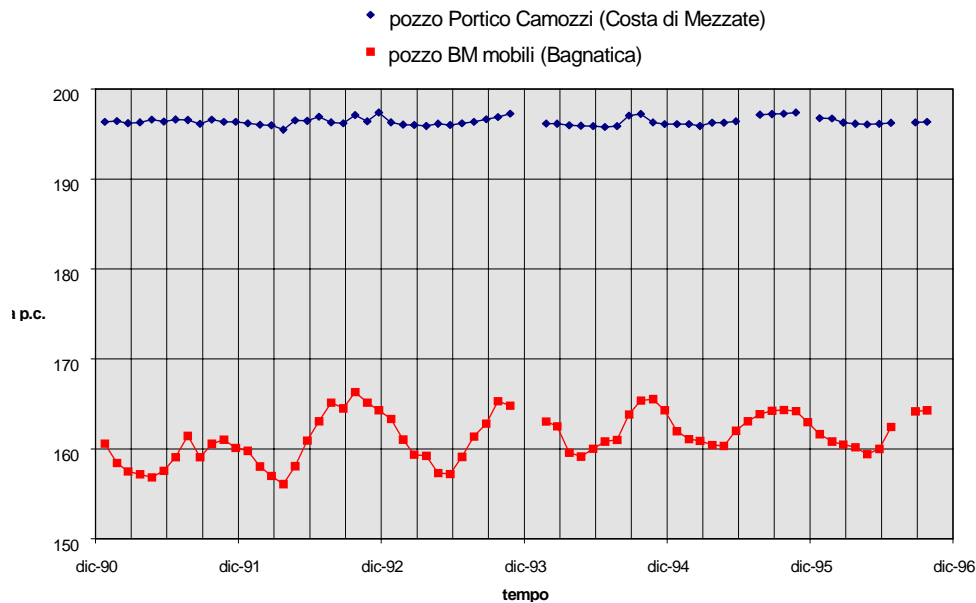
Tabella n.1: livelli di falda (zona a sud dei rilievi).

I livelli della falda freatica sono riferiti al piano campagna in metri sul livello medio del mare (s.l.m.).

Dall'esame dell'andamento del livello di falda (vedi grafico sotto) relativo ad un paio di pozzi è possibile notare l'esistenza, nel corso dell'anno, di un escursione periodica che presenta un minimo primaverile (marzo-aprile) ed un massimo tardo estivo-autunnale (settembre-ottobre).

L'escursione della falda, che è di diversi metri, è legata sia alle caratteristiche del regime pluviometrico che alle condizioni di alimentazione della falda stessa (fonte: Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca).

In alcuni pozzi tuttavia è stato riscontrato nel tempo un lento ma costante abbassamento dei livelli di falda, segno inconfondibile del sovrasfruttamento alla quale questa è sottoposta. In alcuni casi si è verificato addirittura il prosciugamento dei pozzi poco profondi.



Andamento della superficie piezometrica relativamente a due pozzi della zona

8.2.3 Caratteristiche chimiche delle acque

In questo capitolo sono riportate le caratteristiche chimiche delle acque sia di sorgente che di pozzo sottoposte ad analisi da vari enti, unitamente ad alcune considerazioni che tali analisi suggeriscono.

Per quanto concerne le sorgenti si riportano i risultati delle analisi chimiche effettuate dalla USSL 29 il 28/04/88 e di altre due campagne di campionamento condotte rispettivamente in gennaio e in maggio del 1985.

Da questi risultati emerge che la temperatura delle acque sorgive è pressochè costante e molto simile alla temperatura media annua dell'aria, il che presuppone che la circolazione idrica sotterranea avvenga a profondità tale da non risentire dell'escursione termica annuale.

Il considerevole grado di mineralizzazione che le caratterizza (durezza elevata ed elevato contenuto in solfati) lascia ipotizzare inoltre che la circolazione idrica sotterranea avvenga nel substrato roccioso e che il tempo di permanenza all'interno del serbatoio sotterraneo di alimentazione, risulti piuttosto elevato da permettere l'arricchimento in sali solubili.

Sorg. N°	località	portata (l/min)	data	T (°C)	pH	cond. spec. a 18°C (ohm ⁻¹ cm ⁻¹)	capacità cc HCl (N*1)	durezza totale (°F)	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
1	Fontanile Cavo Passi	0-300	05/86	10.5	7.04	470*10-3	4.4	26.8	84.8	13.62	13.4	1.83	28	29	
2	Cima Tomenone		04/88	11.0	6.97	670*10-3		42.8					6.0	40	6
2	Cima Tomenone	0-2	01/86	11.0	6.85	690*10-3	6.9	38.4	69.6	51.07	4.75	2.5	9.23	44.0	
3	Sorgente Santuario		04/88	11	6.88	570*10-3		33.6					5	33	31
3	Sorgente Santuario	12	05/86	9	6.7	440*10-3	4.8	27.2	89.6	11.18	4.5	0.32	6.4	28.6	
3	Sorgente Santuario	0-1.2	01/86	9.5	6.84	520*10-3		29.7	93.7	15.32					
3	Sorgente Santuario		05/85		6.7	490*10-3	5.2	28.6	90.5	14.59	6.6	0.41	1.07	35	
4	Fonte Fontanelle		04/88	11.5	6.78	540*10-3		37.5							
4	Fonte Fontanelle	30	05/86	10	6.6	380*10-3	4.2	23.6	75.2	11.67	3.8	0.45	5.8	21.7	
4	Fonte Fontanelle	5	01/86	10	6.97	475*10-3		29.6	112.8	3.4					
5	Casc.tto del Lupo	30	05/86	13	6.62	700*10-3	8.0	44.4	152	15.56	7.1	1.16	11	50.6	
5	Casc.tto del Lupo	12	01/86	12.5	6.57	720*10-3		49.8	157	25.29					

Tabella n.2: caratteristiche chimiche delle acque di sorgente.

Le caratteristiche chimiche delle acque di pozzo sono desumibili invece da analisi condotte rispettivamente nell'ottobre 1985, in gennaio e in maggio 1986 e riguardano sostanzialmente l'acquifero presente a sud delle colline. Le analisi sono state effettuate su acque prelevate direttamente al tubo di mandata della pompa. I risultati ottenuti sono riassunti nella seguente tabella.

Pozzo N°	Pozzo	data	T (°C)	pH	cond. spec. a 18°C (ohm ⁻¹ cm ⁻¹)	alc.tà cc HCl (N*1)	durezza totale (°F)	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l
2	Acq. SSS Venezian	1985		7.23	390*10-3	3.95	23.0	69.6	13.6	4.4	0.77	9.94	37	11.0	0	0
3	Acq. SSS. P.zzo Tre Signori	1985	11.9	7.15	415*10-3	4.2	24.4	70.4	16.5	6.05	0.75	9.23	37	11.8	0	0
4	O.L.P.E.Z	1985		7.0	695*10-3	6.0	37.4	116.8	18.9	17.5	0.89	68.16	41.0	14.3	0	0
6	Felli Color est.3	1985	13.0	7.23	535*10-3	4.5	29.0	85.6	18.4	10.1	1.22	18.5	54.0	22.0	0	0
6	Felli Color est.3	05/86	14.5	7.12	530*10-3	4.9	28.6	80.4	20.67	13.0	1.3	16.33	50.0			
7	Cava Colosio	1985	13.9	7.01	600*10-3	5.6	36.2	104.0	24.0	7.9	0.85	25.9	48.0	26.3	0	0
7	Cava Colosio	05/86	14	7.1	520*10-3	4.8	28.6	84.8	18.0	6.2	0.69	15.62	37.0			
10	M.B.	1985		7.16	575*10-3	5.5	30.8	104	11.6	7.3	0.72	15.26	42	25.2	0	0
10	M.B.	01/86	14	6.95	575*10-3	5.2	30.3	82.4	23.59	5	0.6	15.62	37			
10	M.B.	05/86	13.5	7.35	505*10-3		34.2	106.4	18.96							
11	Acq. SSS Groane	1985		7.46	605*10-3	5.55	34.4	107.2	18.5	8.6	0.75	20.4	48	28.5	0	0
14	Marmi EUR	1985		7.02	590*10-3	6.0	35.6	108	20.9	6.5	1.04	11.38	41	25	0	0
14	Marmi EUR	01/86	15	7.4	570*10-3	5.7	32.2	92.8	21.9	4.72	0.88	12.78	35			0
14	Marmi EUR	05/86	13	7.11	560*10-3		30.3	110.4	6.56							0
17	Portico Camozzi	05/86	13	7.00	700*10-3	7.1	36.0	122.4	13.13	26.0	5.65	26.0	31			
15	Casc.na Galeazzo	05/86	13.5	7.10	640*10-3	6.5	32.0	84.8	26.26	19.25	33.5	20.6	43			
20	Acq. SSS Cavagna	1985		6.94	510*10-3	5.95	31.7	91.2	21.16	5.15	0.84	9.23	11	14.3	0	0

Tabella n.3: caratteristiche chimiche delle acque di pozzo (zona a sud dei rilievi).

Per quanto riguarda la **Piana di Albano** esistono analogie molto strette tra acque superficiali e sotterranee che fanno pensare ad un unico sistema di alimentazione.

Sulla base dei risultati delle analisi chimiche è possibile constatare come tutte le acque campionate nella **zona a sud dei rilievi**, a partire da quelle del fiume Serio, a quelle di sorgente o di pozzo risultino classificabili nella categoria delle "acque a bicarbonati alcalino-terrosi".

Le acque di pozzo sembrano possedere caratteristiche molto simili nonostante vengano prelevate a diversa profondità. Questo fatto conferma l'esistenza di uno stretto collegamento tra i diversi orizzonti acquiferi che comporta un'omogeneizzazione dei caratteri fisico-chimici.

8.2.3.1 *Indicazioni sulla qualità delle acque*

Per quanto riguarda i parametri di qualità delle acque di falda si riportano i valori di riferimento forniti dalla legge oltre ad alcune indicazioni di carattere generale, fornite in bibliografia, sulle più probabili fonti d'inquinamento.

Il contenuto in nitrati è stabilito dal D.P.R n.236 del 24/05/1988 che distingue tra il valore di 50 ug/l (Concentrazione Massima Ammissibile) e il Valore Guida che è fissato a 5 ug/l.

Contenuti di nitrati superiori ai 14 mg/l sono legati all'attività antropica (Madison R.J., Brunnet J.O.,1985). La presenza di nitrati di origine antropica nelle acque superficiali è legata principalmente al dilavamento delle superfici agrarie (nel nostro caso molto permeabili) trattate con fertilizzanti azotati oppure soggette a spandimento di liquami zootecnici, aree soggette agli scarichi di reflui urbani o industriali o a scarichi provenienti da impianti di depurazione. Da non dimenticare che anche le acque d'irrigazione utilizzate nei campi sono spesso responsabili di tali inquinamenti in quanto vengono utilizzate a monte per altri scopi che ne provocano il degrado qualitativo.

Non va sottovalutato inoltre il contributo operato dalle "piogge acide" in zone intensamente urbanizzate (46mg/l a Milano); forti concentrazioni di nitrati/nitriti nelle acque meteoriche sono state confermate anche nel rapporto annuale della Amministrazione Provinciale di Bergamo sulla qualità dell'aria (cfr. capitolo 5).

L'elevata mobilità dei nitrati presenti sul terreno consente la percolazione nel sottosuolo di questi composti; fasce contaminate allungate nella direttrice di flusso della falda sono state riconosciute lungo tutti i principali corsi d'acqua.

Come già detto, strettamente connesso alla concentrazione dei nitrati nelle acque è l'impiego dei reflui zootecnici in agricoltura che è regolamentato dalle seguenti normative **nazionali**:

- Legge 319/78;
- D.P.R. del 10/09/1982 n.915;
- D.L. 20/01/1992 n.13

e **regionali**:

- Del. C.R. 14/01/1993 n.V/730;
- L. R. 15/12/1993 n.37;
- Del. G.R.del 30/12/1994 n.5/62320;
- Del. G.R.del 12/06/1995 n.5/69318. Questa delibera classifica il territorio di Brusaporto tra i comuni a vulnerabilità elevata e a basso carico.

Tali normative impongono un utilizzo più razionale e controllato di tali pratiche limitando i rischi per la salute pubblica. Va ricordato che per il D.P.R. del 24/05/1988 n.236 gli spandimenti sono vietati nei terreni che distano meno di duecento metri da un'opera di captazione.

Per quanto riguarda le “**sostanze indesiderabili**” e più precisamente i composti organoalogenati, la cui concentrazione massima ammissibile è stabilita dal D.P.R n.236 del 24/05/1988 (C.M.A. 30 ug/l e V.G. 1 ug/l) si riportano nella seguente tabella i risultati ottenuti da campionamenti effettuati nell'ottobre 1985:

Pozzo N°	Pozzo	data	Cloroformio (ug/l)	Metil Cloroformio (ug/l)	Carbonio tetracloruro (ug/l)	Trielina (ug/l)	Percloro Etilene (ug/l)	Solv. clorurati Totali (ug/l)
1	Acq. SSS Venezian	10/85	1.21	0.86	0.048	2.05	1.11	5.29
3	Acq. SSS Tre Signori	10/85	0.35	1.0	0.048	10.55	1.45	13.3
4	O.L.P.E.Z	10/85	0.7	2.3	0.3	8.6	9.3	21.2
6	Felli Color est.3	10/85	2.9	1.07	0.08	2.08		6.8
7	Cava Colosio	10/85	0.8	0.56	0.1	2.2	1.7	5.4
10	M.B.	10/85	0.08	0.09	0.11	0.4	0	0.68
11	Acq. SSS Groane	10/85	0.27	0.35	0.07	1.8	1.07	3.6
14	Marmi EUR	10/85	0.7	0.37	0.09	0	0.65	1.9
20	Acq. SSS Don Cavagna	10/85	0.42	0.045	0.065	0.5	1.0	2.03

Tabella n.4: caratteristiche chimiche delle acque di pozzo (zona a sud dei rilievi).

La presenza di queste sostanze in falda evidenzia un problema di continuo rilascio di tali composti chimici nell'ambiente. La loro presenza è spesso legata a scarichi di rifiuti industriali, a pozzi perdenti, a vasche e fosse settiche, a tubazioni o serbatoi di stoccaggio non a perfetta tenuta, a sversamenti accidentali, a discariche e all'abbandono della sorveglianza dei pozzi.

Una volta raggiunta la superficie della falda, queste sostanze tendono a fluire verso il basso sino a raggiungere il substrato impermeabile appiattendosi su di esso. Nel contempo la fase miscibile genera un pennacchio inquinante che si espande nella direzione di flusso.

Oltre alle sostanze indesiderabili nei pozzi della zona è stata individuata la presenza di “**sostanze tossiche**” legate al ciclo di produzione di industrie chimiche oppure all'impiego in agricoltura (es. fitofarmaci). Nel caso di questi ultimi si deve rammentare che le acque meteoriche o di irrigazione, sono in grado di solubilizzare una parte delle sostanze inquinanti, trasportandole verso i corsi d'acqua principali o, se il coefficiente di conducibilità idraulica dei terreni è elevato, nel sottosuolo. Nei suoli poveri di sostanza organica la migrazione dei pesticidi, a parità di condizioni, viene favorita.

Si riportano i risultati contenuti nello studio condotto nel 1986 dallo Studio Idrogeotecnico del Dott. Ghezzi e denominato "Piano di Bonifica della falda sotterranea interessata da atrazina nella provincia di Bergamo" (L.R. n.62 del 27/05/1985).

Per questa indagine sono stati effettuati diversi campionamenti di terreno prelevati a diversa profondità su tutto il territorio della pianura. Alcuni dei campioni relativi alla zona di studio hanno evidenziato fenomeni di inquinamento da atrazina; in particolare:

- campioni di suolo prelevati in comune di Albano e in quello di Seriate (a nord di Cascina Alta);
- campioni prelevati nella Roggia parallela alla S.S. n.42 del Tonale, nel comune di Albano e della Roggia Passa Albana nel tratto in comune di Brusaporto.

Sono stati effettuati inoltre anche campionamenti ed analisi di acque di falda. Le determinazioni analitiche hanno riscontrato i valori più elevati in Atrazina (valori di punta sino a 40 ug/l) nei pozzi presenti nell'area di Albano San Alessandro - Montello.

Secondo i risultati di tale studio la porzione di acquifero superficiale che risulta inquinata da tale diserbante si estende in direzione est-ovest per una lunghezza di 5.5 chilometri: I limiti di tale area risultano poco definiti verso ovest (verso Pedrengo-Seriate), mentre verso est essa si estende sino verso la valle del fiume Cherio, dopo Montello.

Nella stessa indagine emerge l'esistenza di una situazione d'inquinamento simile alla precedente in una zona che appare circoscritta ai comuni di Seriate (zona sud), Cavernago e Ghisalba. L'area si estende grossomodo N-S per una lunghezza minima di 7 chilometri ed una larghezza di 3, e presenta una forma di pennacchio tipica di una sorgente inquinante puntiforme.

La conclusione finale di questo studio sull'inquinamento da atrazina sembra minimizzare il ruolo della pratica del diserbo dei terreni che è generalizzato su tutto il territorio (ad eccezione di qualche caso isolato); ribadisce invece la responsabilità della diffusione dell'inquinante alla presenza di sorgenti piuttosto ristrette tra cui quelle citate di Albano San Alessandro e di Seriate Sud.

In uno studio che prende in considerazione la distribuzione dell'atrazina nella pianura bergamasca (Beretta G.P., Galli A. Pezzerà G.,1989) vengono ribadite le conclusioni del "Piano di Bonifica" per quanto riguarda le dimensioni del pennacchio inquinante che si estende sino a profondità elevate in corrispondenza del tracciato del fiume Serio (figura n.2).

Quest'area, dove l'atrazina presenta valori di concentrazione fino a 18.5ug/l, si estende verso sud per 14 Km circa. La contaminazione si approfondisce notevolmente e l'isocona (linea ad ugual concentrazione) di 1 ug/l raggiunge in breve spazio una profondità di circa 140 metri (corrispondente ad una quota di 70 m s.l.m.). Data l'elevata mobilità di questo inquinante in zone con suoli poveri di materia organica, sarebbe giustificabile la consistente riduzione o addirittura il divieto d'uso del prodotto.

Per quanto riguarda l'inquinamento da Atrazina nelle acque di falda, i controlli effettuati su una serie di pozzi situati nei comuni limitrofi a Brusaporto, hanno determinato contenuti di atrazina variabili tra gli 0.03 e i 0.4 µg/l (maggio-settembre

1987) (fonte Provincia di Bergamo).

I successivi controlli effettuati nell'arco di tempo che va dal 1989 al 1993 hanno indagato anche sulla presenza di altre sostanze quali: simazina, terbutilazina e solventi clorurati e hanno dato i seguenti campi di variabilità:

- Atrazina: 0.02 - 0.4 µg/l;
- Simazina: 0.02 - 0.09 µg/l;
- Terbutilazina: 0.02 - 0.33 µg/l;
- Propazina: 0.02 µg/l;
- Solventi Clorurati: 2-17 ppb.

La Concentrazione Massima Ammissibile per ciascun parametro chimico tossico è stabilita dal D.P.R. n.236 del 24/05/1988 (Allegato I) nei seguenti valori:

- Alachlor 0.1µg/l (amido);
- Atrazina 0.1µg/l (triazina);
- Simazina 0.1µg/l (triazina);
- Terbutilazina 0.1µg/l (;
- Propazina 0.1µg/l (triazina).

E' necessario premettere che anche se tuttora in alcuni pozzi della zona si verifica il superamento di tali limiti, nelle captazioni pubbliche per uso idropotabile sono stati installati ormai da tempo filtri a carbone attivo.

Il Piano Regionale di Risanamento delle Acque (P.R.R.A - Settore Funzionale Acquedotti) approvato dal Consiglio Provinciale con Delibera n.164/94, non ha in previsione sino al 2016 di variare l'attuale dotazione acquedottistica ad esclusione della chiusura di 2 pozzi situati in territorio di Bagnatica che sono apparsi inquinati. Questo sulla base del fatto che mantenendo una dotazione idrica di 151 l/ab. per giorno i pozzi attualmente in esercizio prelevano acqua in quantità sufficiente che, secondo quanto riportato, "non necessita di trattamento di potabilizzazione ma eventualmente di una semplice disinfezione preventiva".

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRITORIO

In questo capitolo sono state raccolte tutte le informazioni tratte dagli studi geologico-geotecnici resi disponibili. La distribuzione alquanto disomogenea di tali informazioni sul territorio unitamente al loro numero alquanto limitato, non ha consentito la redazione di una cartografia di dettaglio delle caratteristiche geotecniche dei terreni ma fornisce comunque alcuni elementi di valutazione di carattere generale.

Si riporta in particolare quanto desunto da relazioni tecniche allegate alle pratiche autorizzative delle cave/discariche.

Le cave di Brusaporto sono situate tutte in corrispondenza del L.F.d.P. (Livello Fondamentale della Pianura).

Partendo dalla superficie è riconoscibile uno strato superficiale di alterazione di 0.5-1 metri che sfuma verso il basso a ghiaie e sabbie prevalenti con locali fenomeni di cementazione e rare lenti decimetriche di sabbia.

Al di sotto dei primi 13 metri il tenore in limo ed argilla cresce.

Le informazioni puntuali che è stato possibile raccogliere sono di seguito riassunte:

- per la cava Marell Scavi sono stati prelevati campioni di terreno sottoposti ad analisi granulometrica. E' risultato trattarsi di ghiaie sabbiose con le seguenti percentuali tra le diverse frazioni granulometriche:
12% di ciottoli e blocchi;
66% di ghiaia;
20% di sabbia;
2% limo.
 $U=43$; $K=0.71 \cdot 10^{-2}$ m/s
Sono state effettuate prove penetrometriche la cui interpretazione ha fornito un angolo di attrito di 35-40° per i primi 5 metri e di 45° a profondità maggiore;
- per la Cava Testa sono stati prelevati due campioni di terreno sottoposti ad analisi granulometrica. E' risultato trattarsi di ghiaie sabbiose con le seguenti percentuali tra le diverse frazioni granulometriche:
12% di ciottoli e blocchi;
68-70% di ghiaia;
18-15% di sabbia;
2-3% limo.
 $U=58-75$; $Cc=2.16-2.08$; $K=2.5-1.6 \cdot 10^{-1}$ m/s.
E' stata effettuata una prova penetrometrica che ha fornito un angolo di attrito di 45°;
- per la cava in gestione all'Impresa Milesi e Salvi sono state effettuate complessivamente tre prove penetrometriche che hanno fornito valori della capacità portante, dei materiali alluvionali grossolani, di 4-4.5 kg/cmq.

La relazione "Ubicazione delle indagini geognostiche" prodotta p.c. dell'Amm. Provinciale di Bergamo, relativa al progetto esecutivo della nuova Strada Provinciale n.

91 - Valle Calepio contiene i risultati ottenuti dall'effettuazione di indagini geognostiche sul territorio comunale. Sono state effettuate tre perforazioni spinte sino a 15 metri di profondità dal piano campagna oltre a due pozzetti esplorativi della profondità di 5 metri ciascuno.

I sondaggi sono situati rispettivamente a sud dell'Azienda San Giuseppe (S1), a ovest della Casc.na San Pietro (S2), e a est della Casc.na Groane (S3) ed hanno indagato pertanto solamente le caratteristiche del L.F.d.P. (Livello Fondamentale della Pianura) evidenziando una stratigrafia dominata da ciottoli, ghiaie, sabbie in rapporto variabile tra loro.

Alla profondità di circa 11 metri è stato riconosciuto un livello di spessore variabile (spessore massimo 3 metri) costituito da un limo sabbioso e identificato nel sondaggio (S4 nel comune di Bagnatica) come un paleosuolo sepolto.

I risultati delle indagini geognostiche eseguite per la realizzazione del nuovo campo sportivo (due sondaggi meccanici a carotaggio continuo e tre prove penetrometriche, anno 1987) hanno portato al riconoscimento della seguente successione stratigrafica:

- 0 - 1.5 m, limi argillosi bruni;
- 1.5 - 3.5/4.00 m, limi argillosi leggermente sabbiosi con inclusi di ghiaia;
- 3.5/4.0 - 8.0 m, limi argillosi grigio giallognoli passanti a limi sabbiosi grigi intercalati a ghiaia.

Le prove penetrometriche hanno consentito di ricavare il valore della coesione non drenata (0.6-1 Kg/cm^q) e di portanza (1.17 e 1.57 Kg/cm^q) dei terreni presenti, sulla base di un peso specifico di 1.75 t/mc.

Per quanto riguarda la piana di Albano si riportano i risultati delle indagini condotte nel 1993 per la realizzazione dell'interporto di Montello.

Per la caratterizzazione dei terreni sono stati effettuati rispettivamente:

- quattro sondaggi della profondità di 20 metri: S1, S2, S3, S7;
- undici prove penetrometriche: 11, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25.

Nel sondaggio (S3/20) situato ai piedi del rilievo del Monte Tomenone, al di sotto di una copertura rappresentata da un'argilla di color bruno, imballante ciottoli di piccole dimensioni che può essere considerata di probabile origine colluviale. Il substrato roccioso rappresentato da "calcarei marnosi grigio chiari con laminazioni parallele" è stato raggiunto alla profondità di 8.50 metri.

Spostandoci verso nord, al di sotto dei depositi colluviali sono state riconosciute ghiaie alluvionali con intercalazioni lenticolari argillose e sabbioso-limose.

Anche in questo studio, sulla base delle ricostruzioni stratigrafiche effettuate, viene formulata l'ipotesi dell'esistenza di un paleo-alveo (cfr. capitolo 8.2) che lambiva il piede della collina e che ha rielaborato i preesistenti depositi fluvio-glaciali.

Nel foro (S1) situato a 200 metri dal piede della collina ed a 70 metri dal Cavo Passi è stata individuata un falda libera situata alla profondità di 6.80 metri dal piano campagna.

Sempre nello stesso studio viene fornita una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti, secondo il seguente schema stratigrafico-geotecnico:

- da 0 a -3 metri: i terreni sono stati considerati prevalentemente incoerenti e caratterizzati da angoli di attrito compresi tra 30° e 40° , da coesione non drenata nulla, e da un peso di volume $\gamma=1.7-1.8$ t/mq;
- da -3 a -5 metri: i terreni sono stati considerati prevalentemente incoerenti e caratterizzati da angoli di attrito $\varphi=35^\circ$, coesione non drenata $C_u=0$ t/mq, $\gamma=1.7-1.8$ t/mq;
- da -5 a -7 metri: i terreni sono stati considerati prevalentemente incoerenti caratterizzati da angoli di attrito $\varphi=30^\circ$, coesione non drenata $C_u=0$ t/mq.

10. CAVE E DISCARICHE DI RIFIUTI INERTI

La porzione sudoccidentale del territorio comunale ricade, secondo il Piano Provinciale Cave (approvato con delibera del Consiglio Regionale n. IV°/1731 del 09/11/1989), nel Polo di Produzione "AP1g".

Il Polo di Produzione AP1g prevedeva all'atto della sua istituzione riserve per 2.000.000 mc di sabbia e ghiaia (minerali di 2.a categoria R.D. n.1443/1927 L.R. n.18/1982) con un'autonomia di 11 anni e una produzione annua di 180.000 mc (per tre ditte).

Successivamente la Provincia di Bergamo, con l'atto esecutivo della G.P. n. 1739 in data 21/12/1994 ha in corso di approvazione, in ottemperanza alla normativa regionale, "la proposta di revisione ed aggiornamento del Piano Provinciale Cave - 2° Settore Merceologico (sabbie, ghiaie e pietrisco per inerti) interessante in prevalenza la Pianura Bergamasca.

Secondo quanto predisposto, il nuovo Piano Cave Provinciale prevede che, su un'area di 71 ettari estesa sui comuni di Bagnatica, Brusaporto e Seriate, siano disponibili ancora 3,95 milioni di metri cubi con un'autonomia del polo di 7 anni. Ciò ha determinato per il comune di Brusaporto, un'estensione verso sud dell'area estrattiva attuale sino a raggiungere il limite comunale.

Il Polo di Produzione "AP1g" è stato distinto in tre sottounità:

- Polo di Produzione "AP1g1" in cui ricade l'attuale Cava Colosio sita nel Comune di Seriate;
- Polo di Produzione "AP1g2" comprende diverse cave e si estende sia sul territorio di Brusaporto, Seriate e Bagnatica.
Oltre alle 2 aree di estrazione attiva il nuovo Piano Cave prevede un'area di ampliamento e di collegamento. Per il polo è prevista una riserva di 1.350.000 mc che con una produzione di 200.000 mc si manterrà attivo per altri 5 anni (1997-2001);
- Polo di Produzione "AP1g3" compreso nel Comune di Bagnatica.

Per queste cave è previsto un recupero all'uso agricolo previo riempimento della cava esaurita con rifiuti inerti. Alla fine dell'esercizio la superficie finale della discarica d'inerti, dovrà essere resa impermeabile con la posa di uno strato di 30 cm di argilla al di sopra del quale dovrà essere riposto uno spessore di almeno 50 cm di terreno agrario.

In corrispondenza del Polo di produzione AP1g2 sono attualmente presenti tre cave/discariche d'inerti:

- Cava Marell Scavi ex Facchinetti ed ex Bartoletti;
- Cava Testa (ex cava Pinetti).
- Imprese Milesi e Salvi (cave Birondina e Bolghera);

La cava Marell che si estende in parte anche sul territorio comunale di Seriate ha raggiunto la profondità di 10.5 metri dal piano campagna, uguale profondità ha raggiunto la cava Testa. Tali profondità non causano interferenze dirette con la superficie della falda freatica ad oltre 50-60 metri dal p.c.

Le cave Marell e Testa sono ormai esaurite e in fase di riempimento con rifiuti inerti (regolamento regionale del 09/01/1982, art. n°.2, art. 2 comma d). Secondo la normativa vigente (R.R n. 2 del 09 gennaio 1982), i rifiuti inerti comprendono i materiali provenienti da opere di sbancamento (rocce o terreni) o di demolizioni nonché limi filtropressati provenienti dalla lavorazione di materiali lapidei, prodotti di vetro-materiali ceramici, scorie di acciaieria di alto forno, terre di fonderia, polvere di quarzo, materiale solido proveniente da impianti di addolcimento di acque di falda.

Sempre secondo tale normativa la localizzazione di tali impianti deve essere ricercata in aree degradate da attività estrattive; la discarica inoltre deve essere situata ad una distanza di almeno 100 metri dalle abitazioni (Art.7) e non ricadere nella zona di rispetto dei punti di prelievo di acqua destinata prevalentemente ad uso potabile (Art.9). La cava Birondina ha ottenuto un'autorizzazione che prorogava sino al 29/03/1997 l'attività estrattiva (deliberazione Giunta Provinciale n. 37 del 18/01/1996). E' stata effettuata l'escavazione complessiva di 50.000 mc di materiale mercantile che ha determinato il raggiungimento di una profondità massima di 12 metri. Al termine dell'attività estrattiva si prevede anche per questa cava il riempimento con rifiuti inerti sino al piano campagna e la copertura con suolo vegetale.

Le discariche d'inerti sopracitate, attive sia sul territorio comunale che nelle immediate vicinanze, risultano rientrare negli impianti di prima categoria.

FASE DI SINTESI DEI DATI

11. CARTA DI SINTESI

L'elaborazione delle informazioni raccolte ha consentito la stesura di una carta di sintesi (tavola 10) sulla quale sono stati evidenziati tutti gli elementi maggiormente significativi per la definizione delle caratteristiche del territorio in oggetto dal punto di vista geologico-geotecnico, geomorfologico, idrologico-idrogeologico ed ambientale. Sono stati pertanto di seguito distinti gli aspetti ad essi collegati.

11.1 ASPETTI GEOLOGICI - GEOTECNICI

Per quanto riguarda gli aspetti geologici-geotecnici, si deve distinguere innanzitutto tra area collinare e area pianeggiante.

Nella prima zona, laddove affiorano, le rocce appaiono a reggipoggio (lato settentrionale delle colline) o a franapoggio più inclinato del pendio (lato meridionale delle colline), sono pertanto limitate le zone dove la stratificazione è disposta a franapoggio inclinata meno o come il pendio condizione questa che appare la più sfavorevole per la stabilità. Le rocce che costituiscono i rilievi appaiono in generale compatte e resistenti ad esclusione dei litotipi che caratterizzano il flysch marnoso-arenaceo i quali risultano fratturati e facilmente alterabili.

I depositi eluvio-colluviali di copertura del substrato roccioso risultano ispessirsi alla base dei rilievi ed appaiono costituiti da materiali fini (per lo più limoso-argillosi). Tali materiali, sulla base di quanto emerso dalle indagini condotte per la realizzazione del campo sportivo, possiedono mediocri caratteristiche geotecniche.

Le aree pianeggianti che risultano costituite da unità deposizionali di ambiente fluvioglaciale e che rappresentano gran parte del livello fondamentale della pianura, appaiono dotate di buone caratteristiche geotecniche.

Altrettanto non si può dire dei materiali inerti impiegati per il riempimento delle discariche. Questi materiali risultano notevolmente eterogenei dal punto di vista geotecnico e soggetti ad assestamenti anche elevati nel corso del tempo (Foto n.18).

11.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Non sono presenti processi geomorfologici attivi e/o quiescenti (cioè potenzialmente riattivabili in particolari condizioni) di una certa importanza ad esclusione dell'area in frana situato in loc. Cascina Testa (vedi Foto n.15 e 16).

Si segnala inoltre l'esistenza di modesti fronti in roccia riferibili a cave abbandonate. Tali fronti, molto spesso verticali, possono dare luogo a distacco di blocchi rocciosi. La folta vegetazione sviluppatasi alla base ha creato uno schermo protettivo in grado di ridurre notevolmente il pericolo di massi.

11.3 ASPETTI IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI

11.3.1 *Idrologia*

Il reticolo idrografico presente sul territorio comunale è costituito da piccoli impluvi che incidono i rilievi. Tali impluvi in corrispondenza del centro abitato confluiscono in una fitta rete di canali ricoperti o intubati in grado di smaltire le portate di piena.

Reti tecnologiche

Per quanto riguarda gli impianti di depurazione delle acque reflue, è già in fase di realizzazione l'impianto intercomunale. L'impianto risulta ubicato sul territorio di Bagnatica al limite con il comune di Costa di Mezzate (in località Cascina La Casella). Tale depuratore smaltirà gli effluenti depurati nella Roggia Cattanea ed avrà una potenzialità iniziale di 40.000 A.E. Tale potenzialità sarà successivamente portata sino a 114.572 A.E.. L'impianto prevede il trattamento di tipo biologico a fanghi attivi, con nitrificazione-denitrificazione e con digestione anaerobica dei fanghi. E' prevista la rimozione biologica del fosforo.

Un secondo impianto di depurazione già funzionante è situato in corrispondenza del P.I.P. (Polo Industriale Polivalente) di Brusaporto e scarica gli effluenti depurati in corrispondenza della Roggia Brusaporto.

Sulla tavola n.10 è stata riportata l'intera rete fognaria esistente.

11.3.2 *Idrogeologia*

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici la zona pianeggiante si distingue in due settori:

- aree con superficie della falda situata ad una profondità minore a 5 m;
- aree con superficie della falda situata ad una profondità maggiore di 5 m;

Ad essi si sovrappongono le aree di salvaguardia dei pozzi ad uso potabile secondo il D.P.R. 236/88 (24/05/1988), delimitate tenendo conto delle presunte aree di influenza.

La zona più facilmente vulnerabile dal punto di vista idrogeologico e che risulta essere quella con la superficie di falda posta ad una profondità inferiore ai 5 metri, comprende tutta la fascia subpianeggiante ai piedi dei rilievi.

In corrispondenza della rimanente area pianeggiante (quella a sud dei rilievi) la superficie della falda è situata a profondità superiore ai 5 metri.

Per quanto riguarda questa zona, si riportano nuovamente le conclusioni dell'indagine effettuata dallo Studio Ghezzi (1986) in cui la zona in questione è classificata come "caratterizzata,..., dalla presenza di sedimenti ad elevato coefficiente di permeabilità con relativa facilità all'infiltrazione in profondità degli inquinanti sparsi sul suolo. Un certo grado di protezione è fornito quindi esclusivamente dall'elevata soggiacenza della falda".

Per quanto riguarda la "zona di rispetto" attorno alle risorse idriche (pozzi), prevista dal D.P.R. n.236 del 24/05/1988 (raggio minimo 200 metri attorno alla captazione), si segnala l'esistenza di un'unico pozzo ad uso potabile (Pozzo Acq. S.S.S Groane) situato in territorio di Bagnatica. Questo pozzo è situato a 600 metri dal limite comunale pertanto la zona di rispetto del pozzo Groane non interessa direttamente il territorio di

Brusaporto.

Il pozzo dista 900 metri dal polo estrattivo (AP1g2) / discarica inerti. Anche se la distanza del pozzo sia dal polo estrattivo (destinato a diventare progressivamente una discarica d'inerti) che dal polo industriale risulta elevata, considerando il limitato grado di protezione sopraccitato si può ritenere che il rischio d'inquinamento della falda sia piuttosto elevato nel caso si verificassero eventi accidentali non prontamente segnalati.

L'esame della cartografia prodotta (aggiornata al 1996) evidenzia l'esistenza di un'elevata concentrazione di attività industriali ed artigianali nelle zone di Pedrengo, Albano San Alessandro, Seriate e di Cassinone (Seriate).

11.4 SISMICITA' DEL SITO

Il comune di Brusaporto non compare nell'elenco allegato alla legge n. 1684 del 25/11/1962. Tale elenco aggiornato con le successive modificazioni ed integrazioni comprende tutte le località sismiche di prima e di seconda categoria.

11.5 ASPETTI AMBIENTALI

11.5.1 Vincoli

Per quanto riguarda i vincoli presenti sul territorio, va segnalata l'esistenza di:

Immobili sottoposti alla tutela della legge 1089/39

La zona del Castello dei Rivola (vedi tavola n.10) risulta soggetta al vincolo di tutela relativo alla legge 1089/39.

Area di rispetto aereoportuale.

Sulla carta di tavola 10 è stato riportato tale limite che comprende sia la zona "B" che la zona "C" soggette alle norme di rispetto aereoportuale (aeroporto di Orio al Serio). Si tratta di curve di esposizione al rumore e sono state stabilite in base alla Deliberazione della Giunta Regionale del 3 Dicembre 1985 n. 4/3762.

Nella zona B e C di rispetto aereoportuale sono consentite esclusivamente le attività agricole e l'allevamento di bestiame.

Cave e discariche

E' stato riportato sulla tavola n.10 la probabile estensione del nuovo polo estrattivo "AP1g2" che rimarrà attivo per altri 5 anni (1997-2001) e si estenderà verso sud sino a raggiungere il limite comunale. Al termine è previsto il riempimento delle cave con materiali inerti, l'impermeabilizzazione della superficie ed il recupero dei terreni alla pratica agricola.

12. CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

Dalla valutazione incrociata di tutti gli elementi acquisiti dallo studio geologico-ambientale e delle osservazioni contenute nel capitolo precedente viene proposta una suddivisione della superficie comunale in zone omogenee in funzione delle quattro classi di fattibilità geologica stabilite. Per la definizione delle diverse classi di fattibilità si è fatto riferimento alla Delibera della Giunta Regionale 18 Maggio 1993, N. 5/36147 compatibilmente con le caratteristiche peculiari del territorio in oggetto.

La carta di tavola 11 che riporta i limiti tra le zone omogenee a diversa fattibilità va considerata come uno strumento in grado di segnalare le problematiche che devono essere affrontate allorchè si decide di modificare la destinazione d'uso di un'area.

Definire aree caratterizzate da "fattibilità con limitazioni di vario grado" significa perciò che ogni cambiamento di destinazione d'uso potrà essere effettuato a patto di tenere in considerazione il tipo e l'entità delle limitazioni proposte.

Occorre comunque tenere in considerazione anche la funzione dell'opera.

Visti gli aspetti geologici geomorfologici che caratterizzano il territorio comunale di Brusaporto sono state individuate sia aree in Classe 1 "Fattibilità senza particolari limitazioni" che aree in Classe 2, 3 e 4 cioè aree dove può essere necessario effettuare di studi ed indagini geognostiche preventivamente ad ogni valutazione di variazione di destinazione d'uso.

In ogni caso, vista l'ampiezza delle aree del territorio comunale appartenenti alla classe uno, si consiglia di prevedere eventuali variazioni di destinazione d'uso esclusivamente su tali aree per non gravare, con eventuali oneri aggiuntivi e/o limitazioni di vario tipo, sulle opere da realizzare.

I limiti tra le diverse classi riportati sulla tavola sono indicativi in quanto tengono in considerazioni valutazioni prevalentemente di carattere qualitativo.

Le classi di fattibilità risultano pertanto così definite:

Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

In questa classe sono comprese tutte quelle aree pianeggianti o subpianeggianti per le quali non sono state rilevate specifiche controindicazioni alla urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle.

Rientrano in classe 1 tutta la zona pianeggiante del territorio di Brusaporto di origine fluviale - fluvioglaciale (cfr. tavola n.3). Queste zone sono caratterizzate da buoni terreni dal punto di vista geotecnico e da superficie della falda situata a profondità superiore ai 5 metri.

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica della destinazione d'uso dei terreni. Per superare tali condizioni limitative è necessario effettuare approfondimenti di carattere geologico-tecnico e/o idrogeologico allo scopo di realizzare, qualora ne emerga la necessità, eventuali opere di sistemazione e bonifica.

Si è ritenuto necessario pertanto specificare i diversi aspetti che caratterizzano il territorio comunale:

Sottoclasse 2a: problematiche di tipo geologico-geotecnico.

Rientrano in questa classe le zone collinari dove la superficie topografica ha un'inclinazione media inferiore ai 20° e le zone con discrete caratteristiche geologico - geotecniche dei terreni e del substrato roccioso.

In tali aree possono essere presenti modesti fenomeni di dissesto come: piccole frane superficiali, crolli localizzati o fenomeni carsici di scarso rilievo. Tali fenomenologie di dissesto sono comunque ben individuabili, circoscrivibili e caratterizzate da limitati volumi. In questa classe possono ricadere le aree marginali indirettamente influenzate da fenomeni di dissesto che ricadono in una classe di fattibilità superiore.

Sono state riconosciute due diverse situazioni (cfr. tavola n.3):

- aree ove il substrato roccioso di qualità da discreta a mediocre è presente a profondità di poco superiore al metro e dove l'inclinazione del pendio è debole.
- aree ove sono presenti spessi terreni di copertura dotati di caratteristiche geologico - geotecniche da discrete a mediocri.

Sottoclasse 2b: con problematiche di tipo idro-idrogeologico.

Rientrano in questa classe tutte quelle zone vulnerabili idrogeologicamente per la presenza a ridotta profondità della superficie di falda (limitata soggiacenza) e per l'assenza di strati superficiali fini di protezione (vedi tavola 6, 8 e 9).

Tale classe comprende pertanto tutte le aree dove la superficie della falda superficiale è posta ad una quota inferiore o uguale a 5 metri.

Tali aree si estendono prevalentemente ai piedi dei rilievi collinari e in particolare, per la zona a nord di quest'ultimi, sino al limite comunale.

Per la zona a sud dei rilievi, in tale sottoclasse ricadono tutti i terreni sino al limitare con la strada provinciale n. 67 per Bagnatica.

In quest'ultimo caso, a ridurre in parte l'elevata vulnerabilità della falda locale, contribuiscono positivamente i depositi colluviali presenti con spessore metrico a partire dalla superficie topografica.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

La terza classe comprende le aree nelle quali sono state evidenziate consistenti limitazioni alla modificazione di destinazione d'uso dei terreni sia a causa dell'entità che del tipo di problematica individuata.

L'utilizzo di queste aree andrà subordinato all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica ed idrogeologica dell'area interessata e del suo intorno mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (geologici, idrogeologici, ambientali, pedologici, ecc.). Ciò potrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e di bonifica.

In questa classe ricadono le aree con inclinazione della superficie topografica maggiore di 20° (tavola n.2) potenzialmente soggette all'influenza diretta di fenomeni di dissesto come frane di media entità e varia tipologia, ad eventi alluvionali con modesto trasporto in massa, a importanti fenomeni di inquinamento diretto della falda, ecc.

Rispetto alla Classe 2, i dissesti sono caratterizzati da una maggiore diffusione ed estensione e quindi possono richiedere la necessità di realizzare opere di difesa sia attive che passive.

Si è ritenuto necessario pertanto distinguere tra le diverse problematiche che caratterizzano il territorio comunale:

Sottoclasse 3a: con problematiche di tipo geologico-geotecnico.

Rientrano in questa classe tutte le zone collinari dove la superficie topografica ha un'inclinazione media superiore ai 20° e le aree con scarse caratteristiche geologico - geotecniche dei terreni di copertura e del substrato roccioso.

Si distinguono principalmente tre tipologie:

- aree di affioramento del substrato roccioso con versanti ad inclinazione elevata oppure dove la roccia è presente a ridotta profondità;
- aree ove sono presenti spessi terreni di copertura dotati di caratteristiche geologico - geotecniche da mediocri a scadenti;
- aree interessate dall'azione estrattiva e destinate successivamente a discarica di materiali inerti. Tali aree risultano localizzate nel settore sudoccidentale del comune di Brusaporto. La natura dei detriti disposti in discarica risulta molto variabile per cui si dovrà tener conto dei possibili cedimenti differenziali legati all'estrema eterogeneità dei materiali presenti.

Per la definizione del limite di tali zone (cfr. tavola n.10) si è considerato di estendere l'attuale superficie reale di cava/discarica, con una fascia di venti metri di larghezza (in riferimento anche all'Art. 104 del D.P.R. n.128, 09/04/1959) attorno a tutto il perimetro.

Quanto affermato è motivato dal fatto che le scarpate di tali cave risultano

generalmente subverticali e che la realizzazione di edifici nelle immediate vicinanze di quest'ultime potrebbe indurre cedimenti nelle strutture.

Alcune delle zone di versante con inclinazione della superficie topografica superiore ai 20° e classificabili quindi nella sottoclasse 3a sono state fatte rientrare nella **sottoclasse 2a** per il loro favorevole assetto strutturale. Tale modificazione è stata apportata solamente dove le rocce del substrato risultano subaffioranti e possiedono discrete caratteristiche geomeccaniche. La giacitura delle superfici di stratificazione risulta inoltre o a reggipoggio, o a traverpoggio oppure a franapoggio più inclinato del pendio.

Sottoclasse 3b: con problematiche di tipo idro-idrogeologico.

Rientrano in questa classe tutte quelle zone caratterizzate da un'elevata vulnerabilità della falda nonché le aree di rispetto dei pozzi **ad uso potabile** (acque destinate al consumo umano).

Per quanto riguarda le zone di rispetto attorno alle opere di captazione destinate al consumo umano (D.P.R. del 24/05/1988 n.236), non sono presenti sul territorio comunale pozzi le cui acque siano destinate a tale impiego.

Sia la zona di tutela assoluta che quella di rispetto dell'unico pozzo presente nelle vicinanze del limite sud del territorio comunale, non appaiono interessare il territorio.

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe ricadono tutte quelle aree per le quali sono previste gravi limitazioni per la modifica della destinazione d'uso a seguito del grado di pericolosità e/o d'interesse ambientale rilevato. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento od alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

In questa classe sono presenti aree direttamente o indirettamente influenzate da frane attive o quiescenti che possono evolvere determinando seri danni alle infrastrutture ed aree soggette ad eventi alluvionali con ingente trasporto in massa.

La presenza di tali fenomeni è tale da rendere estremamente difficoltoso o impossibile l'intervento con opere di difesa.

In queste aree è necessario impedire la realizzazione di nuove costruzioni di qualsiasi tipo che prevedano la presenza, più o meno continuativa, di persone.

Nel caso specifico sono state distinte due sottoclassi in funzione dei diversi aspetti che caratterizzano il territorio comunale:

Sottoclasse 4a: con problematiche di tipo geologico-geotecnico.

Rientrano in questa classe tutte le zone morfologicamente attive, che corrispondono a tutte le zone di scarpata attiva e i pendii subito sottostanti alle scarpate delle cave di pietra da costruzione ormai abbandonate. Da queste zone si possono staccare dei massi. E' compresa in tale sottoclasse l'area di frana attiva in località Casc.na Testa.

Sottoclasse 4b: aspetto idrologico-idrogeologico.

Si ritiene di poter considerare inclusa in questa classe la zona di risorgiva del Cavo Passi ubicato in comune di Albano.

L'area del fontanile del Cavo Passi risulta situata al limite del territorio comunale. Quest'area va tenuta in considerazione in quanto rappresenta la zona d'emergenza della falda. Recentemente l'area è stata recintata e sono state effettuate operazioni di pulizia delle sponde.

La mancata manutenzione della vegetazione di sponda ha comportato in passato lo sviluppo di robinia e rovi che ha determinato il completo mascheramento della zona di emergenza. In questa situazione di abbandono, sia la zona d'emergenza che il canale da essa alimentato era risultata oggetto di numerosi episodi di discarica abusiva.

Sia il fontanile che il canale più a valle, proprio per il loro aspetto d'incisione, rappresentano una via di accesso diretta alle acque di falda.

Interesse naturalistico: il fontanile oltre ad alimentare un canale è sede di possibile insediamento di specie vegetali naturali autoctone che possono incrementare il valore naturalistico dell'area.

12.1 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'assetto territoriale di Brusaporto è caratterizzato da numerose variabili connesse alle diverse caratteristiche geologiche e alla complessa evoluzione geomorfologica dell'area.

In relazione a tale complessità, le aree omogenee per problematica ricadono in tutte le quattro classi a diversa fattibilità geologica.

In relazione alle aree a diversa fattibilità geologica definite nella carta di tavola n.11 si vuole fornire alcune indicazioni relativamente alle scelte progettuali da adottare nel caso dell'edificazione di nuove aree oppure nel caso di importanti ristrutturazioni che comportino pesanti modifiche strutturali di edifici esistenti e conseguentemente dei carichi agenti sulle fondazioni.

Si passa pertanto in rassegna le diverse problematiche individuate sul territorio comunale.

Ricade in **Classe 1** (Fattibilità senza particolari limitazioni) tutta la zona pianeggiante a sud della strada provinciale n.67 per Bagnatica con la sola esclusione delle zone di cava/discarica d'inerti (ambito estrattivo AP1g2). In questa zona non esistono particolari problematiche di tipo geologico ed i terreni possiedono buone caratteristiche geotecniche.

In quest'ambito è previsto che le aree di cava destinate successivamente a discariche di inerti con recupero finale all'originario uso agricolo. Questo contribuirà a recuperare tali superfici alle caratteristiche naturali, invertendo in tal modo la tendenza all'esclusivo sfruttamento del territorio.

Nel caso invece si optasse per un impiego di tali aree a fini edificatori, si dovrà

affrontare nella maggior parte dei casi la necessità di realizzare fondazioni di tipo indiretto (es: pali intestati negli orizzonti portanti sottostanti).

Le scarse caratteristiche geotecniche dei materiali di riempimento hanno determinato la classificazione di tali aree in **Classe 3** (Fattibilità con consistenti limitazioni), sottoclasse 3a (problematiche di tipo geologico).

Altre 4 aree in classe 1 risultano coincidere con le porzioni sommitali della collina di Brusaporto classificate come paleoaltopiani nella carta geomorfologica-geopedologica (tavola 4). In corrispondenza di tali zone il substrato roccioso è presente alla profondità massima di qualche metro.

La restante porzione subpianeggiante del territorio comunale ricade in **Classe 2** (Fattibilità con modeste limitazioni) e più precisamente nella sottoclasse 2b (problematiche di tipo idrologico - idrogeologico).

Queste zone sono caratterizzate dal possedere una copertura colluviale prevalentemente fine dotata di mediocri caratteristiche geotecniche e di una superficie di falda posta ad una quota inferiore ai cinque metri. Queste caratteristiche dovranno essere tenute in considerazione nella fase di progettazione di edifici.

La presenza a ridotta profondità della superficie di falda comporta la realizzazione di adeguate opere di impermeabilizzazione degli edifici e di drenaggio delle acque superficiali nell'area circostante l'edificio.

Oltre a questo si dovrà evitare che queste aree, fortemente vulnerabili dal punto di vista idrogeologico siano sede di attività a rischio d'inquinamento.

Per quanto riguarda la restante porzione collinare di territorio comunale sono state distinte le classi 2, 3 e 4 e più precisamente:

- sottoclasse 2a;
- sottoclasse 2a (3a);
- sottoclasse 3a;
- sottoclasse 4a.

Rientano nella sottoclasse 2a tutte i tratti di versante dove l'inclinazione è inferiore ai 20° e sono presenti spesse coperture detritico-colluviali che possiedono spesso caratteristiche geotecniche mediocri; pertanto nel caso della realizzazione di un fabbricato, andranno valutate preliminarmente le caratteristiche granulometriche e di spessore dei terreni anche mediante saggi puntuali.

Nelle aree dove si risconterà la presenza di spesse coperture eluvio-colluviali fini cedevoli che non possono essere asportate per raggiungere il substrato roccioso, si renderà necessaria la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Nella sottoclasse 2a (3a) rientrano tutte quelle zone che possiedono versanti inclinati più di 20° (sottoclasse 3a) ma che per il miglior assetto litologico-strutturale (roccia subaffiorante in assetto giaciturale favorevole) sono state declassate al livello inferiore.

Alla sottoclasse 3a appartengono tutte le zone di versante che possiedono pendii inclinati più di 20° e che risultano caratterizzati da un assetto litologico-strutturale sfavorevole (caratteristiche geomeccaniche scadenti e/o giacitura a franapoggio).

In queste aree la superficie topografica possiede una certa inclinazione ed è presente o una copertura superficiale costituita da materiali fini oppure un substrato roccioso con giacitura della stratificazione a franapoggio o dotato di scarse caratteristiche geomeccaniche. In queste zone sarà necessario eseguire studi specifici tesi alla fattibilità geologica del progetto ed alla valutazione di possibili scivolamenti indotti da operazioni di scavo.

La sottoclasse 4a raggruppa tutte le zone geomorfologicamente attive quali le scarpate di cava abbandonate e la zona in frana in località Casc.na Testa. In queste zone viene sconsigliata qualsiasi variazione di destinazione d'uso.

Le zone di emergenza delle sorgenti perenni e gli alvei naturali da esse alimentati sono state attribuite alla **Classe 3** (Fattibilità con consistenti limitazioni) e in particolare alla sottoclasse 3b che mostra problematiche di tipo idro-idrogeologico.

Piccoli allagamenti tuttavia si sono verificati in passato in concomitanza di precipitazioni particolarmente intense per il malfunzionamento di alcune tombature (causa ostruzione) in località Cascinetto del Lupo e S.P. n.70 per Albano San Alessandro (sbocco Valle Fontanino) a causa dell'ostruzione dell'imbocco delle tombature.

Per evitare che si verifichino i piccoli fenomeni di allagamento sopracitati e garantire il corretto smaltimento delle acque di deflusso, sarà necessario mantenere sgombri dai detriti e dalla vegetazione questi impluvi oltre a prevedere una periodica pulizia dell'imbocco della tombatura.

In relazione a questi eventi e alla necessità di effettuare operazioni di manutenzione oltre che di salvaguardia della naturalità degli alvei e delle zone di sorgente, si è deciso di imporre la classe 3 limitando così le modificazioni di destinazione d'uso del suolo per una fascia di larghezza minima di 10 metri a cavallo di questi impluvi.

In **Classe 4** (Fattibilità con gravi limitazioni), sottoclasse 4b è stata inserita la zona strettamente connessa al Fontanile del Cavo Passi. Il fontanile rappresenta l'emergenza della falda freatica della piana di Albano.

In relazione agli aspetti legati alla qualità dell'acqua, si auspica in futuro che, per quanto riguarda le pratiche agricole, si tenda ad una drastica riduzione nell'impiego sia dei fertilizzanti che dei fitofarmaci (diserbanti) favorendo le tecniche di agricoltura biologica che impiegano metodi naturali di lotta ai parassiti e alla vegetazione infestante.

Tali sostanze risultano in grado di inquinare sia le acque superficiali che il suolo raggiungendo la falda anche se quest'ultima risulta situata a grandi profondità (vedi risultati dello studio sull'inquinamento da atrazina condotto nel 1989).

Alla riduzione dell'impiego dei diserbanti si deve aggiungere una corretta pratica nello spandimento di liquami organici, che se non condotta idoneamente, può contribuire anch'essa ad incrementare il carico inquinante (nitrati e fosfati) sia nel suolo che nelle acque.

13. BIBLIOGRAFIA

BERETTA G.P., GALLI A., PEZZERA G. (1989). Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee. *Acque Sotterranee*, fasc. 22, Milano 1989, pagg. 45-62.

BERSEZIO R. e FORNACIARI M. (1988). Tectonic Framenwork of the Lombardy Foothills (Southern Alps) between Brianza and Lago d'Iseo Dipartimeto Scienze della Terra. Università di Milano. *Rendiconti Società Geologica Italiana*, pagg. 75-78.

BERSEZIO R., FORNACIARI M., GELATI R. (1990). Geologic map of the Southalpine Foothills between Brianza and Iseo Lake. *Mem. Soc. Geol. Italiana*, volume n. 45, Dipartimento di Scienze della Terra. Univ. degli Studi di Milano. Sezione di Geologia e Paleontologia.

BONDESAN M., CASTIGLIONI G.B., GASPERI G. (1989). Geomorphological map of the Po Plain: Progress Report of the Working Group. "Materiali", *Dip. Geog. Univ. Pd*, 8/1989, 23 pp.

CACCIA B., MORA V. Brusaporto - Profilo storico. A cura dell'Amministrazione Comunale (1994). Ferrari edizioni.

CARTON A., CAVALLIN A., FRANCAVILLA F., MANTOVANI F., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., TELLINI C., con la collaborazione di: BINI A., CASTALDINI D., FLORIS B., GIORGI G., MARCHETTI M., SOLDATI M. & SURIAN N. (1993). Ricerche ambientali per l'individuazione dei beni geomorfologici. *Metodi ed esempi. Una nuova geologia per l'ambiente*, Auditorium del Teatro Carlo Felice, Genova, 29-30 Giugno 1993.

CASTIGLIONI G.B., BIANCOTTI A., BONDESAN M., CASTALDINI D., CIABATTI M., CREMASCHI M., FAVERO V. (1986). Criteri informativi del progetto di una carta geomorfologica della Pianura Padana. "Materiali", *Dip. di geog. Univ. Pd*, 7/1986, 31 pp.

CASTIGLIONI G.B. & CAVALLIN A. (1987). La carta geomorfologica della Pianura Padana: metodologia, risultati ed applicazioni. *I convegno Internazionale di Geoidrologia*, Firenze 1987, 12 pp.

COMIZZOLI G., DESIO A., GELATI R., PASSERI L.D. (1969). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 45 e Foglio 46 (Milano e Treviglio). Servizio Geologico It., Ercolano, Napoli, 53 p.

CREMASCHI M. (1987). Paleosols and Vetusols in the Central Po Plain (Northern Italy). Ed. Unicopli, Studi e Ricerche sul Territorio Nr. 28, 306 p.

CREMASCHI M. (1990). Pedogenesi medio olocenica ed uso dei suoli durante il Neolitico in Italia Settentrionale. In: Biagi P. (ed.) - *The Neolithisation of the Alpine Region*: 71-89.

CREMASCHI M. & RODOLFI G. (1991). *Il suolo*. NIS, Roma.

CREMASCHI M., MARCHETTI M. (1992). Changes in fluvial dynamics in the Central Po Plain (Italy) between Lateglacial and Early Holocene. In FRENZEL B.: *N.s. Palaeoclimate Research / Paloklimaforschung*, v. 10 (In stampa).

DESIO A., VENZO S. (1954): Carta geologica d'Italia Foglio 33 "Bergamo". *Serv. Geolog. It.*, Roma.

ERSAL (1992). Progetto "Carta pedologica. I suoli dell'Hinterland Bergamasco. Regione Lombardia, Milano, dicembre 1992.

GABERT P. (1962). Les plaines occidentales du Po e leur Piedmounts (Piemont, Lombardie occidentale et centrale). *Etude morphologique*. Louis-Jean, Gap, 531 pp.

GAETANI M., GELATI R., JADOUL F. (1981). Carta tettonica delle Alpi Meridionali, Foglio 33 "Bergamo". Pubbl. n. 441 Prog. Finalizzato Geodinamica, CNR, pagg. 174-178, Roma.

HAMILL L. & BELL F.G. (1992). Ricerca e sfruttamento delle acque sotterranee. Ed. GEO-GRAPH, 400 pp.

LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G. & MILLER J.P. (1964). Fluvial processes in geomorphology. Ed Freeman and Co., S. Francisco e London, 522 pp.

MARCHETTI M. (1992). Geomorfologia ed evoluzione recente della Pianura Padana Centrale a Nord del Fiume Po. Tesi di dottorato, IV ciclo.

MARCHETTI M., RAVAZZI C., E FONTUGNE M. (1996). Evoluzione geomorfologica e paleoambientale del margine pedemontano lombardo durante l'Olocene: il bacino di Longuelo (Bergamo). Atti Ticinesi di Scienze della Terra, Serie speciale - vol.4. Università degli Studi di Pavia. Maggio 1995.

OROMBELLI G. (1971). Concetti stratigrafici utilizzabili nello studio dei depositi continentali quaternari. Riv. Ital. di Paleont., 77 (2), pp. 265-291.

PANIZZA M. (1972). Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio. Boll. Soc. Geol. Ital., 91, (2), pp. 207-237.

PEDRALI C. (1987). Idrogeologia della bassa Val Seriana (Provincia di Bergamo). Tesi inedita, Relatore Prof. Pompeo Casati.

PINNA M. (1961). Lo studio del trasporto solido dei corsi d'acqua nel quadro delle ricerche dell'erosione del suolo. "Atti XVIII Congresso Geogr. Ital.", Trieste, pp 149-169.

SANESI G. (1976). Guida alla descrizione del suolo. C.N.R., Firenze.

STELLA A. (1895). Sui terreni quaternari della valle del Po in rapporto alla carta geologica italiana. Boll. R. Comit. Geol. It., s. III, v. VI, 108-136, Roma.

STOPPANI A. (1874). Il mare glaciale ai piedi delle Alpi. Ricordo del Congresso Geologico di Roma. Riv. It., 3-54, Roma.

TARAMELLI T. (1876). Alcune osservazioni sul ferretto della Brianza. Atti Soc. It. Sc. Nat., v. XIX, 332-369, Milano.

UGOLINI F., OROMBELLI G. (1968). Notizie preliminari sulle caratteristiche pedologiche dei depositi glaciali e fluvioglaciali fra l'Adda e l'Olona in Lombardia. Ist. Lomb. Sc. Lett., a. 102, pp. 767-799.

VISCONTI G. E VALOTI F. Studio botanico e bioclimatico del territorio. Comune di Brusaporto, aprile 1993

VENZO S. (1957). Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico del Garda, parte I, tratto occidentale Gardone-Desenzano. Mem. Soc. It. Sci. Nat., 2 (2): 73 - 140.

VENZO S. (1961). Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico del Garda. Parte II, tratto orientale Garda-Adige ed anfiteatro atesino, di Rivoli veronese. Mem. Soc. It. sci. Nat., 13 (1), pp. 1 -64.

VENZO S. (1965). Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda, dal Chiese all'Adige. Mem. Soc. It. Sci. Nat. e Mus. Civ. St. Nat., 14 (1), pp. 1 - 81.

Ringraziamenti:

Si ringrazia per la gentile disponibilità durante la fase di acquisizione dati:

- il Sindaco di Brusaporto nella persona del Sig. Preda Giulio;
- l'Amministrazione Provinciale nei Servizi: Acque, Territorio, Ecologia, Vie e Trasporti, Cave;
- il Genio Civile di Bergamo;
- l'Acquedotto Sponda Sinistra fiume Serio;
- la società SIBEM Progetto Interporto;
- il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca;
- la ditta GEODRILL di Bergamo.

Bergamo, 30/06/1997

Pedrali Carlo
Ordine Geologi Lombardia n.860

Figura n. 1 Visione prospettica del territorio comunale.

Figura n. 2. Distribuzione dell'atrazina nelle acque sotterranee della Provincia di Bergamo (da Beretta G.P., Galli A., Pezzera G., 1989).

ALLEGATO FOTOGRAFICO



Foto 1. Panoramica dell'abitato ripresa da sud ovest.



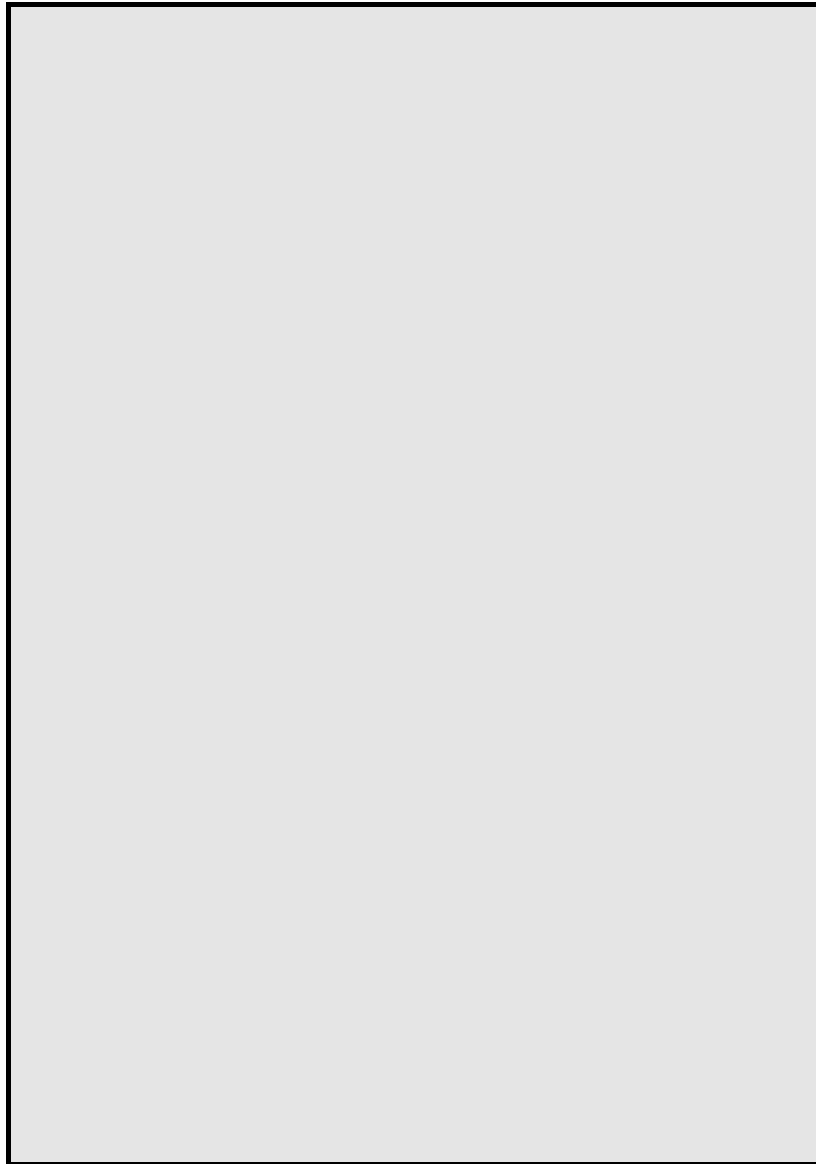
Foto 2. Panoramica della zona orientale dell'abitato.



Foto 3. Panoramica della zona collinare e pedecollinare ripresa dalla Cascina dei Frati.



**Foto 4. Profilo di suolo molto profondo legato all'elevata alterazione del substrato roccioso.
Scarpata visibile in corrispondenza della sommità della collina di Brusaporto (spessore
140-160 cm).**



**Foto 5. Coltre colluviale (spessore 120-140 cm) sovrastante i depositi fluvioglaciali.
Lo spaccato visibile in corrispondenza di uno scavo per la realizzazione di un edificio in
prossimità del campo sportivo.**



Foto 6. Scarpata di cava. Sono riconoscibili i depositi di origine fluvioglaciale.

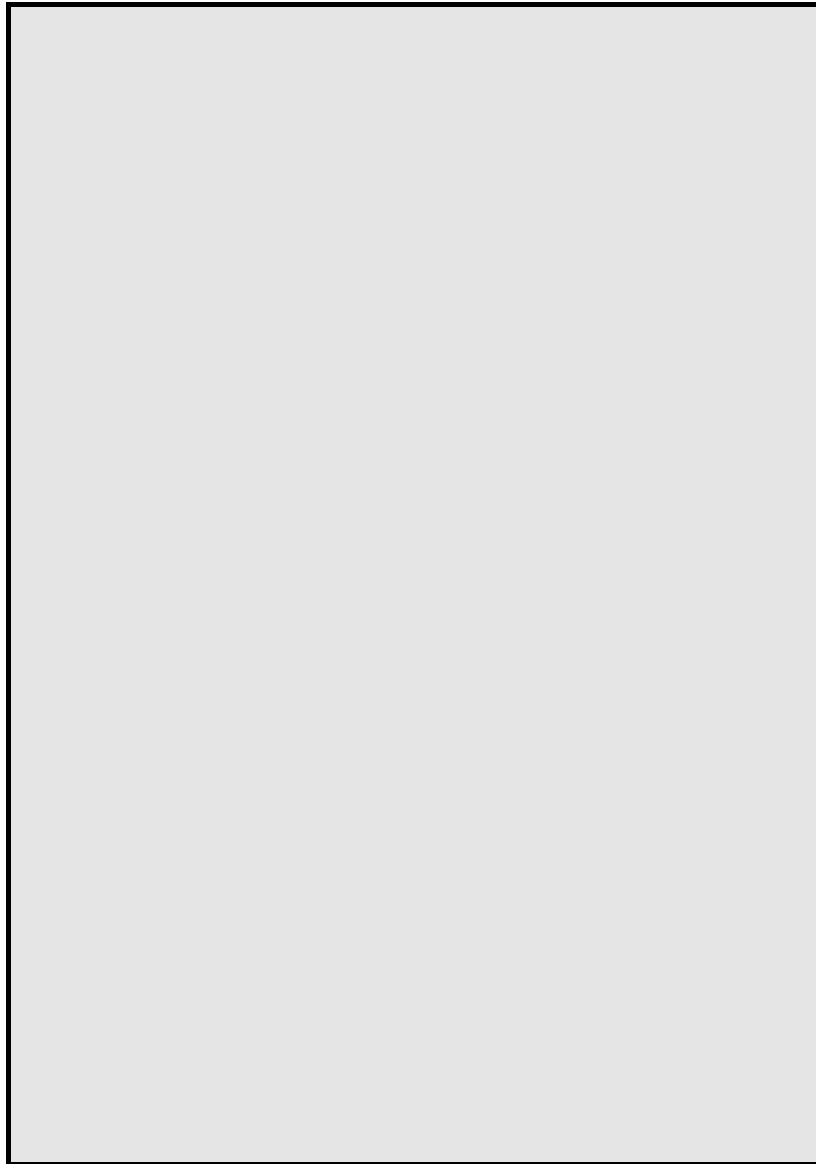


Foto 7. Particolare della precedente. Appare chiaramente visibile la diversa natura litologica dei ciottoli visibile in corrispondenza di uno scavo per la realizzazione di un edificio in loc. Comonte (Seriato).

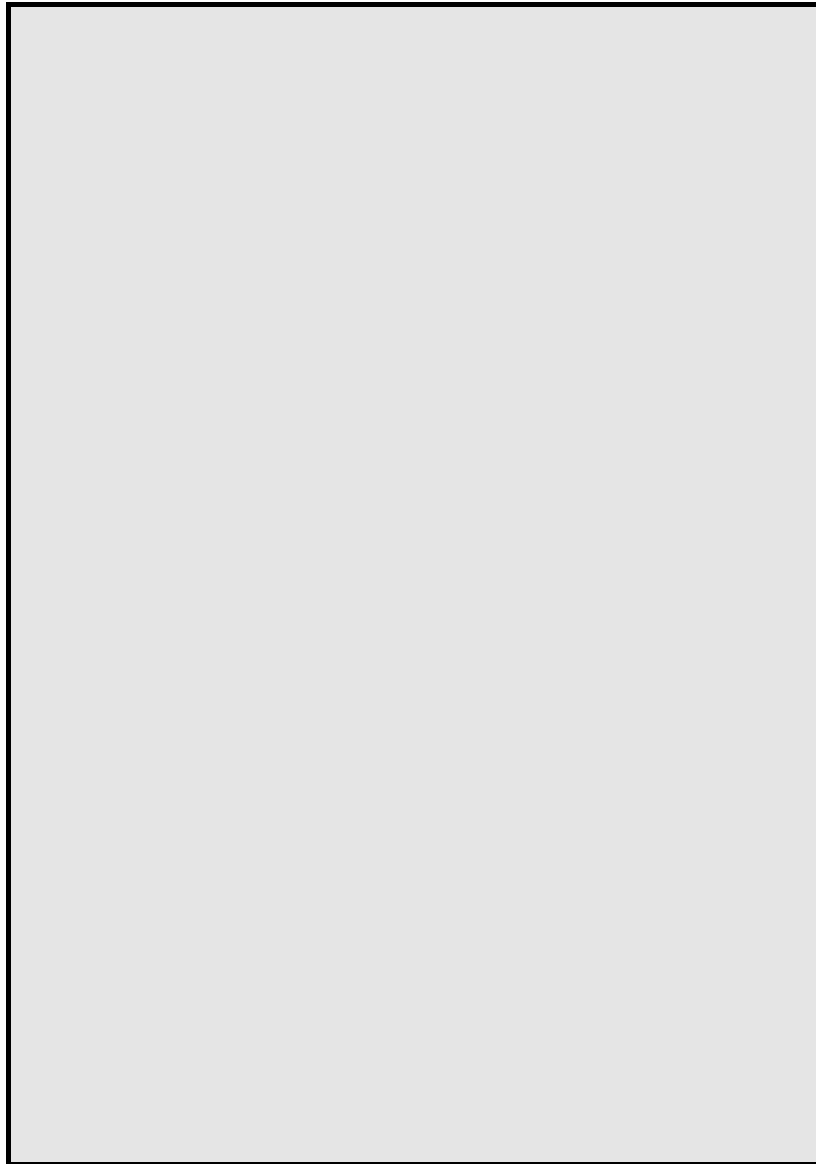


Foto 8. Scarpata di cava, affioramento di depositi fluvio-glaciali. Sono visibili l'embricatura dei ciottoli e i sottili livelli sabbiosi presenti alla sommità di ogni ciclo deposizionale.



Foto 9. Affioramento del substrato roccioso. Pietra di Credaro.



Foto 10. Affioramento del substrato roccioso. Arenario di Sarnico in banchi metrici.

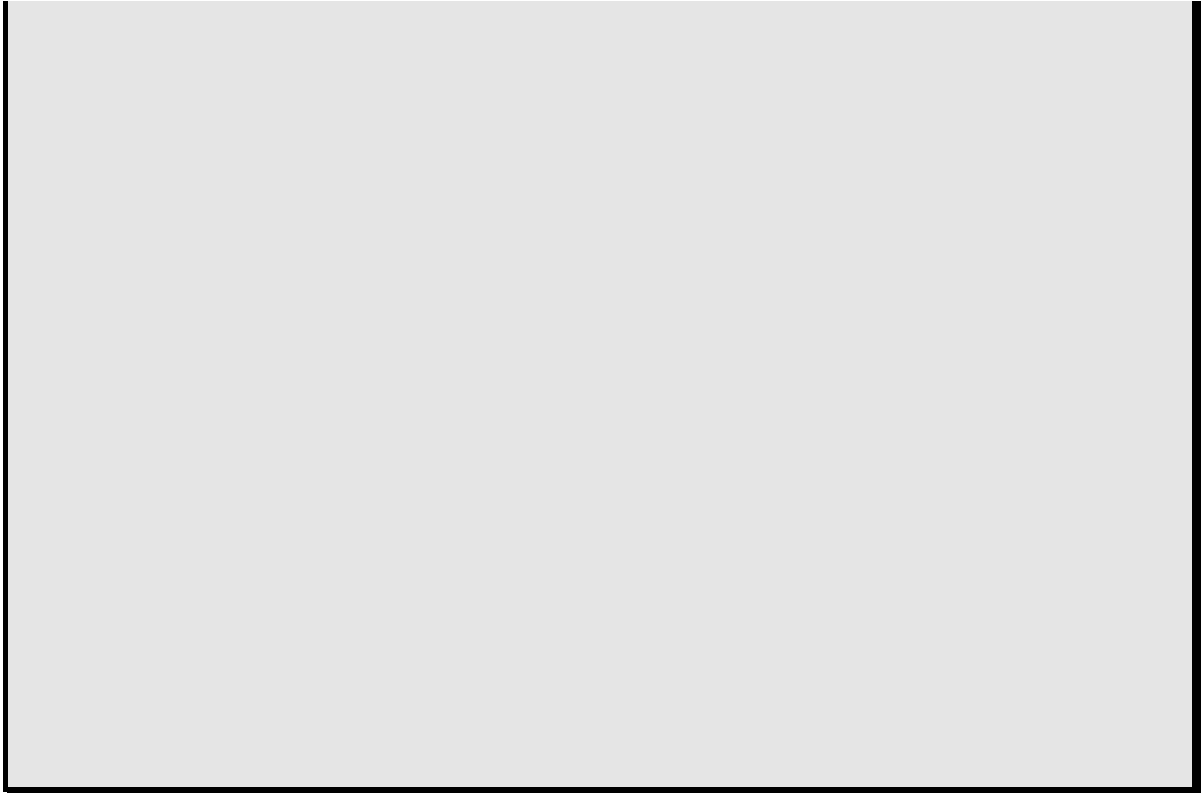


Foto 11. Affioramento del substrato roccioso, Conglomerato di Sirone.



Foto 12. Particolare della precedente, è riconoscibile l'elevato grado di arrotondamento che caratterizza i ciottoli.

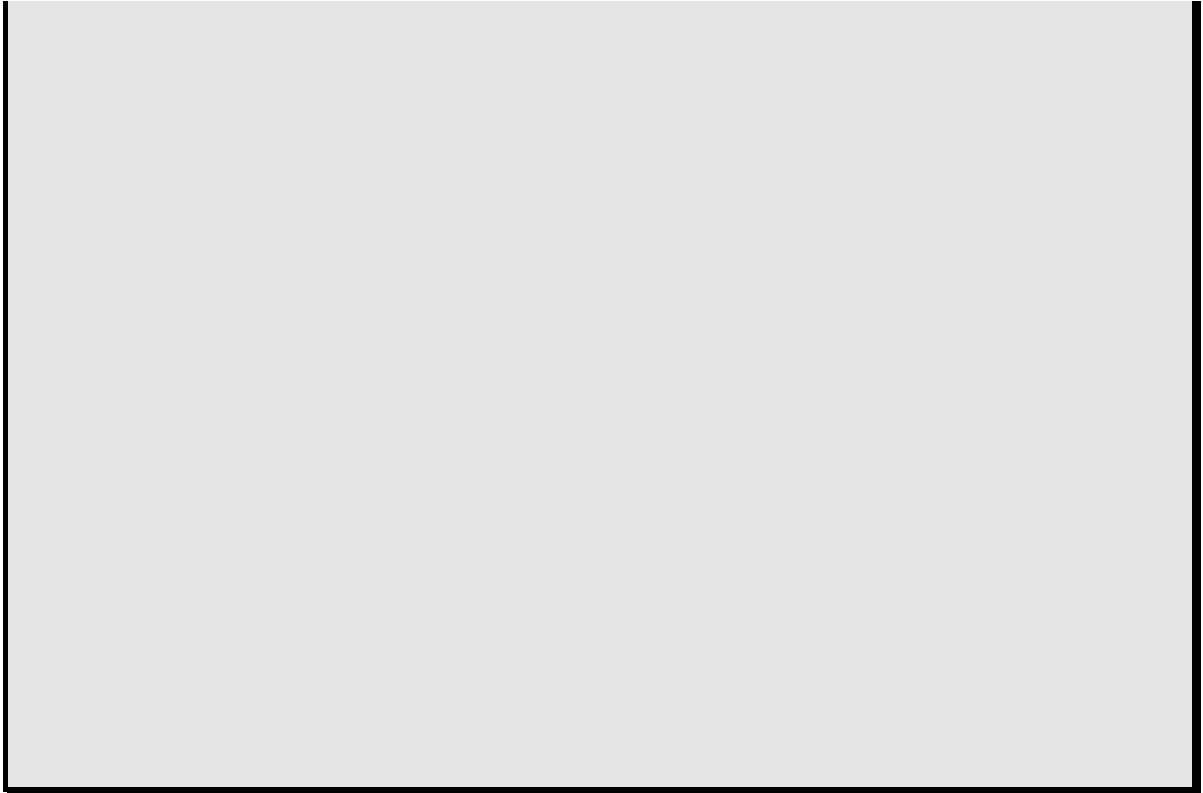


Foto 13. Affioramento del substrato roccioso, Flysch marnoso-arenaceo. Sono riconoscibili i sottili straterelli arenacei alternati alle marne argillose fogliettate prevalenti.



Foto 14. Banchi di calcarenite marnosa grigio nocciola intercalati nel flysch marnoso-arenaceo.

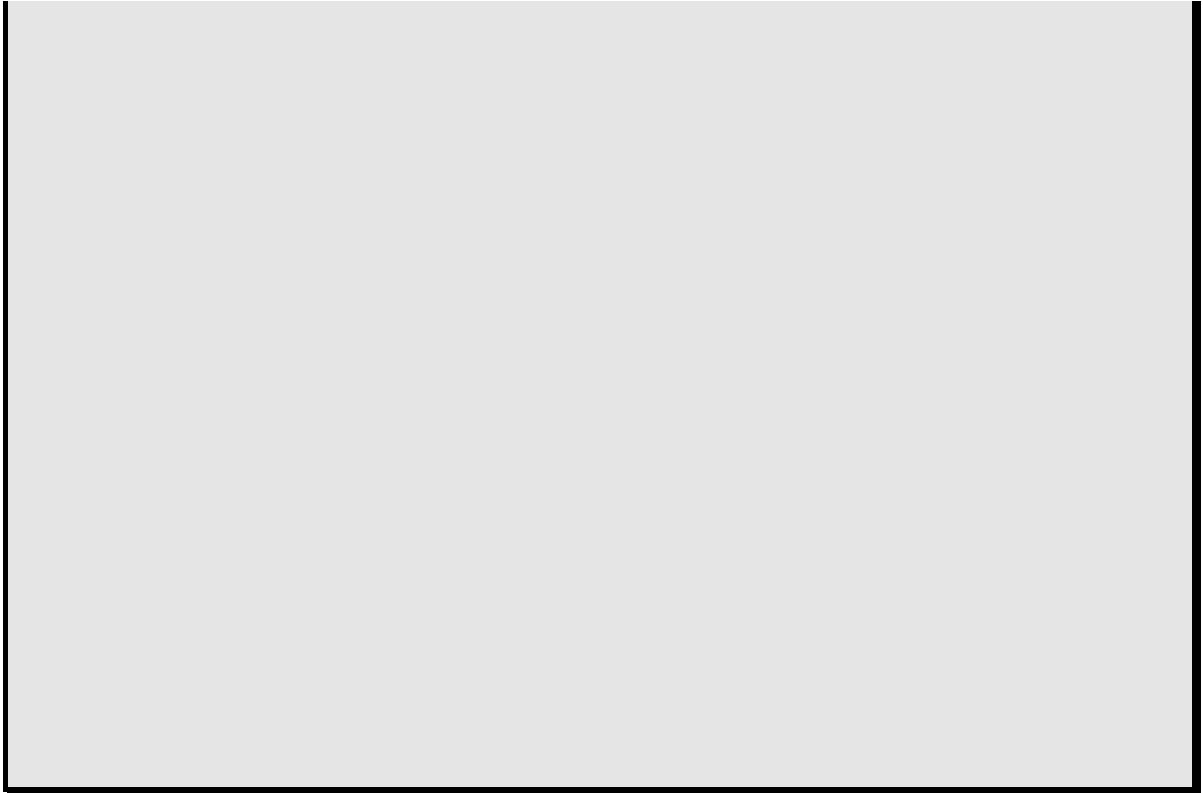


Foto 15. Movimento gravitativo in località Cascina Testa (1996).



Foto 16. Particolare della precedente ma antecedente (1991), sono visibili le fratture che hanno lesionato il piazzale.

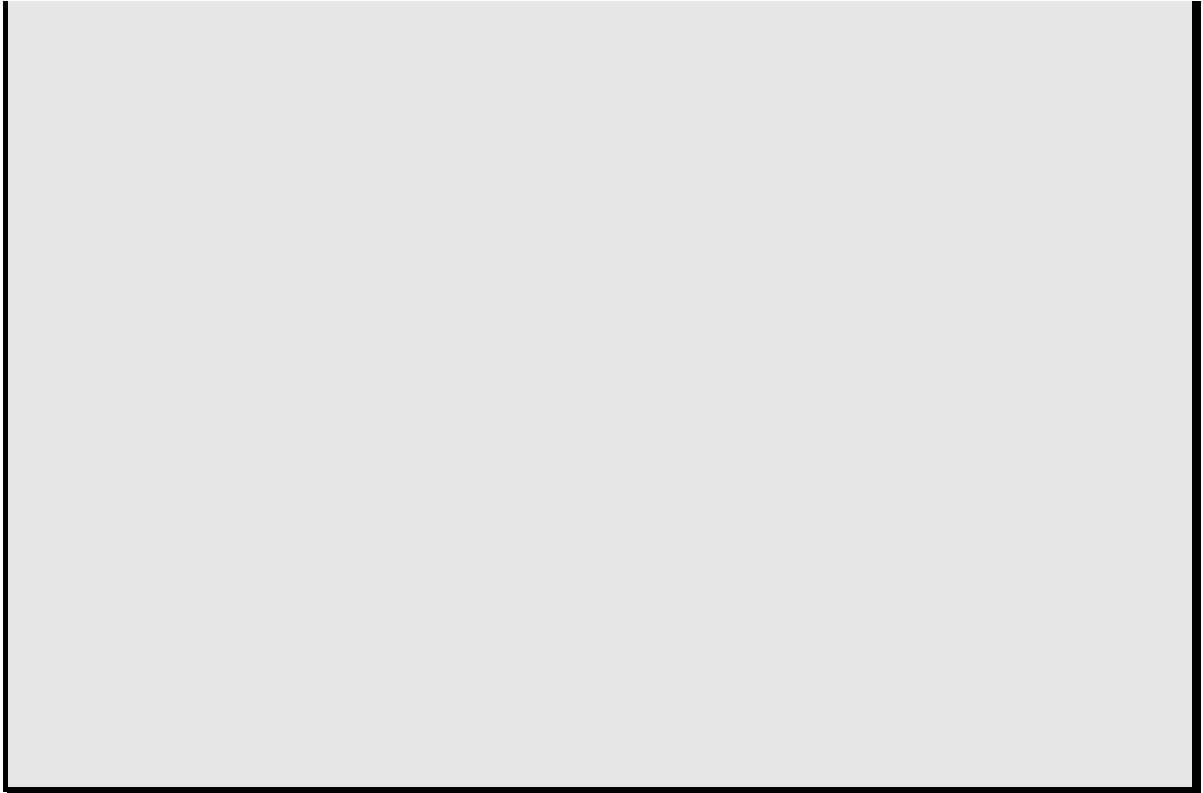


Foto 17. Sorgente "il Fontani" situata sul versante settentrionale del Monte Tomenone.



Foto 18. Discarica di inerti in località P.I.P. L'ex cava di ghiaia appare già in avanzata fase di colmamento.

14.

L'amministrazione comunale, oltre al ruolo istituzionale alla quale è chiamata, deve farsi interprete delle esigenze di tutela del proprio territorio e di difesa della salute pubblica. Ogni attività umana procura infatti un impatto più o meno rilevante e pertanto prima di essere realizzata ne vanno valutati attentamente tutti gli aspetti ad essa collegati, sia diretti che indiretti e sia a breve che a lungo termine.

Non si deve mitizzare un elevato sviluppo economico se questo viene raggiunto solamente a spese dell'ambiente in cui viviamo e non si deve considerare quest'ultimo come una fonte inesauribile e inalterabile.

Una corretta gestione di rispetto ambientale e di programmazione territoriale risulta necessariamente legata alla conoscenza delle caratteristiche fisico-ambientali del proprio territorio comunale senza dimenticare che questa deve essere inquadrata in un più vasto contesto regionale.

Il territorio comunale di Brusaporto ha subito negli ultimi trent'anni una profonda modificazione della fisionomia del territorio con una rapida estensione dell'area urbanizzata. Nell'ottica di una così rapida evoluzione territoriale si ritiene che lo studio in questione possa indirizzare i futuri processi di trasformazione e di utilizzo del suolo nell'intento di limitare il più possibile scelte che possano portare al progressivo impoverimento degli ecosistemi naturali o alla deturpazione delle aree da valorizzare.

Sono di fondamentale importanza l'acquisizione di una coscienza collettiva al rispetto dell'ambiente, una partecipazione attiva nelle scelte di gestione territoriale e uno sforzo comune per il recupero aree dismesse o in stato degrado.

Individuazione dei centri di pericolo (D.P.R. del 17/05/1988 n.175)

Protezione delle bellezze naturali e panoramiche (legge del 29 giugno 1939 n.1497).

All'intera area collinare, che risulta perimetrata sul vecchio P.R.G., è stata attribuita la seguente dizione "da assoggettare al vincolo paesaggistico". Tale vincolo risulta tuttora vigente solamente a livello comunale. Nel caso perciò tale proposta venga accettata a livello regionale, l'istituzione del vincolo questo comporterà l'obbligo di rispettare e mantenere le caratteristiche ambientali esistenti. Non si potranno pertanto introdurre "modificazioni che rechino pregiudizio a quel suo aspetto esteriore" (Art. 7);