

**Comune di Borgo di Terzo
Provincia di Bergamo**

p g t

**STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL
PIANO DI GESTIONE DEL TERRITORIO**

**ADEGUAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E
SISMICA, AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) E
AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)**

Sindaco
Stefano Vavassori

Vicesindaco
Massimiliano Meli

Tecnico referente



GeoTer

studio associato di geologia del territorio
di D. Ravagnani e S. Santambrogio



Dott. Geologo
Luigi Paolo Salvetti
Via Nazionale, 65A
24060 Pianico (BG)

Adozione:

Approvazione:



Masterplanstudio srl
Via Massena 18
20145 Milano

**RELAZIONE
GEOLOGICA**

Allegato A



UNIONE MEDIA VAL CAVALLINA
PROVINCIA DI BERGAMO

STUDIO GEOLOGICO PER IL
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

(L.r. 11 marzo 2005, n°12 – d.g.r. 22 dicembre 2005, n° 8/1566)

relazione illustrativa



GeoTer

INDICE

1. PREMESSA	pag.	1
2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO	“	3
3. PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO	“	4
4. DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE	“	7
4.1. Carta litologica	“	7
4.2. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto	“	19
4.3. Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I.	“	53
4.4. Carta idrogeologica	“	60
4.4.1. Risorse idriche dell’Unione Media Val Cavallina	“	66
4.4.2. Corsi d’acqua	“	72
4.4.3. Osservazioni climatologiche	“	79
4.5. Carta litotecnica e stratigrafie	“	83
4.6.	“	89
4.7. Carta dei vincoli	“	92
4.8. Carta di sintesi e/o della pericolosità geologica	“	93
4.9. Carta degli scenari di pericolosità sismica	“	101
4.10. Indagine sismica di secondo livello	“	105
4.11. Carta della Fattibilità Geologica di Piano	“	136
5. CONCLUSIONI E RICHIAMI NORMATIVI	“	142
6. BIBLIOGRAFIA	“	152
ALLEGATI: rilevamenti sismici	“	155

1. PREMESSA

Lo studio descritto nelle pagine seguenti è svolto a supporto del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) dell'Unione Media Val Cavallina (Provincia di Bergamo), che riunisce i Comuni di Luzzana, Borgo di Terzo e Vigano S. Martino, secondo le disposizioni della L.r. 11 marzo 2005, n.12.

I suddetti Comuni sono dotati di studi geologici a sostegno del loro vigente strumento di pianificazione urbanistica (PLEBANI F., 2003), redatti ai sensi della precedente L.r. 24 novembre 1997 n.41, e poi adeguati alle direttive emanate con D.G.R. 29 ottobre 2001, n.7/6645 e con D.G.R. 11 dicembre 2001 n.7/7365 in attuazione del Piano Stralcio del P.A.I.

Con il presente lavoro vengono adeguati e integrati i rilevamenti e le analisi geologiche compiute, così come gli elaborati degli studi precedenti, in conformità ai "*Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.r. 11 marzo 2005, n.12*", emanati con D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008.

Mediante quest'ultimo strumento normativo, Regione Lombardia detta gli indirizzi generali di lavoro, indica i metodi di ricerca e stabilisce la cartografia da redigere e i contenuti della relazione geologica, con lo scopo di evitare inopportune e dannose modificazioni degli equilibri geoambientali, dovute a processi di trasformazione d'uso del territorio non compatibili e di attendere a un miglior utilizzo e alla salvaguardia delle risorse naturali, in rapporto con l'urbanizzazione.

A tali *Criteri* generali si fa riferimento nello svolgere questo studio, operando anche scelte autonome, specialmente nella determinazione delle scale di rilevamento e di rappresentazione dei tematismi, per ottenere un documento sufficientemente dettagliato, completo e chiaro, tanto da rendere sicure le scelte di Piano ed essere comprensibile ai Cittadini.

Le principali innovazioni introdotte dai *Criteri* regionali nella definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. riguardano: la sistematica raccolta di tutti i dati geologici messi a disposizione dagli Enti sovracomunali, tramite i loro archivi informatizzati; il confronto di queste informazioni e definizioni con quelle contenute nei documenti di pianificazione sovraordinata; la loro verifica sul terreno e il loro eventuale aggiornamento. Ma soprattutto rappresenta la vera novità rispetto al passato la definizione del grado di suscettività sismica del territorio, in attuazione delle disposizioni della O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 e in considerazione di quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*".



Viene qui confermato e valorizzato il cospicuo lavoro di analisi e di incrocio dei dati estratti dai documenti degli Enti sovraordinati, come la “*Carta Inventario dei Dissesti*” di Regione Lombardia (2001).

Per i rilevamenti geologici e per la rappresentazione grafica dei dati sono utilizzate la carta aerofotogrammetrica della Comunità Montana della Valle Cavallina in scala 1:5.000, redatta da A.T.P. di S. Sisto (Perugia) mediante riprese fotografiche aeree del maggio 1996 e le carte aerofotogrammetriche in scala 1:2.000 dei Comuni interessati, prodotte da Canavesi S.r.l. di Bergamo, utilizzando nuove riprese aeree dell'aprile 2007

A causa dell'evidente discrepanza di restituzione e di grafica che esiste tra tali carte aerofotogrammetriche comunali e quella della C.M.V.C., soprattutto per quanto concerne l'andamento dei corsi d'acqua, per alcune carte tematiche (Vincoli, Sintesi e Sismica) è stato necessario derivare una base topografica in scala 1: 5.000 assemblando le carte in scala 1:2000 dei singoli comuni.

La nostra analisi geoambientale interessa la totalità del territorio dell'Unione e un suo significativo intorno, con particolare riguardo alle aree maggiormente insediate: i rilevamenti coprono complessivamente una superficie di circa dieci chilometri quadrati.

Occorre precisare che questo lavoro non ha lo scopo di affrontare singoli problemi geologico-tecnici, né esime l'Amministrazione e i Cittadini dall'assolvere gli obblighi ad essi derivanti da specifiche normative di legge concernenti il settore edilizio, geotecnico e/o ambientale, ma, essendo uno strumento a supporto della programmazione, deve raccogliere i principali parametri geologici dell'area esaminata e, osservandoli nella loro globalità e nelle loro interrelazioni, evidenziare le vocazioni e le limitazioni d'uso del territorio, per poterne valutare la compatibilità delle trasformazioni proposte e predisporre in linea generale i provvedimenti di salvaguardia e di valorizzazione.

Ciò che si vuole ottenere da questi esami comparati è una sintesi geoambientale, cioè un'identificazione della qualità di fatto dell'ambiente fisico, formulata di concerto con i Responsabili della gestione del territorio e immediatamente leggibile dai fruitori. Il documento, com'è ovvio, è di carattere interpretativo e la sua validità si fonda sulla qualità e abbondanza dei dati di base, che sono forniti dagli elaborati allegati alla presente relazione, e sulla sensibilità ai problemi ambientali locali acquisita dagli stessi Tecnici che operano sul territorio. I dati forniti saranno recepiti e trasferiti in scelte esecutive dal Progettista del P.G.T., che verificherà la congruità delle sue unità areali di lavoro con le relative delimitazioni e limitazioni geologiche, stante il fatto che “*ai sensi dell'art.8, comma 1, lettera c) della L.r. 12/05 nel Documento di Piano del P.G.T. deve essere definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'art.57, comma 1, lettera a)*”.

2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

Secondo gli specifici *Criteri* applicativi della L.r. 12/05, lo studio geologico deve comprendere tre ambiti l'uno conseguente e congruente con gli altri: una *fase di analisi*, che include la ricerca delle notizie storiche di eventi geologici e la ricerca bibliografica, la qualificazione del contesto geologico, con la redazione della cartografia d'inquadramento e lo sviluppo degli eventuali approfondimenti necessari; una *fase di sintesi e valutazione* e una *fase di proposta*.

Poiché il precedente studio geologico a supporto del P.R.G. presenta poco dettaglio in alcuni ambiti, si è effettuato un nuovo rilevamento per buona parte del territorio. Tale rilevamento è stato integrato con la raccolta e la valutazione di ulteriori informazioni e dati geologici, che si ricavano da numerosi lavori di carattere geotecnico e idrogeologico eseguiti sul territorio dell'Unione negli ultimi anni. In particolare, sono qui aggiornati il quadro geologico e soprattutto quello geomorfologico, introducendo le più recenti trasformazioni del territorio, dovute sia ad evoluzioni naturali dei versanti o dei corsi d'acqua sia ad attività antropiche; queste comprendono gli interventi di consolidamento, sistemazione e messa in sicurezza, che possono mutare significativamente la previsione di scenari di rischio. I rilevamenti geologici sono stati eseguiti tra la fine di luglio 2008 e dicembre dello stesso anno.

Anche lo stato e la consistenza degli archivi e delle cartografie tematiche regionali e provinciali sono profondamente mutati negli ultimi anni; la consultazione dei loro contenuti e il confronto con la situazione rilevata sul terreno sono richiesti dalla norma vigente.

Per lo svolgimento di questo studio è stato consultato l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, presso il quale vi sono al momento oltre una settantina di relazioni geologiche e geotecniche redatte a diverso titolo e per diverse esigenze puntuali.

Vengono qui considerati la parte di analisi geologica contenuta del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) e alcuni studi specifici del Piano di Emergenza Provinciale.

Dagli archivi dello S.TER. di Bergamo provengono numerosi dati su alcune forme di dissesto e sui lavori eseguiti conseguentemente; mentre viene operato un confronto critico con gli strumenti di Regione Lombardia, come il "*Catalogo_ IFFI*" (Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia), il "*Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua*" (SIBCA), le carte geologiche del "Progetto CARG" e i dati di telerilevamento satellitare PSinSAR.

Per la parte climatica sono utilizzati i dati provenienti dalle statistiche ufficiali del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici (Magistrato per il Po, Parma), dalla "*Carta delle precipitazioni massime, medie e minime annue del territorio Alpino*" della Regione Lombardia, dal "*Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*" (P.T.C.P.) della Provincia

di Bergamo e dal volume “*Centri abitati instabili della Provincia di Bergamo*” (Regione Lombardia, 2006).

La cartografia di inquadramento in scala 1:10.000, comprende la **carta litologica**, la **carta idrogeologica** e la **carta litotecnica**, mentre la **carta geomorfologica** e dei processi geomorfici in atto è redatta alla scala 1:5.000, onde definire con migliore dettaglio le forme del territorio e gli elementi della dinamica geologica, che indubbiamente influiscono in modo determinante, più di altri fattori, sulla fattibilità e dunque sulle scelte di Piano. Nella carta litotecnica sono rappresentate anche le **stratigrafie** ricavate da diverse prove penetrometriche, da sondaggi o da osservazione diretta di scavi realizzati sul territorio dell’Unione.

Infine viene proposta la revisione della **carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I.** in scala 1:10.000, necessaria a causa delle numerose lacune che caratterizzano la versione attualmente in uso. Per redigere questo elaborato viene utilizzata come base topografica la Carta Tecnica Regionale, così come richiesto dai “*Criteri*” della legge regionale 12/05 e successiva modifica.

La cartografia di sintesi e valutazione è composta dalla **carta dei vincoli** e dalla **carta di sintesi della pericolosità geologica**; esse sono estese su tutto il territorio comunale rispettivamente in scala 1:10.000 e 1:5.000. La parte di sintesi comprende anche la **carta degli scenari di pericolosità sismica** (1° livello) in scala 1:10.000: in essa vengono evidenziate quelle forme del terreno che possono dare amplificazione all’eventuale moto sismico. Dal momento che tutti e tre i Comuni dell’Unione sono classificati in “**Zona 3**” (O.P.C.M. 20 marzo 2003, n.3274, recepita dalla D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964), è stato necessario procedere ad approfondimenti di 2° livello nelle aree urbanizzate che ricadono nelle perimetrazioni della **carta degli scenari di pericolosità sismica**.

L’obiettivo finale del lavoro, che rappresenta la fase di proposta, è la **carta della fattibilità geologica di Piano**, redatta alla scala 1:10.000 per tutta l’estensione dell’Unione e in scala 1:2.000 per i territori dei singoli Comuni. Quest’ultimo elaborato, che è di maggior interesse ai fini pianificatori, è aggiornato in modo da accogliere i nuovi indirizzi regionali in tema di classificazione di fattibilità, specialmente per quanto attiene alle classi 3 e 4.

3. PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO

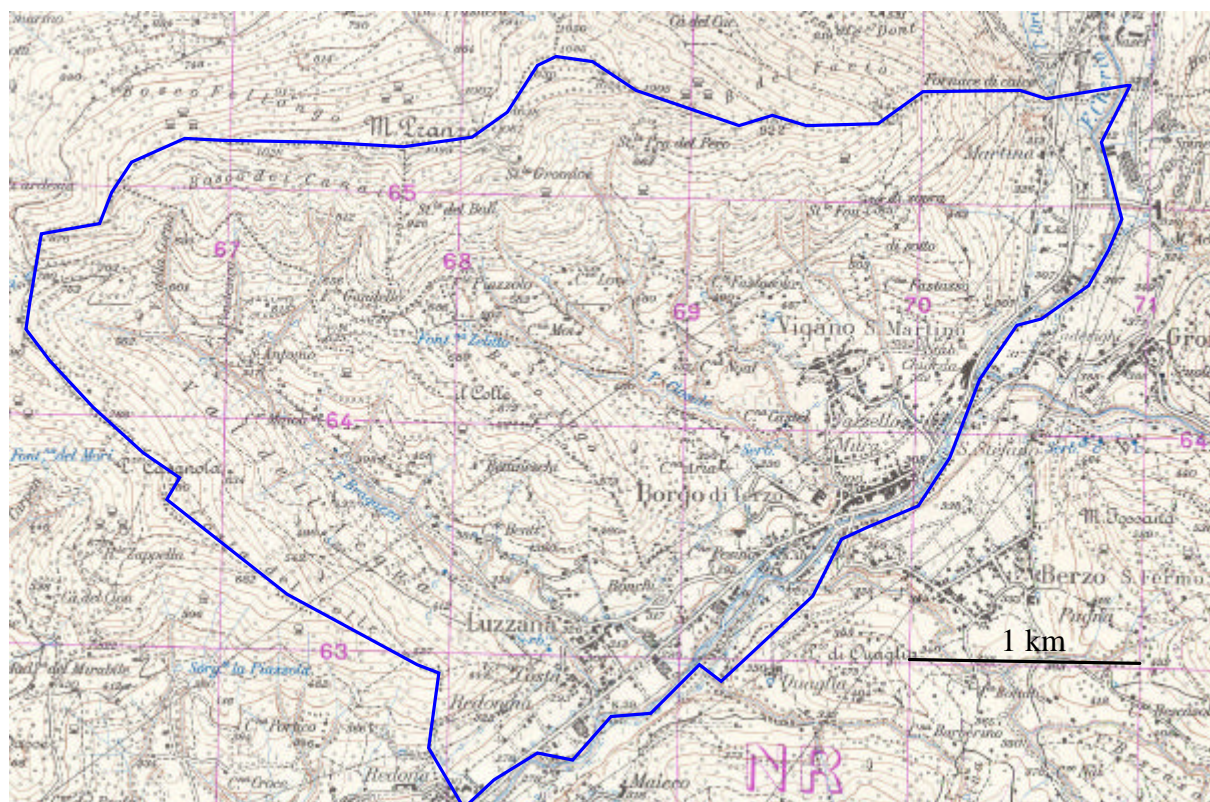
Il territorio dell’Unione si trova all’estremità meridionale del comprensorio della Comunità Montana Valle Cavallina, sul versante destro della valle del Cherio. I nuclei abitati principali si sviluppano nel fondovalle e sui versanti terrazzati ad esso limitrofi, con quote altimetriche comprese tra m 270 s.l.m. (fondovalle di Luzzana) e m 370 s.l.m. del centro storico di Vigano San Martino. C’è anche un’edificazione rurale sparsa sul territorio fino a m 500 di altitudine, come a San Antonio di Luzzana o nella valle Closale di Vigano S.Martino.



Il territorio è intersecato da due valli principali, orientate ONO-ESE il cui decorso è quasi ortogonale a quello della valle del Cherio di cui sono tributarie e che in questo tratto scorre da NE verso SO. La prima è la valle Closale, che incide i territori di Borgo di Terzo (sponda destra) e Vigano S. Martino (sponda sinistra). La seconda è la valle del Bragazzo (o valle dell'Acqua), compresa nel territorio di Luzzana e solo marginalmente nel territorio di Borgo (crinale monte Pranzà - il Colle). In generale, come conseguenza dell'orientazione dei solchi vallivi, i versanti sulla sinistra idrografica sono esposti a Sud e SO, mentre i versanti sulla destra guardano a NE.

Il limite settentrionale del territorio è segnato dal crinale del monte Pranzà (m 1.099 s.l.m.), che rappresenta lo spartiacque con la valle del Luio (Comune di Albino) e con il bacino del Drione (Comune di Casazza). Il limite SudOvest è segnato dal crinale di Pizzo Casgnola (m 796 s.l.m.) e dall'attigua Costa del Colle: entrambe formano lo spartiacque con la val Tadone (Comune di Trescore Balneario). Il Fiume Cherio segna buona parte del confine con i comuni di Grone, Berzo S. Fermo ed Entratico, verso SudEst.

Lo spartiacque tra la valle Bragazzo e la valle del Closale scende ripidamente dal monte Pranzà per svolgersi in seguito su pendii più dolci, lungo il crinale de Il Colle (m 672 s.l.m.).



Corografia tratta da IGM 1:25.000: la linea blu marca il confine comunale dell'Unione

Da un punto di vista generale il territorio dell'Unione Media Val Cavallina appartiene al dominio delle Alpi Meridionali, in particolare al settore meridionale delle Prealpi Orobiche. Le formazioni rocciose, tutte sedimentarie e per lo più carbonatiche, che formano l'ossatura di

questo territorio sono di età triassica superiore o cretacea e mostrano i vistosi effetti di deformazioni e dislocazioni che esse hanno subito durante l'orogenesi alpina. Le strutture tettoniche dominanti sono rappresentate da pieghe a scala chilometrica, con assi orientati ONO-ESE, associate a faglie compressive della medesima direzione. Nel complesso le giaciture degli strati sono molto inclinate e immerse verso Nord e NNE, ad indicare pieghe molto serrate ("strizzate") con fianchi rovesci. Infatti, risalendo il versante meridionale del monte Pranzà la serie stratigrafica appare rovesciata e si vedono rocce via via più antiche. Tali strutture principali sono a loro volta dislocate da faglie dirette N-S e NNO-SSE; queste sono poco persistenti, ma arealmente abbastanza diffuse, e localmente assumono anche un importante ruolo idrogeologico.

La struttura tettonica del territorio ha diretto riscontro nell'idrografia e nell'idrogeologia dell'area: le valli Bragazzo e Closale sono parallele alle strutture su descritte, mentre la valle del Cherio ha un andamento localmente condizionato dalle faglie dirette N-S ("faglie di svincolo"). Nel territorio dell'Unione vi sono numerose sorgenti di modesta portata, che rappresentano i recapiti di acquiferi rocciosi

La morfologia del territorio, oltre a quella strutturale, reca l'impronta di altri agenti del modellamento. L'azione dei ghiacciai quaternari, di provenienza camuna, si è esplicata in varie fasi di avanzata e "ritiro" (arretramento dei fronti in seguito a scioglimento): di esse sono testimonianza rari lembi di morene (sopra Luzzana), dossi rocciosi separati dagli attuali versanti collinari (Borgo di Terzo e a Vigano sopra la ex Chiorda) e terrazzi fluvio-glaciali, resti delle pianure alluvionali che si sviluppavano all'esterno dei fronti glaciali. Su questi terrazzi sorgono i centri storici di Luzzana e di Terzo.

L'erosione, le frane, le cadute di massi e lo stillicidio di piccoli frammenti rocciosi staccati dalle pareti dai cicli di gelo e disgelo e dai temporali, sono i testimoni di una dinamica gravitativa attiva. Questa si esplica soprattutto sui versanti collinari e montani, in minor misura nelle zone abitate di fondovalle, dove però si possono attivare piccole frane o smottamenti ai margini dei terrazzi fluvio-glaciali.

L'azione geomorfica delle acque superficiali interessa in modo significativo le parti inferiori dei versanti montuosi e collinari e il fondovalle; si manifesta con forme erosive sulle sponde e con processi di accumulo di sedimenti ghiaiosi in alveo. Occorre considerare con attenzione le aste torrentizie che attraversano le zone abitate, come la valle Bragazzo, la valle Castello, la valle Paradiso, la valle Closale, il Valzello. Anche in tempi recenti questi corsi d'acqua, alcuni dei quali asciutti per quasi tutto l'anno, hanno esondato e trasportato in mezzo alle case ingenti volumi di detriti. Queste azioni violente, localmente enfatizzate anche da inopportune azioni antropiche, possono ancor oggi interessare direttamente l'area più densamente insediata del territorio comunale.

La densa edificazione recente, che interessa la superficie dei terrazzi fluvio-glaciali e la piana alluvionale del Cherio, ha in gran parte modificato l'assetto naturale del territorio, sia con la impermeabilizzazione sistematica del suolo, sia con canalizzazione e copertura dei corsi d'acqua.

4. DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE

I tematismi litologici, idrogeologici e litotecnici del territorio dell'Unione sono riportati integralmente ciascuno su un'apposita tavola grafica alla scala 1:10.000; per la carta geomorfologica e per quella di sintesi o della pericolosità geologica si è scelta una scala di maggior dettaglio (1:5.000) in modo da facilitarne la lettura. La carta della Fattibilità Geologica di Piano è redatta sia in scala 1:10.000 per l'intero territorio dell'Unione sia alla scala 1:2.000 per i singoli Comuni.

Nel complesso gli elaborati grafici di questo studio sono costituiti da:

- | | |
|---|----------------|
| 1. Carta litologica e sezioni geologiche | scala 1:10.000 |
| 2. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto | scala 1: 5.000 |
| 3. Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I. | scala 1:10.000 |
| 4. Carta idrogeologica e sezioni idrogeologiche | scala 1:10.000 |
| 5. Carta litotecnica | scala 1:10.000 |
| 6. Carta dei vincoli | scala 1:10.000 |
| 7. Carta di sintesi o della pericolosità geologica | scala 1: 5.000 |
| 8. Carta degli scenari di pericolosità sismica (1° livello) | scala 1:10.000 |
| 9. Carta di pericolosità sismica (2° livello) | scala 1: 2.000 |
| 10. Carta della Fattibilità Geologica di Piano | scala 1:10.000 |
| 11. Carta di Fattibilità Geologica di Piano per le aree urbanizzate | scala 1: 2.000 |

4.1. Carta litologica

(tavola 1)

La carta litologica illustra la distribuzione in superficie delle diverse formazioni rocciose e dei terreni di copertura sul territorio dell'Unione. Le rocce ed i terreni sono distinti in base alla loro natura chimico-fisica; sono indicate le giaciture dei giunti di strato e delle principali discontinuità strutturali nelle rocce, elementi necessari per la corretta comprensione dei lineamenti geomorfologici e idrogeologici dell'area e per formulare valutazioni tecniche sulle sue attitudini all'utilizzo urbanistico.

Gli affioramenti rocciosi sono stati distinti e cartografati in base a criteri litostratigrafici scientifici correnti e confrontati alla cartografia predisposta da Regione Lombardia nell'ambito del Progetto "CARG". I sedimenti di versante, quelli alluvionali e fluvioglaciali, che costituiscono i terreni maggiormente interessati dalle trasformazioni antropiche (edilizia), sono suddivisi in base ai processi che li hanno formati: in questo caso non viene utilizzata la classificazione allostratigrafica delle carte regionali, poiché essa è piuttosto pesante per questo uso e ancora in corso di revisione.

TERRENI DI COPERTURA

Tra i terreni di copertura si possono operare tre grandi distinzioni in base ai fenomeni che hanno concorso alla loro formazione: si hanno i DEPOSITI DI VERSANTE, i DEPOSITI DELLE ACQUE SUPERFICIALI e i DEPOSITI GLACIALI E GLACIOLACUSTRI. A questi si aggiungono i DEPOSITI ANTROPICI, costituiti da riporti e discariche, cioè da materiali litici e terrosi rimaneggiati dall'azione dell'uomo.

Nella carta litologica di questo studio non sono distinti i terreni eluviali, cioè quelli che derivano dall'alterazione fisico-chimica in posto del substrato roccioso, ma di esse viene data una breve descrizione con riferimento al tipo di roccia sottostante. In genere gli *eluvium* delle formazioni calcaree e calcareo-marnose che formano i rilievi montuosi di questo territorio (Calcere di Zu, Dolomia a Conchodon, Calcere di Sedrina, Calcere di Domaro e Moltrasio, Formazione di Concesio, Maiolica) e del "Banco Caotico" sono molto sottili e discontinui, costituiti soprattutto da frammenti delle stesse rocce, delle dimensioni della ghiaia e/o della sabbia grossolana, e da una frazione limosa che localmente può divenire preponderante. Nei terreni eluviali delle formazioni calcareo-marnose ed arenacee dei rilievi collinari (Rosso ad Aptici, Marna di Bruntino, Sass de la Luna, Marne Rosse, Torbiditi sottili e Flysch di Colle Cedrina) prevale invece la frazione fine limo-argillosa. L'eluvium delle Radiolariti è caratterizzato da diffusi frammenti scheggiosi di selce.

DEPOSITI DI VERSANTE

La formazione dei sedimenti (o depositi) di versante è soprattutto legata all'azione della forza di gravità e alla disgregazione fisico-chimica operata sulle masse rocciose dagli agenti atmosferici e climatici; in questa categoria sono qui distinti:

- Accumuli di frana (af) - Quaternario: questi depositi si trovano soprattutto alla base di pendii acclivi per l'evolversi di condizioni di instabilità del versante stesso. Il corpo di frana di Fienile Piazzolo è costituito da ghiaie e ciottoli con abbondante matrice sabbiosa; la frana di Tu-Brigher interessa terreni argilloso-limosi con ciottoli; la frana della valle Boldracc è costituita da blocchi rocciosi spigolosi. Le numerose frane relitte segnalate nella carta geomorfologica sul versante destro della valle Bragazzo non sono indicate nella carta litologica, poiché si tratta di zone di rilascio del versante roccioso più che di veri e propri corpi di frana.

- Depositi di versante ghiaiosi (dt) - Quaternario: questi sedimenti sono generati soprattutto dal crioclastismo⁽¹⁾ e dal lento agire della forza di gravità su pareti rocciose più o meno disgregate, ai piedi delle quali essi formano fasce e coni detritici. Sono costituiti da clasti più o meno grossolani a spigoli vivi e blocchi, con scarsa matrice sabbiosa; il loro spessore è variabile tra pochi decimetri e alcuni metri.

⁽¹⁾ crioclastismo = azione disgregatrice meccanica dei cicli di gelo e disgelo

Questi terreni sono poco diffusi nel territorio studiato, a causa del modesto rilievo dei versanti e della scarsa presenza di pareti dirupate, ai piedi delle quali di preferenza essi si accumulano. Falde di detrito si trovano in località Martina, sul versante meridionale del monte Pranzà, sul versante destro dell'alta valle Bragazzo e in un'area sopra Case Maioli: quest'ultimo accumulo detritico è alimentato dalla disaggregazione del soprastante ghiaione più antico.

- Depositi di versante limoso-argillosi (dtf) – Quaternario: si tratta dei prodotti di alterazione e dilavamento delle rocce e dei terreni stessi, che vengono ad accumularsi lungo i pendii poco più in basso, a causa dell'inclinazione della superficie topografica e di un conseguente, lento quanto modesto trasporto dovuto alla forza di gravità (*colluvium*). La componente ghiaiosa è subordinata e localmente assente; lo spessore del materiale va dal metro ad alcuni metri. Questi terreni costituiscono le fasce di raccordo tra i versanti collinari e il fondovalle o i terrazzi fluvio-glaciali, a tergo degli abitati di Luzzana e di Borgo.

- Depositi di versante e/o di frana antichi (dtc e dtcf) – Quaternario: in questa categoria sono raggruppati tutti i terreni che delineano delle morfologie antiche, ormai completamente svincolate dalla dinamica dei versanti attuali. Poiché si tratta di depositi localizzati, privi di contatti con i terreni fluvio-glaciali e glaciali di fondovalle, non è possibile correlarli con questi ultimi e con le relative fasi di avanzata glaciale. Si tratta prevalentemente di ghiaie e blocchi ben cementati o solo localmente cementati, con matrice ghiaioso-limosa, a struttura caotica (depositi di frana, **dtcf**) o organizzati in strati (depositi di versante, **dtc**). Questi terreni costituiscono il versante di

Sant'Antonio in alta val Bragazzo e quelli sopra il centro storico di Vigano S.Martino.



Detriti di versante cementati a monte delle sorgenti Schitù

Piccoli lembi di detriti di falda cementati si trovano anche sopra il cimitero di Vigano e nel fondovalle, poco prima della località Martina; questi ultimi sono chiaramente collegati alla dinamica del versante attuale, per cui sono

sicuramente più recenti degli altri. Al passaggio tra pendio collinare e fondovalle vi sono terreni analoghi, ma in essi prevale la parte fine argilloso-limosa e la cementazione è scarsa o assente (**dtcf**); questi terreni costituiscono il versante tra Luzzana e Cascine Benti e quello sul quale sorge il centro storico di Vigano S. Martino.

DEPOSITI FLUVIALI E DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Questi sedimenti devono la loro origine all'azione delle acque incanalate. Nel territorio dell'Unione Media Val Cavallina i terreni alluvionali sono quasi sempre legati al fiume Cherio e solo marginalmente alle aste torrentizie sue affluenti principali (Bragazzo e Closale).

- Depositi di debris flow (d) - Quaternario: si tratta di accumuli di ghiaie e di blocchi, localmente miste a limi e argille, dovuti al trasporto in massa nelle piene dei torrenti e di impluvi minori; costituiscono tipiche morfologie “a ventaglio” (o “a cono”) allo sbocco nel fondovalle e spesso si trovano anche al termine di vallecicole che poi non hanno alcuno sbocco nell'asta principale. Depositi di *debris* sono segnalati sopra la località Aria, lungo il Valzello sopra l'abitato di Vigano e allo sbocco nel Cherio dello stesso piccolo corso d'acqua. Altre analoghe forme d'accumulo si trovano nella valletta a monte del centro storico di Vigano, a Martina, nei pressi della ex cava, e poco più a Sud, lungo via Martina.

- Alluvioni attuali (aa): sono distinti come sedimenti attuali quelli che si trovano negli alvei o nelle piane di esondazione ordinaria. Si tratta per lo più di ghiaie, sabbie e blocchi sciolti; sono cartografati nel tratto finale del Closale, alle confluenze di alcuni suoi tributari e in un piccolo ambito del torrente Bragazzo, sotto S. Antonio. Essendo canalizzato artificialmente nel tratto che interessa il territorio dell'Unione, il Cherio non può espandersi in piane alluvionali dando luogo a sedimentazione attiva, e le alluvioni che localmente si trovano nel suo alveo sono poca cosa, non cartografabile alla nostra scala di rilevamento.

- Alluvioni recenti (ar e arl) - Quaternario: si tratta dei sedimenti che formano la piana del Cherio, alla cui espansione contribuiscono in minor misura anche i corsi d'acqua affluenti, soprattutto il Bragazzo e il Closale. Ci sono piccole piane alluvionali anche lungo lo stesso Bragazzo, dove sorge l'ex allevamento di polli, e lungo il Closale presso la “piazza ecologica”. La composizione di questi terreni è prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, tuttavia alcune indagini geotecniche e le stratigrafie di alcuni pozzi che li hanno attraversati mettono in evidenza nella loro stratigrafia lenti di argilla e di limo, anche di notevole spessore (**ar**). In località Martina i depositi alluvionali sono poco potenti e ricoprono limi e torbe lacustri, la cui presenza indica un'originaria estensione meridionale del lago di Endine (**arl**).

DEPOSITI GLACIALI, LACUSTRI E FLUVIOGLACIALI

Durante i periodi freddi del Quaternario la valle Cavallina è stata ripetutamente occupata da una lingua del ghiacciaio camuno (il ghiacciaio principale occupava la valle Camonica, mentre una diffluenza secondaria percorreva la valle Borlezza). I segni delle fasi di avanzata e di ritiro del fronte glaciale sono ancora oggi riconoscibili nei tratti morfologici del territorio (morene frontali e laterali, dossi di esarazione) e nella litologia dei terreni (sedimenti glaciali, glaciolacustri e fluvioglaciali, massi erratici).

Mentre i depositi glaciali costituiscono accumuli di materiali direttamente trasportati dal ghiacciaio o trascinati nel suo stesso letto, quelli lacustri e fluvioglaciali caratterizzano le aree periglaciali. In particolare i sedimenti lacustri si depositano a causa di sbarramenti morenici, mentre quelli fluvioglaciali si accumulano nelle aree alluvionali valle del ghiacciaio, per effetto dell'ingente trasporto solido degli "scaricatori glaciali", cioè dei torrenti alimentati dalle acque di scioglimento dei ghiacciai.

- Depositi glaciali (gl) – Quaternario: si tratta di ghiaie e blocchi poligenici mal classati e caotici, con matrice sabbioso-limosa (*diamicton*); i clasti provengono sia dalle rocce locali sia da quelle del bacino Camuno (metamorfiti e granodiorite dell'Adamello). Questi terreni si trovano in piccoli lembi sul versante montuoso tra Martina e Vigano S.Martino e sul dosso di Borgo di Terzo. Dietro il centro storico di Luzzana c'è una morena antica, ormai completamente smantellata nella sua forma originaria e molto alterata: vi prevalgono limi e argille con piccoli ciottoli sparsi.

- Depositi lacustri (la) – Quaternario: sono costituiti soprattutto da limi e argille a fine laminazione parallela, con intercalazioni di lenti sabbioso-ghiaiose e di torba con resti vegetali. Tali sedimenti si trovano sia nella piana del Cherio, dove sono ricoperti da un sottile strato di sedimenti alluvionali, sia presso l'abitato de La Martina: una volta in questi depositi c'era una piccola cava che produceva fanghi per le Terme di Trescore. Lenti argilloso-limose si trovano anche nella piana di Borgo di Terzo e sono state attraversate dalla perforazione del pozzo "Cios", in via Chiosi.

- Terreni fluvioglaciali e/o di conoide antica (fgc) - Quaternario: si tratta di antichi depositi alluvionali, incisi dai corsi d'acqua attuali e i cui resti, oggi sopraelevati di qualche decina di metri rispetto al fiume, hanno il tipico andamento orizzontale dei "terrazzi". Sono per la maggior parte morfologie formate da ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi, localmente cementate (terrazzi di Luzzana e di Borgo di Terzo). La parte superficiale di tali depositi contiene ciottoli molto alterati, di cui risulta quasi impossibile stabilire la litologia. Inoltrandosi nelle valli Closale e Bragazzo, tali terreni divengono più francamente depositi di conoide, quindi costituiti da materiali lapidei locali. Sull'altipiano di Vigano invece prevalgono le alluvioni di un antico corso del Cherio, formate da ghiaie con clasti poligenici ben arrotondati e con scarsa o nulla matrice fine.

DEPOSITI ANTROPICI

Sono terreni rimaneggiati e/o depositi di materiali inerti o discariche, connessi all'attività umana.

- Terreni di riporto (r): con questa categoria sono raggruppati e indicati in mappa i terrapieni di maggiori dimensioni; essi sono formati da materiale proveniente da scavi e demolizioni edili. Nel territorio dell'Unione Media Val Cavallina questo tipo di terreni è molto frequente nei settori edificati (residenziali, industriali e artigianali) che si trovano lungo le sponde del Cherio e del Closale. Spesso i riporti coprono e obliterano le morfologie naturali delle piane e dei terrazzi alluvionali e si spingono anche nell'alveo del Cherio, il cui corso entro l'area urbana è in gran parte modificato. Nella piana alluvionale i riporti artificiali di terreno hanno in genere lo scopo di

migliorare i caratteri geotecnici dei terreni di fondazione o di contrastare la bassa soggiacenza della falda acquifera e/o di salvaguardare le aree da possibili esondazioni del Cherio. In località Martina, all'estremità settentrionale del territorio, un grosso riporto è connesso a una ex cava, mentre il terreno del parco giochi di Borgo di Terzo, sulla sponda destra del Closale, è stato riportato a scopo di ripristino ambientale.

FORMAZIONI ROCCIOSE

Le rocce dell'area studiata appartengono a formazioni sedimentarie del Triassico superiore e del Cretacico; sono rocce carbonatiche^(*) e terrigene^(**) che costituiscono la cosiddetta “copertura mesozoica delle Alpi Meridionali”. Le formazioni sono di seguito elencate in ordine cronologico, dalla più recente alla più antica:

Flysch di Colle Cedrina	Calcari massicci alternati ad arenarie sottili
Torbiditi Sottili	Arenarie e marne sottilmente stratificate
Banco Caotico	Calcari massicci caotici
Marne Rosse	Marne rosse e grigie
Sass de la Luna	Calcari e calcari marnosi
Marna di Bruntino	Marne e marne argillose nerastre
Maiolica	Calcari nocciola con selce
Rosso ad Aptici	Marne e calcari selciferi
Radiolariti	Selci verdi e rosse
Formazione di Concesio	Calcari e marne con selce nera
Calcare di Domaro e di Moltrasio	Calcari e Calcari marnosi con selce
Calcare di Sedrina	Calcari grigio scuro con noduli di selce
Dolomia a Conchodon	Calcari e dolomie massicci
Calcare di Zu	Calcari marnosi e marne

- FLYSCH DI COLLE CEDRINA (**FC**, Turoniano): alternanze di arenarie in strati medio sottili e di calcari in banchi massicci. Questa unità interessa marginalmente il territorio dell'Unione, poiché affiora presso il confine meridionale, a monte di Redona (Trescore Balneario), dove tali rocce sono coperte da terreno eluvio-colluviale limo-argilloso, molto sottile sui pendii collinari, spesso qualche metro alla base dei rilievi. La formazione del Flysch di Colle Cedrina presenta qui un contatto stratigrafico rovescio con l'unità del “*Banco Caotico*”.

- “BANCO CAOTICO” (**BC**, Cenomaniano): si tratta banchi calcarei grigio-biancastri, ciascuno potente qualche metro, caotici e con rari noduli di selce scura. In genere si contano fino a tre banchi intercalati nella successione stratigrafica cenomaniana, ma nel territorio studiato si

^(*) rocce carbonatiche: calcari, marne, dolomie, rocce sedimentarie composte prevalentemente da carbonati di calcio e magnesio.

^(**) rocce terrigene: arenarie e argilliti, rocce sedimentarie composte prevalentemente da frammenti di altre rocce.

trova solamente il banco inferiore, intercalato tra le unità più antiche delle *Marne Rosse* e del *Sass de la Luna* e quelle più recenti del *Flysch di Colle Cedrina* (Redonina) e delle *Torbidity Sottili* (S. Antonio). Il “Banco Caotico” disegna strette fasce in direzione ENE-OSO sul crinale del Pizzo Casgnola (Costa del Colle) e sul fianco sinistro della valle Bragazzo, tra S. Antonio e Borgo di Terzo. La ripetizione della successione stratigrafica è dovuta al suo piegamento a grande scala. In particolare sulla sinistra della valle Bragazzo il “Banco Caotico” è anche in contatto tettonico (faglia inversa) con il *Sass de la Luna*; su queste rocce si è sviluppato terreno d’alterazione ghiaioso-limoso, sottile e discontinuo sui pendii collinari, più potente e misto a terreni fluvioglaciali al piede dei rilievi stessi (Redonina, Borgo di Terzo).

- **TORBIDITI SOTTILI (TS, Cenomaniano)**: sono fitte alternanze di arenarie e di marne sottilmente stratificate, con intercalazioni di calcari marnosi torbiditici. Esse affiorano solo sui versanti intorno a S. Antonio, dove formano il nucleo di una sinclinale rovesciata; per questo motivo se ne può vedere solo il contatto di letto con le unità delle *Marne Rosse* e del “*Banco Caotico*”. Un suolo sottile e discontinuo di limi sabbiosi e di ghiaie copre queste torbiditi.

- **MARNE ROSSE (MR, Cenomaniano)**: la formazione comprende marne e calcilutiti rosse e grigie, con stratificazione media o sottile. Essa affiora in una fascia discontinua sul versante sinistro della valle Bragazzo, tra Prati Alti e la cascina Aria, dove è in contatto tettonico e stratigrafico rovescio con l’unità più antica del *Sass de la Luna* e con quella del “*Banco Caotico*”, più giovane. La formazione delle Marne Rosse è esposta anche sul crinale del Pizzo Casgnola (Costa del Colle) e a Redonina, ancora in contatto stratigrafico rovescio con il *Sass de la Luna* e con il “*Banco Caotico*”. Il terreno eluviale sviluppatosi su queste rocce può avere alcuni decimetri di spessore.

- **SASS DE LA LUNA (SL, Albiano sup.)**: si tratta di alternanze di calcari e calcari marnosi bluastri o grigio-azzurri, localmente selciferi, a stratificazione sottile o media. Esse occupano buona parte del bacino del Closale al di sotto dei m 700 s.l.m., dove sono coinvolte in una accentuata piega/faglia, fagliata a sua volta. La giacitura degli strati è inclinata di $20^{\circ} \div 90^{\circ}$ e

immerge a Nord (locale rotazione verso Sud). La formazione del *Sass de la Luna* costituisce quasi completamente anche il bacino del Bragazzo, dove è piegata in un’ampia anticlinale e in una più piccola sinclinale (S. Antonio).



Affioramento di *Sass de la Luna* lungo via Cassanico a Borgo di Terzo

Verso il basso questa unità passa con un limite graduale, che si manifesta con un

arricchimento di livelli marnosi, alla formazione della *Marna di Bruntino*; verso l'alto invece il contatto è stratigrafico e tettonico con le unità delle *Marne Rosse* e del "*Banco Caotico*". Il forte contenuto di marna, facilmente alterabile, favorisce la formazione di terreno eluvio-colluviale, che può raggiungere alcuni metri di spessore.

- **MARNA DI BRUNTINO (MB, Aptiano – Albiano)**: unità costituita da marne e marne argillose nere, rosse e verdastre, in strati sottili con rare intercalazioni arenacee. Queste rocce sono diffuse tra Prati Alti (valle Bragazzo), Fontana Zelitto, Cascina Love e Casette Fastasolo, dove disegnano superfici pianeggianti o poco acclivi e presentano strati piegati a scala decametrica. Si individuano sporadici affioramenti anche tra le spesse coperture detritiche sopra l'abitato di Vigano. La formazione della *Marna di Bruntino* alla base presenta un limite netto di tipo stratigrafico (rovescio) e tettonico con l'unità della *Maiolica*, mentre il passaggio (rovescio) alla formazione superiore del *Sass de la Luna* è graduale.

L'alto contenuto argilloso di queste rocce, la tipica fissilità e il locale assetto tettonico determinano la loro accentuata erodibilità, rispetto agli altri litotipi del bacino del Closale, e la presenza di una copertura continua di terreno spessa oltre un metro.



Affioramento di Marna di Bruntino sulla strada per fontana Zelitto

- **MAIOLICA (MA, Titoniano – Aptiano)** è composta di calcilutiti beige, in strati medi o grossi, con selci nere o grigie.

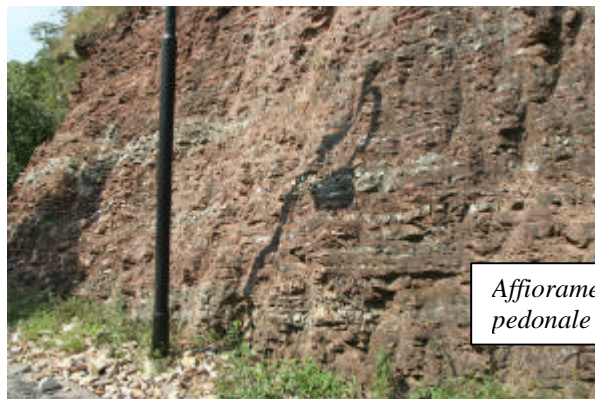
Con questa formazione inizia la serie cretacea bergamasca. Presso Fienile Gandello l'unità contiene brecce dovute alla presenza di una faglia. La formazione della *Maiolica* affiora in alto sulla sinistra della valle Bragazzo (valle Corna e valle Pedesico) e nella valle del Closale, tra Fienile Gandello e le stalle Fou di sotto. Si trova anche in un'ampia fascia che raggiunge Martina. In quest'ultima località la sua forte potenza apparente è dovuta a ripetizione causata da una piega. Nella valle del Closale il contatto con l'unità più giovane della *Marna di Bruntino* è tettonico e dà luogo a una scarpata acclive, dalla quale si staccano frane e blocchi isolati; ciò accade soprattutto presso Fienile Gandello e nella valle Moi. Il contatto stratigrafico inferiore (rovescio) è con le unità del *Rosso ad Aptici* e delle *Radiolariti*.



Affioramento di Maiolica presso Cascina Fastasso



L'acclività del pendio, il consistente spessore degli strati e l'elevata resistenza meccanica della roccia determinano una scarsa erodibilità di queste rocce e la formazione di terreno eluviale sottile e discontinuo.



Affioramento di Rosso ad Aptici lungo la ciclo pedonale per la Martina

ROSSO AD APTICI (RO, Kimmeridgiano - Titoniano): alternanze di marne siltose, marne calcaree e calcari selciosi rossi, in strati sottili, con aptici (valle Moi e Stalle Fou).

Questa formazione delinea un sottile orizzonte che si estende tra la valle di Moi e la località Martina, in contatto stratigrafico (per lo più rovescio) con quelle della *Maiolica* (più recente) e delle *Radiolariti* (più vecchia). La roccia è molto friabile ed erodibile e dunque sopra di essa si sviluppa un abbondante terreno sabbioso rossastro.

RADIOLARITI (RA, Batoniano - Kimmeridgiano): L'unità è costituita da strati sottili di selci verdi e rosse, con rari interstrati argillitici; affiora in una fascia continua tra il crinale occidentale del monte Pranzà e la località Martina; è in contatto stratigrafico con la formazione della *Maiolica* (a Ovest della valle Moi), con quella del *Rosso ad Aptici* (a Est della valle Moi) e con la *Formazione della Corna*. Queste rocce sono molto fragili e dal loro degrado si forma caratteristico terreno sabbioso, con pietrisco scheggioso e tagliente.



Affioramento di Radiolariti in valle Boldracc

FORMAZIONE DI CONCESIO (CO, Toarciano - Batoniano inf.): sono calcareniti grigio scure, associate a calcari micritici e a marne argillose, in strati decimetrici, con abbondanti noduli e liste di selce nera. Queste rocce occupano una fascia continua tra il crinale occidentale del monte Pranzà e la località Martina; sono in contatto stratigrafico rovescio con l'unità delle *Radiolariti* e con il *Gruppo del Medolo*. La coltre di terreno eluviale che le ricopre è sottile e discontinua, formata da limo, argilla e molti frammenti delle stesse rocce.

GRUPPO DEL MEDOLO (DM, Sinemuriano - Pliensbachiano): comprende le unità del "*Calcarea di Moltrasio*" e del "*Calcarea di Dòmaro*"; si tratta di calcari micritici grigi con liste di selce nocciola, in strati decimetrici e metrici, alternati a calcari marnosi e argilliti. Anch'essi disegnano una fascia continua tra il monte Pranzà e la località Martina, dove in passato furono oggetto di escavazione. Queste formazioni sono in contatto stratigrafico rovescio con la

Formazione di Concesio (più giovane) e con quella del *Calcarea di Sedrina* (più antica). Anche il terreno che si sviluppa su queste rocce è sottile e discontinuo, formato da limo, argilla e abbondanti frammenti rocciosi.

CALCARE DI SEDRINA (SE, Hettangiano): formazione rappresentata da calcari micritici e calcari grigio-scuri in strati decimetrici, con noduli di selce nera e con sottili interstrati marnosi. Sul crinale che sovrasta le stalle di Fou, essa comprende un potente banco di selce, tagliato da una faglia N-S e interessato da tracce di antichi scavi (forse per la produzione di smerigli). L'unità occupa una fascia continua tra il crinale occidentale del monte Pranzà e la località Martina; è in contatto stratigrafico rovescio con il "*Gruppo del Medolo*" e con la più antica formazione della *Dolomia a Conchodon*. I terreni di alterazione che si formano sopra queste rocce sono sottili e discontinui, costituiti da limo e argilla con molti frammenti della roccia sottostante.

DOLOMIA A CONCHODON (CH, Retico sup. - Hettangiano): la formazione è rappresentata da calcari micritici e dolomie cristalline grigio-nocciola, in grossi banchi. Essa forma la parete strapiombante che si trova alla sommità del monte e che si estende verso Est fino alla Fornace di Calce, in territorio di Casazza, dove questa stessa unità è ancor'oggi oggetto di coltivazione. La Dolomia a Conchodon è in contatto stratigrafico rovescio con la formazione più giovane del *Calcarea di Sedrina*, mentre il passaggio a quella più antica del *Calcarea di Zu* è sia di tipo stratigrafico sia tettonico (tra monte Pranzà e Bosco del Faeto).



La forte resistenza meccanica di queste rocce comporta anche resistenza all'erosione e la presenza di forme rupestri. Solamente nella fascia tagliata dalla discontinuità del sovrascorrimento l'ammasso si presenta scomposto in piccoli blocchi e si osserva anche un sottile e discontinuo strato di terreno che altrove è praticamente assente.

La Dolomia a Conchodon forma una parete strapiombante sul monte Pranzà

CALCARE DI ZU (ZU, Norico sup. – Retico): si tratta di alternanze di calcari marnosi, di calcari grigio-scuri localmente bioclastici e di marne, che qui si trovano al nucleo di una piega/faglia; la loro stratificazione è media o sottile. Affiorano sul crinale tra il monte Pranzà e il Bosco del Faeto. Anche queste rocce sono resistenti e poco erodibili, ma in corrispondenza del sovrascorrimento esse sono molto fratturate e si alterano più facilmente formando coperture di terreno abbastanza consistenti.

-----0000000000000-----

L'assetto strutturale delle formazioni rocciose nel territorio dell'Unione è fortemente caratterizzato da pieghe e pieghe/faglie, il cui asse è diretto ENE-OSO. Le faglie hanno carattere compressivo (inverso) e sono molto inclinate, con immersione verso Nord e NNE. La stessa superficie del sovrascorrimento del monte Pranzà ha una giacitura simile. Le pieghe in genere sono rovesciate e molto serrate: per questo motivo le giaciture degli strati sono quasi sempre immerse a Nord e NNE e molto inclinate ($45^{\circ} \div 80^{\circ}$) su entrambi i fianchi delle pieghe. Dunque la successione stratigrafica è sovente rovescia, con le rocce più antiche che sovrastano quelle più giovani. La successione stratigrafica normale, almeno la parte compresa tra la *Formazione di Concesio* e la *Maiolica*, si vede lungo la pista ciclopedonale che collega Vigano con la Martina: in quel tratto il nucleo della sinclinale segna il passaggio dal fianco rovesciato (a Nord) a quello normale (a Sud).

Il sistema plicativo con assi diretti ENE-OSO è tagliato quasi ortogonalmente da faglie e fratture dirette NNO-SSE e N-S, che sono tipiche di questa parte della valle Cavallina. L'apertura di questo solco vallivo, infatti, è determinato da una grossa faglia che ha la stessa direzione e un rigetto orizzontale di oltre cinquecento metri. A tale sistema di discontinuità è evidentemente legato il disegno dell'idrografia della valle Closale e, in minor misura, della valle Bragazzo.

SEGNI CONVENZIONALI

Nella carta litologica, oltre alle campiture colorate e alle sigle che distinguono le diverse formazioni rocciose e i diversi terreni, appositi simboli indicano gli elementi strutturali, come la giacitura degli strati, gli assi delle pieghe (sinclinali e anticlinali) e le principali linee tettoniche (faglie, fratture e sovrascorrimenti).

Altri simboli indicano le sorgenti (captate e non), le tracce delle sezioni geologiche e i punti nei quali sono state effettuate osservazioni stratigrafiche di dettaglio, sia che si tratti di scavi sia nei casi di sondaggi geognostici e di perforazioni di pozzi. Le stratigrafie tratte da queste situazioni sono schematizzate nella tavola n.5 "Carta litotecnica e stratigrafie".

SEZIONI GEOLOGICHE

Le sezioni geologiche sono degli "spaccati" del territorio ottenuti partendo dal rilevamento di superficie, dunque dalla carta litologica. I dati che riguardano i terreni di copertura, soprattutto gli spessori delle alluvioni di fondovalle, sono ricavati da indagini geognostiche e da perforazioni di pozzi eseguiti sul territorio dell'Unione. Questa rappresentazione grafica, richiesta anche dai "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.r. 11 marzo 2005, n.12" assieme alla carta litologica, permette una visione tridimensionale delle strutture geologiche del territorio.

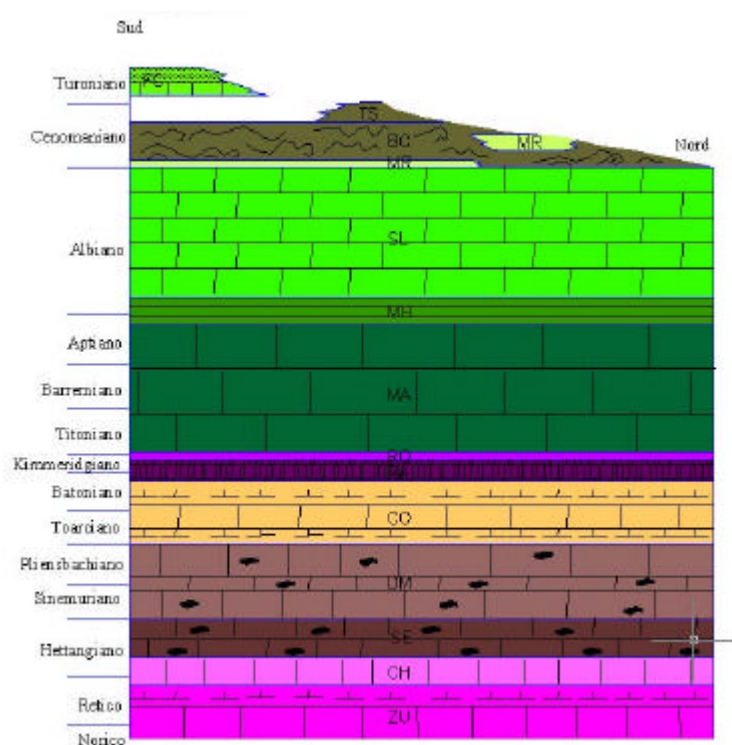
Le due sezioni geologiche in scala 1:10.000 presentate in questo lavoro sono scelte in modo da illustrare l'assetto strutturale delle formazioni rocciose, gli spessori dei soprastanti depositi superficiali e i principali lineamenti geomorfologici del territorio dell'Unione. Le campiture ed i simboli adottati sono gli stessi della carta litologica.

La **sezione A-A'** è diretta NNE-SSO, tra il monte Pranzà e la località Redonina. È tracciata in questo modo allo scopo di rendere evidente l'altimetria del territorio e, tagliando ortogonalmente le principali strutture geologiche, mostrare chiaramente la successione stratigrafica. Nella sezione sono rappresentate (interpretativamente) pieghe e pieghe-faglie nel loro sviluppo in profondità per illustrare e rendere più facilmente il significato della stratigrafia rovesciata del monte Pranzà, così come il motivo della vasta presenza sul terreno della formazione del *Sass de la Luna*, che costituisce il substrato roccioso della bassa valle Closale e di quasi tutta la valle Bragazzo.

La **sezione B-B'** è diretta N-S circa a un chilometro di distanza verso Est dalla precedente sezione A-A'; si estende dal crinale orientale del monte Pranzà al fondovalle di Borgo di Terzo. Essa vuole mettere in evidenza la continuità laterale delle strutture geologiche già presentate, ma soprattutto l'esiguità dei terreni quaternari del fondovalle, i cui spessori (al massimo una trentina di metri) sono ricavati direttamente dalla stratigrafia del pozzo "Cios" di via Chiosi.

SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI

Nella carta geologica è disegnato lo **schema dei rapporti stratigrafici**, una rappresentazione grafica sintetica che illustra i rapporti spazio-temporali originari (precedenti l'evoluzione tettonica alpina) tra le diverse formazioni rocciose. Nel territorio dell'Unione Media Val Cavallina questi rapporti sono sovente alterati da ripetizioni tettoniche od obliterati a causa delle pieghe e pieghe-faglie in cui le unità formazionali sono coinvolte. Le sigle sono le stesse usate per la carta litologica.



4.2. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto

(tavola 2)

Questa carta vuol mettere in evidenza i processi geologici ai quali sono dovute le forme attuali del territorio e i fattori dinamici, fisici e fisico-chimici che tuttora vi agiscono, determinandone l'evoluzione. La morfologia del territorio dell'Unione Media Val Cavallina è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici endogeni (litologia, tettonica), di agenti del modellamento superficiale (antichi ghiacciai, acque libere e incanalate, forza di gravità) e di fattori climatici (precipitazioni, temperature, cicli di gelo e disgelo, umidità, ecc.) e comprendono, talvolta in modo preponderante, anche l'azione antropica.

Rispetto alla redazione della carta geomorfologica contenuta nel precedente studio a supporto del P.R.G. dell'Unione (PLEBANI, 2003), nel presente elaborato i fenomeni geomorfici sono segnalati con maggior dettaglio e, soprattutto, sono aggiornati con le forme attivate di recente. L'aggiornamento inoltre proviene anche dall'esame e dal confronto di analoghe cartografie tematiche redatte in varia scala da Enti sovracomunali:

- il database dei dissesti contenuto nell'*Inventario delle Frane e dei Dissesti Idrogeologici della Regione Lombardia* – note illustrative (2002);
- la cartografia geomorfologica con legenda uniformata P.A.I. dei Comuni dell'Unione (PLEBANI, 2003);
- la cartografia geomorfologica con legenda uniformata P.A.I. dei Comuni dell'Unione, dal sito web di Regione Lombardia (2008);
- il *Catalogo Geo_IFFI* delle frane e dei dissesti pubblicato sul sito di Regione Lombardia (2008);
- la cartografia del monitoraggio satellitare PSinSAR di Regione Lombardia (2008).

Molti di questi documenti indicano la data della loro realizzazione e/o pubblicazione, ma si basano su dati antecedenti, anche di molto. Ad esempio, le carte del *Catalogo Geo_IFFI* sono aggiornate solamente fino all'anno 2000.

Altri documenti, come la *Carta geomorfologica con legenda uniformata P.A.I.* dei Comuni dell'Unione del 2003, non riportano l'effettiva distribuzione delle forme di dissesto che sono presenti sul territorio. A causa di tali incongruenze e per alcuni eventi verificatisi negli ultimi anni, si è resa necessaria la revisione sostanziale di questa specifica cartografia, dalla quale discendono stringenti implicazioni vincolistiche. L'argomento viene ripreso in dettaglio nel capitolo che descrive la nuova carta geomorfologica con legenda uniformata P.A.I.

Tutte le cartografie citate sono qui verificate con rilevamenti diretti sul terreno, in considerazione del fatto che in alcuni casi esse sono state compilate solo mediante interpretazione di fotografia aerea (Geo_IFFI), ma anche per eventualmente aggiornare lo stato di attività dei dissesti. Sul terreno inoltre sono state raccolte e vagliate diverse segnalazioni di persone residenti, le cartografie relative ad eventi recenti (a tutto il 2008) e quelle riguardanti sistemazioni di versanti o idrauliche e bonifiche idrogeologiche.

Nella carta geomorfologica sono distinti mediante campiture gli elementi che compongono il paesaggio fisico, mentre numerosi simboli indicano i processi geomorfici in atto, quiescenti o potenziali, raggruppandoli in base alla loro tipologia generativa:

- Discariche e riporti (r): si tratta di aree costituite da riporti di inerti, detritici e terrosi che hanno modificato, a volte anche in modo pesante, l'originaria morfologia dei luoghi (r). In particolare sono da considerare attentamente i terreni riportati presso le sponde del Cherio allo scopo di adeguare i terreni di fondazione prima o in occasione della costruzione di strutture industriali e artigianali. Questo processo antropico di modificazione del territorio si è intensificato negli ultimi decenni, portando al rimaneggiamento quasi totale delle superfici sulla piana alluvionale recente e sui terrazzi quaternari. Lo stesso alveo del Cherio è stato in molti punti rettificato e incanalato entro sponde artificiali.

- Aree urbanizzate: sono distinte in carta le zone coperte dall'edificazione, dalla rete viaria, da piazzali e da cortili. Si tratta di ambiti nei quali si è intervenuti con scavi, livellamenti, riporti, pavimentazioni ed edificazioni in genere, apportando consistenti modifiche alla morfologia originaria del terreno, ma soprattutto impermeabilizzando la superficie.

- Aree a prevalente morfologia gravitativa (GR): si tratta di versanti detritici, cioè costituiti in prevalenza da terreni granulari sciolti. In questi settori la forma del paesaggio è influenzata soprattutto da azioni erosive, frane, colate, cadute massi, falde di detrito. Questi pendii sono in genere stabili quando la loro acclività è modesta (inclinazione $< 35^\circ$), mentre all'aumentare della pendenza divengono più evidenti i solchi da ruscellamento delle acque superficiali e si manifestano decorticamenti del terreno, soliflusso, piccole erosioni, smottamenti, frane. In questa categoria è compresa la maggior parte delle fasce di raccordo tra i pendii collinari e il fondovalle, così come un ampio tratto del versante attorno a S. Antonio, dove vi sono antichi corpi di frana e detriti di versante localmente tuttora coinvolti in processi gravitativi.

- Aree a prevalente morfologia delle acque superficiali (AS): sono così distinti gli ambiti di diretta pertinenza dei corsi d'acqua superficiali (fiume Cherio, torrenti e impluvi minori), nei quali possono essere attive o potenzialmente attivabili forme erosive (cedimenti spondali, con formazione di ripide scarpate d'erosione e smottamenti, erosioni lineari accelerate e ruscellamenti) e anche dinamiche di trasporto e di sedimentazione.



Piana del Cherio quasi completamente occupata dall'area industriale di Luzzana

Nel territorio studiato il principale elemento idrografico è rappresentato dal fiume Cherio, nel quale confluiscono i torrenti Closale e Bragazzo. Altro tributario diretto del Cherio è il torrente Valzello, che attraversa il centro abitato di Vigano S. Martino.

Il drenaggio superficiale dell'area studiata presenta anche solchi minori, ma egualmente importanti, dato che tagliano aree insediate e che, anche in un recente passato, hanno creato problemi alla viabilità e ai centri abitati. Una di queste aste minori è quella della valle del Paradiso, che scende dalla contrada Aria di Borgo di Terzo, quella breve della contrada Pessino e quella del Castello di Luzzana. Tutti questi impluvi nel loro tratto finale, oltre la strada statale, sono costretti in canalizzazioni e condotti artificiali interrati.

I corsi d'acqua di queste vallecole hanno regime torrentizio, con portate assai variabili, in funzione delle piogge. Il Bragazzo e il Closale presentano sempre deflussi idrici, poiché essi ricevono le acque di alcune sorgenti, che oggi non sono più captate dall'acquedotto civico.

- Aree di conoide e accumuli di debris flow (D): si tratta di forme convesse, mediamente acclivi, che si aprono "a ventaglio" allo sbocco dei corsi d'acqua; le conoidi sono originate dalla sedimentazione del materiale solido trasportato dalle correnti torrentizie e da queste stesse sono modellate; i cono di debris flow sono il prodotto di un trasporto in massa spesso alimentato da piccole frane o smottamenti lungo i versanti solcati dal torrente.



Trasporto solido di una valletta a monte di Vigano che non ha sbocco

Comunemente le conoidi sono formate da sedimenti sciolti, prevalentemente molto grossolani all'apice e più fini (comunque ghiaiosi) nelle parti distali. Esse sono caratterizzate da un'elevata mobilità degli alvei (divagazione), fatti salvi i casi in cui essi siano contenuti artificialmente. Nel territorio dell'Unione non vi sono vere e proprie conoidi

alluvionali, cioè forme che si aprono alla confluenza di corsi d'acqua o allo sbocco in un bacino lacustre, ma si tratta di conoidi minori che si aprono in genere sui ripiani dei terrazzi e hanno una componente di trasporto in massa che le rende più simili ad accumuli di debris flow. Carattere misto hanno la conoide nella contrada Martina (circa a metà della via omonima) e i due piccoli cono sopra Aria. Veri corpi di debris flow si trovano invece nei pressi della ex cava Martina, allo sbocco del Valzello sulla piana del Cherio e alle spalle del centro storico di Vigano.

- Aree a prevalente morfologia fluvio-glaciale (FG): si tratta di forme originate dal rimaneggiamento di terreni glaciali, dovuto alle acque di antichi corsi d'acqua attivi durante il ritiro dei ghiacciai quaternari. Queste morfologie, assai comuni e caratteristiche nelle nostre valli, si

articolano in numerosi pianori e scarpate scoscese che li delimitano; si individuano in tal modo più ordini di terrazzi, a diverse quote altimetriche. Essi sono costituiti da banchi di conglomerati localmente ben cementati; sui ripiani dei terrazzi, così come intercalati agli stessi banconi cementati, vi possono essere anche strati di ghiaie e sabbie sciolte. Talvolta limi o argille rosse costituiscono l'orizzonte di alterazione superficiale dei terrazzi.



La superficie pianeggiante di un terrazzo fluvioglaciale quaternario (Via per Luzzana a Borgo di Terzo)

Le superfici pianeggianti di queste forme sono in buona parte occupate dai quartieri residenziali di Luzzana, Borgo di Terzo e Vigano, con l'eccezione del centro storico di Borgo che occupa la piana del Cherio, come le aree artigianali e industriali. Le superfici dei terrazzi sono generalmente stabili, mentre le scarpate scoscese che le delimitano mostrano orli in erosione dai quali si possono staccare piccole frane e massi isolati.

- Aree a prevalente morfologia glaciale (GL): si tratta di zone in cui la forma del territorio è determinata principalmente dalle azioni di esarazione o di deposito degli apparati glaciali quaternari. Sono superfici poco pendenti o pianeggianti, formate da terreni granulari sciolti di origine morenica, o anche ambiti mediamente acclivi costituiti da rocce sulle quali sono evidenti i segni del passaggio del ghiacciaio (rocce montonate e profili vallivi arcuati). Con questa campitura è inoltre delimitata la zona della Martina, occupata da sedimenti lacustri di sbarramento glaciale, sopraelevati di diversi metri e terrazzati rispetto alla piana del Cherio attuale. Un cospicuo accumulo morenico si trova a monte dell'abitato di Luzzana ma, essendo esso un deposito molto antico, la sua originaria morfologia non è più così evidente. Di origine glaciale è anche il dosso roccioso di Petosino, così come quello che si trova dietro la ex Chiorda. Sparsi qua e là si vedono accumuli di sedimenti glaciali sul versante che sovrasta la Martina e sopra il cimitero di Vigano.

Le aree di sedimentazione glaciale nel fondovalle sono normalmente stabili e risultano solo in parte rimaneggiate e modificate dalla dinamica fluvioglaciale quaternaria. Problemi invece emergono in relazione agli scadenti caratteri geotecnici dei terreni glaciali a prevalente contenuto limo-argilloso e/o torboso (la Martina).

- Aree a prevalente morfologia strutturale (ST): si tratta di versanti soprattutto rocciosi, con acclività generalmente medie (<45°) e localmente elevate, con suoli poco sviluppati o assenti. La morfologia è controllata dai caratteri litologici degli ammassi rocciosi (competenza, erodibilità) e dal loro assetto strutturale (spaziatura e giacitura della stratificazione, stato di fratturazione). In questo contesto agiscono efficacemente i cicli di gelo e disgelo, la forza disgregante delle radici, la forza di gravità. Queste azioni si manifestano nelle aree maggiormente acclivi con stacchi di blocchi dagli orli delle scarpate rocciose, con locali scivolamenti lungo strato o lungo superfici di frattura, con forme di *creep*, soliflusso e decorticamento superficiale, che interessano i terreni eluvio-colluviali e talvolta anche i primi strati rocciosi, su versanti disposti a franapoggio (inclinazione degli strati di poco inferiore a quella del pendio). D'importanza non secondaria in queste situazioni è il contributo dell'azione erosiva delle acque superficiali. Queste aree costituiscono la maggior parte del territorio collinare e montuoso dell'Unione e risultano in gran parte stabili in virtù della favorevole combinazione della giacitura degli strati, dell'orientazione e dell'acclività dei versanti. Le sole situazioni di instabilità di una certa consistenza si verificano alle spalle della contrada Martina e sul crinale del monte Pranzà.

-----000000000000-----

SEGNI CONVENZIONALI

Anche i segni convenzionali, i simboli che indicano i singoli processi o le forme locali sono qui distinti in base alla loro tipologia generativa e, dove possibile, al loro stato di attività, distinguendo i fenomeni e le forme attive da quelle quiescenti e relitte.

PROCESSI GRAVITATIVI

- Orlo di scarpata morfologica: con questo simbolo si indicano i bruschi cambiamenti di pendenza dei versanti. Essi sono dovuti a molteplici cause, spesso in combinazione tra loro, quali l'assetto strutturale, l'erosione differenziale delle masse rocciose, la dissoluzione carsica e l'azione dei ghiacciai. In generale negli ammassi rocciosi si tratta di antichi orli di erosione che presentano ancora condizioni residue di instabilità, a causa di locale intensa fratturazione delle stesse rocce. Queste forme si osservano principalmente ai margini dei pianori fluvio-glaciali urbanizzati, in minor misura sui pendii rocciosi (Stalle di Fou, Cascine Love, Fienile Piazzola) o sui versanti detritici antichi svincolati dalla dinamica attuale (S. Antonio, Cascine Benti, pendii dietro Vigano). Tutte queste sono considerate forme relitte, poiché i processi che le hanno generate non sono più attivi; tuttavia tali ambiti possono essere interessati localmente da forme attive o quiescenti di dissesto in corrispondenza delle scarpate più acclivi.

- Orlo di erosione in roccia: si evidenziano i fronti di scarpate lungo i quali gli ammassi rocciosi si trovano in accentuato stato di instabilità, per cui si verificano o vi sono le condizioni per cui si abbiano stacchi di blocchi e frane di roccia. Queste situazioni sono connesse in genere, oltre che allo stato dell'ammasso, anche a fattori climatici. Ve ne sono in contrada Martina e riguardano sia

il ciglio della ex cava sia orli d'erosione naturale a Est di cascina Fastasso, sul crinale del monte Pranzà e a valle del sentiero delle stalle di Fou. Meritano di essere segnalati anche gli orli delle scarpate delle strade agro-silvo-pastorali che salgono a monte di via Donizetti a Vigano e di lato alla valle Castello a Luzzana, e alcuni brevi tratti della strada in località S. Antonio, poiché essi sono generalmente instabili e in continuo arretramento.

- Trincea: si segnala la presenza di una tale forma in roccia sopra la contrada Martina: si tratta di una cavità di forma allungata parallelamente all'immersione del versante; essa è dovuta all'apertura di giunti di strato subverticali, fenomeno possibile a causa della presenza di un breve solco torrentizio: si tratta di una forma attiva.

- Stacco di blocchi: questo simbolo indica i punti dove si hanno o sono possibili stacchi di blocchi isolati da pareti rocciose. Questi fenomeni sono favoriti dall'accentuata fessurazione dell'ammasso, dai cicli di gelo e disgelo, dall'azione meccanica delle radici e dalla elevata inclinazione del pendio. Non vi è indicazione riguardo all'attività del fenomeno, che dovrebbe in genere essere considerato quiescente. Stacchi attivi sono indicati solo nei casi in cui a valle vi sono evidenti detriti freschi .

Versante soggetto a caduta di massi sopra la pista ciclopedonale per la Martina



Sul territorio dell'Unione questa forma di dissesto interessa i pendii rocciosi presso la Martina; qui si verificano stacchi di blocchi sparsi pure al di fuori dei principali orli di erosione, anche connessi a crollo di muretti a secco, sulla cresta del monte Pranzà, su piccole scarpate sopra Vigano e presso il Fienile Piazzola. Stacchi di blocchi sono molto diffusi lungo i tratti rocciosi delle scarpate che formano le sponde degli alvei torrentizi più incassati.

- Accatastamento di blocchi e blocchi isolati: si tratta di blocchi rocciosi accumulatisi in modo caotico ai piedi di pareti rocciose instabili. Queste indicazioni hanno in carta la medesima distribuzione degli stacchi di blocchi e degli orli di erosione rocciosi.

- Scivolamento di strati rocciosi: questo simbolo indica zone dove porzioni di roccia molto scomposta, generalmente con giacitura a franapoggio, scivolano lentamente a valle. Questo fenomeno si rileva localmente sul fianco destro della valle del Bragazzo e del Closale.

- Orlo di erosione in terreno: hanno lo stesso significato e le medesime problematiche degli orli di erosione in roccia, ma interessano i terreni superficiali: sono fronti lungo i quali i terreni sono instabili e tendono a franare. Sono segnalati brevi tratti di orli stradali lungo via Valle dell'Acqua e lungo la strada agro-silvo-pastorale che sale lungo la valle Castello, piccoli orli naturali a monte della Martina e in alta valle Bragazzo.

- Soliflusso: il simbolo indica un lento movimento gravitativo dei terreni superficiali, accentuato in quelli più argillosi, in presenza di acqua e/o di sottostanti strati a franapoggio, su pendii molto acclivi. Il fenomeno può essere reso evidente anche dall'inclinarsi degli alberi. Sono fenomeni che per lo più interessano i pendii sul fianco destro delle valli del Bragazzo e del Closale, dove il substrato roccioso si presenta con giacitura a franapoggio, per cui i terreni eluviali sono tendenzialmente più instabili.

- Smottamento: è un movimento in massa di terreni e/o di parti molto disgregate del substrato roccioso, con traslazione improvvisa e veloce, soprattutto in presenza di acque di infiltrazione o di ruscellamento. Si tratta di processi analoghi alle frane (descritte in seguito), ma classificati con questo nome a causa della loro esigua estensione (superficie inferiore a $5\div 10\text{ m}^2$). Anche in questo caso le forme sono distinte in funzione del loro stato d'attività, tuttavia gli smottamenti quiescenti sono più propriamente da considerarsi naturalmente stabilizzati, per la presenza di manto vegetale, che ha suturato le nicchie, e per la stabilità raggiunta dagli accumuli, favorita talvolta da livellamenti agricoli.

Numerosi smottamenti quiescenti sono segnalati lungo le sponde del Bragazzo, del Closale e dei loro affluenti. Alcuni smottamenti interessano i pendii prativi e la viabilità minore nella valle Closale, a monte di Aria e lungo la strada per S. Antonio. Le forme attive viste nel corso di questo rilevamento si trovano lungo la strada sopra S. Antonio e nella valle della Corna, lungo il sentiero che sale ai Prati Alti. Durante le forti piogge dello scorso autunno (2008) si sono attivate alcune forme di instabilità lungo la via Moi e nella valle dell'Acqua, a monte di S. Antonio.

- Nicchia e corpo di frana: le frane sono movimenti di masse di terra o di roccia disgregata, con traslazione improvvisa e rapida, nei quali gioca un ruolo fondamentale la presenza di acqua di infiltrazione o ruscellante. La "nicchia" è la zona di distacco della frana, mentre il cumulo di materiale traslato è indicato come "corpo di frana", distinguendo i casi in cui corpi di frana non sono fedelmente cartografabili. Sono distinte le frane attive da quelle quiescenti, che potrebbero essere riattivate, e da quelle relitte (o stabilizzate). In questi ambiti, anche dopo il distacco principale, permangono di regola elementi di fragilità che richiedono attenzione.

Nel territorio dell'Unione Media Val Cavallina questo tipo di forme è rappresentato sia da colate di terra e detriti che interessano il terreno eluviale e colluviale e/o antichi depositi fluvioglaciali, sia da frane di roccia (in minor misura). Di tali forme è definito il livello di attività e la possibilità di riattivazione, in base alla freschezza delle nicchie, allo sviluppo della copertura vegetale ed eventualmente alla presenza di lavori di sistemazione.

Nei pressi dei centri abitati si segnalano:

- Una piccola frana al margine del terrazzo fluvioglaciale poco sotto la via Luzzana, in Comune di Borgo di Terzo. La nicchia è ampia una trentina di metri e causa l'arretramento del ciglio del terrazzo per una ventina di metri; non si rileva il corpo di frana, poiché probabilmente è stato obliterato o traslato da successive riattivazioni del fenomeno. Attualmente questa forma può essere considerata quiescente, osservando la crescita spontanea del bosco sul pendio. La frana è segnalata anche nelle precedenti carte P.A.I.

come forma non fedelmente cartografabile. Causa scatenante del dissesto sono le circolazioni sotterranee d'acqua, che emergono ora ai piedi della scarpata come sorgenti effimere (una si trova duecento metri più a valle lungo la via Nazionale).

- Una piccola frana che interessa la scarpata rocciosa sotto il convento di Borgo di Terzo in corrispondenza di una brusca curva del torrente Closale; la nicchia è ampia una ventina di metri e presenta segni di attivazione recente, con arretramento della nicchia di frana in roccia ed accumulo dei blocchi sulla sponda destra del Closale. Le cause di questo dissesto sono individuabili nell'acclività elevata del pendio, coincidente con la giacitura inclinata negli strati rocciosi, e nell'erosione al piede del pendio operata dal torrente Closale.

Fuori dai centri abitati, ma in aree con stabile presenza umana, si segnalano:

- una frana che si trova all'apice di un pendio prativo nei pressi di S. Antonio. Tale forma gravitativa si è periodicamente attivata, ma a far conto dallo stato rilevato durante il precedente studio geologico di supporto al PRG (2003) essa non ha manifestato evidenti movimenti, tuttavia occorre anche dire a tale proposito che essa finora non è stata monitorata. Per questo motivo, confermando le valutazioni precedenti (Plebani, 2003),



questa forma è catalogata come frana attiva. La nicchia originaria del movimento parziale più recente è ampia una ventina di metri, mentre il corpo di frana si riconosce per contropendenze e forme ondulate del terreno. È stata oggetto di modesti interventi di stabilizzazione, limitati a piantumazioni e alla costruzione di un piccolo fosso di gronda che intercetta le acque ruscellanti dalla strada soprastante. I terreni interessati dal movimento sono essi stessi antichi accumuli di frana e depositi di versante. Appare evidente che il fenomeno franoso è dovuto all'infiltrazione delle acque superficiali e alla conseguente saturazione dei terreni: in caso di pioggia il ruscello che scorre nel compluvio a monte della nicchia di frana scompare infiltrandosi al coronamento, mentre venute d'acqua scaturiscono al piede del corpo di frana. Di lato alla nicchia si nota un ampio affioramento di roccia calcarea completamente allentata, dal quale si staccano massi anche di alcuni metri cubi di volume (descritto in seguito).

La forma franosa locale, oggi evidente in superficie, è compresa in un più ampio ambito morfologico di instabilità, dove si notano altre forme più vecchie e cicatrizzate. La situazione è piuttosto complessa e interessa un notevole volume di terreno; il coinvolgimento del substrato roccioso molto disarticolato e il riconoscimento di una evidente dislocazione tettonica che delimita l'area inducono a ritenere che potrebbe trattarsi di una

forma di “deformazione gravitativa profonda di versante” (D.G.P.V.) o comunque di una frana complessa, come si preferisce indicare nel presente lavoro. La presenza di una sottostante abitazione permanente introduce un certo grado di rischio, che potrebbe estendersi anche alla possibilità che un’evoluzione parossistica del fenomeno determinasse un temporaneo sbarramento del torrente Bragazzo. Per questi motivi la situazione meriterebbe un approfondimento d’indagine. Nella carta geomorfologica questo ambito instabile viene indicato come “area franosa complessa”.

All’esterno dei centri abitati si segnalano:

- La frana denominata “Tu-Brigher”: interessa un tratto di versante ampio fino a centocinquanta metri a ridosso della sponda sinistra del Closale, poco a monte della confluenza con la valle di Boldracc. Il pendio è costituito da abbondante terreno limo-argilloso, con pietrisco che proviene dalla disgregazione di ammassi calcareo-marnosi molto fessurati ed erodibili (“Sass de la Luna”). Il movimento franoso è favorito dall’imbibizione d’acqua e dalla forte azione erosiva del torrente al piede del pendio. La prima attivazione della frana di cui si abbia notizia risale agli anni Cinquanta del secolo scorso, ma la frana è tuttora attiva.



Borgo di Terzo in una cartolina del 1950: sullo sfondo è ben visibile la frana “Tu Brigher” lungo la valle del Closale

Alcuni interventi sono stati eseguiti lungo il torrente Closale a valle della frana, in particolare una serie di briglie per trattenere il trasporto solido e alcuni tratti di muri spondali per stabilizzare le sponde. Anche se tale forma di dissesto è lontana dal centro abitato, una sua evoluzione potrebbe indirettamente portarvi conseguenze, in particolare nel centro storico di Borgo: nella situazione odierna si può, infatti, ipotizzare che una mobilitazione anche solo parziale del corpo di frana, favorita da una piena del Closale, possa attivare un anomalo trasporto solido in alveo con conseguente sbarramento del tratto terminale canalizzato ed esondazione del torrente.

- La frana della valle Boldracc è formata da roccia molto disgregata (calcari selciferi), tanto che l'ammasso si presenta come un ghiaione molto grossolano e dunque molto facilmente erodibile. Non si individua una vera e propria nicchia e il corpo di frana è ampio una quarantina di metri e lungo una settantina. È una frana attiva, tuttavia essa non minaccia direttamente né centri abitati né viabilità minore; va comunque tenuta sotto controllo poiché, riversando materiale nel sottostante solco d'impluvio, può alimentare in modo sensibile il trasporto solido del corso d'acqua negli eventi di piena.
- La frana nei pressi di Fienile Piazzolo ha un fronte largo un centinaio di metri e una lunghezza di circa duecentocinquanta metri. È una forma relitta per quanto concerne il corpo di frana, ma può essere considerata quiescente in corrispondenza della nicchia, dove attualmente possono staccarsi blocchi rocciosi. Il corpo di frana è costituito da terreno caotico a granulometria grossolana o mista e ha raggiunto un buon grado di stabilità, con una copertura vegetale continua.
- La frana sul fianco destro del Bragazzo di fronte a S. Antonio: la nicchia in roccia è larga una trentina di metri e alta al massimo quattro metri. Gli strati rocciosi hanno giacitura inclinata a franapoggio e sono disarticolati; alcuni alberi sono stati sradicati e abbattuti dal movimento. Sul pendio soprastante la nicchia si notano evidenti forme di scivolamento del terreno (soliflusso) con incurvamento dei fusti arborei. La frana è attiva ma grava su un versante disabitato e sufficientemente distante dall'alveo del Bragazzo per cui non si intravedono particolari problemi.

- Pendio con roccia allentata: questa campitura richiama la significativa presenza di un tratto di versante roccioso dove l'ammasso si presenta completamente allentato, dal quale si staccano massi fino ad alcuni metri cubi di volume. Anche questa forma locale di dissesto, che si presenta a monte di S. Antonio, come quella descritta in un paragrafo precedente, è compresa nel contesto più ampio di un'area instabile distinta come "area franosa complessa". La parte maggiormente dissestata si estende per un centinaio di metri in senso longitudinale, lungo la direzione del versante, e altrettanto in direzione meridiana. Gli alberi di alto fusto che ricoprono questo tratto di versante sono inclinati, a indicare un movimento lento ma attivo. Sul margine occidentale del corpo in dissesto vi sono alcuni grossi blocchi rocciosi appoggiati in equilibrio precario sul pendio prativo. Come si è già accennato, la presenza sottostante di una struttura abitativa e della chiesetta di S. Antonio con foresteria frequentata da campeggiatori estivi, rende evidente la necessità di un

approfondimento di indagine (rilievo di dettaglio e verifica caduta massi) e/o di un monitoraggio (inclinometri, estensimetri e/o altro) su questa forma di dissesto franoso.



- Area franosa complessa: già richiamata nelle descrizioni di forme franose precedenti, viene indicata con un contorno evidente sulla carta geomorfologica una porzione del versante montuoso sopra la località di S. Antonio. L'ambito racchiude diverse forme locali di instabilità franosa: di alcune vi sono evidenze di attivazione recente, di altre solo segni di evoluzioni antiche, ma ciò che si intende segnalare con questa perimetrazione è la cospicua dimensione dell'area interessata e la comune dinamica profonda che lega le diverse forme superficiali, essenzialmente dovute a motivi strutturali (neotettonica) e a circolazioni sotterranee d'acqua. Ne consegue che la stabilizzazione e la messa in sicurezza di queste forme di dissesto non possono essere affrontate con interventi superficiali sul singolo evento (come si è fatto finora), ma il fenomeno deve essere studiato e affrontato nel suo complesso. A cominciare dalla sorgente dell'Albera, che si trova al piede dello stesso pendio franoso; infatti un serio intervento di stabilizzazione della frana non potrà prescindere dalla intercettazione delle acque di infiltrazione sotterranea, probabilmente le stesse che oggi alimentano la sorgente.

- Scavernamento: segnala la presenza di forme di erosione e dilavamento dei banconi di detriti cementati che si trovano sopra il centro storico di Vigano, a monte del cimitero dello stesso paese, sui pendii attorno a S. Antonio e al Fienile Gandello. L'asportazione di livelli o di tasche di sedimenti fini meno cementati ha provocato la formazione di caverne, alcune delle quali possono essere soggette a crolli dei tetti aggettanti. Sopra Vigano una di queste cavità è stata stabilizzata mediante una sottomurazione.

- Principali linee di crinale: con questo simbolo sono indicati i crinali montuosi: Essi coincidono con gli spartiacque superficiali, cioè con le morfologie che delimitano i principali bacini idrografici.

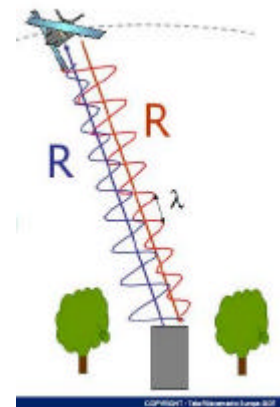
DISSESTI GRAVITATIVI DEL CATALOGO IFFI

Regione Lombardia ha realizzato nel corso di quest'ultimo decennio un database voluminoso riguardante i dissesti gravitativi avvenuti nel corso degli ultimi anni e in epoca storica. Il lavoro è stato condotto principalmente sulla base di fotointerpretazione e di cataloghi storici appositamente redatti, con controlli sul terreno. Il Catalogo "Geo-IFFI" (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani) è attualmente disponibile via Internet. Tale documento è ritenuto fondamentale e di riferimento nella redazione di qualsiasi cartografia geomorfologica, soprattutto in relazione agli studi geologici a supporto dei PGT.

Occorre osservare che il Catalogo "Geo-IFFI" è stato recentemente reso anche aggiornabile tramite la rete informatica, utilizzando specifiche procedure di controllo, ma che tale aggiornamento risulta piuttosto carente, motivo per cui una parte delle informazioni che esso contiene è ormai superata, soprattutto per le situazioni in cui sono state realizzati interventi di sistemazione. D'altro canto, il numero limitato di controlli sul terreno delle frane individuate da fotointerpretazione ha portato e porta spesso a valutazioni difformi dalle reali situazioni, sia per quanto riguarda la stessa esistenza e l'ubicazione di alcune forme, sia per l'attribuzione del grado di attività di tali dissesti.

Considerate queste premesse, nell'ambito del presente studio è stata effettuata una verifica della carta "Geo-IFFI" mediante sopralluoghi mirati e utilizzando i dati riguardanti gli interventi di sistemazione e/o mitigazione del rischio; si sono in tal modo riclassificate le varie forme di dissesto, dove necessario. Per valutare l'attività di alcuni fenomeni franosi, oltre ai sopralluoghi sul terreno, si è potuto ricorrere al confronto con dati di rilevamento da interferometria radar satellitare "PSinSAR", acquisiti di recente e messi a disposizione da Regione Lombardia.

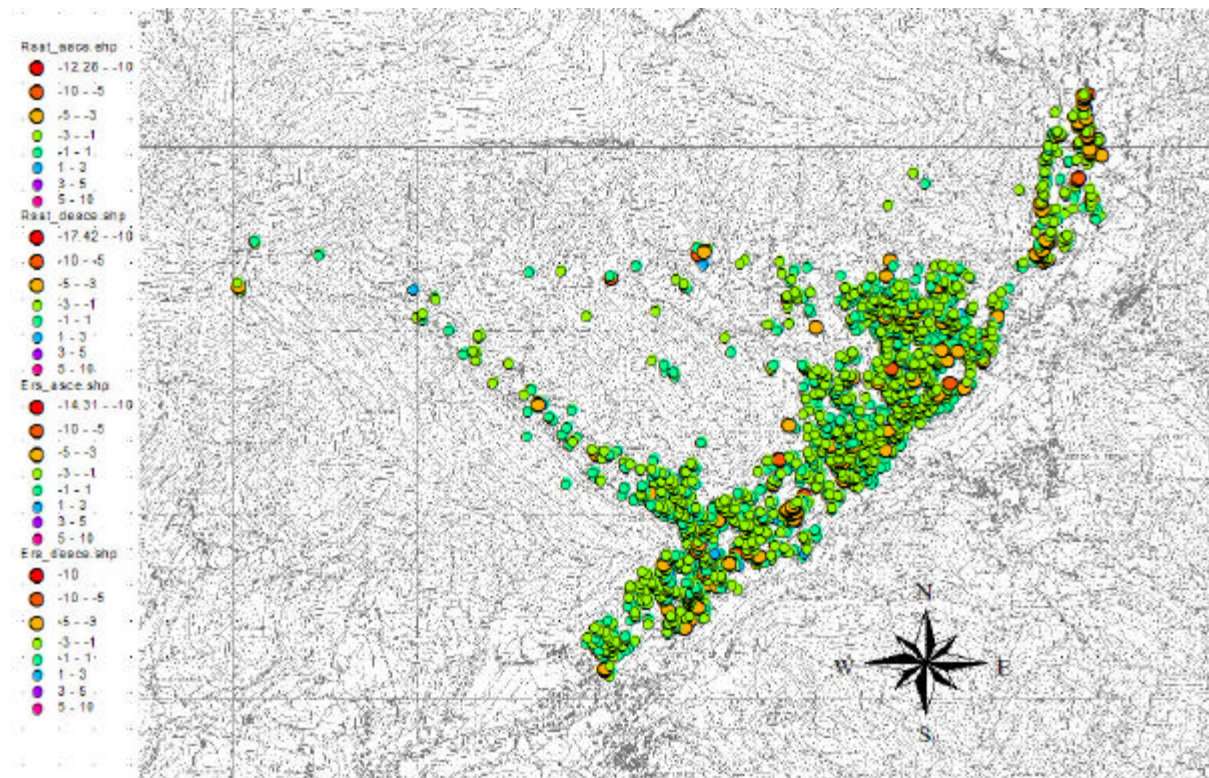
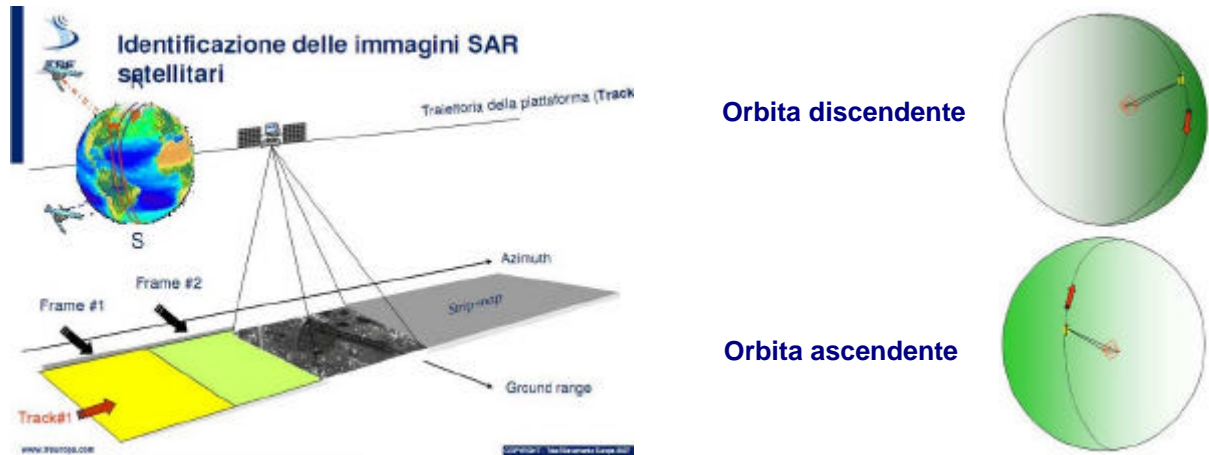
I sistemi radar satellitari coerenti, nello specifico i radar di tipo SAR (Synthetic Aperture Radar), sono in grado di misurare la distanza tra il sensore e il bersaglio, registrando il tempo di volo tra l'onda trasmessa e la sua parte retrodiffusa. Grazie alla loro periodicità di acquisizione (circa mensile) i dati SAR forniscono misure ripetute della distanza sensore-bersaglio consentendo, mediante confronti successivi, di apprezzarne eventuali spostamenti nel tempo.



La tecnica PS si basa sull'impiego di una serie temporale di immagini radar satellitari della stessa area (in particolare per questo lavoro i dati dei satelliti ERS-1/2 dell'ESA – *European Space Agency* - per il periodo 1991-2000 e i dati del sensore RADARSAT della CSA – *Canadian Space Agency* - per il periodo 2003-2007) ed ha come obiettivo quella di individuare quei bersagli (*Permanent Scatterers o PS*) che mantengono inalterate nel tempo le proprie caratteristiche elettromagnetiche. Questi bersagli in genere sono rappresentati da edifici, viadotti, condotte, detriti e rocce esposte o elementi metallici (pali, pensiline metalliche, recinzioni). Per ciascuno di questi punti è possibile stimare e rimuovere il disturbo atmosferico e ricostruire con precisione millimetrica la storia dei movimenti nell'intervallo di tempo analizzato. Ciascuna immagine ricopre un'area di territorio di circa 10.000 km² che



viene “fotografata” all’incirca ogni trenta giorni, ricoprendo la medesima superficie; essa è identificata da un numero corrispondente all’orbita del satellite (*track* o traccia), da un numero corrispondente alla porzione di area all’interno della singola traccia (*frame* o fotogramma), analogamente a quanto avviene per la restituzione dei voli di aerofotogrammetria.



Distribuzione dei punti PS (Permanent Scatterers) sul territorio dell’Unione Media Val Cavallina; i punti in legenda sono velocità espresse in mm/anno

I PS ottenuti vengono suddivisi in funzione della loro velocità di movimento nel tempo, secondo una scala cromatica, in modo da rendere evidenti aree o punti in cui è possibile individuare abbassamenti o innalzamenti delle strutture, del terreno o delle rocce. Occorre comunque ricordare che tale tecnica non permette di ottenere dati all'interno di aree con copertura boschiva da media a densa e su pareti o pendii molto acclivi, soprattutto se disposti secondo particolari orientazioni sfavorevoli per la ripresa satellitare.

L'analisi sul territorio dell'Unione Media Val Cavallina ha permesso di riconoscere 321 PS del dataset ERS ascendente, 581 PS del dataset ERS discendente, 2024 PS del dataset RADARSAT ascendente e 851 del dataset RADARSAT discendente, per un totale complessivo di 3.777 Permanent Scatterers. È in corso il controllo dei dati da parte di Regione Lombardia, al fine di verificarne l'attendibilità. In generale, altre analoghe esperienze hanno mostrato che per identificare aree in movimento occorre prendere in considerazione non il singolo PS, ma il loro insieme.

La maggior densità di PS è nei fondovalle, dove è il maggior numero di riflettori utili. In tali ambiti l'indagine mostra la sostanziale stabilità del terreno; fa eccezione la Martina dove si registrano lievi abbassamenti dovuti alla natura compressibile dei terreni limo-argillosi, che si assestano sotto il peso di nuove strutture. Altri punti anomali si osservano (solo dati Rsat) presso l'area Zenucchi di Luzzana, dove pure è in corso l'edificazione di nuove strutture.

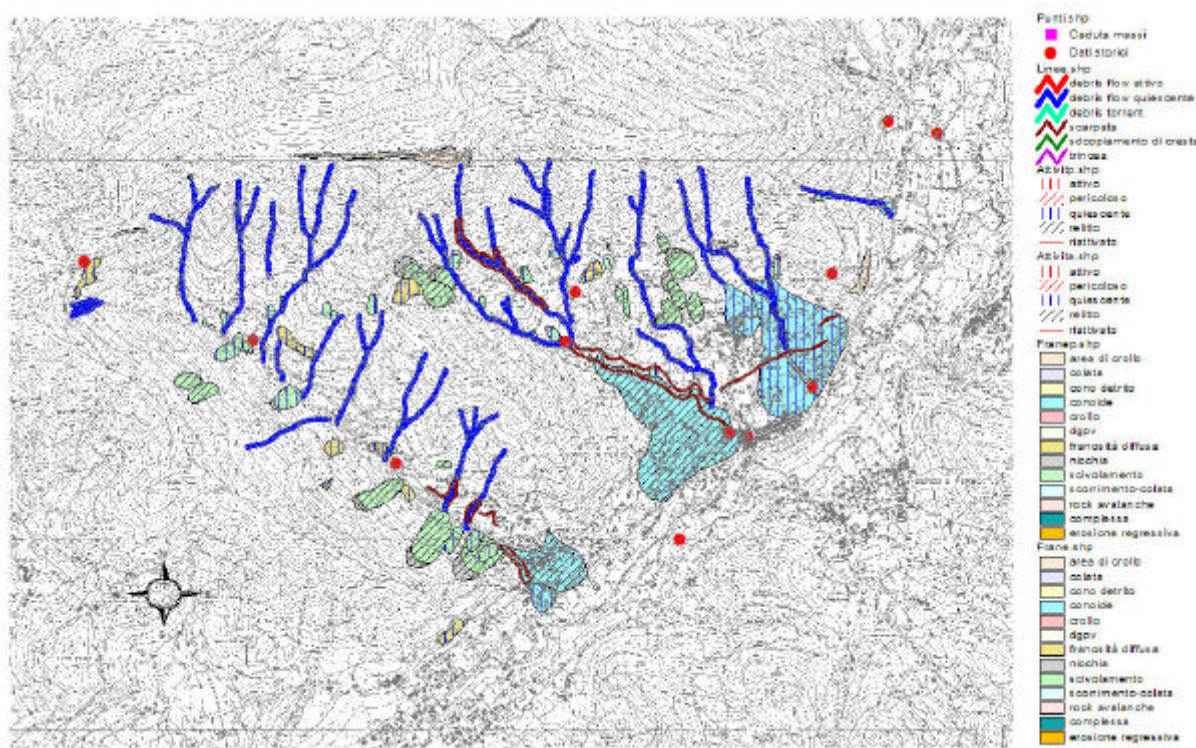
Nelle aree esterne ai centri abitati i PS sono molto rarefatti a causa della copertura boschiva che maschera eventuali riflettori utili; non è quindi possibile verificare lo stato di attività dei versanti in frana. Si osservano locali abbassamenti presso Cascine Love, Fontana Zelitto, Prati Alti e Case Benti; punti sparsi nei centri di Vigano, Borgo e Luzzana: essi sono circoscritti e non hanno un significato geologico, ma possono indicare piccole modifiche alle strutture.

-----0000000000000-----

I vari dissesti franosi nella cartografia "Geo-IFFI" sono suddivisi secondo la loro morfologia e il loro stato di attività nelle seguenti classi:

- Area a franosità superficiale diffusa: si tratta di "aree a prato o pascolo, caratterizzate da topografia ondulata, che contengono movimenti franosi di dimensioni limitate, non cartografabili singolarmente, che interessano la coltre colluvio-eluviale" (*soil slip*), come è descritto in "Valutazione della Pericolosità e del Rischio da Frana" - Regione Lombardia (2001). Questo tipo di processo geomorfico è individuato dalla Regione su alcuni versanti prativi in valle Bragazzo (lungo via dei Casneti Bassi, sopra case Maioli) e in valle Closale (Fontana Zelitto e sopra Cascina Noal).

I pendii lungo via dei Casneti sono effettivamente stati interessati da soliflusso e piccoli smottamenti anche in un recente passato, e in parte sono legati al dissesto della strada lungo la quale si raccolgono e ruscellano le acque del versante soprastante. Sopra Case Maioli invece non si notano particolari forme di dissesto; il terreno è tagliato dal recente tracciamento di una piccola pista. Presso Fontana Zelitto la parte inferiore del pendio che Geo-IFFI indica in dissesto è ormai completamente boscata e nemmeno la parte prativa superiore presenta forme di dissesto in atto, così pure il versante sopra Cascina Noal.



Estratto della “Carta dei dissesti della Regione Lombardia”

- Nicchia di frana e accumulo di frana di scivolamento: si tratta di forme che interessano soprattutto le sottili coltri di terreno superficiale o zone in cui l’ammasso roccioso è parzialmente disgregato. In questo caso vengono distinte secondo diversi gradi di attività, in funzione di criteri codificati da Regione Lombardia (“*Valutazione della Pericolosità e del Rischio da Frana*” - Regione Lombardia (2001) e “*Inventario delle Frane e dei Dissesti Idrogeologici della Regione Lombardia: Note Illustrative*” – Regione Lombardia (2002). Nella carta “Geo-IFFI” l’unica “frana attiva” indicata è quella che si trova sulla sponda destra dell’incisione appena a Est della valle Boldracc, a m 550 s.l.m.: in realtà tale dissesto è attualmente quiescente, mentre la stessa carta non riporta le altre frane attive che effettivamente si rilevano sul terreno (vedi descrizioni precedenti).

Nel catalogo “Geo-IFFI” è indicato un certo numero di “frane quiescenti”; queste in parte coincidono con quelle rilevate sul terreno: versante sotto S. Antonio; sponda destra della valle dell’Acqua; sorgenti sotto Costa del Colle; valletta a Ovest dei Bettineschi; valletta a Est di Fienile Piazzola; valletta a monte di Cascina Noal; valletta a Est di Stalle Fou; sponda sinistra Closale all’altezza di Cascina Aria. Invece la frana “Tu-Brigher”, indicata come “quiescente”, è in realtà attiva. Altre frane indicate come “quiescenti” sono in realtà forme relitte: fianco destro del Bragazzo poco sopra Costa e di fronte a Case Maioli; sponda destra della valle Pedesico. Infine, alcune frane indicate come “quiescenti” non hanno sul campo alcun riscontro, per cui sono indicate nella nostra cartografia con un’apposita retinatura e con la dicitura “*Forma di dissesto non presente*”: sponda destra del Bragazzo poco sopra Costa e di fronte a S. Antonio; prati attorno a Fienile Gandello; cascina Love; nei pressi delle sorgenti Schitù; sulla sponda sinistra del Valzello).

Le frane relitte “Geo-IFFI” sono tutte riprese nella nostra carta geomorfologica poiché, anche se in alcuni casi non hanno evidenze sul terreno, possono corrispondere a forme compatibili con tale interpretazione; in particolare sul fianco destro della valle Bragazzo, più che di frane, l’indicazione può riguardare rilasci parziali del terreno eluviale e del substrato roccioso, che qui ha giacitura a franapoggio. La frana “relitta” di Fienile Piazzolo è ridelimitata in modo più esatto; le frane sopra Vigano possono essere collegate alla zona sorgentizia “Schitù”.

- Colamento rapido o debris flow: vengono indicate con questo simbolo lineare i percorsi delle colate di detriti presenti sul territorio dell’Unione; si tratta in ogni caso di forme quiescenti, delle quali non è evidente la “freschezza” morfologica e/o che si sono rinaturalizzate. Con questo simbolo sono indicati quasi tutti i corsi d’acqua minori; si tratta, infatti, di aste brevi, ma piuttosto acclivi, con fondo roccioso nel tratto di monte e via via scavato nei detriti nei tratti inferiori e meno pendenti. Sovente tali corsi d’acqua hanno un profilo longitudinale a “scalinata”, con salti subverticali in corrispondenza dei banchi rocciosi più resistenti e con tratti poco pendenti dove le rocce sono più fragili ed erodibili. In questi ultimi si accumulano i detriti che vengono rimossi improvvisamente e in massa durante le piene e possono dar luogo ad ostruzioni d’alveo a esondazioni e colate detritiche. Durante il rilevamento (estate-autunno 2008) si è potuto osservare come numerosi alvei minori si presentassero anche ingombri di vegetazione, indice del grave stato d’incuria in cui versa il reticolo idrico minore.

- Conoide attiva o quiescente: si tratta di aree convesse, dolcemente acclivi, che si aprono “a ventaglio”, in genere allo sbocco dei corsi d’acqua sulla piana di fondovalle; esse sono originate dalla sedimentazione del materiale solido trasportato dai flussi di piena e da questi stessi sono anche modellate. Comunemente le conoidi sono formate da sedimenti sciolti, molto grossolani all’apice e più fini (ghiaiosi e limosi) nelle parti distali; esse sono anche caratterizzate dalla frequente mobilità degli alvei, quando non siano artificialmente contenuti.

Nel catalogo “Geo-IFFI” sono indicate come “conoidi attive” quella che interessa il tratto del Valzello interno al centro abitato e quella piccola che scende a metà di via Martina. Nel primo caso l’apice della conoide indicata nella carta regionale si riferisce a una conoide antica, forma ormai relitta, visto che nella parte apicale l’alveo del Valzello è molto incassato. Nemmeno nel secondo caso l’indicazione regionale corrisponde alla situazione reale, poiché la parte sinistra della piccola conoide è sopraelevata e incisa profondamente dal corso d’acqua attuale, oltre che parzialmente protetta da una difesa spondale; nella nostra cartografia dunque si considera attivo solo il settore destro, comprendente l’alveo e un piccolo pianoro adiacente.

“Geo-IFFI” indica come “conoidi quiescenti” l’ampio edificio formato dal Valzello, quello che scende a monte del centro storico di Vigano e quello allo sbocco della valle del Bragazzo. Considerato che la conoide del Valzello nella sua parte apicale è in realtà una forma relitta, sicuramente non più riattivabile, si può invece ritenere forma quiescente la parte di conoide a partire dall’intersezione con il piazzale su via Bergamo. La piccola conoide, il cui apice si trova sopra il centro storico di Vigano, allo sbocco di un impluvio senza recapito, è ancora attiva nella

sua porzione centrale ed è interessata da significativo trasporto di detriti durante piogge intense e prolungate.

Nella stesura del precedente studio geologico di supporto al P.R.G. (Plebani, 2003) la cosiddetta “conoide” del Bragazzo è stata ripermetrata rispetto alla originaria ed errata definizione del P.A.I. ma in realtà in quest’area non si può identificare alcun edificio di conoide, poiché il torrente è profondamente inciso in roccia e anche tutt’attorno la morfologia è dominata dalla presenza di roccia affiorante o subaffiorante. Ci sembrerebbe scorretto oggi reiterare ancora una volta tale palese errore, per questo motivo viene esclusa la precedente indicazione. Anche nella parte sotto via Costa non c’è alcuna morfologia che possa essere associata a conoide. Infine, come “conoidi relitte” nelle carte “Geo-IFFI” sono indicate quelle forme sulle quali sorgono l’abitato di Luzzana e una parte di Borgo di Terzo, quella compresa tra Aria e Terzo antica.

- Aree soggette a crolli e ribaltamenti: si tratta di situazioni in cui si verificano o si possono verificare stacchi di blocchi e frane di crollo da pareti rocciose. Questi fenomeni sono favoriti dall’accentuata fessurazione degli ammassi rocciosi, dai cicli di gelo e disgelo, dall’azione meccanica delle radici e dall’elevata inclinazione dei pendii.

Nelle carte “Geo-IFFI” tali aree sono individuate delimitando in base al solo parametro dell’acclività le superfici rocciose inclinate più di 40°, senza operare un controllo della litologia e delle condizioni strutturali dell’ammasso roccioso. In tal modo nel documento regionale è indicato un numero molto maggiore di forme rispetto ai processi gravitativi effettivamente presenti sul terreno, soprattutto sui versanti del Valzello e dell’alta valle del Closale. In ogni caso la carta “Geo-IFFI” non riporta alcuna indicazione riguardo allo stato di attività dei fenomeni segnalati, che in genere dovrebbero essere considerati quiescenti. Le forme attive sono indicate solo dove ai piedi delle rupi o delle scarpate vi sono evidenti detriti freschi, senza copertura vegetale, come accade nel settore più settentrionale del territorio dell’Unione.

PROCESSI LEGATI ALL’AZIONE DELL’ACQUA

- Sorgenti libere e captate: si tratta di scaturigini di acque sotterranee e/o di manufatti realizzati per la loro captazione. Le tipologie di acquiferi e di sorgenti presenti nel territorio dell’Unione sono descritte in dettaglio nel capitolo riguardante la carta idrogeologica: Qui è utile menzionare la sorgente “Albera” che si trova in località S. Antonio di Luzzana: è l’unica sorgente attualmente captata dal sistema acquedottistico (al momento gestito dalla società UNIAQUE). Tutte le altre sorgenti non sono captate o sono state abbandonate con la “razionalizzazione” consortile del sistema acquedottistico. Le zone di scaturigine sono sovente associate a piccole forme di dissesto, legate proprio alla filtrazione delle acque sotterranee.

- Pozzo attivo: nella carta geomorfologica sono indicati anche i pozzi attualmente in uso.

- Ristagno o emergenze diffuse d'acqua: vengono segnalate zone in cui i terreni sono di regola intrisi d'acqua, per effetto di emergenze idriche diffuse e/o per la bassa permeabilità dei terreni stessi. Al fenomeno in genere consegue uno scadimento della qualità geotecnica dei terreni e del loro grado di stabilità. Si osservano fenomeni del genere sul versante sopra S. Antonio, sui pendii privati a Nord di Costa del Colle, su quelli a monte di Aria, nella piana della Martina e sotto la via Nazionale nei pressi del cantiere Zenucchi, dietro il cimitero di Luzzana.
- Deposito di travertino: si tratta di incrostazioni calcaree che si formano a partire da acque sovrassature in bicarbonato di calcio; sono molto diffuse lungo tutti i corsi d'acqua e soprattutto in corrispondenza di sorgenti.
- Pozza: si segnala la pozza presente sullo scollinamento in località Prati Alti.
- Ruscellamento: piccole solcature dei terreni, dovute allo scorrimento disordinato delle acque di sgrondo superficiale. Sono forme diffuse soprattutto nelle aree dove il grado di permeabilità del terreno è basso, come sul versante compreso tra la valle Corna e i Prati Alti o nei pressi di Fontana Zelitto. In altri casi il ruscellamento si concentra lungo sentieri che funzionano come veri e propri canali di gronda del versante, come sopra Rondenina, lungo il sentiero che sale a stalle Fou o lungo la via dei Casneti Bassi. In altri casi con tale simbolo sono segnalati piccoli impluvi che non risultano dalle carte topografiche, ma che solcano soprattutto il fianco destro della valle del Bragazzo e quello alle spalle de La Martina.
- Erosione lineare accelerata: si indica l'effetto dell'azione di acque incanalate in alvei molto pendenti o in solchi che incidono le pendici montuose più acclivi, dove esse scavano profondamente. Gli alvei si approfondiscono rapidamente con conseguente instabilità delle sponde, che tendono a franare, mentre verso valle si verifica un forte trasporto solido, che può generare sovralluvionamenti, ostruzioni d'alveo e *debris flow*. Questi fenomeni sono diffusi in diverse valli e vallecole del territorio di Unione, in particolar modo in quelle che scendono sul fianco destro della valle del Closale; si segnalano inoltre un solco d'erosione prodotto dalle acque lungo il sentiero che scende dai Prati Alti e una valletta che scende a Est di stalle Fou di Sopra. In parte le indicazioni coincidono con le "zone soggette a colamento rapido o *debris flow*" del Catalogo "Geo-IFFI".
- Corso d'acqua intubato: sono segnalati i tratti incanalati e interrati dei corsi d'acqua, sia per i brevi tratti di attraversamento stradale, sia per lunghi tratti sotto i centri abitati e le aree industriali del fondovalle. Si tratta di punti critici dal punto di vista idraulico, soggetti a periodiche occlusioni, esondazioni e/o trasporto solido fuori dalla sede dell'alveo stesso. Sono particolarmente lunghi i tratti intubati e coperti delle valli Castello, Pesino e Paradiso, presso la confluenza nel Cherio.
- Occlusione di alveo: si tratta di punti in cui si verificano restringimenti più o meno accentuati degli alvei per cause naturali o antropiche (discariche, edificazioni, tombinature stradali, ponti) e dai quali si possono verificare esondazioni. Questi punti coincidono in gran parte con i tratti intubati sopra descritti.



- Punto e direzione di possibile esondazione: il simbolo in carta segnala punti dove, in situazioni critiche di deflusso, si è verificata o è possibile che avvenga la fuoriuscita dei corsi d'acqua dai loro alvei; ciò a causa di occlusioni o di anse molto accentuate e/o della presenza di tratti di sponda bassa. Le zone ove si possono verificare esondazioni corrispondono in parte ai punti di occlusione di alveo e quindi spesso coincidono con quelle indicazioni.

- Sovralluvionamento: si manifesta con accumuli anomali di sedimenti e detriti nel letto di fiumi e torrenti; ciò avviene a causa di un accentuato trasporto in massa durante le piene. Poiché può mutare di molto la sezione e la pendenza dell'alveo, il fenomeno pone il corso d'acqua a rischio di esondazione. Lungo il torrente Bragazzo non vi sono grossi accumuli detritici, salvo che in un breve tratto sotto S. Antonio. Lungo l'alveo del Closale si ha invece un lungo tratto sovralluvionato in corrispondenza delle briglie sottostanti la frana "Tu-Brigher" e in minor misura lungo alcuni tratti degli affluenti minori. Un modesto sovralluvionamento si verifica periodicamente anche in corrispondenza del ponte della strada statale sul torrente Drione, comunque sufficiente a occludere la luce del ponte e a causare l'esondazione e l'allagamento della piana circostante.

- Orlo di erosione fluvio-torrentizia: scarpate instabili, conseguenza dell'approfondimento accelerato dell'erosione lungo i corsi d'acqua e spesso esse stesse soggette ad erosione, soprattutto in occasione di forti piene. Con questa indicazione sono segnati i cigli di gran parte degli alvei minori, compresi quelli del Bragazzo e del Closale.



Erosione lungo l'alveo del Closale



Erosione della sponda del Cherio poco prima della confluenza del Valzello

- Erosione spondale: indica un fenomeno correlato alla dinamica dei corsi d'acqua superficiali e che riguarda le sponde, nei tratti dove maggiore è l'intensità della corrente. Con questo simbolo sono individuate forme di erosione spondale lungo il corso del Cherio, in corrispondenza delle anse più accentuate; poiché l'alveo è ormai completamente incanalato tra muri di difesa spondale, in genere l'erosione si manifesta come sottoescavazione al piede delle murature stesse. Per i corsi d'acqua minori si ricorre invece al simbolo lineare di "orlo di erosione fluviotorrentizia".

- Cascata: sono segnalati salti naturali in alveo; a causa del fondo roccioso di gran parte dei torrenti hanno frequentemente un profilo longitudinale a "gradinata", nel quale risaltano piccole cascate spesso ricoperte da incrostazioni travertinose.

- Marmitta d'evorsione: si tratta di cavità erosionale di forma subcircolare, che si forma in particolari condizioni idrauliche entro gli alvei rocciosi dei torrenti, a causa del trascinarsi vorticoso di ciottoli sul fondo da parte delle correnti d'acqua (evorsione). Queste forme sono caratteristiche nell'alveo del Bragazzo. Molto bella è la "vasca" che si trova sotto una piccola cascata presso il ponte di via Costa.



- Infiltrazioni d'acqua in sottosuolo: si tratta di punti in cui le acque di scorrimento superficiale si infiltrano nel terreno. Queste infiltrazioni d'acqua su aree acclivi possono essere causa di dissesto, poiché favoriscono lo scivolamento a valle dei terreni e nel contempo essere segni rivelatori di forme franose in atto. Ciò accade ad esempio per le acque che solcano il piccolo impluvio a monte della località S. Antonio: esse infatti scompaiono al coronamento di una vasta zona di frana periodicamente attiva e riemergono a valle, formando una sorgente che viene anche captata.
- Aste torrentizie: nella carta geomorfologica è messo in evidenza anche il reticolo idrografico del territorio dell'Unione, comprendendo sia le aste principali, sia le numerose minori che solcano i versanti e che sono percorse da deflussi idrici solo sporadicamente. La distinzione tra aste appartenenti al Reticolo Idrico Principale e quelle del Reticolo Idrico Minore è riportata nella carta dei vincoli del P.G.T.
- Bassa soggiacenza della falda: il simbolo indica le aree dove la falda acquifera è prossima al piano di campagna. Un eventuale utilizzo di questi terreni deve tener conto del fenomeno, sia per il detrimento dei caratteri geotecnici dei terreni di fondazione sia per le difficoltà o l'impossibilità di prevedere volumi interrati. Questo ambito comprende tutta la piana alluvionale del Cherio.
- Conoidi attive e/o parzialmente attive e conoidi relitte: con questo simbolo si dà una sovrapposizione grafica alle campiture che già individuano questa categoria morfologica, in modo da indicarne lo stato di attività.

PROCESSI GLACIALI

- Massi erratici: si tratta di blocchi rocciosi tondeggianti e isolati, anche di volume molto grosso; essi sono costituiti in genere da rocce estranee al territorio dell'Unione, provenienti da zone molto più settentrionali. Sono testimoni dell'espansione glaciale quaternaria e, trasportati in seno alla lingua glaciale, al suo ritiro, si sono adagiati sui terreni meno acclivi. Ve ne sono soprattutto sul pendio sopra La Martina, ma si segnala la presenza di un masso erratico anche a Fienile Gandello (vedi foto) a m 710 s.l.m. (Plebani, 2003).



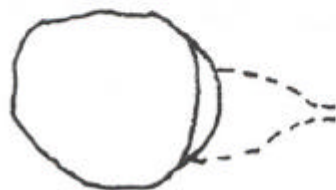
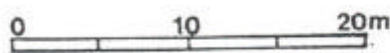
PROCESSI CARSICI

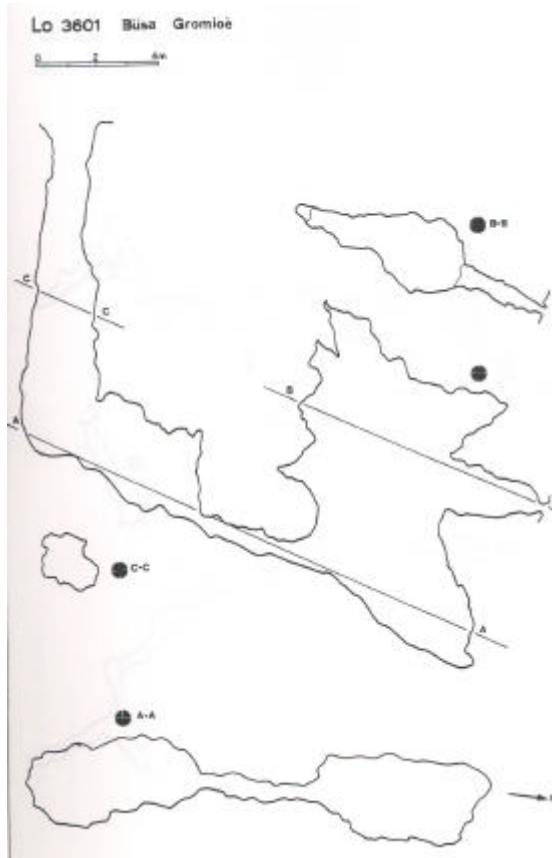
- **Inghiottitoio**: si tratta di cavità e fessure subverticali originatesi in rocce carbonatiche a seguito di processi di dissoluzione carsica, cioè per la lenta azione chimico-fisica (dissoluzione ed erosione) di acque di infiltrazione sotterranea ricche di CO₂, azione che si esplica in genere lungo discontinuità (fratture, faglie, giunti di strato). La presenza di queste forme di carsismo superficiale indica lo sviluppo di forme collegate di carsismo ipogeo e di reti acquifere sotterranee con circolazione molto rapida e assai vulnerabili.

- **Grotta**: è una forma di carsismo ipogeo facilmente collegata alla categoria precedente, in genere si tratta di cavità a sviluppo orizzontale od obliquo. Queste morfologie sotterranee sono oggetto di studi, rilievi e indagini da parte di gruppi di speleologi e alcune sono state censite e riportate nel "Catalogo delle grotte del settore Bergamasco" pubblicato sulla Rivista del Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo (1981). Qui di seguito viene riportato un estratto di questo catalogo con i rilievi di alcune di queste grotte. Ovviamente esse hanno anche un grande significato come elementi di pregio naturalistico.

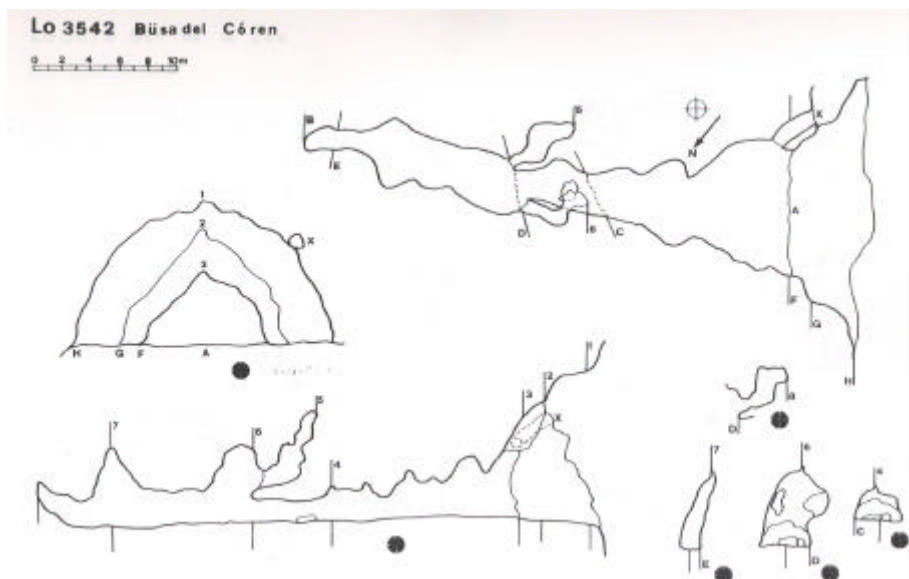
CATALOGO DELLE GROTTA DEL SETTORE BERGAMASCO (Riv. Museo Civico Scienze Naturali "E. CAFFI" - BERGAMO, 1981)					
NUMERO	NOME	LOCALITA'	COMUNE	QUOTA m s.l.m.	MORFOLOGIA
1235	Laga dôl Casèl Zambaiti	Costa del Colle	Luzzana	490	mista obliqua
1487	Laga de Seradèl	M.	Luzzana	850	pozzo
1488	Büs del Batésta	Prati Alti	Luzzana	740	pozzo
3542	Büsa del Còren	Cascina Bali	Vigano S.M.	400	caverna/riparo orizzontale
3601	Büsa Gromloè	Stalla Gromloè	Vigano S.M.	860	mista obliqua

LO 1235 Laga dol Casèl Zambaiti





Schemi con pianta e sezioni di alcune delle grotte e degli inghiottitoi presenti nel territorio dell'Unione



ELEMENTI ANTROPICI

- Discarica e/o riporto: con questo simbolo sono indicati i riporti antropici che, data la loro esigua estensione, non vengono rappresentati in carta con campiture. Sono diffusi sia nelle zone abitate sia lungo la viabilità minore, che si inoltra nelle valli del Bragazzo e del Closale.

- Cava: si tratta delle evidenze morfologiche di attività estrattive che hanno interessato il territorio in passato, ma che ora non sono più attive. La sola forma di una certa importanza e di significativo impatto ambientale si trova presso il confine dell'Unione con il Comune di Casazza: si tratta della



Ex cava Armati alla Martina

ex cava "Armati" di pietra calcarea; ora l'ambito viene utilizzato come area di stoccaggio di inerti. Vi sono inoltre la ex cava di argilla in località Martina per la produzione di fanghi curativi per lo stabilimento termale di Trescore Balneario; una piccola cava di ghiaia sopra via degli Alpini a Vigano San Martino; una piccola cava di ghiaia aperta nei banchi di detrito cementato sopra Sant'Antonio, e piccole cave per l'estrazione di smeriglio in un banco quarzoso del Calcare di Sedrina sul crinale orientale del monte Pranzà.

Una parte del territorio di Vigano S.Martino, limitata al crinale orientale del Pranzà rientra oggi nel piano Cave della Provincia di Bergamo come indicano le schede seguenti.

III SETTORE MERCEOLOGICO Calcari e dolomie

GIACIMENTO: Gc11

DATI ANAGRAFICI

Comune/i interessato/i	Albino, Casazza, Vigano San Martino
Sezione/i C.T.R. interessate 1:10.000	C5d1
Sigla ATE se presente/i	ATEc9

CARATTERISTICHE DEL GIACIMENTO

Superficie del giacimento (ha)	78.25.31
Volume disponibile (m ³):	3.700.427
Vincoli presenti nell'area:	<ul style="list-style-type: none"> - Vincolo idrogeologico (R.D. 3267/23); - Boschi e foreste (D.Lgs 490/99 art.146, comma g); - Aree ad elevata naturalità (art.17 PTIPR); - Corso d'acqua (D.Lgs 490/99 art.146, commi b e c).



GeoTer

UNIONE MEDIA VAL CAVALLINA
Studio geologico per il P.G.T.

File: /Unione/pgt/relazione

PROVINCIA DI BERGAMO - PIANO CAVE (L.R. 14/98) -
CARTA DEL GIACIMENTO Gc11

Comuni interessati: Albino, Casazza, Vigano San Martino



SCALA 1:15.000



GIAC III SETT. - rev 06 06 2003

- Cedimento stradale: sono indicati i punti della viabilità minore nei quali durante il rilevamento si sono osservati dei cedimenti del ciglio stradale; essi sono causati in genere da eccessivo carico cui sono soggetti i riporti stradali non adeguatamente consolidati e/o sostenuti da muri di sottoscarpa. Possono anche essere indicativi di fragilità e di precaria stabilità dei pendii. In occasione di piogge possono evolvere in smottamenti e piccole frane con conseguenti interruzione della viabilità. Si segnalano lungo via valle dell'Acqua, via Campei sopra Vigano e via Europa a Luzzana.

- Terrazzetta da pascolo: sono forme di dissesto dei terreni più delicati (in genere quelli più argillosi) dovute all'eccessivo calpestio del bestiame al pascolo (sovraccarico); si tratta di solchi e piccole buche che nell'insieme, tagliando il cotico erboso, permettono all'erosione di agire più incisivamente sul suolo, fino al suo completo decorticamento. Il suolo viene facilmente asportato e il terreno diviene instabile. Queste forme ormai cicatrizzate si osservano ai Prati Alti, alla testata della valle del Bragazzo.



- Manufatti lesionati: sono indicati alcuni manufatti lesionati; si tratta in genere di muri di contenimento che hanno ceduto per effetto di spinte laterali e/o di cedimenti del terreno di fondazione.

- Manufatti e/o materiali pericolosi per la dinamica degli alvei: si segnalano costruzioni precarie, depositi di legname o di altri materiali in prossimità delle sponde di quasi tutti i corsi d'acqua. In caso di deflussi di piena essi possono essere movimentati dalle acque e causare occlusioni di alveo e/o danni e distruzioni a strutture idrauliche e ponti. Di queste costruzioni e di tali depositi, che purtroppo indicano anche una scarsa attenzione al territorio e in particolare all'ambito fluviale, ve



Cherio a La Martina



Cherio a Borgo di Terzo

ne sono in valle Quaglia, in valle Paradiso, nella valletta a Ovest dei Bettineschi, lungo il Closale e nel ramo sinistro del Valzello. Soprattutto sulle sponde del Cherio sono stati individuati accumuli di materiali legnosi e arginature precarie, come alla Martina, o baracche e depositi di materiali vari in fregio alla sponda proprio in un tratto in cui il fiume si restringe naturalmente, incidendo bancate di conglomerati a Borgo di Terzo. In diversi punti si segnala come pericolosa anche la presenza di alberi in alveo, come all'altezza di via Chiosi e alla confluenza con il Bragazzo. Un evidente dissesto dovuto alle lavorazioni di una cava ora dismessa e la presenza di costruzioni precarie creano una situazione pericolosa anche alla confluenza della valle Quaglia.

- Canale di drenaggio: si tratta di canalizzazioni per intercettare le acque ruscellanti dai versanti o quelle di falda, dove questa ha bassa soggiacenza. Del primo gruppo fanno parte i canali di drenaggio costruiti alle spalle della chiesetta di S. Antonio, quello al coronamento della frana sul pendio sopra lo stesso S. Antonio, quello ad Aria di Borgo di Terzo e quello che segna il confine tra Luzzana e Borgo lungo via Cassanico fino alla via Nazionale. Del secondo gruppo fanno parte le canalizzazioni agricole che un tempo solcavano in modo sistematico la piana alluvionale ma che ora si trovano solo in aree marginali come la piana della Martina.

- Canali derivatori abbandonati: c'è una vecchia derivazione delle acque del Cherio che parte all'altezza della confluenza del Closale e un tempo alimentava un maglio situato cinquecento metri più a valle. Lo scarico di tale opificio è ancor oggi utilizzato per convogliare al Cherio le acque della valle Paradiso e quelle della piccola valle che scende da Pesino.

ELEMENTI DI MITIGAZIONE DEI PROCESSI GRAVITATIVI

- Barriera paramassi: si tratta di interventi di consolidamento passivo sui versanti atti ad evitare la caduta di massi o di detriti. Sono localizzate a ridosso della via Nazionale in località Martina sotto cascina Fastasso; alcune barriere non correttamente dimensionate sono inoltre presenti a monte di via Martina.



- **Gabbionate**: si tratta di interventi di consolidamento e messa in sicurezza di scarpate franose mediante gabbie metalliche riempite di pietrisco. Gabbionate sono state utilizzate lungo la via Nazionale in località Martina, lungo la strada della valle Closale, sulla sponda sinistra del Closale nei pressi di una vecchia captazione, in località Prati Alti per consolidare gli scavi del metanodotto, presso Case Maioli e sotto i Bettineschi per consolidare riporti di abitazioni.



- **Consolidamenti**: sono segnalate la sottomurazione di un bancone di detrito cementato sopra le sorgenti Schitù a Vigano S.Martino e il muro di contenimento sotto via valle dell'Acqua in corrispondenza di una nicchia di frana.

ELEMENTI DI REGOLAZIONE DEI PROCESSI FLUVIOTORRENTIZI

La carta geomorfologica riporta varie opere di regimazione idraulica realizzate lungo il fiume Cherio, il torrente Closale, nei tratti terminali del Bragazzo, della valle Castello, della valle Paradiso, del Valzello e della valletta della Martina. Si tratta di strutture longitudinali di difesa spondale (scogliere, argini, muri e gabbioni in pietrame e vere e proprie canalizzazioni degli alvei), ma anche di opere trasversali di regimazione (soglie, briglie). Sono indicati in carta anche alcune strutture di attraversamento (ponti, passerelle e attraversamenti a guado mediante cunettoni), che sono descritte nelle pagine dedicate all'idrogeologia e agli aspetti idraulici.

Eventi alluvionali

Dagli archivi dello S.TER. di Bergamo, della Comunità Montana Val Cavallina e dell'Ufficio Tecnico Comunale sono state ricavate notizie dei principali eventi alluvionali che hanno colpito la zona negli ultimi trenta anni, dei dissesti ad essi connessi e delle opere di intervento eseguite. I principali eventi sono riassunti nelle tabelle allegate suddivise per comune (le date indicate con il punto di domanda si riferiscono al sopralluogo eseguito dai tecnici S.TER. ma non all'evento alluvionale, le prime due righe di ogni tabella si riferiscono a dati reperiti presso la CMVC):



GeoTer

UNIONE MEDIA VAL CAVALLINA
Studio geologico per il P.G.T.

File: /Unione/pgt/relazione

RICHIESTE DI PRONTO INTERVENTO IN COMUNE DI VIGANO S. MARTINO					
DATA EVENTO	LOCALITÀ	DESCRIZIONE EVENTO	INTERVENTO PROPOSTO	FINANZIAM. RICH./AUT	ENTE ATTUAT
1976 ott. 3-4.	Martina, Valzello, via Moia-Mura	straripamento Cherio, straripamento Valzello, smottamenti	ricostruzione argini, sgombero detriti		
1979 sett. 21-22	Pozzera, valle Moia, Brigher, Ca' Rossa, La Ca', FucinaValzelli, Cherio e Drione	frane e smottamenti terreni privati, esondazione			
1979 sett. 21-22	strada Moia-Mura	frane in seguito a piogge torrenziali		Lit 10MIO	Regione
1984 apr. 10-11	Cascine Moi	frane su strade in seguito a piogge torrenziali	sgombero detriti e costruzione muri	Lit 45MIO	Regione
1993 sett. 25	via Moia , Poserre	frana viabilità interrotta	terra rinforzata e ripristino strada	€56.810	Regione
1994 lug. 8	Brigher	frana scarpata a valle strada, detriti in alveo	muro difesa scarpata e strada sgombero alveo	€18.076	Regione
1997 giu-lug	Boldracc	frana viabilità interrotta	ripristino stradavia Moia	€15.494	Regione
1997 apr. 29 (?)	via Martina	blocchi rocciosi instabili	rimozione blocco e barriera paramassi	€23.341	Regione
2001 genn. 13 (?)	Valzello	smottamento scarpata			
2002 mag. 3-5	via Moia, strada Cornelle	cedimento strada delle Cornelle			
2002 mag. 3-5	Poserre e Delet	frana a valle di via Moia	ricostruzione terre armate	€56.300	Comune
2002 nov. 15-18	Pedroera, Rat, Colle, Moia	dissesto idrogeologico			
2002 nov. 15-18	Madonna del Fiore, Si alla Vita, Vittorio Veneto	dissesto idrogeologico			



RICHIESTE DI PRONTO INTERVENTO IN COMUNE DI VIGANO S. MARTINO					
DATA EVENTO	LOCALITÀ	DESCRIZIONE EVENTO	INTERVENTO PROPOSTO	FINANZIAM. RICH./AUT	ENTE ATTUAT
2003 dic. 29	Rat – via Moia	caduta massi su strada comunale			
2004 mar. 13 (?)	Colle	frana scarpata a valle strada comunale causa mancato consolidamento e drenaggio			
2004 ago. 3 (?)	via Martina	caduta massi in seguito a temporali	barriera paramassi in continuità a precedente intervento	€18.117	Comune
2005 sett. 10	Boldracc via Moia	caduta massi			
2008 apr. 13 (?)	Fontanino Delet	Frana	scogliera in massi	€25.000	Comune

RICHIESTE DI PRONTO INTERVENTO IN COMUNE DI BORGO DI TERZO					
DATA EVENTO	LOCALITÀ	DESCRIZIONE EVENTO	INTERVENTO PROPOSTO	FINANZIAM. RICH./AUT	ENTE ATTUAT
1976 ott. 3-4		danni a fognature, danni all'allevamento fagiani di Agazzi Domenico			
1979 sett. 21-22	Cascina Aria, Quaglia, Ripa Erbosa, piazza Marconi, valle Paradiso via Nazionale, via Chiosi, strada del Vago, argini Cherio	frane e smottamenti terreni privati, ostruzione tombotto, cedimento argini			
1979 sett. 21-22	valle Closale valle Paradiso	inghiaimento tratto coperto inghiaimento tratto coperto	pulizia tombotto Closale e scolmatura valle Paradiso	Lit 18MIO	Regione
2002 mag. 3	Aria via S.Pietro in Vincoli	erosione con danneggiamento strada			
2002 sett. 23 (?)	via Leonardo da Vinci strada provinciale				



GeoTer

UNIONE MEDIA VAL CAVALLINA
Studio geologico per il P.G.T.

File: /Unione/pgt/relazione

RICHIESTE DI PRONTO INTERVENTO IN COMUNE DI BORGIO DI TERZO					
DATA EVENTO	LOCALITÀ	DESCRIZIONE EVENTO	INTERVENTO PROPOSTO	FINANZIAM. RICH./AUT	ENTE ATTUAT
2002 nov. 15-18	S. Pietro in Vincoli	dissesto idrogeologico			
2002 nov. 15-18	Pesino Closale	dissesto idrogeologico			
2002 nov. 15-18	Piazzetta il Mulino	dissesto idrogeologico			

RICHIESTE DI PRONTO INTERVENTO IN COMUNE DI LUZZANA					
DATA EVENTO	LOCALITÀ	DESCRIZIONE EVENTO	INTERVENTO PROPOSTO	FINANZIAM. RICH./AUT	ENTE ATTUAT
1976 ott.3-4	Cherio	esondazione su Tonalmarmi e aree agricole, crollo muro Tognetti via Nazionale danni a fognature e strade			
1979 sett. 21-22	via Ponente, via Costa via valle dell'Acqua, Bragazzo, Cherio	smottamenti sede stradale, crollo muro scuola elementare, danni ponte, inghiaimento esondazione tratto terminale straripamento via Nazionale, ostruzione tombotto sotto Artigianplastic			
1979 sett. 21-22	scuola elementare	cedimento nuro e franamento scarpata a valle	rifacimento muro e sistemazione scarpata a monte e a valle	Lit.10MIO	Regione
1984 giu. 07 (?)	torrente Bragazzo, via Costa	smottamento sponda			
1987 mag.	valle dell'Acqua	frana strada	scavi e formazione di 3 muri	Lit.30MIO	Regione
1995 ago. 31 (?)	valle Bragazzo valle Castello	smottamenti inghiaimento	consolidamento frana risezionamento e svaso	Lit.120MIO	Regione



GeoTer

UNIONE MEDIA VAL CAVALLINA
Studio geologico per il P.G.T.

File: /Unione/pgt/relazione

RICHIESTE DI PRONTO INTERVENTO IN COMUNE DI LUZZANA					
DATA EVENTO	LOCALITÀ	DESCRIZIONE EVENTO	INTERVENTO PROPOSTO	FINANZIAMENTO . RICH./AUT	ENTE ATTUAT
1997 lug 08	opere pubbliche	danni vari			
1997 lug 08	valle dell'Acqua	smottamento sponda			
1997 lug 08	valle dell'Acqua	frana			
2000 ott. 10-15	S. Antonio valle della Corna	smottamenti			
2000 ott. 10-15	via Chiesa	cedimento muro			
2000 ott. 10-15	torrente Castello torrente Bragazzo	inghiaiamento			
2002 mag 3-5	via valle dell'Acqua	esondazione torrenti minori con dissesto della strada			
2002 mag 3-5	via bassa dei Casneti	esondazione torrenti minori con dissesto della strada	pulizia e sgombero detriti	€25.494	Comune
2002 mag 3-5	SS 42 Bragazzo-Castello	cedimenti spondali e detriti in alveo	ripristino difesa spondale	€25.000	Regione
2002 giu. 03	valle Castello	cedimento argini in pietrame	demolizione e rifacimento muratura,	€64.000	Comune
2002 ago 20-21	S. Antonio via valle dell'Acqua	cedimenti della sede stradale			



RICHIESTE DI PRONTO INTERVENTO IN COMUNE DI LUZZANA					
DATA EVENTO	LOCALITÀ	DESCRIZIONE EVENTO	INTERVENTO PROPOSTO	FINANZIAMENTO . RICH./AUT	ENTE ATTUAT
2002 ago 20-21	S. Antonio	cedimenti della sede stradale			
2002 nov 15-18	Prati Piani	dissesto strada			
2002 nov 15-18	Cascina Valle	smottamento pendio con parziale danno strada sottost.			
2002 nov 15-18	S. Antonio	frana			
2005 estate	S. Antonio via valle dell'Acqua	cedimenti della sede stradale			

In seguito all'alluvione del 21-22 settembre 1979 si è dato corso ad una serie di progetti di sistemazione del fiume Cherio, che hanno portato alla sua quasi completa canalizzazione artificiale. Gli ultimi interventi di rifacimento delle sponde, mediante la formazione di una scogliera in massi ciclopici, sono dell'autunno 2008 e riguardano la sponda destra del Cherio in località Martina, a ridosso di via Nazionale.

Anche lungo il Closale è stata attuata una serie di lavori, soprattutto la costruzione di briglie e soglie, che hanno lo scopo di arrestare il trasporto solido in alveo durante le piene, visto che la sezione idraulica del torrente dentro Borgo di Terzo è già di per sé molto critica. Un progetto complessivo di sistemazione idraulica e idrogeologica del Closale per la messa in sicurezza del centro abitato è stato stilato tra il 2007 e il 2008 (Sonzogni & Pini, SAI-Progetti) col supporto di un'apposita indagine geologica (GeoTer): esso prevede la pulizia, la risagomatura e il consolidamento dell'alveo e delle sponde nel tratto terminale del torrente, prima del suo ingresso nel tombotto sotto la strada statale, la formazione di una vasca di sedimentazione a monte di questo tratto e di una zona di espansione e laminazione delle piene e, considerata l'impossibilità di condurre tutta la portata di massima piena a defluire dal tombotto esistente, la costruzione di un canale scolmatore sotterraneo che convogli le acque in eccesso direttamente nel Cherio, più a valle della strozzatura. In tal modo si potranno evitare definitivamente le periodiche esondazione del torrente nel centro storico di Borgo. Nell'ambito di questo progetto è stata fatta una mirata ricerca d'archivio, sui libri di storia locale, sulla stampa e su pubblicazioni speciali C.N.R. – G.N.D.C.I., dalla quale si hanno indicazioni su almeno cinque eventi alluvionali:

- 25 maggio 1810: *debris torrent* a causa di una frana nel bacino del Closale:
«IL CLOSALE, GONFIATOSI PER LA PIOGGIA DIROTTA, ROTOLÒ A VALLE ENORMI MACIGNI E TRONCHI D'ALBERO STRAPPATI DAI CAMPI E DAI BOSCHI, ABBATTÈ CON IL SUO IMPETO MURI DI RIPARO, SCARDINÒ PORTE E PORTÒ VIA IL PONTE IN LEGNO ALL'INGRESSO DEL PAESE. LA PIENA APRÌ UNA GROSSA FALLA CHE INONDÒ E DANNEGGIÒ MOLTE CASE... E SI ROVESCIÒ VIOLENTA CONTRO LA FIANCATA DELLA CHIESA».
- 29 luglio 1911: *debris torrent/debris flow* «IL CLOSALE VOMITÒ ANCORA PER BORGO FANGO, ACQUA E STERPI».
- 30 maggio 1949: *debris flow* a seguito della frana “Tu-Brigher”:
«IL CLOSALE HA STRARIPATO INVADENDO COMPLETAMENTE BORGO DI TERZO. LE ACQUE RAGGIUNTA L'IMPRESSONANTE ALTEZZA DI UN METRO HANNO ALLAGATO LA CHIESA E LE CASE DELL'INTERO PAESE».
- 1953: esondazione del torrente Closale in Borgo di Terzo.
- 26 giugno 1997: esondazione del torrente Closale in Borgo di Terzo:
«INCESSANTI ACQUAZZONI SI SONO ABBATTUTI PROVOCANDO INGENTI DANNI IN ALCUNE CASE DI BORGO DI TERZO, DOVE UNA NOTEVOLE MASSA DI DETRITI HA INVASO I LOCALI AL PIANO TERRA».

Diversi abitanti di Borgo ricordano che più volte l'acqua è straripata dalla sponda destra del Closale sulla piana dove oggi corre la nuova pista ciclabile, lambendo la cascina esistente. Per mitigare i danni delle alluvioni del Closale a partire dagli anni '60 del secolo scorso sono stati realizzati alcuni interventi estensivi e di regimazione (pantumazioni del Corpo Forestale dello Stato nella zona della frana “Tu-Brigher” e in quella di Noal):

- all'inizio degli anni '60 presso la località Castel a circa m 325 s.l.m. è stata costruita una grossa **briglia** selettiva con fenestrature;
- nel 1970 per consolidare la frana “Tu-Brigher”, su progetto dell'Ispettorato Forestale di Bergamo, sono state realizzate quattro **briglie in gabbioni** lungo il Closale, poco sotto la confluenza della valle Boldracc (tra m 390 e m 405 s.l.m.), ed è stata eseguita una pantumazione sul corpo di frana;
- nel 1977 il Comune di Borgo di Terzo ha fatto costruire quattro **soglie** nel tratto del Closale che scorre nel centro abitato;
- nel 1978 è stata costruita nel Closale una **briglia in calcestruzzo** a m 385 s.l.m., poco più a valle delle briglie in gabbioni;
- gli eventi alluvionali del 1975, del 1976 e del 1979 hanno danneggiato le briglie in gabbioni costruite nel 1970; per tale motivo nel 1980 sono state costruite tre nuove **briglie in gabbioni** in parziale sostituzione di quelle precedenti. Nella stessa occasione vengono anche costruiti drenaggi delle acque sotterranee nella zona della frana “Tu-Brigher” e lavori di consolidamento del ciglio di frana e delle sponde del Closale;

- nel 2001 sono state costruite **due briglie in legname e pietrame** per proteggere dall'erosione un tratto della piana alluvionale, ora sede della pista ciclabile;
- nel 2003 vengono nuovamente ripristinate alcune delle briglie in gabbioni esistenti e vengono integrate con alcune **difese spondali in gabbioni** sulla sinistra della valle Boldracc; vengono realizzati anche dei fossi drenanti sul corpo di frana e delle fascinate per stabilizzarne le scarpate.

Altri interventi contro l'erosione delle sponde del Closale sono rappresentata dalle gabbionate costruite a protezione della sorgente a Sud dei vigneti presso cascina Noal e quelle nel tratto attiguo all'area della pista ciclopedonale. In quest'ultimo tratto vi sono vecchi muri a secco e massicciate realizzate con grossi blocchi o con lastre di scarto della lavorazione del marmo.

Occorre anche porre l'accento sul fatto che, se da una parte le piantumazioni producono un effetto stabilizzante sui terreni franosi (non sempre e solamente fino a quando esse vengono mantenute e curate regolarmente con periodico taglio delle piante adulte), dall'altra l'abbandono delle superfici boscate può invece sortire l'effetto contrario, fino a ostacolare il libero deflusso delle acque del torrente a causa della crescita di vegetazione in alveo o del trasporto di ingenti quantità di detriti legnosi dovuti a schianti di piante durante le alluvioni.

Inoltre, in genere i dissesti franosi che si osservano nella zona del Closale e del Bragazzo hanno cause e meccanismi di evoluzione piuttosto profondi legate alla natura delle rocce, all'idrogeologia e alla struttura degli stessi ammassi rocciosi e non possono essere stabilizzate con sistemazioni superficiali.

4.3. Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I.

(tavola 3)

I rilevamenti eseguiti in occasione del presente studio per l'aggiornamento del supporto geologico al P.G.T. secondo i nuovi *“Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.r. 11 marzo 2005, n.12”* (D.G.R. 22 dicembre 2005 n.8/1566) hanno fatto emergere numerose imprecisioni e mancanze nel *“Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.”* dei Comuni dell'Unione, assunto da Regione Lombardia nel luglio del 2003.

È quindi necessario proporre una revisione della *“Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I.”* sulla base delle verifiche condotte sul terreno e di un confronto critico con i dati contenuti nei seguenti documenti:

- la carta geomorfologica che fa parte di questo lavoro (tavola 2), che aggiorna le precedenti carte a supporto del P.R.G. Comuni dell'Unione (2003);
- la carta geomorfologica con legenda uniformata P.A.I. del territorio dell'Unione Media Val Cavallina, pubblicata sul sito web di Regione Lombardia (2008);

- il Catalogo “Geo_IFFI” tratto dal sito web di Regione Lombardia (2008);
- la Carta geomorfologica con legenda uniformata P.A.I. nella versione disponibile presso l’Ufficio Tecnico dell’Unione Media Valle Cavallina (Plebani, 2003);
- il database dei dissesti nell’”Inventario delle Frane e dei Dissesti Idrogeologici della Regione Lombardia – note illustrative” (2002);

Durante i sopralluoghi sul terreno sono state raccolte anche numerose informazioni da persone residenti che ci consentono di accertare l’effettiva presenza, la consistenza e lo stato di attività di numerose forme di dissesto segnalate sulla cartografia. Inoltre la redazione di questa particolare carta tematica riprende ulteriori informazioni e testimonianze documentali relative ad eventi verificatisi tra il 1976 e il 2008 che è stato possibile raccogliere presso gli archivi dei Comuni interessati, della Comunità Montana Valle Cavallina e dello S.TER. di Bergamo.

È opportuno infine sottolineare l’aspetto riguardante la base topografica utilizzata per la redazione definitiva del Quadro del dissesto (C.T.R. di Regione Lombardia, come richiesto dai Criteri attuativi della L.R. 12/05) e in particolare quello del suo confronto con altre rappresentazioni topografiche del territorio studiato, considerando quante e quali imprecisioni scaturiscono da questa operazione.

La topografia più accurata (e aggiornata) delle carte a scala di maggior dettaglio utilizzate nei rilevamenti permette una corretta delimitazione dei fenomeni e delle aree interessate, impossibile sulla C.T.R. Ciò comporta che, ad esempio, visto che tra la cartografia regionale e quelle comunali vi sono grosse incongruenze nella posizione e nel disegno di molti corsi d’acqua minori, si è ritenuto di utilizzare un simbolo “lineare” invece di uno “areale” per individuare gli ambiti di pericolosità da esondazione molto elevata.

Ricordiamo che nell’elaborato con legenda P.A.I. debbono essere distinti e rappresentati solamente tre tipi di fenomeni (le frane, le esondazioni e le conoidi) i quali, a loro volta, sono classificati in base allo stato di attività o di pericolosità in cui si trovano, conformemente a quanto richiesto nell’art. 18 delle N.d.A. del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (P.A.I.). Nelle aree dove diverse classificazioni P.A.I. si sovrappongono, si dà precedenza alle forme più significative riguardo alla pericolosità e/o alla frequenza; in ogni caso, con il tratto nero che ne segna il bordo è ugualmente percepibile la perimetrazione di ogni singola tipologia di dissesto.

FRANA

In questa categoria rientrano varie forme di dissesto, dalla caduta di massi isolati dalle pareti rocciose, con i sottostanti accumuli di blocchi, agli scivolamenti di roccia “lungo strato”, agli smottamenti e piccoli *soil slip* nei terreni superficiali (prevalentemente detritico-colluviali). Sono escluse le forme dovute a erosione lineare e ai ruscellamenti diffusi. Il grado di attività dei dissesti franosi è stimato sulla base delle evidenze morfologiche, della presenza o meno di

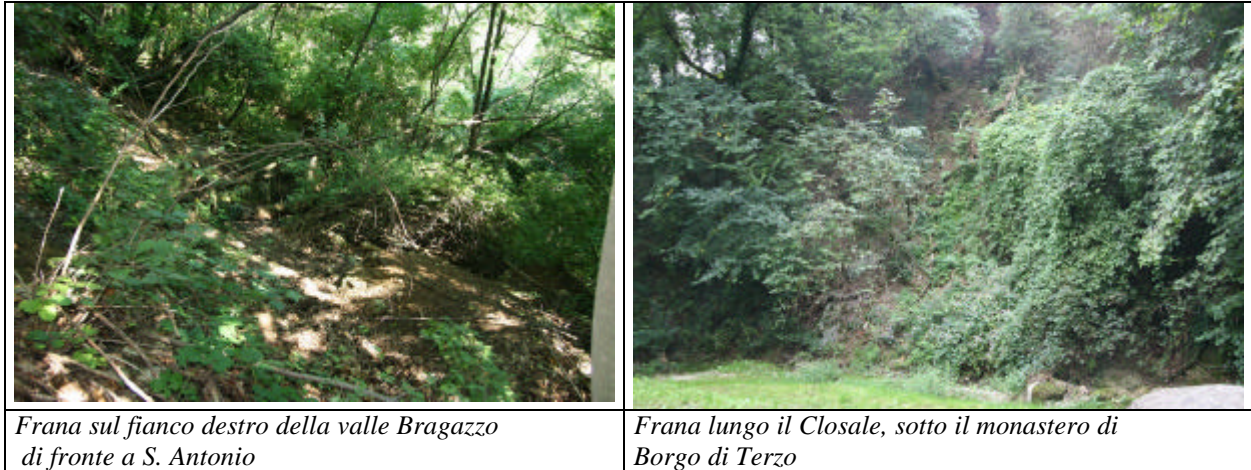
superfici fresche di stacco (caduta massi) o di nicchia (frane e smottamenti) e della presenza ed efficacia di eventuali lavori di stabilizzazione realizzati.

Frana stabilizzata (Fs): in questa categoria sono comprese diverse aree che si trovano sul fianco destro del torrente Bragazzo, presso S. Antonio, nella valle del Closale e sopra l'abitato di Vigano. Quasi sempre si tratta di antiche forme franose stabilizzatesi naturalmente, che non mostrano alcun segno di riattivazione. Alcune di queste frane stabilizzate nella carta P.A.I. vigente (2003) sono indicate con delimitazioni imprecise; altre sono indicate come "frane quiescenti" (di fronte a S. Antonio); altre ancora che si trovano nella valle del Closale non sono nemmeno indicate. Nella nostra carta è incluso tra le "Fs" anche un tratto franoso della scarpata stradale presso cascina Love, poiché vi è stato costruito un muro di sostegno.

Frana quiescente (Fq): in questa categoria rientrano la maggior parte delle altre forme minori di dissesto franoso (*soil slip*) che sono piuttosto frequenti e diffuse sul territorio dell'Unione: ve ne sono sui pendii attorno a S. Antonio, nella valle del Closale presso la cascina Castel, tra Love e Fastasolo, tra Fienile Piazzolo e Moi. Si tratta di forme arealmente piuttosto ristrette e in genere anche poco profonde, dovute alla forte acclività dei versanti e alla circolazione di acque superficiali e d'infiltrazione sotterranea.

In questa stessa categoria sono incluse anche le aree potenzialmente interessate da stacco di blocchi rocciosi, poiché la classificazione P.A.I. non contempla una specifica categoria per tali forme, che pure sono uno dei fenomeni più diffusi in ambito montano. Nel territorio dell'Unione questo fenomeno interessa i versanti rocciosi in località Martina, il versante Sud del Monte Pranzà, alcune piccole scarpate a monte di Vigano e in prossimità di Fienile Piazzola. Anche in questo caso la carta P.A.I. precedente riporta parte di queste forme di dissesto come attive, ma poiché si tratta di fenomeni distribuiti casualmente e sporadici sono meglio inquadrati in uno stato di attività quiescente.

Frana attiva (Fa): in questa classe sono comprese le forme franose che hanno segni di attività recente o in corso. Sul territorio dell'Unione solo alcune di queste forme sono piuttosto importanti anche se di limitata estensione. Si segnala per dimensioni la frana "Tu-Brigher" indicata nel precedente studio come quiescente, ma sulla quale nel corso di recenti sopralluoghi sono stati rilevati segni di attività evidente con alimentazione del trasporto solido nella valle Closale sottostante. Altre frane che presentano segni di attività in corso sono state rilevate sul versante destro del Bragazzo di fronte a S. Antonio e sulla scarpata sottostante il monastero di Borgo di Terzo. Nel precedente studio la prima era compresa entro una vasta area di versante sede di frana quiescente, mentre la seconda era segnalata come area di frana quiescente non perimetrata.



Frane attive sono anche quella della valle Boldracc e una piccola forma che si trova nella valletta duecento metri a Est della stessa frana del Boldracc.

Riteniamo che possa essere classificata come forma attiva anche le frana rilevata sul versante sopra S. Antonio, già in precedenza indicata come tale; essa infatti si trova in un ambito più ampio qui perimetrato come “frana complessa”. Per la tipologia del fenomeno, per il possibile coinvolgimento di strutture abitative e di frequentazione turistica e per il rischio di occlusione del sottostante alveo, si ritengono opportune l’effettuazione di un approfondimento di studio e l’installazione di un sistema di monitoraggio.

ESONDAZIONE

In questa categoria sono individuate, oltre alle aree di normale pertinenza dei corsi d’acqua superficiali, anche gli ambiti che potrebbero essere coinvolti in occasione di piene e straripamenti. In genere la fascia di esondazione è individuata tra i due cigli superiori di sponda anche nel caso di alvei molto incassati, poiché, sebbene buona parte di tale ambito non sarà mai raggiunto dai deflussi di piena, può essere invece coinvolto in locali dinamiche gravitative, causate dall’erosione dello stesso torrente.

Un’indicazione sul grado di pericolosità per esondazione del fiume Cherio è stata ricavata dallo studio idraulico eseguito da Enel.HYDRO nel gennaio 2004 per conto dell’Autorità di Bacino del fiume Po, cui si potrebbe riferire la seguente corrispondenza:

aree	Limite aree allagabili per piena con tempi di ritorno
Ee	10 anni
Eb	100 anni
Em	500 anni

Tuttavia, come per gli altri corsi d'acqua minori, nella perimetrazione delle fasce si sono aggiunti, oltre alle indicazioni di portata idraulica, anche i concetti di valutazione della dinamica geologica, delle evidenze geomorfologiche, dei riscontri storici e di una stima dello stato e dell'efficacia dei presidi e delle opere idrauliche esistenti (cfr. anche descrizione della carta geomorfologica).

Pericolosità di esondazione media o moderata (Em): Per la delimitazione delle aree Em, che sono individuate solamente lungo il Cherio, si è dunque introdotto lo “spazio di mobilità storica”, così come si può ricavare dallo studio Enel già citato. Nella carta P.A.I. del precedente studio geologico non erano indicate aree di esondazione in questa categoria.

Pericolosità di esondazione elevata (Eb): sono le fasce dove la probabilità di esondazione è maggiore. Per il fiume Cherio un'ampia fascia Eb è presente in località Martina, ove si estende fino a oltre centocinquanta metri dall'alveo; altre fasce di ridotta ampiezza sono individuate sotto la via Nazionale nei pressi di Borgo di Terzo e alla confluenza con il Bragazzo. Nella classe Eb sono inoltre inserite le fasce di esondazione dei torrenti Drione, Closale, Quaglia e Bragazzo, nei tratti al loro sbocco nella piana di fondovalle; esse sono definite sulla base di dati storici e delle testimonianze dei residenti che hanno assistito alle alluvioni degli ultimi trent'anni. Le fasce di esondazione del torrente Bescasolo sono definite solamente mediante criterio morfologico.

In classe Eb sono comprese anche alcune aree che si trovano in corrispondenza di restringimenti o intubamenti delle valli Paradiso e Castello, poiché è già accaduto in un recente passato che questi alvei venissero occlusi, con conseguente esondazione: rischi che permangono anche allo stato attuale. In classe Eb è anche la zona terminale della valletta senza sbocco che si trova dietro al centro storico di Vigano. Nella carta P.A.I. del precedente studio geologico erano indicati in questa categoria solo tratti di alcuni torrenti; in particolare quello del Closale compreso tra la frana “Tu-Brigher” e il centro storico; quello del Valzello per circa cinquecento metri a monte dell'abitato e i rami superiori della valletta di S. Antonio (Valle dell'Acqua).

Pericolosità molto elevata per esondazione (Ee): rientra in questa categoria l'alveo di piena regolare del fiume Cherio, per il quale sono rappresentate in carta le fasce. A causa di problemi grafici (discrepanze tra le diverse cartografie), per gli altri corsi d'acqua si utilizza il simbolo lineare al posto delle fasce comprese tra i cigli superiori di sponda. Come si è detto, in genere per i corsi d'acqua minori che sono ben incisi non vi sono problemi di esondazione, quanto piuttosto di erosione delle sponde e di trasporto solido in alveo; pertanto le fasce Ee riguardano tutti i corsi d'acqua (ad eccezione dei tratti terminali intubati), poiché o sono privi di strutture di regimazione o quelle esistenti non sono in grado di arrestare completamente il trasporto solido e di contrastare efficacemente l'erosione spondale. Nella carta P.A.I. del precedente studio geologico non erano indicate aree appartenenti a questa categoria.

CONOIDE

In questa classe sono incluse le aree di conoide, quelle caratteristiche forme “a ventaglio” di solito situate allo sbocco delle valli minori nell’asta principale. In fase di attività esse sono soggette a frequenti colate detritiche, esondazioni e divagazioni dell’alveo torrentizio. Le conoidi possono anche essere “relitte”, cioè ormai abbandonate dalla dinamica torrentizia, o possono aversi le combinazioni di più edifici l’uno sull’altro, uno relitto e uno attivo. Siccome per evidenti motivi di necessità queste forme sono state storicamente occupate dagli insediamenti antropici, seppure con precauzione, ma introducendo comunque elementi di rischio, la loro distinzione è molto importante nella pianificazione urbanistica.

Nel precedente studio geologico (Plebani, 2003) è stata proposta la ripermimetrazione di una presunta conoide allo sbocco del torrente Bragazzo e già indicata dalle carte P.A.I.; in quella relazione si sostiene, a ragione, l’inesistenza di tale conoide: *«...la naturale area di deflusso del materiale trasportato dal torrente Bragazzo non è definibile come conoide attiva, nè per la morfologia nè per la tipologia dei fenomeni che si verificano in essa e che non rientrano tra quelli riconducibili, secondo la letteratura, alla presenza di una conoide. L’area individuata dal PAI come una conoide comprende in realtà anche formazioni geologiche non collegate ad una fenomenologia di trasporto in massa su conoide, ma a terrazzamenti fluviali al cui modellamento ha contribuito soprattutto il fiume Cherio».*

Nel presente studio si conferma ancor più l’analisi precedente (cfr. capitolo geomorfologia) proponendo la modifica della cartografia P.A.I. senza la presunta conoide ma rappresentando invece la potenziale area di esondazione del Bragazzo, a partire dal suo sbocco nella piana del Cherio, all’altezza della curva di via Costa.

Sul territorio dell’Unione Media Val Cavallina le forme riferibili a conoide sono poco diffuse e di dimensioni limitate, ad eccezione della conoide del Valzello; ove presenti, esse si aprono al raccordo tra i versanti collinari e il fondovalle o i pianori dei terrazzi.

Conoide protetta (Cn): si tratta di aree di conoide non raggiungibili né da colate di detriti, né da esondazione e/o divagazione dell’alveo, oppure di terreni protetti da opportuni lavori. Nel territorio di Unione rientra in tale categoria la fascia più esterna della conoide del Valzello, ormai non più attivabile perché al suo apice il Valzello risulta ben inciso.

Conoide parzialmente protetta (Cp): si tratta di aree già raggiunte in epoca storica da esondazioni e trasporto di massa di detriti e che sono protette solo in parte da eventuali opere di difesa. In questa categoria rientrano la piccola conoide che si trova a metà di via Martina e le fasce adiacenti al torrente Valzello, di lato a via Bergamo: sono indicate come parzialmente protette, poiché la sicurezza delle aree attorno è subordinata alla manutenzione delle opere di regimazione del Valzello, in particolare della vasca di sedimentazione posta a monte del tombotto di via Sì alla Vita. Sia la conoide del Valzello sia quella sopra via Martina non sono indicate nella precedente carta P.A.I.

Conoide attiva non protetta (Ca): questa categoria comprende conoidi attive o potenzialmente attive non protette da opere di difesa e/o sistemazioni idrauliche e idrogeologiche a monte. A proposito di queste forme si ribadisce quanto già detto per la situazione allo sbocco del torrente Bragazzo dove le perimetrazioni ora proposte riguardano le fasce di esondazioni, come avviene per i torrenti Closale e Drione.

È inserita in questa categoria la parte terminale del torrente Valzello, a valle del tombotto di via Nazionale e il tratto di alveo dello stesso torrente dove questo solca la conoide.

Conoide attiva non protetta è anche una porzione della piccola conoide sopra via Martina comprendente il corso d'acqua e un breve ambito sulla sponda destra, la quale è più bassa e priva di difese spondali rispetto a quella sinistra. Inoltre due piccole conoidi attive, non segnalate nel precedente studio geologico, si trovano sul versante destro della valle Closale, sopra Aria: esse sono connesse a ripidi e brevi impluvi raramente percorsi dalle acque ma, essendo prive di opere di regimazione, tutta l'area della conoide può essere soggetta alla divagazione dell'alveo e al trasporto solido.

4.4. Carta idrogeologica

(tavola 4)

Nella carta idrogeologica viene data una valutazione di massima della permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche, distinguendo i terreni, per i quali la permeabilità è di tipo primario, dalle rocce, caratterizzate invece da eventuale permeabilità secondaria. Per permeabilità primaria si intende quella dovuta alla porosità presente tra granulo e granulo del sedimento, mentre la permeabilità secondaria è connessa alla presenza di discontinuità (fratture e/o giunti di stratificazione) nelle masse rocciose.

Sono stati cartografati:

- Terreni (vp') con permeabilità da elevata a buona: $K > 10^{-2}$ cm s⁻¹. A questa classe appartengono le alluvioni attuali dei torrenti Closale e Bragazzo e degli impluvi minori e i detriti di falda presenti nei rami superiori delle valli tributarie del Closale. Qui rientra anche il cono di *debris flow* presente sul versante sopra la Martina, nei pressi della cava Armati. Si tratta di terreni di limitata estensione e modesto spessore, per cui non svolgono un ruolo idrogeologico significativo dal punto di vista degli accumuli idrici, tuttavia contribuiscono alla sottrazione di acque di ruscellamento a favore della infiltrazione sotterranea.

Non si rilevano sul territorio dell'Unione ammassi rocciosi cui si possa attribuire questa classe di permeabilità poiché, pur trattandosi di rocce carbonatiche, esse non presentano una fratturazione pervasiva o forme di dissoluzione carsica tali da rendere l'insieme molto permeabile.

- Terreni (p') e rocce (**P**) con permeabilità da buona a media: $10^{-2} \geq K > 10^{-4}$ cm s⁻¹. Sono raggruppati in questa classe i terreni fluvio-glaciali, le alluvioni sabbioso-ghiaiose del Cherio e dei suoi affluenti, i detriti di falda cementati e/o colonizzati da vegetazione, i terreni ghiaioso-sabbiosi di conoide e di *debris flow*, i riporti ghiaiosi e i depositi glaciali a ghiaie prevalenti (sopra la Martina). I terreni che ricadono in questa classe sono diffusi nel fondovalle e sono in gran parte coperti (e impermeabilizzati) dall'edificazione.

In questa classe sono indicati anche i calcari e calcari marnosi fratturati e/o con strati verticali, localmente carsificati, appartenenti alle formazioni della Dolomia a Conchodon, della Maiolica, del Sass de la Luna e del Banco Caotico.

Questi terreni e queste rocce sono sede di falde acquifere che alimentano le principali sorgenti del territorio e, solo per quanto riguarda i terreni di fondovalle, sono sede di falde profonde entro le quali trovano approvvigionamento numerosi pozzi industriali e uno dell'acquedotto.

- Terreni (s') e rocce (**S**) con permeabilità da media a scarsa: $10^{-4} \geq K > 10^{-6}$ cm s⁻¹. In questa classe sono compresi i depositi glaciali debolmente ghiaiosi e con abbondante matrice sabbioso-limoso (sopra Luzzana), i depositi di versante limoso-argillosi debolmente ghiaioso-sabbiosi (colluvium sia attuali sia antichi), che segnano il raccordo tra i versanti collinari e il fondovalle, e alcuni riporti argilloso-limosi.

In questa stessa classe ricadono le rocce calcareo-marnose stratificate, i calcari e calcari marnosi selciferi, le alternanze di arenarie e calcari marnosi e le radiolariti con strati mediamente inclinati e/o poco fessurate.

Mentre i terreni di questa classe sono limitati ad alcune fasce di modesto spessore che si trovano ai piedi delle colline, le rocce costituiscono la maggior parte dei rilievi collinari e montani dell'Unione, comprendendo le formazioni del Flysch di Colle Cedrina, del Sass de la Luna, delle Radiolariti, la Formazione di Concesio, il Gruppo del Medolo e le formazioni del Calcare di Sedrina e del Calcare di Zu. In queste rocce, in quelle della classe precedente e nelle strutture geologiche che le coinvolgono si insediano gli acquiferi sotterranei di monte, cui attingono diverse sorgenti.

- Terreni (w') rocce impermeabili (W): $K \leq 10^{-6} \text{ cm s}^{-1}$. In questa categoria rientrano gli antichi sedimenti lacustri che costituiscono il fondovalle della Martina, dal limite settentrionale del territorio dell'Unione fino alla ex Chiorda di Vigano San Martino. In realtà terreni impermeabili sono intercalati anche in quelli alluvionali grossolani che si trovano più a Sud, lungo tutta la piana del Cherio; sono stati intercettati durante le perforazioni di pozzi per acqua e da prove penetrometriche eseguite per la costruzione di nuovi capannoni. Da un punto di vista idrogeologico essi formano delle soglie di permeabilità sottoposte agli acquiferi ghiaiosi oppure assicurano il confinamento dell'acquifero quando sono ad esso sovrapposti.

In questa categoria rientrano marne e argilliti sottilmente stratificate, ma poco o nulla tettonizzate, appartenenti alle formazioni del Rosso ad Aptici, della Marna di Bruntino, delle Marne Rosse e delle Torbiditi Sottili. Pur avendo estensione contenuta queste rocce svolgono un ruolo idrogeologico importante; esse, infatti, sono distribuite lungo fasce orientate ONO-ESE sul fianco sinistro della valle del Bragazzo e di quella del Closale e, anche in questi casi, formano delle soglie sottoposte alle reti acquifere negli ammassi carbonatici, causando lo scaturire delle sorgenti.

Fra i terreni impermeabili sono considerate anche le superfici delle aree urbanizzate, dove i livellamenti di terreno, le pavimentazioni e le edificazioni in genere rendono i terreni sostanzialmente impermeabili. Tali aree sono evidenziate nella cartografia tematica solo dal grafismo degli edifici, per lasciare comunque anche l'indicazione della permeabilità dei terreni naturali e/o delle rocce sottostanti.

SIMBOLOGIA

Nella carta idrogeologica sono evidenziati mediante appositi simboli i principali elementi che caratterizzano la circolazione delle acque superficiali e sotterranee, le zone di alimentazione e di recapito degli acquiferi, le captazioni e le fasce di rispetto delle sorgenti e dei pozzi. Con tratto nero sottile sono state rappresentate le faglie e le fratture che conferiscono permeabilità secondaria agli ammassi rocciosi, mentre con tratto nero più spesso sono evidenziate le strutture tettoniche impermeabili che costituiscono i limiti o le soglie di permeabilità.

Sono evidenziati gli assi delle pieghe (sinclinali e anticlinali), poiché solitamente lungo queste strutture vengono guidate le acque sotterranee, analogamente a quanto avviene nei sistemi di fratture, in presenza di rocce permeabili. Anche le giaciture degli strati sono importanti ai fini

idrogeologici, poiché le discontinuità rappresentate dalle superfici di stratificazione, diffuse su tutta la massa rocciosa, possono costituire vie preferenziali per l'infiltrazione sotterranea delle acque.

Con tratto nero sono indicate la traccia delle sezioni idrogeologiche e gli spartiacque superficiali.

Le sorgenti sono distinte in libere e captate; per le prime si usa un simbolo più piccolo, ad indicare il carattere effimero della scaturigine, mentre per le captate un simbolo più evidente. Con il passaggio della gestione delle acque potabili a società di servizi, queste ultime sono per lo più in disuso (captazione abbandonata o ad uso privato, simbolo rosso) ad eccezione della sorgente dell'Albera che sgorga sotto S. Antonio e che è ancora immessa in rete (simbolo blu). Anche i pozzi sono distinti in pozzi attivi (simbolo blu) e pozzi dismessi (simbolo rosso).

Altri simboli in tratto blu rappresentano le aree a bassa soggiacenza della falda che si individuano lungo tutta la piana del Cherio, le zone di ristagno d'acqua associate a piccoli fronti sorgentizi (versante destro Bragazzo, versante a monte di S. Antonio, versanti a monte di Aria) o a terreni poco permeabili (nella piana della Martina e sotto la via Nazionale nei pressi del cantiere Zenuchi), le pozze d'acqua per l'abbeverata dl bestiame (Prati Alti), i sovralluvionamenti, i corsi d'acqua intubati. In tratto nero si evidenziano le occlusioni di alveo e i paleoalvei; questi ultimi si individuano lungo il Cherio e sul terrazzo fluvioglaciale di Borgo, poco sotto la località Aria.

Le frecce blu indicano le direzioni presunte dei flussi idrici sotterranei in roccia: questi seguono principalmente la giacitura degli strati; le frecce vuote con bordo nero indicano invece i flussi idrici presunti lungo i principali sistemi di fratture. Le frecce blu più piccole rappresentano le direzioni di scorrimento delle acque nei terreni superficiali detritici e alluvionali.

Localmente negli ammassi calcarei si sono sviluppati condotti carsici verticali (inghiottitoi) o cavità ad andamento prevalentemente orizzontale (grotte): essi sono segnalati con apposito simbolo. Lungo questi condotti si ha infiltrazione preferenziale delle acque sotterranee; si tratta di strutture puntiformi e isolate difficili anche da localizzare sul terreno (cfr. catalogo grotte nel capitolo geomorfologia).

Con apposito simbolo è indicata anche la stazione meteorologica di Borgo di Terzo, situata presso il parco giochi sulla sponda destra del Closale; è attiva da pochi anni (2004 ?) e fa parte del circuito delle stazioni del Centro Meteorologico Lombardo.

Con contorno e retinatura sono indicate le "zone di rispetto" delle sorgenti e dei pozzi ai sensi del D.lgs. 11 maggio 1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18 agosto 2000, n.258, all'art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693, All.1, cap.2. In particolare per la sorgente "Albera" si indica l'area di rispetto perimetrata con apposito studio idrogeologico (Plebani, 2002) e già delimitata nel precedente studio geologico del P.R.G. di Luzzana (2003). Per il pozzo "Cios" non risulta che sia stata proposta una zona di rispetto mediante un apposito studio, pertanto si indica il cerchio di duecento metri di raggio attorno all'avampozzo. Per queste due captazioni sono svolte alcune note di approfondimento al termine di questo capitolo. Lo stesso testo normativo dianzi citato prevede attorno alle captazioni la delimitazione di una "zona di tutela assoluta" con un raggio di dieci metri: essa non è rappresentata in questa carta per motivi di scala.

Nonostante lo studio di definizione del Reticolo Idrico Minore dell'Unione Media Val Cavallina sia stato eseguito da alcuni anni (Salveti, 2003) al momento attuale non risulta che esso sia stato adottato, sottoposto al competente S.TER. e dunque approvato e vigente. Per questo motivo nella carta idrogeologica è riportato il reticolo idrico senza alcuna valenza vincolistica.

Della rete acquedottistica sono indicati i bacini di accumulo e le adduttrici principali tratte dalla cartografia di Valcavallina Servizi aggiornate al novembre 1999, poiché il nuovo Gestore del servizio idrico (Uniacque) non ha inteso fornire dati aggiornati. Anche la rete fognaria si riferisce a planimetrie di Valcavallina Servizi datate giugno 2000.

In uno stralcio cartografico apposito sono indicate le fasce di esondazione del fiume Cherio, come individuate nello studio di Enel Hydro (2004) per l'Autorità di Bacino del Fiume Po. Oltre alle fasce corrispondenti alle esondazioni con tempo di ritorno di dieci, cento e cinquecento anni, è delimitato l'ambito di mobilità storica dell'alveo.

OPERE DI DIFESA IDRAULICA E ALTRE STRUTTURE

Secondo le indicazioni dei "*Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.r. 11 marzo 2005, n.12*", devono essere riportati nella carta idrogeologica, mediante appositi simboli, le strutture di attraversamento (ponti, passerelle, attraversamenti a guado), le canalizzazioni artificiali, gli interventi per la mitigazione delle dinamiche fluviotorrentizie e gli eventuali punti dove questi risultano degradati e/o inefficienti.

- Alveo intubato: tratti intubati degli alvei riguardano per lo più le vallette minori: la valle Castello, la piccola valletta che scende da località Pesino di Borgo, la valle Paradiso sono completamente intubate nel tratto terminale dalla via Nazionale fino alla confluenza con il Cherio, mentre brevi tombotti costituiscono la maggior parte degli attraversamenti viabili delle vallette. Tali opere in alcuni casi interferiscono con i deflussi idrici, a causa del restringimento di sezione, e determinano fenomeni di esondazione e trasporto solido sulle strade.

- Ponti, passerelle, attraversamenti a guado: opere di attraversamento sono state realizzate lungo gran parte della viabilità sia principale che secondaria lungo il fiume Cherio, ma anche e soprattutto sugli impluvi minori. Alcune di esse, a causa della loro luce ridotta, possono ostacolare il regolare deflusso delle acque, come succede per il ponte che attraversa il Drione in corrispondenza della Statale. Gli attraversamenti a guado riguardano soprattutto le strade secondarie, dove servono a superare piccoli corsi d'acqua, asciutti per buona parte dell'anno.

- Opere longitudinali (scogliere, argini, muri e gabbioni, alvei canalizzati): sulla carta sono segnalate le opere di difesa dei corsi d'acqua, sia spondali sia in alveo (rivestimenti al fondo, alveo canalizzato). Il fiume Cherio nel tratto in cui lambisce il territorio dell'Unione Media Val Cavallina è quasi totalmente compreso entro muri e scogliere spondali. Per brevi tratti vi sono difese spondali anche sul Bragazzo, sul Closale, sul Drione, sul Quaglia e nella valle Bescasolo, specialmente dove questi corsi d'acqua attraversano i centri abitati o presso lo sbocco nel fiume.



Il Valzello è pressoché canalizzato lungo il tratto a fianco di via Bergamo. Il torrentello che solca la valle Paradiso a monte di Aria è condotto in un fosso profondo al massimo mezzo metro a lato della strada, che occupa in gran parte il vecchio alveo; la canalizzazione aperta è spesso ingombra di detriti e il piccolo tombotto finale si può facilmente occludere con conseguente esondazione lungo la strada.

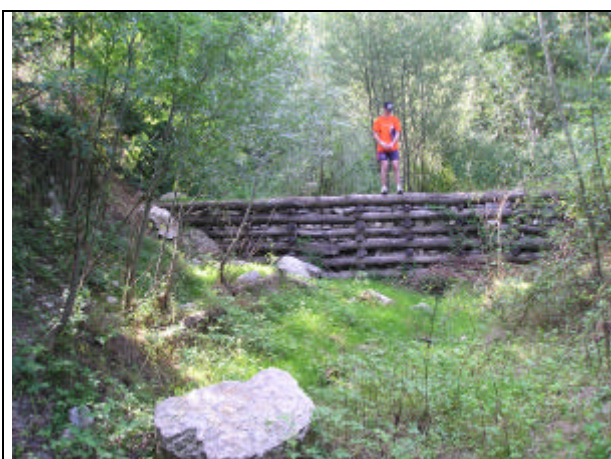


Attraversamento di via Casneti Bassi sul Bragazzo.



Valle Paradiso a monte di Aria

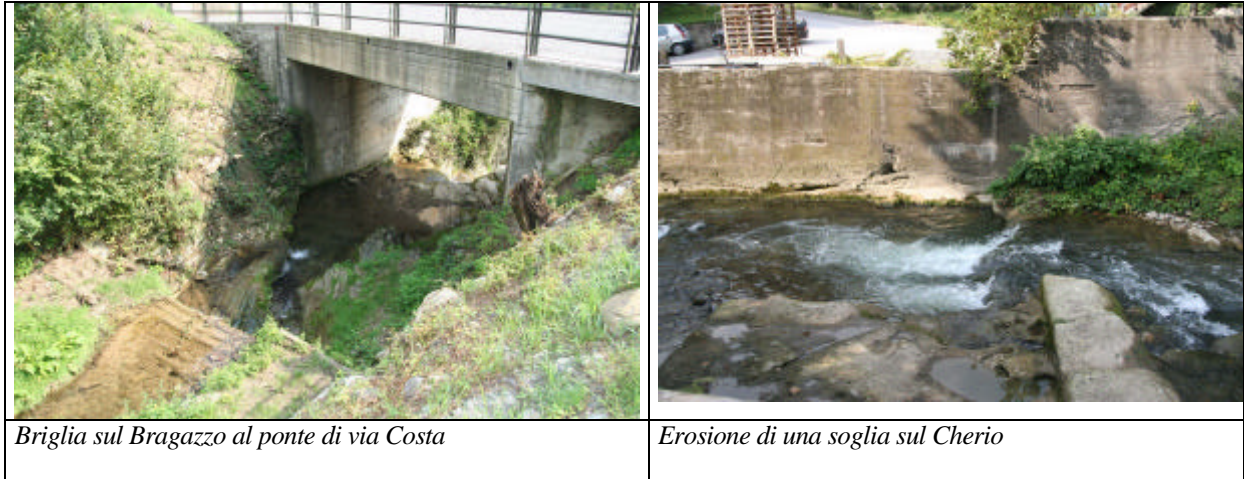
- Opere trasversali (soglie e briglie): sono strutture trasversali costruite con lo scopo di stabilizzare il profilo di fondo degli alvei; spesso sono realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica, impiegando legname e pietrame. Lungo il corso del Cherio vi sono numerose piccole soglie in calcestruzzo o calcestruzzo e pietrame, mentre sul Closale si trova una grossa briglia selettiva in calcestruzzo, alcune briglie in legname e pietrame e una serie di briglie in gabbioni.



Briglia in legname e pietrame sul torrente Closale



Briglia selettiva in calcestruzzo in valle Closale



- Canale di drenaggio: si tratta di canalizzazioni costruite per intercettare le acque ruscellanti dai versanti o quelle di falda, dove questa ha bassa soggiacenza. Del primo gruppo fanno parte i canali di drenaggio costruiti dietro la chiesetta di S. Antonio, quello al coronamento della frana a monte dello stesso S. Antonio, quello sul confine tra Luzzana e Borgo, lungo via Cassanico e dietro al cimitero, fino a via Nazionale e quello in località Aria di Borgo di Terzo. Ai secondi appartengono le canalizzazioni agricole che un tempo solcavano in modo sistematico la piana alluvionale, ma che oggi si trovano solo in aree marginali non ancora occupate dalle costruzioni, come la piana della Martina.

- Canali derivatori abbandonati: ci sono i resti di una vecchia derivazione delle acque del Cherio, che partiva presso la confluenza del Closale e alimentava un maglio situato cinquecento metri più a valle. Lo scarico di quel maglio è ancora utilizzato per far defluire le acque della valle Paradiso e della vallecola che scende da Pesino. Anche lungo il Bragazzo, in corrispondenza dell'attraversamento di via Casneti Bassi, si vedono le tracce di una vecchia derivazione dell'acquedotto che alimentava Borgo di Terzo.

SEZIONI IDROGEOLOGICHE

Per rappresentare la struttura idrogeologica generale del territorio dell'Unione Media Valle Cavallina, in ottemperanza ai *Criteri* attuativi della legge regionale 12/05, sono qui rappresentate due sezioni idrogeologiche, La **sezione B-B'** è tracciata attraverso il pozzo "Cios" (via Chiosi sulla sponda sinistra del Cherio) e le sorgenti "Schitù" sopra Vigano; essa illustra la struttura collegata all'emergenza di tali sorgenti, del tutto analoga a quella del "Fontanino dell'Albera" presso S. Antonio. Nel territorio studiato, gli acquiferi sono rappresentati soprattutto da rocce fessurate e sono sostenuti da strati di rocce impermeabili, con le circolazioni sotterranee guidate e confinate da importanti discontinuità tettoniche. Prima di giungere alla scaturigine le acque sorgive scorrono anche brevemente nei terreni superficiali (antichi depositi di versante e di frana in parte cementati) che coprono parzialmente le rocce.

La **sezione A-A'** è diretta NNE-SSO tra la cima del monte Pranzà e Redonina. Nella sezione sono rappresentate le principali strutture acquifere, costituite da pieghe e pieghe-faglie, attraverso gli assi delle quali si sono aperte le vie preferenziali delle circolazioni idriche sotterranee (giunti di strato, fratture subverticali e faglie inverse che caratterizzano i fianchi rovesci delle pieghe). Nel disegno i cerchi concentrici indicano “flussi localizzati in roccia con direzione perpendicolare alla sezione”, cioè circolazioni d’acqua lungo la direzione delle faglie trasversali alla sezione stessa.

La **sezione B-B'** è diretta N-S circa un chilometro a Est della sezione A-A', dal crinale orientale del monte Pranzà al fondovalle di Borgo di Terzo. Essa illustra la struttura idrogeologica delle sorgenti “Schitù”, la loro presenza è collegata a una soglia di permeabilità sottoposta, costituita dalla Marna di Bruntino, mentre l’acquifero è formato dai calcari che occupano il versante meridionale del monte Pranzà. Poiché gli assi delle pieghe immergono debolmente verso ESE si può ritenere che l’acquifero si estenda oltre lo spartiacque superficiale, anche al bacino superiore della valle Boldracc, che si trova più a Ovest.

4.4.1. Risorse idriche dell’Unione Media Val Cavallina

Sul territorio dell’Unione Media Val Cavallina ci sono numerose sorgenti di modesta o piccola portata, che in passato erano utilizzate per alimentare gli acquedotti dei singoli comuni. A partire dall’anno 2000 alla gestione delle acque di livello comunale è subentrata quella consortile, affidata in un primo tempo a “Valcavallina Servizi S.r.l.”: gradatamente le sorgenti locali sono state abbandonate, sostituite dai pozzi degli acquedotti “Due Valli” (val Borlezza) e “Due Laghi”. Di recente la gestione del sistema acquedottistico e di quello del collettamento fognario è passata alla società di servizi “Uniacque”.

Oggi nel territorio dell’Unione la sola sorgente collegata con l’acquedotto consortile è il “Fontanino dell’Albera” di Luzzana, che serve le utenze della valle dell’Acqua. In Borgo di Terzo c’è un pozzo (pozzo “Cios”) che alimenta l’acquedotto di Foresto.

La gestione integrata delle acque da parte di società di servizi sovracomunali solleva le singole Amministrazioni da un compito oneroso e spesso svolto con modalità e strutture poco conformi alle norme ma, introducendo criteri di mercato (meglio sarebbe dire di monopolio) e una politica dei prezzi, uniformati al massimo sfruttamento della risorsa con minore spesa e al miglior risultato economico, determina un abbandono della risorsa meno economica (comunque preziosa) e difficoltà maggiori negli investimenti per la ricerca e la valorizzazione di nuova risorsa e per il potenziamento dell’esistente. Aspetto conseguente e altrettanto preoccupante, è anche la progressiva perdita di sensibilità e di controllo del Cittadino sul bene fondamentale che è l’acqua e su ciò che essa rappresenta in una corretta gestione del territorio e più in generale nella società.

“Fontanino dell’Albera”

La captazione di questa sorgente si trova a m 485 s.l.m. sulla sponda destra di una valletta affluente del Bragazzo (il toponimo originale è “Valle dell’Acqua”, esteso poi all’intera valle del Bragazzo).

L'acqua scaturisce da detriti di falda parzialmente cementati e la sede geologica vera dell'acquifero in roccia non è raggiunta dall'opera di presa, sebbene essa affiori nell'alveo del torrente distante pochi metri. La natura del terreno, la forte acclività e la presenza d'acqua favoriscono frequenti piccoli movimenti franosi vicino alla sorgente.



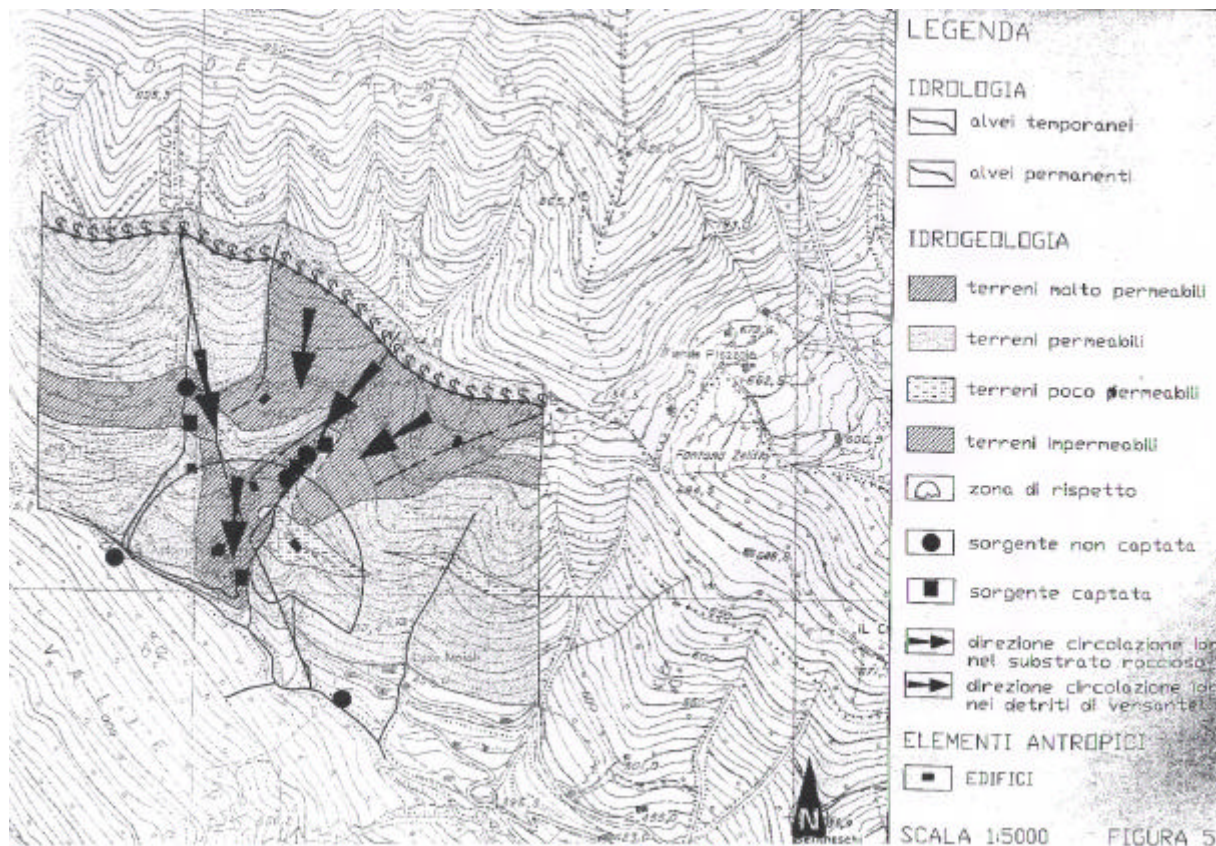
Nel maggio 2002 è stato eseguito uno studio idrogeologico idrochimico e ambientale del "Fontanino dell'Albera" (Plebani & Pedrali) al fine di documentare una richiesta di concessione di Valcavallina Servizi e regolarizzare la situazione amministrativa in sospeso da molti anni. In quell'occasione (10/12/2001) la sorgente presentava i seguenti parametri:

portata l/s	T aria °C	T acqua °C	Conducibilità µs/cm	pH
3,5	6,6	10,4	326	7,66

Nel medesimo studio si citano gli intervalli noti di variabilità dei principali parametri di quest'acqua, ricavati da analisi effettuate da Valcavallina Servizi:

temperatura $T_{\text{acqua}} = ^\circ\text{C } 10 \div 18$ (valore anomalo);
 conducibilità elettrica a $20^\circ\text{C} = \mu\text{S/cm } 350 \div 425$;
 durezza $^\circ\text{F} = 21 \div 27$;
 cloruri $\text{Cl}^- = \text{mg/l } 1,8 \div 2$;
 solfati $\text{SO}_4^- = \text{mg/l } 10 \div 11$;
 nitrati $\text{NO}_3^- = \text{mg/l } 7 \div 14$;
 nitriti ed ammoniaca $\text{NO}_2 + \text{NH}_4 < \text{mg/l } 0,05$;
 l'analisi microbiologica rivela in qualche caso la presenza di coliformi fecali.

La sorgente in realtà rappresenta in buona parte la risorgenza di alcune scaturigini che compaiono più a monte, lungo la stessa valletta. Durante i rilevamenti dell'estate 2008 si è potuto osservare che le acque del torrente si infiltrano totalmente nel terreno in corrispondenza dell'attraversamento della via S. Antonio, una trentina di metri a monte della stessa sorgente.



Carta idrogeologica che accompagna la richiesta di autorizzazione alla captazione (Plebani & Pedrali, 2002)

La somma delle portate delle sorgenti che scaturiscono nella valle di S. Antonio (Valle dell'Acqua) non si giustifica con la sola quantità d'acqua di precipitazione atmosferica che può essere raccolta nel bacino idrografico (circa 0,5 km²); per tale motivo si ritiene che il bacino idrogeologico che alimenta queste sorgenti sia più ampio, esteso a gran parte del versante sinistro dell'alta valle del Bragazzo, dove prevale la formazione rocciosa fessurata e permeabile della Maiolica. La venuta a giorno del "Fontanino dell'Albera" è dovuta a una soglia di permeabilità sottoposta costituita dalla Marna di Bruntino e alla presenza di una faglia coperta dai detriti che costituiscono buona parte del versante di S. Antonio.

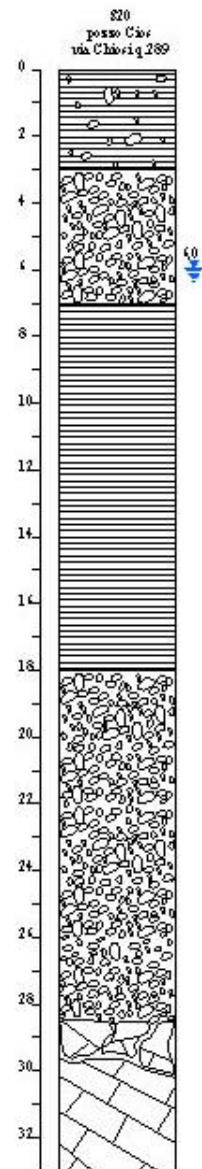
L'elevata permeabilità dei suddetti terreni favorisce l'infiltrazione delle acque verso le sorgenti, ma rappresenta anche un elemento di vulnerabilità di grado elevato. A questo proposito occorre osservare che sui pendii soprastanti le sorgenti vi sono tre edifici con residenza stabile di persone e un Centro di vacanze estive presso la chiesetta di S. Antonio. Si è accertato che l'abitazione che si trova sul pianoro a m 610 s.l.m. effettua dispersione dei reflui fognari negli strati superficiali del terreno (impianto autorizzato in base a relazione geologica!). Nonostante i caratteri geologici che determinano una elevata vulnerabilità dell'acquifero, le aree di salvaguardia della sorgente sono state definite con il solo criterio geometrico (m 10 dalla captazione l'area di tutela assoluta e m 200 l'area di rispetto) e come tali sono acquisite nella carta idrogeologica.

Pozzo “Cios”

Il pozzo è ubicato nella piana alluvionale del Cherio, a m 289 s.l.m., in territorio di Borgo di Terzo, lungo la via Chiosi, poco sotto la confluenza della valle Bescasolo. I parametri del pozzo qui riportati sono ricavati dalla relazione che accompagna la domanda di concessione (Marsetti, 1995):

- il pozzo è stato scavato nel 1973;
- profondità: m 33;
- diametro della colonna di rivestimento: mm 350 mm
- profondità dei filtri: m 20 e m 29 di profondità;
- spessore del tampone di argilla: m 10;
- portata media erogata l/s 18 (massima 25 l/s)
- livello statico: m -6 da p.c.;
- livello dinamico: m -24;
- prova di portata:

portata l/s	Livello dinamico
12	12
15	18
25	24




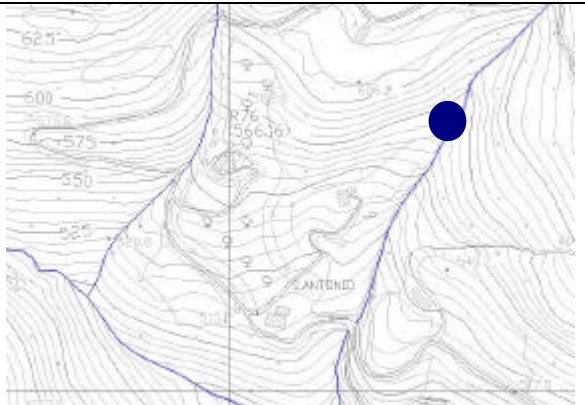


L’acquifero è costituito dallo strato di ghiaie che si trova tra m -18 e m -28,5 di profondità dal piano di campagna; sopra le ghiaie vi sono undici metri di argille verdastre (m -7 ÷ -18): esse costituiscono l’*acquicludo*, e favoriscono l’isolamento e la protezione dell’ acquifero. La falda è leggermente in pressione, infatti il livello statico risale fino a m - 6 da p.c., ben dodici metri sopra il tetto dell’acquifero. Le argille indicano che l’area anticamente era occupata da un lago durante le cicliche fasi glaciali che hanno più volte interessato questo tratto della valle Cavallina negli ultimi centomila anni. Le argille glaciolacustri sono a loro volta coperte da quattro metri di ghiaie alluvionali (m -3 ÷ -7 da p.c.) e da tre metri di argille ghiaiose, che rappresentano il livello di alterazione delle stesse ghiaie sottostanti.



Nello studio citato non sono state individuate le aree di salvaguardia del pozzo, pertanto in questa sede si adotta il criterio geometrico, che prevede un'area di tutela assoluta di dieci metri di raggio e un'area di rispetto di duecento metri di raggio attorno alla bocca pozzo. Uno studio idrogeologico dettagliato, con il quale in particolare si potesse valutare l'estensione laterale dell'*acquicludo* che protegge l'acquifero, permetterebbe di riperimetrare tale area.

Altre sorgenti

Nel corso dei rilevamenti geologici sono state censite anche le sorgenti captate le cui acque oggi non sono immesse nella rete acquedottistica dell'Unione; dove possibile ne è stata stimata la portata (agosto-settembre 2008). Numerose captazioni abbandonate dal Comune sono utilizzate da privati.

	
<i>Valle Pedesico q. 600 m (captazione privata) P ~ 0,1 l/s</i>	<i>Valle di S. Antonio q.570 m (captazione privata)</i>
	
<i>Sorgente "Caricatora" q.m 390 sponda sinistra Bragazzo, P ~ 5÷10 l/s</i>	<i>Via Bassa dei Casneti q. m 365; P < 0,1 l/s</i>



<p><i>“Fontani de Mes” sulla mulattiera di mezzo q. m 415 P ~ 0,1 l/s (captazione privata provvisoria)</i></p>	<p><i>Via Sorgente q. m 290 P ~ 0,5 l/s</i></p>
<p><i>Sponda sinistra Valle Closale q. m 370</i></p>	<p><i>Sorgenti “Schitù” in Vigano S.Martino q. m 392÷435</i></p>
<p><i>Valzello q. 390 (captazione privata provvisoria): P ~ 0,1 l/s</i></p>	<p><i>Sorgente” Schitù Alta” in Vigano S.Martino q. m 435</i></p>



4.4.2. Corsi d’acqua

In linea generale il territorio dell’Unione presenta un reticolo idrico con alvei ben delineati e sviluppati, profondamente incisi nei tratti montano e pedemontano, solo qualche metro più bassi della piana alluvionale nel tratto di fondovalle del Cherio. Lo stesso alveo del Cherio, prima della massiccia regimazione artificiale cui è stato sottoposto nel corso degli ultimi decenni, aveva un andamento meandriforme, con tendenza a divagare nella piana alluvionale. I tratti montani dei torrenti presentano alvei rocciosi, mentre le loro sponde possono essere in terra, soggette a forme d’erosione e di instabilità, che portano in alveo massi e detriti che alimentano il trasporto solido durante le piene.

Oltre al fiume Cherio, corsi d’acqua con deflusso idrico continuo sono il Bragazzo, il Closale e - solo per un breve tratto - il Drione, tributari di destra del Cherio, come pure il piccolo affluente di sinistra del Bragazzo che scende presso S. Antonio e che nelle mappe catastali è denominato “valle dell’Acqua” (toponimo oggi esteso a tutta la valle del Bragazzo).

Luzzana è attraversata anche dalla valle del Castello, Borgo dalle valli del Paradiso e di Pesino, Vigano dal Valzello e da una vallecchia minore in località Martina. Tutti questi corsi d’acqua minori sono direttamente affluenti di destra del Cherio e, avendo regime torrentizio, per gran parte dell’anno sono privi di acqua. Borgo di Terzo è solcato anche dai tratti terminali delle valli Bescasolo e Quaglia, tributarie di sinistra del Cherio.

Regione Lombardia fornisce, mediante la banca dati SIBCA, i valori di portata liquida dei corsi d’acqua secondo la formula razionale, mentre le “*magnitudo*” delle colate detritiche sono determinate secondo le formule proposte da vari Autori (BOTTINO, CRIVELLARI, MANDRONE, 1996; D’AGOSTINO ET AL., 1996; BIANCO, 1999; CERIANI, CROSTA, FRATTINI, QUATTRINI, 2000) che, in funzione dei caratteri morfometrici del bacino (area, pendenza dell’asta torrentizia, indice dei litotipi del bacino, indice di trasporto, coefficiente di sistemazione), permettono di stimare i volumi dei *debris flow* che possono generarsi lungo le

aste torrentizie. Per le valli del Bragazzo e del Closale sono anche disponibili altri valori di portata, definiti nell'ambito di studi specifici, come la "Verifica idraulica di una sezione della valle dell'Acqua in corrispondenza del ponte di via Costa" (Plebani 2002) e lo "Studio di fattibilità per la sistemazione del torrente Closale" (Geoter 2005). Per il fiume Cherio sono stati effettuati numerosi studi, i cui riferimenti sono indicati nell'apposito paragrafo.

Al momento in cui viene scritta la presente relazione lo "Studio di definizione del reticolo idrico minore" (Salveti, 2003) non ha ancora concluso il suo iter di approvazione, tuttavia i dati in esso contenuti sono qui presi in considerazione come riferimento; nella tabella seguente sono esposti sinteticamente i risultati delle verifiche di portata effettuati per i corsi d'acqua più significativi, cioè quelli che attraversano i centri abitati. In particolare sono indicate le portate calcolate con tempi di ritorno di duecento anni e quelle effettivamente smaltibili in corrispondenza di alcune sezioni critiche:

comune	Corso d'acqua	sezione	Portata T200 m ³ /s	Portata smaltibile m ³ /s
LUZZANA	Bragazzo	Via Casneti Bassa	81*	86
LUZZANA	Bragazzo	Briglia via Costa	79	77
LUZZANA	Bragazzo	Tratto via Costa	79	95
LUZZANA	Bragazzo	Ponte SS42	79	75
LUZZANA	Bragazzo	Tratto terminale	79	158
LUZZANA	Valle Castello	Via Monte Rosa	6,92	3,8
LUZZANA	Valle Castello	Tratto benzinaio	9	9
LUZZANA	Valle Castello	Tombotto SS42	9	7
BORGO DI TERZO	Valle Cassanico	Via Cassanico	5,5	3,8
BORGO DI TERZO	Valle Cassanico	Via Luzzana	7	2,65
BORGO DI TERZO	Valle Cassanico	Tombotto SS 42	7	4,85
BORGO DI TERZO	Valle Paradiso	Via Cassanico	6	9
BORGO DI TERZO	Valle Paradiso	Via Mutti	6	3,8
BORGO DI TERZO	Closale	Piazza Marconi	63	77
BORGO DI TERZO	Valle Quaglia	Pista ciclabile	29	36
BORGO DI TERZO	Valle Bescasolo	Viale dei Tigli	63	61
VIGANO S. M.	Valle Fontane	Via Castel	16	32
VIGANO S. M.	Valzello	Tombotto SS42	23	46
VIGANO S. M.	Valzello	Via S.Luigi	23	31
VIGANO S. M.	Valzello	Via Si alla vita	22	24
VIGANO S. M.	Valzello	Via Madonna del Fiore	19	231
VIGANO S. M.	Valle Martina	Tombotto SS42	12	12
VIGANO S. M.	Valle Martina	Via Martina	11,29	7,6

* valore anomalo, da verificare

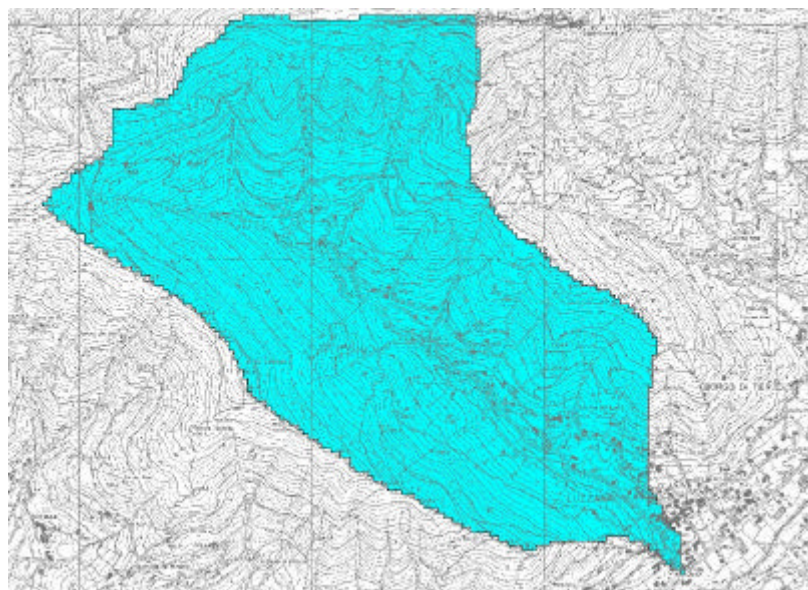
Nella tabella le caselle grigie evidenziano le sezioni non adeguate allo smaltimento della piena bisecolare; a ciò si aggiunga che tali valori di portata idraulica non tengono conto delle portate solide, che possono ridurre ulteriormente (e di molto) le luci di ponti e tombotti, creando sezioni insufficienti anche dove i calcoli idraulici indicano sezioni adeguate.

NOME_BACINO	AREA BACINO km ²	PORTATA tempo rit. 100 anni Q ₁₀₀ m ³ /sec	MAGNITUDO TRASPORTO SOLIDO m ³			
			BOTTINO	D'AGOSTINO	CERIANI	BIANCO
VC9-Valle Boldracc	0,87	6,70	20441,82	25544,31	0,00000	30647,86
VC11-Alto Closale	0,59	4,40	18330,66	15638,10	0,00000	20720,34
VC12-Valle Fontane	0,39	3,07	16346,28	7967,04	0,00000	13262,13
VC13-Closale	2,30	12,10	26843,48	29367,59	2185,63	42221,69
VC6-Bragazzo	3,47	14,69	30097,00	18936,52	3862,54	45309,66
VC14-Valzello	0,49	3,68	17470,34	8682,27	2265,25	14716,15

Portate liquide e magnitudo del trasporto solido secondo il catalogo SIBCA.

VALLE BRAGAZZO

Il bacino idrografico del Bragazzo ha una superficie planimetrica di km² 3,47 e interessa i territori di Luzzana e di Borgo di Terzo (parte sommitale). È chiuso a Nord e NO dallo spartiacque del monte Pranzà (m 1.095) e della Corna Clima (m 852,2), a SO dal crinale del Pizzo Casgnola (m 791,8), a NE dal crinale de Il Colle (m 871,3).



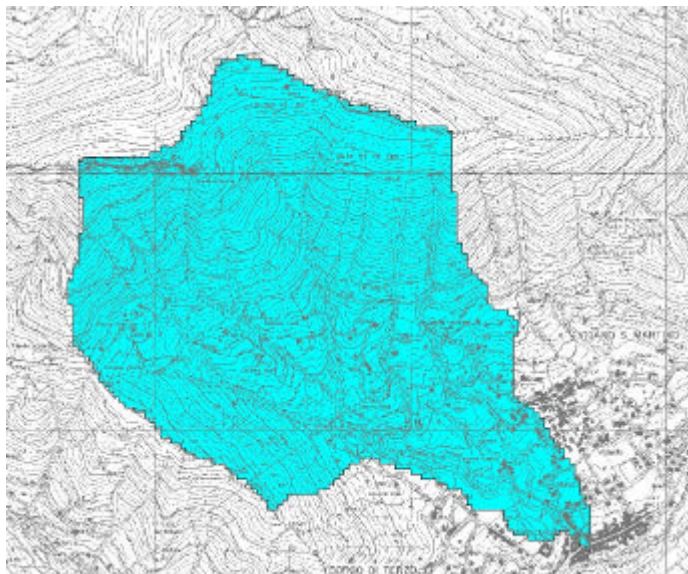
Il bacino idrografico è diviso in numerosi sottobacini; i più sviluppati sono quelli delle vallette che solcano il fianco sinistro della valle (valle della Corna, valle Pedesico, valle dell'Acqua, valle dei Grandi Ronchi, valle Fosca, val Mala, valle dei Grumelli, valle del Gromplat). L'asta principale è lunga km 3,10 e in linea generale è orientata NO-SE. Il reticolo idrografico, classificato secondo il Metodo di Stralher è del 4° ordine (Plebani, 2002).

Il bacino è impostato in prevalenza entro calcari e calcari marnosi della formazione del “Sass de la Luna”; nella parte sommitale comprende tuttavia tutta la successione stratigrafica giurassico-cretacica compresa tra la Dolomia a Conchodon e la Marna di Bruntino. In località S. Antonio affiorano anche unità cenomaniene (Marne Rosse, Banco Caotico, Torbiditi sottili). I terreni di copertura detritici sono di limitata estensione e di spessore ridotto, ad eccezione del corpo di frana antica e del deposito di versante rilevati presso lo stesso S. Antonio.

La portata idraulica massima con tempo di ritorno di cent'anni della valle Bragazzo è indicata nel database SIBCA di Regione Lombardia intorno ai m^3/sec 14,7, mentre nello studio già citato (Plebani, 2002) risulta di m^3/sec 50. Per quanto concerne la magnitudo delle portate solide, nella banca-dati SIBCA si hanno valori compresi tra m^3 3.862 (CERIANI) e m^3 45.309 (BIANCO, 1999).

La valle Bragazzo è perennemente percorsa dalle acque grazie alla presenza di alcune sorgenti che la alimentano: in particolare la sorgente Caricatore (stimata 5÷10 l/s), un tempo captata dal Comune di Borgo, ora riversa completamente le acque nel torrente.

VALLE CLOSALE



Il bacino idrografico del Closale ha una superficie di km^2 2,3 e interessa i territori di Borgo di Terzo (versante destro) e di Vigano S. Martino (versante sinistro). È delimitato a Nord dalla cresta del monte Pranzà (m 1.095), a Ovest e SO dal crinale de Il Colle (m 871,3); è suddiviso in sottobacini, i più sviluppati dei quali sono quelli delle vallette sulla sinistra idrografica; di queste la maggiore è la valle Boldracc. Vi sono poi la valle di Noal e la valle delle Fontane.

L'asta principale è lunga km 2,40 e in linea generale è orientata NO-SE nel tratto medio inferiore e NNO-SSE nel tratto superiore. Il reticolo idrografico, classificato secondo il metodo di Horton-Stralher, è del 3° ordine (GeoTer, 2005).

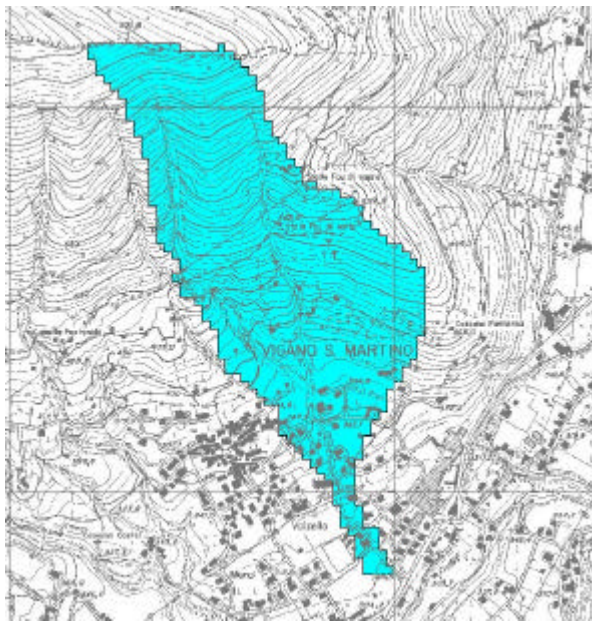
Il bacino è impostato per la maggior parte nei calcari e calcari marnosi della formazione del “Sass de la Luna”; la parte più elevata del versante sinistro comprende anche tutta la successione stratigrafica triassico-cretacica tra le unità del Calcare di Zu e della Marna di Bruntino. Le coperture detritiche sono di limitata estensione e ridotto spessore, ad eccezione dell'antico deposito di frana che si trova presso Fienile Piazzola; nel tratto terminale del torrente sono diffusi i terreni fluvio-glaciali e alluvionali, che presentano spessori vari, da pochi metri ad alcune decine di metri.

La portata massima centennale del Closale è indicata dal database SIBCA di Regione Lombardia attorno a m^3/sec 12,1, mentre nello studio citato (GeoTer, 2005) è calcolata in m^3/sec 30. La magnitudo del trasporto solido è indicata nel SIBCA tra m^3 2.185 (CERIANI) e m^3 42.221 (BIANCO, 1999). Nello studio recente di GeoTer (2005) la stessa magnitudo è calcolata secondo diverse formule: tra m^3 22.000 (TAKEI, 1984) e m^3 38.000 (D'AGOSTINO ET. AL., 1996), ben confrontabile con il materiale effettivamente disponibile in alveo (m^3 23.000).

L'alveo del Closale è percorso da deflusso idrico perenne nel tratto mediano, a motivo della presenza di piccole ma diffuse venute sorgentizie che si immettono nel torrente. Invece nel tratto terminale, in particolare in corrispondenza delle briglie, in regime di magra si ha la totale infiltrazione delle acque nel sedimento alluvionale.

VALZELLO

Il bacino idrografico del Valzello ha una superficie di km^2 0,49 e interessa il territorio di Vigano S.Martino. Il bacino è chiuso a Nord dal crinale orientale del monte Pranzà (942 m), a Ovest una costa lo separa da una valletta che scende dietro Vigano, mentre a Est il limite è segnato dal costone di stalle Fou e Cascina Fastasso, che lo divide dal solco principale della val Cavallina.



L'asta principale è lunga km 1,5 e in linea generale è orientata NNO-SSE. Il reticolo idrografico, classificato secondo il metodo di Horton-Stralher, è di 2° ordine. Nel tratto superiore il bacino è impostato nelle rocce della successione stratigrafica giurassico-cretacica che comprende le unità del Calcare di Domaro e del Calcare di Moltrasio e quella della Maiolica, mentre nel tratto inferiore è costituito da antichi depositi di versante, da sedimenti fluvio-glaciali quaternari e dai terreni della conoide antica del Valzello.

La portata massima monosecolare del Valzello è indicata dal database SIBCA di Regione Lombardia di circa m^3/sec 3,68, mentre nello studio del R.I.M. (Salveti, 2003) alla sezione di chiusura al ponte di via S.Luigi si calcola una portata di m^3/sec 6,52. Per la magnitudo del trasporto solido il SIBCA indica valori che vanno da m^3 2.265 (CERIANI) a m^3 17.470 (BOTTINO). Il Valzello è privo di deflusso idrico per buona parte dell'anno.



FIUME CHERIO

Il Cherio è il corso d'acqua principale del territorio dell'unione e ne segna il confine sud-orientale nei Comuni di Luzzana e di Vigano, mentre in Borgo di Terzo anche la sponda sinistra appartiene amministrativamente al comprensorio. Il fiume è l'emissario del lago di Endine, che si trova circa tre chilometri a Nord di Vigano. Nel tratto in cui lambisce i tre comuni dell'Unione l'alveo del Cherio è racchiuso tra arginature e difese spondali pressoché continue, con soglie e rivestimenti del fondo che sono stati realizzati a seguito dell'alluvione del 1979 (Provincia di Bergamo: Maione U., 1980).

Il naturale andamento meandriforme del fiume è stato rettificato in molti tratti, peraltro lasciando i confini amministrativi comunali disegnati sui vecchi meandri ormai cancellati (Vigano, Luzzana). L'alveo solca i terreni alluvionali di fondovalle e nel tratto considerato non vi sono tratti rocciosi anche se alcuni affioramenti del substrato sono molto vicini al fiume (ad esempio alla Martina nei pressi della ex Chiorda).

Le tabelle qui sotto riportano alcuni parametri morfologici del bacino del Cherio e le portate massime per tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni esposte nello studio di Enel-Hydro (2004) effettuato per conto dell'Autorità di Bacino del fiume Po:

SEZIONE	SUPERFICIE BACINO km ²	LUNGHEZZA ASTA km	QUOTA MASSIMA m s.l.m.	QUOTA SEZIONE CHIUSURA m s.l.m.
Lago di Endine	36,6	9,8	1.350	340
Casazza	41,7	12,7	1.350	320
Zandobbio	81,8	21	1.350	252

SEZIONE	QUOTA m s.l.m.	PORTATA T _r 50 m ³ /s	PORTATA T _r 100 m ³ /s	PORTATA T _r 200 m ³ /s	PORTATA T _r 500 m ³ /s
120 Casazza	329	28,37	30,30	31,62	33,55
107 Vigano	308	52,48	52,48 (?)	59,47	62,36
44A Luzzana	280	95,58	104,93	114,28	120,08



Cherio a Borgo di Terzo

A monte del territorio di Vigano, dopo l'uscita del fiume dal lago, non vi sono grosse confluenze nel Cherio, per cui la sua portata è praticamente del tutto riferibile all'effetto di laminazione del bacino lacustre ed è valutata in m^3/s 25 (Maione, 1980). A cominciare dal limite Nord di Vigano si osservano invece diverse confluenze di importanti corsi torrentizi, primo fra tutti il Drione, che contribuiscono ad incrementare la portata liquida, ma soprattutto introducendo in alveo il loro trasporto solido creano significativi restringimenti della sezione del fiume, divenendo talora causa di esondazione del Cherio. A questo proposito occorre sottolineare come in tutti gli studi idraulici eseguiti negli ultimi trent'anni (vedi elenco sotto) si calcolino le portate liquide del fiume, ma non si tenga alcun conto dei volumi cospicui di materiale solido introdotto dagli affluenti.

- PROVINCIA DI BERGAMO - *Studio idrologico per la valutazione delle portate di piena del fiume Cherio* – Prof. Ing. U. Maione – 1980
- REGIONE LOMBARDIA – *Progetto generale esecutivo dei lavori di sistemazione idraulica del fiume Cherio* – Ing. E. Pessina - 1984
- C.M.V.C. – *Risanamento del lago di Endine e del fiume Cherio* – Ing. Bonomo - 1985
- C.M.V.C. – *Progetto generale esecutivo dei lavori di completamento sistemazione idraulica del fiume Cherio* – Geom. A. Saladanna – 1991
- CONSORZIO DI BONIFICA DELLA MEDIA PIANURA BERGAMASCA “*Le acque della Bergamasca*”– studio idraulico nell’Ambito PTP – Ing. Paoletti & Peduzzi - 1994
- COMUNE DI CARROBBIO DEGLI ANGELI - *Studio idrologico del fiume Cherio per l'individuazione delle aree perifluviali soggette a rischio idrogeologico, a Nord della linea ferroviaria BG-BS* – Dott. geol. Ezio Granata - 1995
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO - *Aggiornamento e sistematizzazione dell'idrogeologia di piena nei corsi d'acqua di tab.2 e tab.3 – 012 Rapporto tecnico Cherio* – A.T.I.: C.Lotti&Associati S.p.A., Acquater S.p.A., Hydrodata S.p.A. - 2001
- COMUNE DI CAROBBIO DEGLI ANGELI - *Studio idrogeologico del fiume Cherio per la valutazione del rischio idrogeologico in territorio di Carobbio degli Angeli* - Dott. geol. Ezio Granata - 2002
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO - *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza* – ENEL HYDRO (Acquater, Idro, Lotti & Associati Studio Paoletti) - 2004

Infine si osserva che nel PTCP della Provincia di Bergamo si indicano le misure di portata media del Cherio effettuate alla stazione di Casazza (area bacino = km^2 38) nel decennio 1957-1968:

$$P_{\text{media}} = 1,39 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.4.3. Osservazioni climatologiche

Il clima è determinato dalla combinazione degli eventi meteorologici e degli effetti dovuti all'orografia del territorio, in rapporto a una certa collocazione geografica. Alla formazione del clima concorrono in modo diretto la temperatura e l'umidità dell'aria, la radiazione solare e la nuvolosità, le precipitazioni, la pressione atmosferica e le sue variazioni e infine il regime dei venti. Localmente si possono instaurare condizioni climatiche anche nettamente diverse rispetto a quelle delle aree limitrofe, in ragione di particolari condizioni topografiche o geomorfologiche, di fattori idrologici e vegetazionali o della presenza di manufatti che possono indurre una modificazione locale dei processi di evapotraspirazione e di condensazione al suolo.

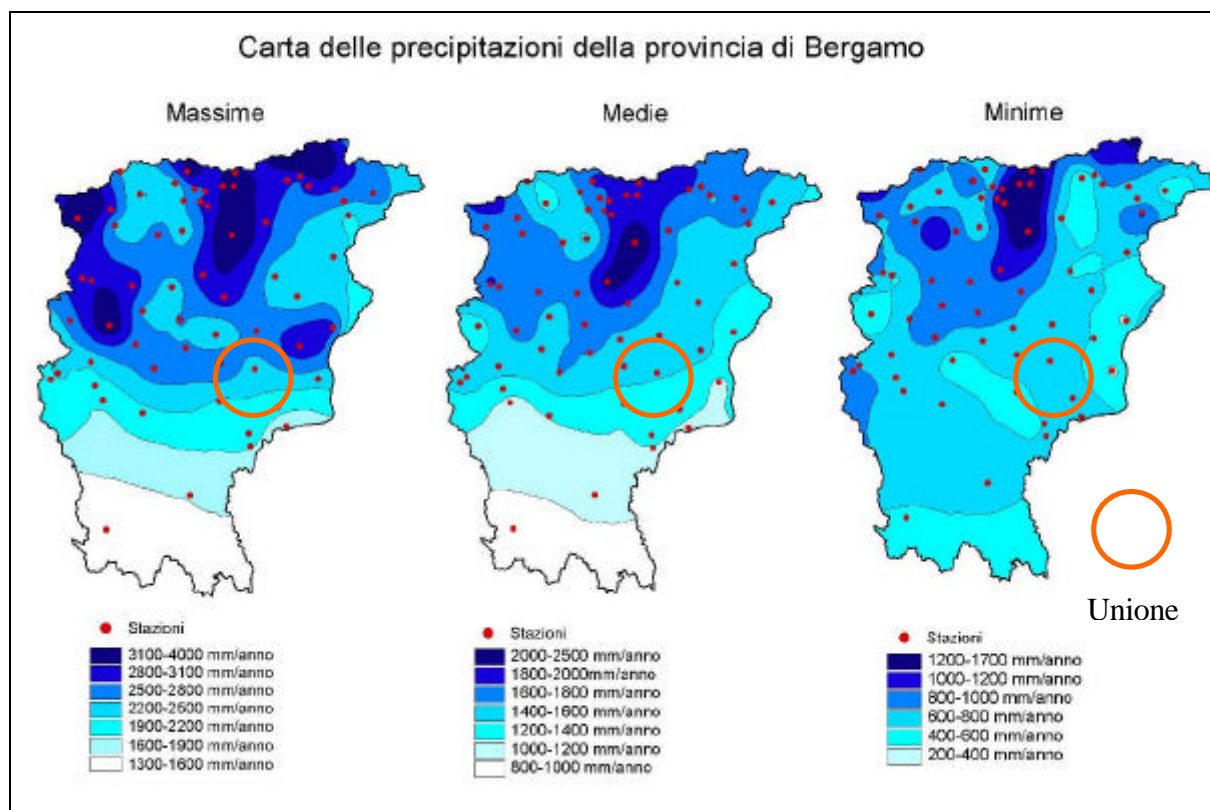
Il primo livello d'indagine per caratterizzare il clima di una data area, consiste nell'attribuire alla zona di appartenenza un tipo di clima fra quelli in cui è suddiviso il territorio nazionale. In prima istanza vengono perciò utilizzate le medie annue e mensili della temperatura atmosferica, delle precipitazioni e dell'umidità relativa.

Le principali fonti di dati sono le statistiche ufficiali del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici (Magistrato per il Po, Parma), utilizzate per la piovosità, la temperatura atmosferica e il vento per il periodo 1921-1973; la "*Carta delle precipitazioni massime, medie e minime annue del territorio Alpino*" della Regione Lombardia registrate nel periodo 1891-1990 (CERIANI M. & CARELLI M., 2000). Dati più recenti (2003) sono riportati nel *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*" (P.T.C.P.) della Provincia di Bergamo e nel volume "*Centri abitati instabili della Provincia di Bergamo*" (Regione Lombardia, 2006).

PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE

Le precipitazioni atmosferiche comprendono sia gli apporti liquidi (pioggia), sia quelli solidi (neve e grandine); questi ultimi sono trasformati in millimetri di pioggia equivalente, utilizzando relazioni note, oppure sono registrati direttamente come pioggia da appositi strumenti riscaldati. La pioggia è il tipo di precipitazione più frequente ed è qui considerata secondo due suoi differenti aspetti: come quantità (precipitazioni medie mensili e medie annuali) e come intensità (distribuzione delle precipitazioni di breve durata e forte intensità).

Nel territorio dell'Unione Media Val Cavallina oggi vi è una sola stazione pluviometrica, installata da poco tempo nel parco giochi di Borgo di Terzo, vicino al Closale. Al momento essa ovviamente non può disporre di sufficiente storicità per essere utilizzata nei calcoli statistici previsionali; fa comunque parte del circuito delle stazioni del Centro Meteorologico Lombardo. Sul territorio di Luzzana ha operato una stazione meteorologica tra il 1921 e il 1975. Stazioni meteorologiche prossime all'area di studio sono quella di **Mologno** (Casazza, periodo disponibile 1921÷1974), dotata solo di pluviometro a registrazione manuale giornaliera e oggi non più in esercizio; quella delle **Fonti di Gaverina**, anch'essa a registrazione manuale giornaliera e quella di **Cenate Sopra** (periodo di dati disponibile 1921÷1983). Tutte queste stazioni possono fornire solo dati climatologici generali.



Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino (M. Ceriani e M. Carelli, 2000) -
Carta delle isoiete medie annue per il periodo 1891-1990.

Secondo la “Carta delle Precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo (registrate nel periodo 1891-1990)” edita da Regione Lombardia (1999), le precipitazioni medie annue nel territorio dell’Unione Media Val Cavallina sono di mm 1.300 ÷ 1.450, con valori minimi attorno a mm 650-700 e valori massimi che raggiungono mm 2.200÷2.500. Questa media annua è ben confrontabile con quelle delle stazioni pluviometriche di Luzzana (mm/anno 1.218) e di Mologno (mm/anno 1.430).

I mesi più piovosi sono maggio e giugno (valori medi mm/mese 140÷160) con massimi che possono superare mm/mese 360. Quest’ultimo valore è stato registrato dal pluviometro delle Fonti di Gaverina nel giugno 1992 (vedi tabella sottostante).



GeoTer

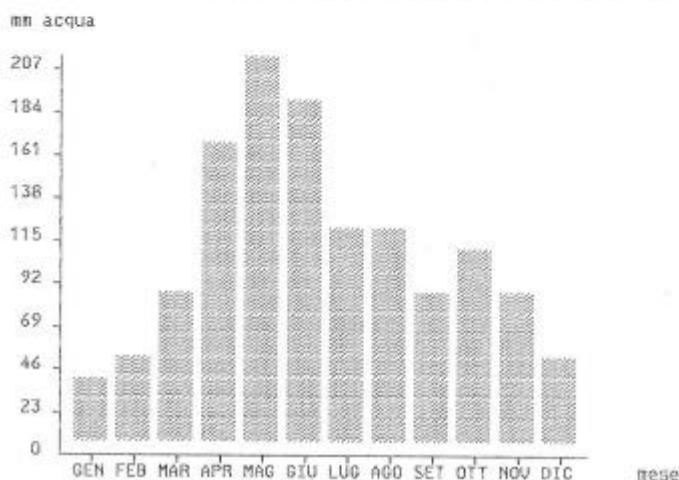
UNIONE MEDIA VAL CAVALLINA
Studio geologico per il P.G.T.

File: /Unione/pgt/relazione

**TABELLE DELLA PIOVOSITA'
STAZIONE TERME DI GAVERINA**

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	MEDIA
GEN	0	19	30	30	20	125	0	50	43	27	34,4
FEB	0	4	8	41	187	74	119	17	13	33	49,6
MAR	111	133	240	43	46	55	53	25	58	81	84,5
APR	142	103	112	242	110	93	355	201	77	158	159,3
MAG	299	305	186	177	323	264	118	165	107	129	207,3
GIU	59	150	142	145	286	172	254	168	164	360	190,0
LUG	59	40	90	116	134	114	195	100	121	127	109,6
AGO	164	252	73	161	124	83	89	79	10	63	109,8
SET	63	119	37	99	49	43	147	18	171	83	82,9
OTT	67	130	39	17	206	210	28	132	140		107,7
NOV	7	82	144	60	88	20	46	134	111		76,9
DIC	97	123	25	15	39	31	31	62	2		47,2
TOT	1068	1460	1126	1146	1612	1284	1435	1151	1017	978	

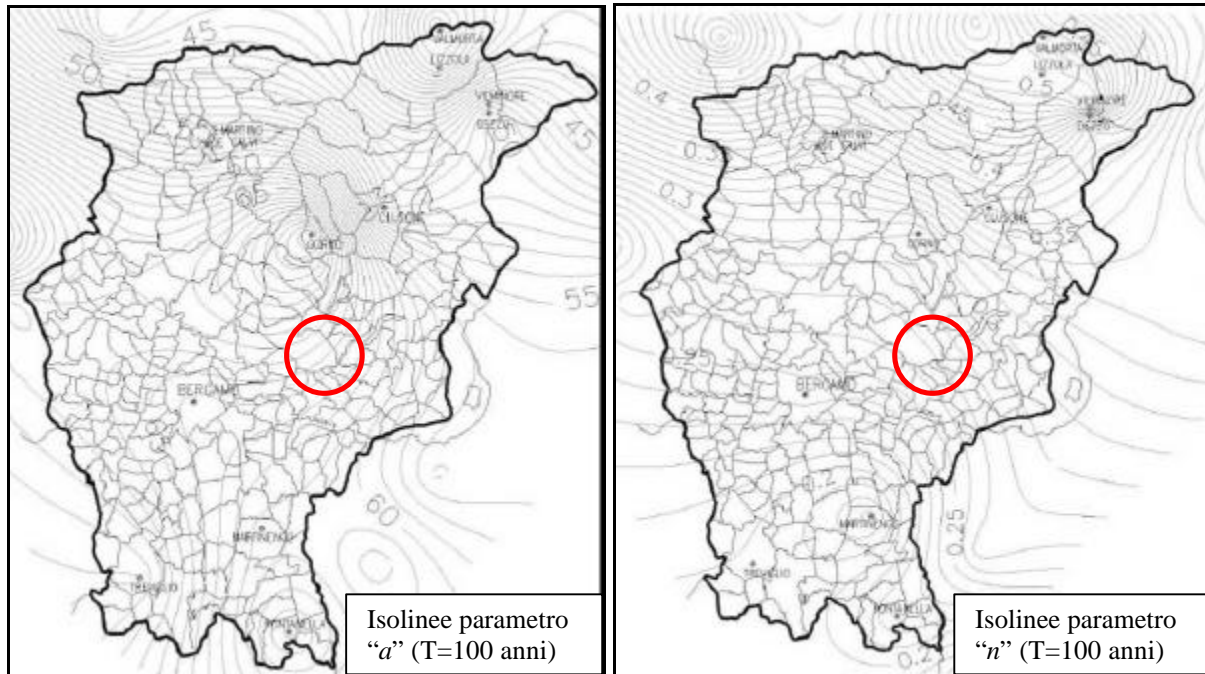
Grafico della piovosità media mensile (periodo 1983 - 1992)



Dati pluviometrici mensili del pluviometro presso le terme di Gaverina

La stazione pluviografica più vicina della quale sono disponibili dati di pioggia oraria o di tempo ancor più breve è quella di Bergamo.

Negli studi allegati al P.T.C.P. di Bergamo sono indicati valori puntuali di pioggia e anche mappe per i vari periodi di ritorno dei diversi coefficienti moltiplicativi (parametri "a" e "n") che permettono di valutare qualsiasi area per interpolazione.



TEMPERATURA ATMOSFERICA

I dati utilizzati per lo studio della temperatura atmosferica provengono sia da serie storiche pubblicate dal Servizio Idrografico Italiano, come elaborati cartografici o come tabulati, sia da registrazioni delle stazioni meteorologiche di Bergamo – Orio (1959-1982) e di Ranzanico (1973-1978).

Sulla base di altri dati provenienti da diverse stazioni in provincia di Bergamo, fu realizzata la carta delle isoterme per il periodo 1926÷1955 dal S.I.I. da cui emerge che la temperatura atmosferica media nel territorio dell'Unione è compresa tra 12° e 13°C. Il clima della maggior parte dell'area è subcontinentale.

Carta delle temperature medie annue vere del periodo 1926-1955 (S.I.I.)



4.5. Carta litotecnica e stratigrafie

(tavola 5)

In questa carta sono rappresentati i terreni e le rocce secondo i loro caratteri geotecnici di massima. In particolare, le terre sono qui classificate sulla base del loro angolo di attrito interno, della loro coesione e della loro capacità portante (o carico ammissibile), mentre per classificare le masse rocciose si adotta l'indice RQD, (DEERE, 1967), definito mediante la valutazione del grado di suddivisione (fratturazione) superficiale degli ammassi rocciosi. Questa carta è stata realizzata per l'intero territorio comunale.

Per ciascuna categoria è indicato un intervallo entro il quale tali parametri possono variare, piuttosto che un valore fisso, come si coglie dalle diverse indagini geotecniche eseguite sul territorio comunale. Va comunque precisato che, vista la notevole eterogeneità dei terreni dell'Unione, si tratta di valori di orientamento, come necessario per gli scopi di programmazione di questo lavoro, che non può quindi esimere i Soggetti tenuti a farlo, nei casi previsti dalla legge, dall'eseguire gli accertamenti e le prove geotecniche. A tale proposito si annota che il 20 febbraio 2008 è stato prorogato al 30 giugno 2009 il termine entro il quale sarà possibile eseguire verifiche a livello di singolo progetto applicando le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 04.02.2008) o, in alternativa, le N.T.C. del D.M. 14.09.2005 oppure il D.M. 11.03.1988. Tale proroga non si applica *“per le verifiche tecniche e le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile [...]”* (comma 4 dell'art. 20 D.L. 28.05.2005 e successive modifiche).

In carta sono quindi stati distinti:

- Discariche e riporti (1): sono costituiti da materiali di composizione varia, provenienti da scavi e demolizioni edili e da scavi stradali. In genere sono materiali con caratteristiche geotecniche variabili, in funzione della loro granulometria e del grado di compattazione subito. Sono stati cartografati solo i terrapieni, i livellamenti e le discariche di spessore ed estensione significativi. I terrapieni e i cumuli di inerti sono situati soprattutto lungo la piana del Cherio (stratigrafia S31 -34), in minor misura nella valle del Closale (parco giochi) e del Bragazzo (campo sportivo).

Angolo di attrito $f = 22^\circ \div 35^\circ$; coesione $= t/m^2$; $Q = kg/cm^2 0,3 \div 1,5$

- Terreni argilloso-limosi (2): sono rappresentati da argille lacustri con intercalazioni di torbe, accumuli di frana in cui prevale la frazione fine argilloso-limosa. In località Martina i limi lacustri del terrazzo superiore sono ricoperti da alcuni metri di ghiaie limose localmente cementate. Si tratta di materiali con caratteri geotecnici scadenti o pessimi, caratterizzati da scarso drenaggio e da locali ristagni d'acqua. Un loro eventuale utilizzo può richiedere interventi di bonifica per l'allontanamento delle acque e consolidamenti, ad esempio mediante palificazioni. Si trovano prevalentemente nella piana della Martina e ad essi si riferiscono le

stratigrafie dalla S1 alla S6; questa classe comprende anche l'accumulo di frana "Tu Brigher" sul fianco sinistro del Closale.

Angolo di attrito $f = 0^\circ$; Coesione non drenata = $t/m^2 1 \div 6$; $Q = kg/cm^2 0,2 \div 1$

- Terreni argilloso-limosi debolmente ghiaiosi (3): sono compresi depositi di versante e quelli glaciali molto alterati entrambi con frazione fine prevalente. Costituiscono le fasce di raccordo tra i versanti rocciosi e fondovalle alle spalle degli abitati di Luzzana, Borgo e Vigano. Ad essi si riferiscono le stratigrafie S8, S17, S19, S21, S23-25, S35-36. Il loro drenaggio è scarso o medio, in funzione del contenuto di ghiaia.

Angolo di attrito = $24^\circ \div 29^\circ$; Coesione non drenata = $t/m^2 3 \div 7$; $Qa = kg/cm^2 0,5 \div 1,8$

- Terreni ghiaiosi poco addensati (4): si tratta di terreni costituiti da ciottoli, ghiaie e blocchi spigolosi o subarrotondati in matrice sabbioso-limosa, localmente prevalente; rappresentano depositi di versante, alluvioni attuali, depositi di *debris flow* e di frana, antichi sedimenti glaciali ghiaiosi. Presentano valori medi dei parametri geotecnici e drenaggio mediamente buono, in base al contenuto di limo e argilla. Questi terreni si trovano nella zona di fondovalle del Cherio, dove in profondità presentano anche intercalazioni di livelli argilloso-limosi di origine alluvionale e lacustre (pozzo "Cios" S20); sono presenti localmente sui fianchi delle valli del Closale e del Bragazzo, come depositi di versante e di frana, e sui pendii dietro la Martina. Questi terreni sono ben illustrati dalle stratigrafie S20, S31-34.

Angolo di attrito = $25^\circ \div 35^\circ$; coesione = $0 t/m^2$; $Qa = 0,5 \div 1,5 kg/cm^2$

- Brecce, conglomerati, ghiaie ben costipate (5): ghiaie, blocchi e ciottoli in matrice limo-sabbiosa variabile, ben costipati e/o cementati. Costituiscono gli antichi depositi di versante o di frana che si trovano sui versanti alle spalle di Vigano e di S. Antonio (Luzzana); comprendono anche sedimenti fluvioglaciali e di conoide antica, dove sorgono gli abitati di Vigano, Borgo di Terzo e il centro storico di Luzzana. Il loro drenaggio è buono; sono presenti nelle stratigrafie S9-S16 e S28-S30.

Angolo di attrito = $27^\circ \div 38^\circ$; coesione = $0 t/m^2$; $Qa = 0,5 \div 1,5 kg/cm^2$

- Calcari e dolomie in grossi banchi poco fratturati (6): questa classe include i calcari massicci appartenenti alla formazione della Dolomia a Conchodon, che affiora sul crinale orientale del monte Pranzà, a quella della Maiolica che forma il versante sinistro del Closale, ai Banchi Caotici che si trovano sul versante sinistro del Bragazzo e sul crinale del Pizzo Casgnola, e a un livello di calcari massicci compreso nella formazione del Sass della Luna in valle Grom Plat. Questi ammassi rocciosi sono rappresentati dalla stazione strutturale effettuata nei pressi della ex Chiorda a Vigano S. Martino: i caratteri geomeccanici sono buoni.

RQD = $70 \div 100\%$

- Calcari, calcari marnosi e radiolariti a stratificazione decimetrica con subordinati interstrati marnosi (7): a questa classe appartengono le rocce delle formazioni del Calcarea di Zu, del Calcarea di Sedrina, del Calcarea di Domaro e del Moltrasio, la Formazione di Concesio, le Radiolariti, il Sass de la Luna. Si includono anche i calcari massicci fratturati della formazione della Dolomia a Conchodon, che si trovano nei pressi del sovrascorrimento del monte Pranzà e quelli della Maiolica che sono in corrispondenza della faglia che taglia il versante sinistro della valle del Closale. Questi ammassi rocciosi sono stati caratterizzati mediante le stazioni strutturali n.2, 3 e 4, che interessano la formazione del Sass de la Luna rispettivamente in valle del Closale, in via Cassanico e in valle Grom Plat. I loro caratteri geotecnici sono buoni o medi.

$$RQD = 40 \div 100\%$$

- Marne, argilliti, alternanze di arenarie sottili e marne (8): rappresentano le formazioni del Rosso ad Aptici, della Marna di Bruntino, delle Marne Rosse, delle Torbiditi sottili, del Flysch di Colle Cedrina. Sono inclusi nella stessa classe anche i calcari marnosi già considerati nella classe precedente quando siano interessati da pervasiva fratturazione. I caratteri geomeccanici sono medi o scadenti.

$$RQD = 0 \div 70\%$$

SIMBOLOGIE

Sono rappresentate in carta, mediante appositi simboli, le principali disgiunzioni tettoniche (sovrascorrimenti, faglie e fratture), gli assi di pieghe, le sorgenti, le giaciture principali degli strati. Sono indicate anche le stratigrafie recuperate presso gli archivi comunali e riferite a lavori geotecnici eseguiti sul territorio o descritte dall'esame di scavi edili aperti o di spaccati naturali osservati nel corso dei rilevamenti; tali stratigrafie sono indicate in carta con simbologia diversa, a seconda che si riferiscano a pozzi, penetrometrie dinamiche o statiche, sondaggi o a semplici descrizioni di scavi, e sono descritte nel paragrafo che segue.

Sono riportati anche altri tipi di indagine ricavati dagli archivi comunali, come i rilevamenti strutturali di dettaglio (ex Chiorda a Vigano, valle Closale, via Cassanico a Luzzana, valle Grom Plat a Luzzana), le verifiche di caduta massi (la Martina), le prove granulometriche (valle Closale), le indagini geoelettriche (campo sportivo di Vigano, località Redonina a Luzzana) e quelle sismiche eseguite appositamente nel corso di questo lavoro per la specifica caratterizzazione dei terreni.

-----00000000000000-----

Nella tavola n.5 sono illustrate anche trentasei stratigrafie di dettaglio, la cui ubicazione è riportata sia sulla carta litologica sia su quella litotecnica. Queste sono ricavate da prove geotecniche, da perforazioni, da pozzetti geognostici e da vari altri scavi a cielo aperto eseguiti nel corso degli anni sul territorio dell' Unione Media Val Cavallina:

- **S1**: scavo edile di via Martina (m 323 s.l.m.);
- **S2**: prove penetrometriche dinamiche via dei Prati (m 314 s.l.m.);
- **S3**: prove penetrometriche statiche via dei Prati (m 313 s.l.m.);
- **S4**: pozzo ditta 4V via Nazionale (m 310 s.l.m.);
- **S5**: prove penetrometriche dinamiche via Nazionale (m 310 s.l.m.);
- **S6**: prove penetrometriche dinamiche via Nazionale (m 309 s.l.m.);
- **S7**: prove penetrometriche dinamiche via san Martino (m 320 s.l.m.);
- **S8**: scavo edile via Donizetti (m 365 s.l.m.);
- **S9**: scarpata naturale a monte di via Fucina (m 455 s.l.m.);
- **S10**: sondaggio Parrocchia di Vigano S.M. via V.Veneto (m 360 s.l.m.);
- **S11**: scavo edile via Prada (m 339 s.l.m.);
- **S12**: prove penetrometriche dinamiche via Nerbe (m 345 s.l.m.);
- **S13**: scavo edile via Aldo Moro (m 317 s.l.m.);
- **S14**: scavo edile via Mura(m 327 s.l.m.);
- **S15**: scavo edile via degli Alpini (m 315 s.l.m.);
- **S16**: prove penetrometriche dinamiche via Mutti (m 329 s.l.m.);
- **S17**: scavo edile via Cassanico (m 325 s.l.m.);
- **S18**: scavo edile via Leonardo da Vinci (m 320 s.l.m.);
- **S19**: prove penetrometriche dinamiche via Cassanico Borgo di T.(m 318 s.l.m.);
- **S20**: stratigrafia pozzo Cios via Chiosi (m 289 s.l.m.);
- **S21**: prove penetrometriche dinamiche via Cassanico Luzzana (m 318 s.l.m.);
- **S22**: scavo strada valle Grom Plat (m 500 s.l.m.);
- **S23**: prove penetrometriche dinamiche via Ciclamini (m 355 s.l.m.);

- **S24:** prove penetrometriche dinamiche via Ciclamini (m 350 s.l.m.);
- **S25:** scavo edile via Belvedere (m 325 s.l.m.);
- **S26:** scavo stradale via valle dell'Acqua (m 345 s.l.m.);
- **S27:** prove penetrometriche dinamiche via valle dell'Acqua (m 390 s.l.m.);
- **S28:** scarpata naturale Fienile Gandello (m 650 s.l.m.);
- **S29:** scarpata naturale grotta della Madonnina a S. Antonio (m 530 s.l.m.);
- **S30:** scavo edile pizzeria Noce via Nazionale (m 290 s.l.m.);
- **S31-S32:** prove penetrometriche dinamiche FINN-IMM via Nazionale (m 281-281,8 s.l.m.);
- **S33:** pozzo Artigianplastic via Nazionale (m 284 s.l.m.);
- **S34:** prove penetrometriche dinamiche ditta Zenucci via Nazionale (m 282 s.l.m.);
- **S35:** prove penetrometriche dinamiche via Sorgente (m 285 s.l.m.);
- **S36:** scavo parcheggio via Ugo Foscolo (m 280 s.l.m.).

Le indagini geognostiche eseguite nei sedimenti del fondovalle del Cherio confermano la presenza di un antico bacino lacustre su tutta l'area della Martina fino a giungere quasi alla confluenza della valle Secca, nei pressi della ex Chiorda. Tale deposito di materiali fini è stato rilevato nelle stratigrafie S1-S6 che riguardano da uno scavo superficiale (S1), la stratigrafia del pozzo "4V" (S4) e alcune prove penetrometriche dinamiche e statiche. Nessuna di queste stratigrafie raggiunge il substrato roccioso, che si trova a più di trenta metri di profondità (fondo del pozzo "4V"). Dalle stratigrafie inoltre si evince come i terreni limoso-torbosi di origine lacustre siano intercalati a sedimenti ghiaioso-sabbiosi di origine alluvionale e/o glaciale. L'indagine sismica conferma queste osservazioni stratigrafiche e rileva il substrato roccioso a profondità compresa tra quaranta e cinquanta metri dal piano di campagna.

Prettamente di tipo alluvionale sono i terreni di fondovalle attraversati dalle stratigrafie S20 (pozzo "Cios") e S31÷34. Anche in questi si rileva comunque una notevole variabilità in profondità, data dall'alternanza di livelli ghiaioso-sabbiosi e altri limo-argillosi di origine lacustre. Il substrato roccioso è raggiunto solamente dalla perforazione del pozzo "Cios" a m 28,5 dal p.c., dove sono intercettati dei calcari grigi (formazione del "Sass de la Luna"). La presenza del pozzo "Cios" ha consentito tra l'altro la precisa taratura del dato sismico, che per la fascia di fondovalle compresa nei territori di Borgo e di Luzzana conferma il substrato roccioso a profondità di una trentina di metri.

Le stratigrafie dei terreni fluvioglaciali che costituiscono i terrazzi, dove poggiano le aree residenziali di Vigano e di Borgo e il centro storico di Luzzana, sono per lo più riferite a

osservazione di scavi edili, per cui rappresentano al massimo la profondità di cinque o sei metri.: si tratta delle stratigrafie S7 e S11÷S16, S18 e S30. In generale in esse è evidente una variabilità negli spessori dei diversi tipi di sedimenti, con il substrato roccioso spesso affiorante o subaffiorante (S7, S16, S18). Solo nello scavo dietro la pizzeria “Noce” (S30) sono stati osservati conglomerati, che peraltro affiorano anche sulla scarpata stradale di via Mutti a Borgo di Terzo. Anche in queste situazioni l’indagine sismica conferma le stratigrafie e rileva il substrato roccioso alla profondità media di una decina di metri a Luzzana (Pizzeria Noce) e di una ventina di metri a Vigano.

Le stratigrafie (S8, S17, S19, S21, S23, S24, S35, S36) riguardano i terreni colluviali che costituiscono le fasce di raccordo tra le colline e il fondovalle o i terrazzi fluvioglaciali; esse sono per lo più ricavate dall’osservazione di scavi edili e da prove penetrometriche dinamiche che hanno intercettato il substrato roccioso a profondità comprese tra uno e sei metri, (confermate anche dall’indagine sismica).

Un caso particolare è rappresentato dal sondaggio eseguito presso la Parrocchia di Vigano: esso interessa antichi depositi di versante a prevalente componente fine, ma nei quali si presenta una parte ghiaiosa con ciottoli subarrotondati, che denota un rimaneggiamento o l’intercalazione di terreni glaciali o fluvioglaciali. Il sondaggio ha raggiunto la profondità di dieci metri dal piano di campagna senza intercettare il substrato roccioso; quest’ultimo è individuato dalle prove sismiche alla profondità di una ventina di metri.

Le stratigrafie S9, e S26÷29 sono state tutte ricavate dalla osservazione di spaccati naturali e da sbancamenti stradali che hanno interessato antichi depositi di versante a prevalente componente ghiaiosa e localmente cementati (S9, S28, S29), gli spessori osservati sono al massimo di quattro o cinque metri.

La stratigrafia S22 è rilevata in corrispondenza di un recente scavo stradale sopra Grom Plat; essa evidenzia il profondo livello di alterazione subito dall’ammasso roccioso (“Sass de la Luna”): sopra la roccia sana vi sono almeno tre metri di roccia profondamente alterata e argillificata, soprattutto in corrispondenza degli orizzonti marnosi.

4.7. Carta dei vincoli

(tavola 6)

Secondo i *Criteri* attuativi della L.r. 12/05, questo elaborato deve riportare i vincoli di natura geologica che riguardano il territorio comunale, contenuti nei Piani e nella Normativa sovraordinata, all'atto della compilazione del presente lavoro, con particolare riferimento a:

- Il ***Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.*** qui proposto in aggiornamento a quello vigente, come definito nella relativa carta allegata a questa relazione. Entro queste perimetrazioni sono in vigore le norme di cui all'art.9 delle N.d.A. del P.A.I., approvate in via definitiva con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, n.18/2001 del 26 maggio 2001 e successivi aggiornamenti.
- Il ***Reticolo Idrico Principale*** e il ***Reticolo Idrico Minore***, l'uno gestito direttamente da Regione Lombardia attraverso le sue dipendenze provinciali (S.TER.), l'altro gestito dai Comuni (in questo caso riuniti). Al momento in cui si compila il presente studio geologico lo studio di individuazione del Reticolo Idrico Minore (R.I.M.) già commissionato dall'Unione Media Val Cavallina (Salveti, 2003) non ha ancora terminato il suo iter di approvazione e, dunque, tale strumento di pianificazione che individua e norma le fasce di rispetto dei corsi d'acqua non può essere considerato. A tale proposito, in accordo con le indicazioni ricevute dai competenti uffici regionali, nel presente studio sono indicate le fasce di rispetto di dieci metri dal ciglio superiore della sponda stabile o dal piede esterno dell'argine, così come definiti ai sensi della D.G.R. 25 gennaio 2002 – n. 7/7868, ai sensi del R.D. n.532 del 1904. Negli ambiti urbanizzati tale perimetrazione risulta fortemente penalizzante, sia per l'edificato esistente sia per le eventuali possibilità di completamento ed espansione.
- Le ***sorgenti captate, i pozzi e le loro fasce di rispetto*** ai sensi del D.lgs. 11 maggio 1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18 agosto 2000, n.258, all'art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693, All.1, cap.2, per la sorgente Fontanino dell'Albera è stata recepita la delimitazione delle fasce di rispetto e di tutela assoluta così come perimetrata in un apposito studio (Plebani & Pedrali, 2002); per il pozzo "Cios", in assenza di uno studio idrogeologico finalizzato, sono qui assunte le fasce di tutela assoluta e di rispetto applicando il generico "criterio geometrico" (cerchi di raggio dieci e duecento metri).

4.8. Carta di sintesi o della pericolosità geologica

(tavola 7)

Questa carta è stata ricavata dal confronto delle carte tematiche precedentemente descritte e della carta clivometrica (prodotta solo ad uso di studio). Da tale sovrapposizione dei dati e dal loro confronto critico si sono ottenuti numerosi quadri di caratterizzazione geoambientale del territorio dai quali si individuano e si qualificano le situazioni di *pericolosità geologica*.

Rispetto alla carta di sintesi redatta nei precedenti studi geologici di supporto al P.R.G. (2003), questo elaborato è stato interamente rivisto e aggiornato conformemente ai *Criteri* della L.r. 11 marzo 2005, n. 12. Vengono qui distinte sette tipologie elementari d'area (classi), ciascuna delle quali è dominata dal prevalere di un fattore di pericolosità geologica; l'ultima delle quali, la classe 7, considera invece gli interventi di mitigazione della pericolosità eventualmente messi in atto. Ciascun ambito è suddiviso in ulteriori sottoclassi, che dettagliano maggiormente la caratterizzazione definita sul terreno. La frequente concomitanza di più fattori di pericolosità ha indotto inoltre a definire numerosi altri quadri geoambientali, come risultato della diversa combinazione delle sette classi di pericolosità.

La carta è redatta alla scala 1:5.000 per un opportuno dettaglio e una maggiore chiarezza e copre l'intero territorio dei Comuni dell'Unione. Le indicazioni in essa contenute hanno un significato sia qualitativo sia quantitativo; infatti gli ambiti, così come definiti, costituiscono le classi d'ingresso nella "tabella 1" dei "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.r. 11 marzo 2005, n. 12*". Tale tabella consente di ricavare le classi di fattibilità geologica, rappresentate nella tavole n.9 e n.10.

Questa procedura in genere non comporta un semplice automatismo di attribuzione, poiché il valore della classe di fattibilità può essere aumentato o diminuito in funzione di alcune considerazioni tecniche effettuate sul singolo ambito; tuttavia non per tutti gli ambiti si possono modificare le attribuzioni di classe (declassare) che risultano dall'applicazione delle suddette tabelle. È il caso, ad esempio, di quelli che individuano le aree interessate da *trasporto in massa su conoide*, le zone dei *percorsi preferenziali di colate* in detrito e terreno o le aree delimitate mediante le procedure descritte nei criteri attuativi della L.r. n.12/05 per la zonazione della pericolosità per frana, alluvione o valanga.

Nel presente lavoro gli ambiti di pericolosità geologica e le relative classi distinte sono:

- (1) pericolosità per acclività del terreno
- (2) pericolosità per instabilità dei versanti
- (3) pericolosità per vulnerabilità idrogeologica
- (4) pericolosità da dinamica idraulica
- (5) pericolosità per scadenti caratteri geotecnici
- (6) pericolosità da modificazioni antropiche
- (7) fattori di mitigazione della pericolosità.

PERICOLOSITÀ PER ACCLIVITÀ DEL TERRENO (1)

La classe comprende fattori di pericolosità legati a forte acclività del terreno: infatti la pendenza delle superfici oltre certi limiti induce inevitabilmente situazioni di instabilità attive o potenziali, che creano condizioni di pericolo diretto o indiretto per l'eventuale insediamento. Del resto occorre anche dire che in situazioni di forte pendenza gli interventi insediativi possono facilmente innescare significative forme di instabilità e comunque impatti molto più pesanti sul terreno. Per l'elaborazione della classi di pendenza è stata utilizzata la carta topografica 1:5.000 della C.M.V.C., cercando di minimizzare le incongruenze tra questa rappresentazione e la base topografica 1:2.000 utilizzata poi per la compilazione della carta di fattibilità e in ogni caso, dopo una prima sbazzatura grafica delle classi, compiendo una valutazione diretta sul terreno, visto che le cartografie aerofotogrammetriche attuali al di fuori dei centri abitati sono per la maggior parte di bassa qualità e mediano troppo le rappresentazioni a curve di livello, col risultato di un dettaglio assai scarso sulla morfologia dei versanti.

A riguardo dell'acclività, la normativa attuale chiede di evidenziare i pendii inclinati oltre 20° qualora siano costituiti da terreni sciolti e oltre 35° quando formati da roccia. La nostra esperienza sui territori montani ci ha portato fino ad oggi a distinguere due sottoclassi di pericolosità per condizioni di superfici acclivi, graduando in base a queste le conseguenti classificazioni di rischio e di fattibilità:

- classe 1a: inclinazioni $\beta = 25^\circ \div 35^\circ$ per i terreni e $\beta = 35^\circ \div 45^\circ$ per le rocce;
- classe 1b: inclinazioni $\beta > 35^\circ$ per i terreni e $\beta > 45^\circ$ per le rocce.

In questo modo e in linea generale vengono ritagliate le situazioni in cui la pendenza rappresenta un elemento influente in rapporto ai progetti urbanistici ed edilizi, ma non tali da impedire la trasformazione delle aree con determinati accorgimenti, e quelle dove invece la pendenza del terreno è tale da costituire un reale impedimento alla trasformazione e all'insediamento. Si tratta di una distinzione particolarmente importante per le aree di montagna, dove sono molti i terreni sensibilmente acclivi. È ovvio che questi limiti numerici generali non sarebbero credibili né giusti se, nel definire in dettaglio le classi di fattibilità, essi non fossero calati sui caratteri litologici e geomorfologici delle diverse aree, permettendo di giustificare il giudizio finale sia in senso più restrittivo sia in quello più permissivo.

Comunque oltre i limiti massimi di acclività su definiti, la morfologia aspra, anche rapportata alla presenza di ammassi rocciosi molto resistenti o di terreni dotati di ottimi parametri geotecnici, esclude la possibilità di trasformazione delle aree per insediamenti di normale edificazione, anche in considerazione degli eccessivi sbancamenti che comporterebbero gli interventi su tali terreni.

I limiti applicati per i terreni granulari sono validi anche per le rocce deboli o per i terreni cementati, i cui caratteri geotecnici sono intermedi tra quelli delle terre e quelli delle rocce.

PERICOLOSITÀ PER INSTABILITÀ DEI VERSANTI (2)

Comprende fattori di pericolosità legati a instabilità del pendio di diversa entità, da quella rappresentata da piccoli smottamenti e da leggero soliflusso, fino a quella insita nelle aree di frana. Nel caso di quest'ultima, sono distinte le forme attive, delimitate sulla base delle evidenze di campagna e/o di dati storici, da quelle che indicano aree potenzialmente instabili e da quelle quiescenti o stabilizzate. Nella classe 2, che è divisa in undici sottoclassi, a seconda della tipologia e dell'importanza della forma gravitativa, sono compresi anche gli ambiti di valanga, sia quelli dove il fenomeno si è già manifestato sia quelli dove vi sono oggi le condizioni che rendono possibili movimenti delle masse nevose.

Per una rappresentazione dettagliata delle forme di instabilità di versante si rimanda alla parte che tratta i caratteri geomorfologici.

- classe 2a: comprende fattori di pericolosità legati a *lieve instabilità* del pendio. Si tratta di aree dove sono presenti soliflusso e ruscellamento più o meno generalizzati, piccoli decorticamenti dovuti allo sradicamento di piante, terrazzette da pascolo dovute ad eccessivo carico e stazionamento di bestiame, erosioni diffuse di piccola entità. Nella maggior parte dei casi si tratta di problemi risolvibili con una maggior cura dei terreni superficiali o con piccoli interventi di contenimento (biostuoie, viminate, palizzate, muretti, ecc.) o di riprofilatura del pendio.

Fenomeni di questo tipo sono diffusi soprattutto sui pendii collinari, sia prativi sia boscati, maggiormente sul fianco destro della valle Bragazzo e della valle Closale, dove il soliflusso è favorito dalla giacitura delle rocce a franapoggio. L'indicazione intende sollecitare, anche in aree oggi non segnate da forme attive, particolare attenzione alle condizioni di stabilità del pendio durante lo sviluppo di eventuali lavori di costruzione.

- Classe 2b: in questo ambito rientrano le aree soggette a *caduta di massi* da pareti rocciose, comprendendo sia i punti di stacco sia le fasce di terreno raggiunte dalle traiettorie dei blocchi. Tali situazioni sono dovute alla presenza di strati scompagnati, di rocce molto fratturate, disgregate e con scadenti caratteri geomeccanici, cui si possono aggiungere le condizioni di forte acclività e l'azione meccanica degli apparati radicali. Per questa tipologia di fenomeni si possono realizzare sia opere di difesa attiva, come tiranti d'ancoraggio, chiodature, bullonature, reti in aderenza, sia opere di difesa passiva, quali barriere paramassi, muri, gabbionature, fino a interventi più impegnativi, come valli e tomi o gallerie paramassi.

Questo fattore di pericolosità è piuttosto contenuto sul territorio dell'Unione: è presente in località Martina, dove sono già stati eseguiti interventi di messa in sicurezza, e sul versante meridionale del monte Pranzà, dove interessa un'area boscata disabitata.

- Classe 2c: comprende ambiti di *frana attiva*, del tipo di scivolamento o di colata. La prima tipologia si può contrastare con opere di contrasto e consolidamento, di drenaggio e/o di ingegneria naturalistica, per stabilizzare il pendio e rallentare l'erosione superficiale; per le colate invece si possono realizzare opere idrauliche (briglie, argini, vasche di accumulo) di regimazione delle acque superficiali e/o altre sistemazioni di tipo idraulico-forestale. Nel

territorio dell' Unione vi sono aree soggette a scivolamento attivo sul fianco destro del Bragazzo (di fronte a S. Antonio), nella valle Boldracc, sulla sponda sinistra del Closale ("Tu Brigher") e su quella destra dello stesso torrente (sotto il convento di Borgo). Una forma di frana attiva di tipo complesso, piuttosto ampia e pericolosa, interessa i pendii attorno a S. Antonio: è qui evidente la necessità approfondire la conoscenza delle cause e delle modalità del dissesto per progettare interventi risolutivi. Nel territorio studiato non si rilevano invece colate detritiche attive (*debris flow*).

- Classe 2d: comprende i fattori di pericolosità legati ad aree in **frana quiescente** (scivolamenti o colate). Queste forme di dissesto, che possono essere riattivate dalle stesse cause originarie, possono essere affrontate con gli stessi metodi descritti nel precedente ambito. Frane quiescenti sono presenti sui pendii attorno a S. Antonio, nella valle del Closale presso la cascina Castel, tra Love e Fastasolo, tra Fienile Piazzolo e Moi.

- Classe 2e: riguarda le forme definite come **frana stabilizzata**, già indicate nella carta con legenda uniformata P.A.I. e nella carta dei vincoli. Queste non richiedono opere di presidio e stabilizzazione, tuttavia per trasformare tali ambiti potrebbe essere necessario eseguire approfondimenti e valutazioni di carattere geologico al fine di evitare la riattivazione dei dissesti. Qui sono comprese diverse aree sul fianco destro del torrente Bragazzo, presso S. Antonio, nella valle del Closale e sopra l'abitato di Vigano.

- Classe 2f: si riferisce a pericolosità potenziale per **frane di crollo** che possono verificarsi su ripide scarpate rocciose, dove l'ammasso è fessurato. Questi ambiti sono limitati alla zona della ex cava Armati, ad alcune piccole scarpate a monte di Vigano e in prossimità di Fienile Piazzola.

- Classe 2g: ambiti di pericolosità potenziale per **giacitura sfavorevole** delle rocce (franapoggio): si trovano sul fianco destro della valle Bragazzo e della valle Closale.

classe 2h: indica ambiti di pericolosità legati ad **attività estrattive** dismesse e non ancora messe in sicurezza e/o recuperate per altre destinazioni d'uso. In questa categoria rientra la cava Armati, il cui piazzale sembra ora adibito a stoccaggio e/o trattamento di inerti.

PERICOLOSITÀ PER VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA (3)

Questa classe comprende ambiti in cui la rapida infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo attiva condizioni di elevata vulnerabilità delle falde acquifere sotterranee. In queste aree eventuali scarichi nel suolo di reflui fognari o di altre sostanze possono portare seri danni alle risorse idriche. Qui rientrano le zone di salvaguardia delle sorgenti e dei pozzi ad uso potabile, definite ai sensi del D.lgs. 152/1999, integrato dal D.lgs. 258/2000 e con riferimento alla D.G.R. n. 7/12693 del 10 aprile 2003. D'altra parte la classe riguarda anche situazioni in cui le emergenze idriche diffuse e la bassa soggiacenza della falda possono creare problemi alla stabilità dei terreni e delle strutture che vi si appoggiano. Sono inoltre evidenziate alcune strutture carsiche puntiformi presenti sul territorio (grotte e inghiottitoi).

Le sottoclassi che sono state individuate per questo ambito sono:

- Classe 3a: **area di tutela assoluta** di captazioni idriche ad uso potabile per la sorgente “Fontanino dell’Albera” e per il pozzo “Cios”.
- Classe 3b: **area di rispetto** di captazioni idriche ad uso potabile: per la sorgente “Fontanino dell’Albera” è stata recepita la delimitazione delle fasce di rispetto definita con un apposito studio (Plebani & Pedrali, 2002); per il pozzo “Cios”, in assenza di uno studio idrogeologico finalizzato, è definita la fascia di rispetto con criterio geometrico (raggio duecento metri).
- Classe 3c: **aree interessate da carsismo** superficiale e ipogeo, con presenza di inghiottitoi e doline, e aree di infiltrazione sotterranea preferenziale delle acque che alimentano sorgenti captate: queste forme carsiche localizzate sono individuate in carta. Particolare attenzione merita la zona di infiltrazione che si trova a monte di S. Antonio, che non è stata compresa nella zona di rispetto del “Fontanino dell’Albera” pur avendo un chiaro collegamento idrogeologico con la sorgente stessa.
- Classe 3d: **aree a bassa soggiacenza della falda** o con presenza di falde sospese, percorsi di paleovalvei non riattivabili. In questa categoria rientra la totalità della piana alluvionale del Cherio, è stato inoltre individuato il tracciato di un paleovalveo del Closale che scende dalla località Aria: non è una forma riattivabile ma può tuttora costituire una via preferenziale di infiltrazione delle acque sotterranee.

PERICOLOSITÀ DA DINAMICA IDRAULICA (4)

Questa classe indica la presenza di fattori di pericolosità legati alla dinamica dei corsi d’acqua. Qui rientrano sia le aree di normale pertinenza degli stessi fiumi e torrenti, sia le aree che per effetto di condizioni di dissesto o modificazione degli alvei (sovralluvionamenti, occlusioni, cedimenti spondali) o per condizioni idrauliche particolari (piene eccezionali) possono essere investite e danneggiate da deflussi idrici. Una specifica sottoclasse tiene conto di eventuali opere di regimazione e difesa realizzate e del loro grado di manutenzione ed efficacia.

- Classe 4a: ambiti di diretta **normale pertinenza dei corsi d’acqua** superficiali. Sono gli alvei dei principali corsi d’acqua del territorio dell’Unione (Cherio, Bragazzo, Closale, Valli Castello, Cassanico, Paradiso, Valzello, Martina, Drione, Bescasolo e Quaglia) e dei loro affluenti.
- Classe 4b: **aree già allagate** in occasione di precedenti eventi alluvionali (senza definizione del tempo di ritorno) e **aree potenzialmente allagabili** definite con criterio geomorfologico. In questa categoria rientrano le fasce di esondazione del Bragazzo, del Closale e delle valli Castello, Cassanico, Paradiso, Valzello, Martina, Drione, Bescasolo e Quaglia, definite in base a dati storici, testimonianze di abitanti e verificate con criterio geomorfologico.

- Classe 4c: comprende le **aree allagabili** dal fiume Cherio con portate calcolate per tempi di ritorno di cento anni.
- Classe 4d: ambiti protetti da **interventi di difesa** e regimazione idraulica ben realizzati e in buono stato di manutenzione. Queste caratteristiche si riscontrano lungo il corso del fiume Cherio il quale, in seguito all'alluvione del 1979, è stato sottoposto ad una serie di lavori di regimazione, col risultato che oggi l'alveo in pratica è canalizzato per tutto il tratto in cui lambisce il territorio dell'Unione Media Val Cavallina.
- Classe 4e: identifica aree di conoide già interessate da trasporto in massa e **colate di detrito** (*debris flow*). Rientra in questa classe la parte finale della conoide del Valzello, l'alveo che solca la piccola conoide sopra via Martina, quella nei pressi della cava Armati e altre due piccole forme che si trovano sul fianco destro del Closale, sopra Aria.
- Classe 4f: delimita aree di conoide potenzialmente interessate da trasporto in massa e **colate di detrito** (*debris flow*); è considerata in questa categoria la maggior parte della conoide del Valzello e il settore sinistro della piccola conoide sopra via Martina.

PERICOLOSITÀ PER SCADENTI CARATTERI GEOTECNICI (5)

Queste classi individuano ambiti in cui la scadente qualità tecnica dei terreni o degli ammassi rocciosi pone e potrebbe porre significativi problemi alle costruzioni e, se non ne esclude l'utilizzo insediativo, certo richiede l'adozione di accorgimenti costruttivi particolari. Sul territorio dell'Unione Media Val Cavallina l'indicazione si riferisce sia ai terreni torbosi e/o paludosi della zona della Martina sia a quelli colluviali ricchi di argilla nelle fasce di raccordo tra i pendii collinari e i fondovalle. In questa categoria rientrano anche alcune aree livellate con riporti mal costipati. Nel caso di utilizzo edilizio di queste aree è assolutamente necessario condurre preventive e adeguate indagini geotecniche specifiche, mirate alla quantificazione diretta e puntuale dei parametri fisici del terreno (granulometria, peso di volume, angolo di attrito interno, coesione, ecc.) e valutazioni sul possibile drenaggio.

- Classe 5a: aree di possibili **ristagni d'acqua**, torbose e paludose: riguardano la zona della Martina.
- Classe 5b: aree con **riporti** di inerti o discariche mal compattati; sono presenti nella parte meridionale della piana alluvionale del Cherio, nei pressi di un paleoalveo colmato e livellato.
- Classe 5c: aree con **terreni limo-argillosi** dotati di scarsa capacità portante sono presenti in fasce pedecollinari alle spalle degli abitati di Luzzana, Borgo e Vigano.

PERICOLOSITÀ DA MODIFICAZIONI ANTROPICHE (6)

Queste indicazioni mettono in evidenza ambiti in cui l'intervento umano ha modificato le condizioni di stabilità o la dinamica evolutiva naturale del territorio, introducendo fattori di pericolosità geologica effettiva o potenziale. Questa zonazione riguarda strutture idrauliche, intubazioni o alterazioni della sezione dei corsi d'acqua, che introducono la possibilità di avarie, rotture, occlusioni ed esondazioni, mentre non sono compresi gli eventuali effetti negativi legati alle attività estrattive (considerati nella categoria "2h"):

- Classe 6a: questo ambito include le **occlusioni d'alveo** e i restringimenti eventualmente dovuti agli attraversamenti viari (ponti e tombotti). Tali situazioni si individuano lungo quasi tutte le valli e vallette del territorio e inducono a una certa attenzione per la possibile influenza negativa sul deflusso delle acque incanalate.

- Classe 6b: segnala **alvei coperti** o **intubati**. Queste situazioni sono presenti nel tratto terminale delle valli Closale, Paradiso, Cassanico e Castello.

- Classe 6c: comprende i tratti di **alveo incanalato**, come il tratto terminale del Valzello, del Closale e del Bragazzo; anche il Cherio risulta in buona parte incanalato e arginato artificialmente lungo il suo corso, ma per esso è stata introdotta la categoria 4d.

- Classe 6d: comprende **scarichi in suolo** in aree idrogeologicamente vulnerabili: in proposito si indica la zona a monte di S. Antonio, dove è stato autorizzato uno scarico di reflui fognari nel suolo in un ambito idrogeologicamente vulnerabile in quanto afferente all'acquifero che alimenta la sorgente "Fontanino dell'Albera".

- Classe 6e: comprende **manufatti o materiali pericolosi per la dinamica degli alvei**. Si tratta di accatastamenti di legnami, di rifiuti e di materiali di recupero di ogni tipo, di baracche e altri precari posizionati nelle fasce di esondazione dei corsi d'acqua in fregio agli alvei, che nel momento in cui venissero raggiunti dai deflussi di piena potrebbero facilmente essere trascinati dalla corrente, con rischio di occlusione e danneggiamento di ponti ed altre strutture quando non anche di inquinamento delle acque. Ve ne sono lungo le sponde del Cherio, del Closale e della valle Paradiso. In qualche caso l'indicazione di pericolo si riferisce alla vegetazione arborea cresciuta spontaneamente nelle aree di piena ordinaria dei corsi d'acqua.

FATTORI DI MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ (7)

Numerosi fattori intervengono anche nel territorio dell'Unione Media Val Cavallina a mitigare la pericolosità geologica che insiste su alcune aree. Si tratta di lavori di stabilizzazione e messa in sicurezza dei versanti, di opere di regimazione idraulica o di opere di consolidamento tese a migliorare i caratteri fisici del terreno. Tali interventi si concentrano soprattutto lungo gli alvei e nei pressi dei centri abitati. Con le seguenti sottoclassi si suddividono queste strutture secondo le diverse tipologie.

- Classe 7a: **reti paramassi**. Strutture di questo tipo si individuano in località La Martina a ridosso della strada provinciale e della pista ciclopedonale di collegamento tra Vigano e la Martina e poco a monte della via Martina.
- Classe 7b: **gabbionata**. Sono state costruite gabbionate lungo la via Nazionale in località Martina, lungo la strada della valle Closale, sulla sponda sinistra del Closale nei pressi di una vecchia captazione, in località Prati Alti per consolidare gli scavi del metanodotto, presso Case Maioli e sotto i Bettineschi per stabilizzare riporti di terreno edificato.
- Classe 7c: **consolidamento**. Sono segnalati la sottomurazione di un bancone di detrito cementato sopra le sorgenti Schitù a Vigano S.Martino e il muro di contenimento sotto via valle dell'Acqua in corrispondenza di una nicchia di frana.
- Classe 7d: **briglia, soglia**. Lungo il corso del Cherio vi sono numerose piccole soglie in calcestruzzo o in calcestruzzo e pietrame, mentre sul Closale si trovano una grossa briglia selettiva in calcestruzzo, alcune briglie in legname e pietrame e una serie di briglie in gabbioni.
- Classe 7e: **fosso di guardia, canale di drenaggio**. Si segnalano le canalizzazioni che intercettano le acque ruscellanti dai versanti o quelle di affioramento della falda, dove questa ha bassa soggiacenza. Del primo gruppo fanno parte i canali di drenaggio costruiti alle spalle della chiesetta di S. Antonio, quello al coronamento della frana sul pendio sopra lo stesso S. Antonio, quello ad Aria di Borgo di Terzo e quello che segna il confine tra Luzzana e Borgo lungo via Cassanico fino alla via Nazionale. Del secondo gruppo fanno parte le canalizzazioni agricole che un tempo solcavano in modo sistematico la piana alluvionale, ma che ora si trovano solo in aree marginali come la piana della Martina.
- Classe 7f: **riporti a scopo di bonifica**. si segnalano alcuni terrapieni e livellamenti di recente esecuzione, ubicati nella piana del Cherio allo scopo di migliorare le caratteristiche geotecniche del terreno di appoggio e limitare l'effetto della bassa soggiacenza della falda.

Escludendo i riporti di terra, occorre tener presente che la durata di questi manufatti, in particolar modo di quelli idraulici, è spesso limitata nel tempo ed essi hanno in genere piena efficienza solo quando il presidio umano e la manutenzione geologica sono assidui.

-----ooooooooo-----

4.9. Carta degli scenari di pericolosità sismica (tavola 8)

Secondo la nuova classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08.05.03, Supplemento ordinario n. 72), che individua in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornisce le norme da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse, non esiste alcun Comune d’Italia che possa essere considerato esente da sismicità. Viene quindi introdotta una macrozonazione sismica di riferimento, che comprende tutto il territorio nazionale, anch’essa dettata e normata a livello nazionale/regionale, suddividendo il territorio in quattro zone, caratterizzate da una sismicità di base decrescente dalla “ZONA 1” alla “ZONA 4”. Regione Lombardia ha preso atto della nuova classificazione sismica nazionale attraverso il D.G.R. n. 14964/7 del 7 novembre 2003, passando così dalla precedente classificazione sismica a quella attuale.

Per effetto dell’assunzione di queste nuove norme i territori dei Comuni dell’Unione Media Val Cavallina passano dalla classe “N.C.” (non classificabile) all’attuale “ZONA 3”, caratterizzata dal parametro di accelerazione orizzontale al suolo $a_g = 0,15 g$.

Per i Comuni che rientrano in “ZONA 3” Regione Lombardia rende obbligatorio lo svolgimento di uno studio di *primo livello* e di uno di *secondo livello* negli scenari PSL (pericolosità sismica locale) suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4), individuati con lo studio di primo livello. Ne consegue che, nel caso in cui l’approfondimento di secondo livello evidenzia un fattore di amplificazione locale (F_a) peggiorativo rispetto al valore di soglia (F_s) proposto dalla norma per il sito, in fase di progettazione di strutture occorrerà procedere agli approfondimenti di *terzo livello*.

Lo studio di PRIMO LIVELLO è dunque propedeutico ai successivi livelli di approfondimento e consiste nell’analisi dei dati già esistenti nella cartografia di inquadramento del presente studio geologico (carte geologica, geomorfologica, idrogeologica e litotecnica) e nella redazione della “*Carta degli scenari di pericolosità sismica*”. Quest’ultima riporta perciò la perimetrazione areale e gli elementi lineari delle diverse “*situazioni-tipo*” in grado di determinare effetti sismici locali, come indicato nella sottostante tabella:

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

ZONA Z1

In questa vasta categoria rientrano tutte le *aree in frana*, attive o quiescenti, individuate secondo i criteri P.A.I.. In tali aree un sisma potrebbe generare o riattivare forme di instabilità, sia in modo diretto, imprimendo un'accelerazione alle singole particelle, sia indirettamente, aumentando la pressione dell'acqua nei pori (pressione neutra). In tale categoria è anche inserita la zona di caduta massi in località La Martina.

Aree in frana attiva o quiescente (rispettivamente zona Z1a e zona Z1b) sono individuate sui versanti delle valli Bragazzo e Closale e nei pressi dei centri abitati: una attiva sotto il monastero di Borgo, una quiescente lungo il margine del terrazzo fluvioglaciale tra Borgo e Luzzana. Sul territorio dell'Unione non si riconoscono invece aree che si possano attribuire alla zona Z1c (zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana).

ZONA Z2

Comprende quelle situazioni dove vi sono terreni naturali o riporti con **caratteri geotecnici scadenti** nei quali in caso di sisma si possono verificare cedimenti, fenomeni di liquefazione o vere e proprie frane, a seconda della tipologia dei sedimenti che compongono il terreno (ghiaie, sabbie o argille) e del loro grado di addensamento. Sul territorio dell'Unione non si riscontrano tipi di terreno liquefacibili; anche le aree di scarica o i consistenti riporti, considerato il loro grado di addensamento, non possono subire i fenomeni sopra descritti.

ZONA Z3

I cigli delle scarpate alte più di dieci metri (Z3a), insieme alle creste rocciose (Z3b), sono suscettibili ad **amplificazioni** di tipo "topografico", cioè legate alla particolare morfologia e alle aspre irregolarità del terreno, che determinano una specie di focalizzazione delle onde sismiche, per fenomeni di riflessione e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello difratto. In questa carta sono riportati, oltre ai crinali che segnano gli spartiacque superficiali, gli orli delle scarpate morfologiche, che individuano i vari terrazzi e pianori nel settore di fondovalle dei Comuni dell'Unione, e gli orli di erosione fluviotorrentizia (valle Bragazzo, Closale e alcuni tratti di valli minori). Sono infine indicati anche gli orli in erosione in roccia (località Martina, cava Armati, Fienile Piazzolo, Monte Pranzà) e gli orli morfologici nelle zone montane (S. Antonio, Fienile Gandello, Stalle di Fou).

ZONA Z4

In questa ampia categoria rientrano tutti quei terreni di varia origine che possono generare effetti di **amplificazione** di tipo "litologico" (legate alle proprietà meccaniche del materiale che costituisce il deposito stesso) e/o geometrico (legate alla forma e geometria del corpo sedimentario - lenti, eteropie ed interdigitazioni, ecc). Queste condizioni possono provocare amplificazioni locali, fenomeni di risonanza tra l'onda sismica incidente e il moto sismico proprio del terreno e fenomeni di doppia risonanza tra il periodo fondamentale del moto sismico incidente e quello del terreno e le eventuali sovrastrutture presenti.

Aree di fondovalle con presenza di terreni alluvionali e/ o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, classificabili come Z4a, si ritrovano lungo la piana alluvionale del Cherio e all'imbocco delle valli Bragazzo e Closale.

I terreni che ricadono nella Zona Z4b (zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio lacustre) si trovano sporadicamente nella parte montana del territorio, ad eccezione del tratto di versante compreso tra S. Antonio e Fienile Gandello e a monte del centro storico di Vigano; essi sono invece molto diffusi nella zona di raccordo tra la collina e la piana alluvionale del Cherio, dove formano i terrazzi su cui sorgono gli abitati di Luzzana, Borgo e Vigano (escluso il centro storico di quest'ultimo).

Meno diffusi sono i terreni glaciali o morenici che contengono sedimenti granulari e/o coesivi e che ricadono nella Zona Z4c: questi terreni costituiscono una fascia dietro Luzzana.

Le aree caratterizzate dalla presenza di argille residuali e “terre rosse” di origine eluvio-colluviale (Zona Z4d) sono presenti in fasce strette ma continue ai piedi delle colline alle spalle di Luzzana, di Borgo e di Vigano (in quest’ultimo caso anche nel centro storico).

ZONA Z5

Le aree che ricadono nella Zona Z5 sono soggette ad **amplificazioni** locali difficilmente classificabili, legate alle proprietà meccaniche dei materiali coinvolti, alla presenza d’acqua e di sovrastrutture o ad altro. Sulla “*Carta degli scenari di pericolosità sismica*” sono riportati con tratto verde i contatti tra le parti rocciose del territorio e i terreni sciolti (depositi alluvionali, detrito di falda, depositi fluvioglaciali e glaciali). È anche indicato il contatto in parte stratigrafico in parte tettonico tra la formazione della Marna di Bruntino e quella della Maiolica (linea verde orientata E-W tra i Prati Alti della valle Bragazzo e il versante sinistro della valle Closale). Per questa zona non è necessario procedere alla valutazione quantitativa mediante un approfondimento d’indagine a livello superiore (studi di secondo e terzo livello), poiché questo scenario esclude la possibilità di erigere costruzioni a cavallo tra due litotipi diversi, mentre viene consentita la costruzione qualora la struttura venga appoggiata su un unico tipo di materiale, mediante appositi accorgimenti.

Le aree individuate sulla “*Carta degli scenari di pericolosità sismica*” sono riportate con una retinatura trasparente anche nelle carte di fattibilità geologica di piano, come prescritto dai criteri attuativi della L.R. n. 12/05. Tale sovrapposizione non influisce sulla determinazione della classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni utili sullo spettro di risposta elastica da utilizzare in fase di progettazione, come previsto dai già citati D.M. 14.01.2008 e D.M. 14.09.2005.

-----ooooooooo-----

4.10. Indagine sismica di 2° livello

(tavola n.9)

L'attuale normativa prevede che per i Comuni in zona sismica 3, quali sono i Comuni dell'Unione Media Val Cavallina, debbano essere effettuati approfondimenti di studio sismico di secondo livello nelle aree Z3 e Z4 individuate nella Carta degli Scenari di Pericolosità Sismica (primo livello), al fine di determinare in modo semiquantitativo il fattore di amplificazione locale Fa. Tale valore è utilizzato in fase progettuale per ottimizzare le strutture sotto l'aspetto della prevenzione antisismica.

Per quanto riguarda la valutazione degli effetti litologici, la procedura descritta nell'allegato 5 dei *Criteri applicativi* (allegato 5 della D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374) indica la necessità di effettuare indagini sismiche di dettaglio, che permettano di individuare l'andamento della velocità delle onde V_s al variare della profondità, fino a valori pari o superiori a 800 m/s (quando possibile).

Tali "stratigrafie sismiche" devono essere confrontate con le specifiche schede di valutazione riportate nei *Criteri* normativi, suddivise in base alla classe granulometrica prevalente della stratigrafia. Utilizzando la matrice relativa ad una determinata scheda, si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del "Fattore di Amplificazione" (Fa) nell'intervallo $s = 0,1 \div 0,5$ e nell'intervallo $s = 0,5 \div 1,5$, secondo il valore del periodo proprio del sito (T).

Il valore di Fa determinato deve essere confrontato con il corrispondente valore di soglia (Fs) calcolato per ciascun Comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008) soggette ad amplificazioni litologiche (classi B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo prima definiti. Tale valore di soglia calcolato è fornito da Regione Lombardia da una banca-dati che raccoglie i dati di tutto il territorio regionale.

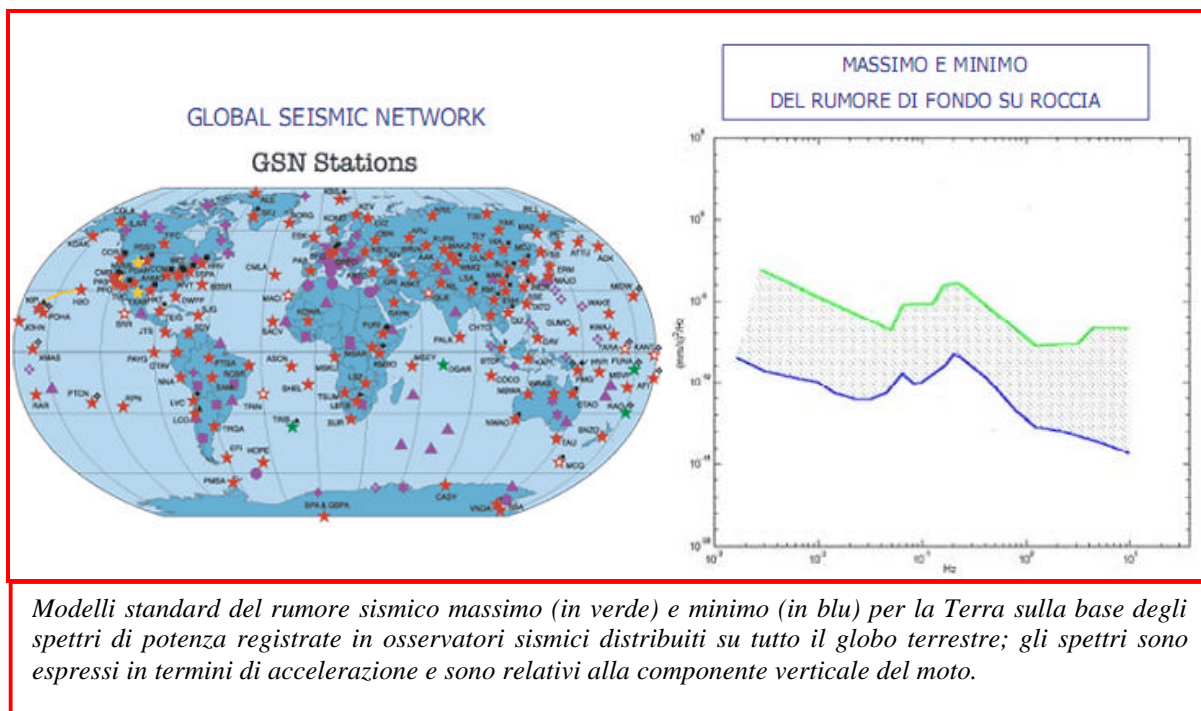
Dal confronto tra i due valori, considerando equivalenti i fattori per una variabilità di ± 0.1 , si determina se per quell'area o per quel sito specifico la normativa vigente sia sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito ($Fa < Fs$) o non lo sia ($Fa > Fs$). Nel primo caso, come conseguenza di questo studio, può essere applicato lo spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008); nell'altro caso invece dovranno essere effettuati studi più approfonditi di terzo livello in fase di progettazione edilizia o si dovrà utilizzare lo spettro di norma della categoria di suolo superiore.

Nello svolgimento di questo lavoro, per adempiere a quanto previsto dai *Criteri* regionali è stata realizzata un'apposita indagine sismica, effettuata con **misure di rumore ambientale mediante tecnica HVSR (Horizontal/Vertical Spectral Ratio) a stazione singola**. Sono state eseguite undici misurazioni, preferibilmente in prossimità di punti di stratigrafia nota e distribuite sul territorio in modo da ottenere dati rappresentativi di tutte le tipologie di terreno e/o di spessore.

Rumore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato sia dalla dinamica propria del pianeta, sia dai fenomeni atmosferici e dai moti oceanici, sia dall'attività antropica. Esso viene definito anche “*microtremore*”, poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro ($10^{-15} \text{ (m/s}^2\text{)}^2$ in termini di accelerazione).

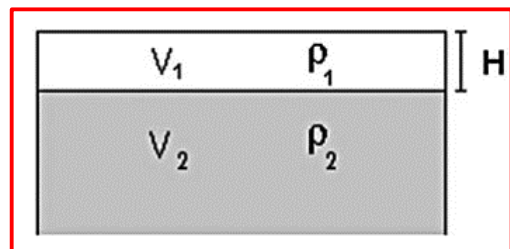
I metodi che si basano sull'acquisizione del rumore sismico si dicono “passivi”, poiché tale rumore non è generato *ad hoc*, ad esempio come quando si agisce con esplosioni o con la mazza della sismica tradizionale, detta appunto “attiva”. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato nella figura seguente, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo “minimo” di riferimento secondo il Servizio Geologico statunitense (USGS), mentre la curva verde rappresenta il “massimo” di tale rumore. Qui i picchi a Hz 0,14 e Hz 0,07 sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri, per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali, che però si attenuano molto a frequenze maggiori di Hz 20, a causa dell'assorbimento anelastico dovuto all'attrito interno delle rocce.



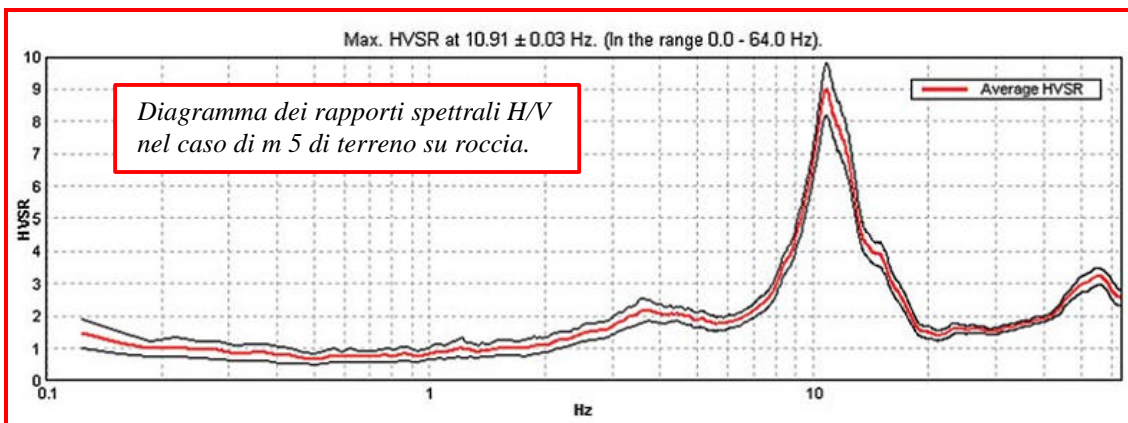
I microtremori solo in parte sono costituiti da onde di volume, P o S: in essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali (onde di Love e di Rayleigh), che hanno velocità prossima a quella delle onde S ($0,9 \div 0,95 V_S$). La ricostruzione delle onde superficiali permette quindi in base a questa correlazione con le onde S di definire la velocità di queste ultime e di ottenere dati utili per la conoscenza della stratigrafia del terreno e soprattutto per la valutazione del parametro VS_{30} , fondamentale negli studi in cui è necessaria la valutazione sismica secondo la recente normativa.

Diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale del moto (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V), proposta da NOGOSHI E IGARASHI (1970), ma generalmente nota come **METODO DI NAKAMURA**. La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (LACHET & BARD, 1994; LERMO & CHAVEZ-GARCIA, 1993, 1994; BARD, 1998; IBS-VON SEHT & WOHLBERG, 1999; etc.). La sola particolarità della strumentazione è che questa deve essere costituita da tre geofoni ortogonali fra loro con uguali caratteristiche di risposta.

Il tipo di stratigrafia che questa tecnica di sismica passiva può restituire si basa sull'impedenza del singolo strato geofisico, che è determinata dal prodotto della velocità delle onde sismiche (V_S o V_P) e della densità (ρ) di quello strato. Solo se vi è *contrasto di impedenza* tra i vari strati (che generalmente dovrebbe essere superiore a $2,5 \div 3$) si ha un effetto rilevabile con il metodo di Nakamura.



In un diagramma spettrale con le frequenze f (o il periodo T) in ascisse e il rapporto tra le componenti del moto orizzontale e quella del moto verticale in ordinata, l'effetto dovuto a tale contrasto è rappresentato da un picco.



Questo picco costituisce la frequenza di risonanza per quel tipo di terreno, determinata in prima approssimazione attraverso la seguente relazione:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H}$$

dove:

f_r = frequenza di risonanza (Hz)

V_{s1} = velocità delle onde di taglio relativa all'intera profondità (H) a cui si trova l'interfaccia con alto contrasto di impedenza;

H = profondità dell'interfaccia con alto contrasto di impedenza rispetto al piano campagna

Quindi, utilizzando il metodo di Nakamura e un'opportuna funzione di inversione, basata su equazioni un po' più complesse rispetto alla formula su indicata, valida solo come prima approssimazione, si può ottenere l'andamento delle onde V_s nel sottosuolo.

Strumentazione utilizzata

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di 15÷20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale ("TROMINO" di Micromed), progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e secondo l'asse zenitale, di GPS interno e non ha necessità di cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz. L'interpretazione dei dati avviene attraverso uno specifico software ("Grilla" di Micromed), che permette di visualizzare gli spettri di frequenza e di creare le curve di inversione, mediante la simulazione del campo di onde superficiali (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (AKI K., 1964; BEN MENHAEM A. & SINGH S.J., 1981).



Misura di rumore ambientale effettuata con TROMINO presso via Cassanico in comune di Borgo di Terzo e particolare dello strumento





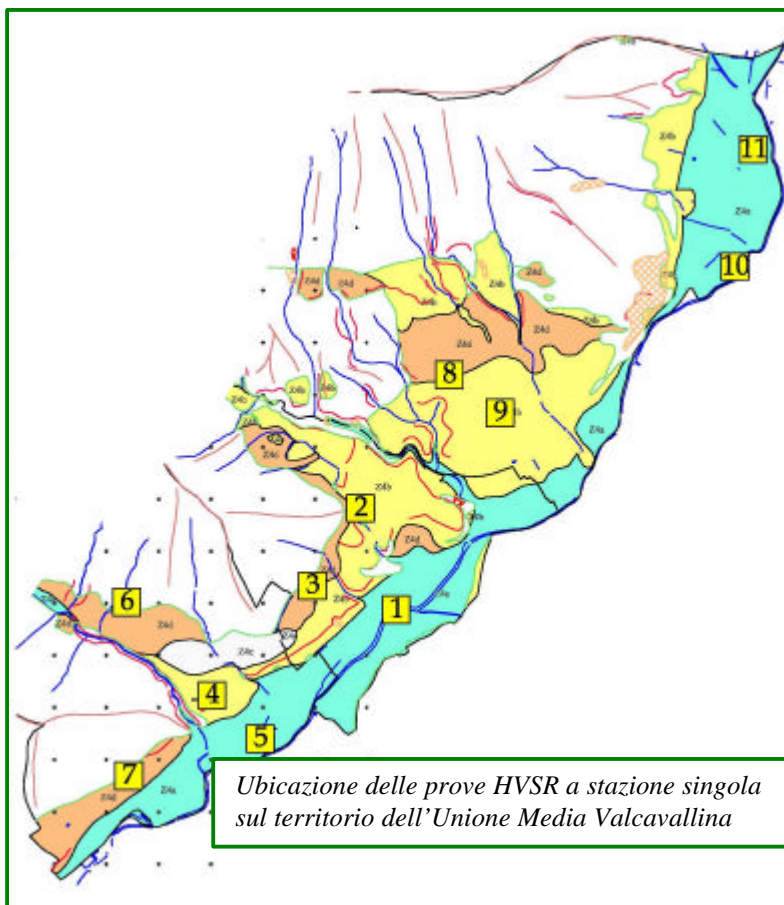
Ubicazione delle indagini sismiche

I punti di misura delle indagini sono scelti opportunamente, in modo che l'indagine sia rappresentativa dell'interno territorio dell'Unione Media Val Cavallina o, meglio, di tutte le aree che ricadono nella tipologia Z4, individuata con l'analisi sismica di primo livello e che sono occupate dall'urbanizzazione o potrebbero esserlo in prospettiva (vedi tavola n.8), secondo quanto disposto dai *Criteri* già citati.

Le **undici misurazioni** effettuate sono così suddivise: quattro interessano i siti classificati come **Z4a** sulla piana alluvionale del Cherio (TROM 01, TROM 05, TROM 10 e TROM 11); quattro riguardano i terreni in classe **Z4b**, cioè le fasce detritiche o di conoide che raccordano i versanti rocciosi alla piana alluvionale (TROM 02, TROM 04, TROM 08 e TROM 09) e tre caratterizzano i terreni eluvio-colluviali con matrice più fine, che orlano le pendici delle colline e dei monti che appartengono alla classe **Z4d** (TROM 03, TROM 06 e TROM 07). In particolare la misurazione TROM 08 corrisponde al passaggio tra le ultime due classi.

La scelta è stata guidata anche dalla presenza nelle immediate vicinanze di indagini geognostiche di vario tipo (sondaggi, pozzi, penetrometrie, scavi) che potessero fornire informazioni stratigrafiche, dando in tal modo la possibilità di correlare con precisione i picchi di risonanza individuati dallo strumento con i limiti litologici e valutare quindi anche le aree circostanti.

Sono escluse dalle indagini geofisiche le aree dislocate in aree montuose lontane dalle infrastrutture e poco significative ai fini delle trasformazioni urbanistiche residenziali e produttive.



Risultati delle indagini sismiche

Gli undici rilevamenti sismici sono stati effettuati nell'arco di tre giornate tra il 18 ed il 23 dicembre del 2009 ed hanno permesso di ottenere risultati significativi ed estremamente utili per la classificazione sismica.

Per ciascuna misurazione è stata redatta un'apposita scheda riassuntiva, fornita direttamente dal programma *Grilla*, e successivamente elaborata per maggiore chiarezza espositiva e sintesi. Tali schede sono allegate alla presente relazione e ciascuna presenta:

a) le informazioni contenute nel database relative alla traccia di rumore ambientale registrata: denominazione; inizio e fine della registrazione; localizzazione GPS e relativi parametri (quando viene utilizzata questa opzione); lunghezza temporale della traccia; frequenza di campionamento; metodo di selezione e percentuale della traccia utilizzata per l'analisi; apertura della finestra utilizzata per l'analisi della traccia; tipo di *smoothing* e sua percentuale per una miglior visualizzazione e restituzione dello spettro di frequenza;

b) i risultati dell'analisi in formato grafico:

UNIONE UMVC, TROM 01 POZZO CIOS – BORGO DI TERZO

Start recording: 19/12/08 16:53:52 End recording: 19/12/08 17:13:53

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 58% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s

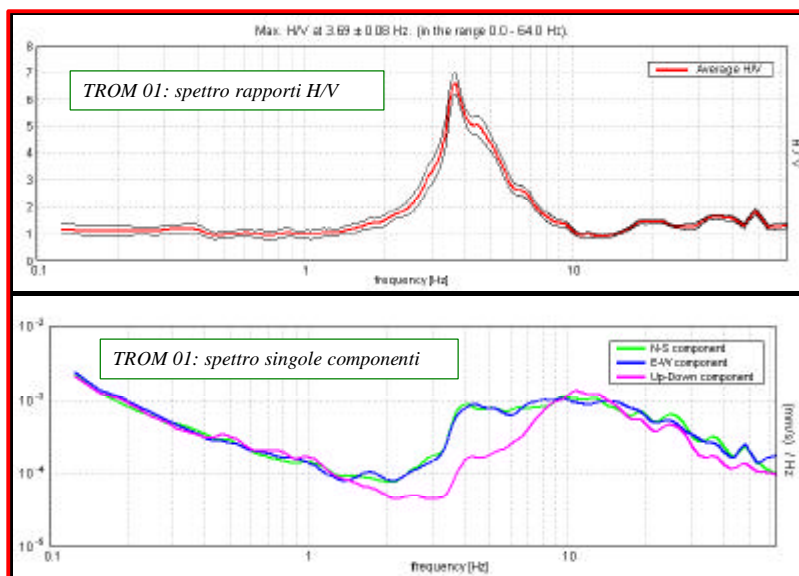
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

- lo *spettro rapporti HVSR*, dove si riconoscono picchi relativi alle frequenze di risonanza;

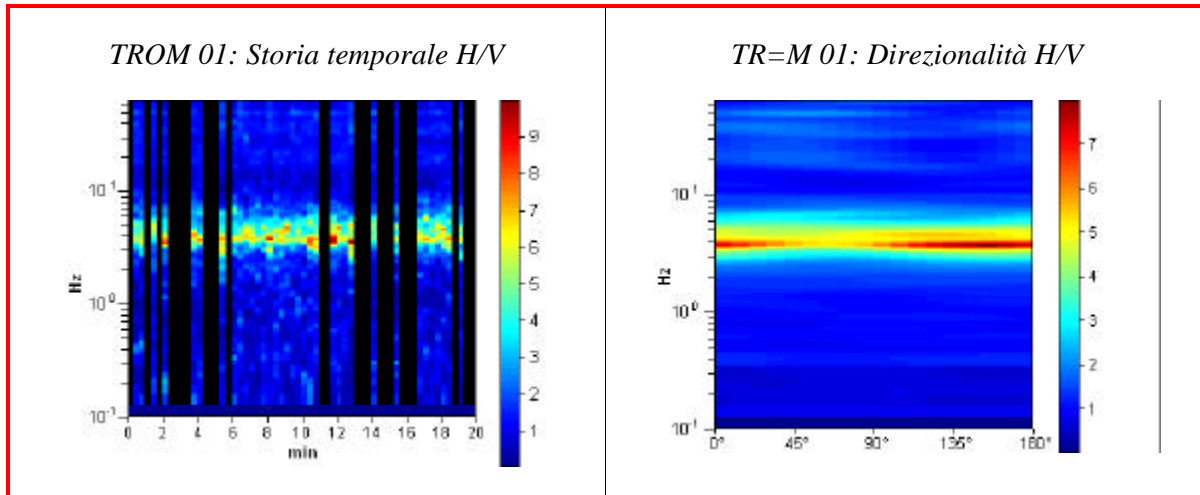
- lo *spettro delle singole componenti* della registrazione del rumore ambientale che permette di riconoscere effettivi picchi di risonanza dovuti a motivi litologici ("occhielli" dove i valori della componente verticale sono inferiori a quelli dell'orizzontale) da artefatti, cioè picchi dovuti a disturbi antropici persistenti (macchinari in movimento, pompe dei pozzi d'acqua, ecc.);

- il diagramma della serie temporale di acquisizione dell'HVSR, suddiviso in intervalli in base alla finestra di analisi prescelta (nel nostro caso 20 sec) che permette di evidenziare ed eliminare i disturbi;

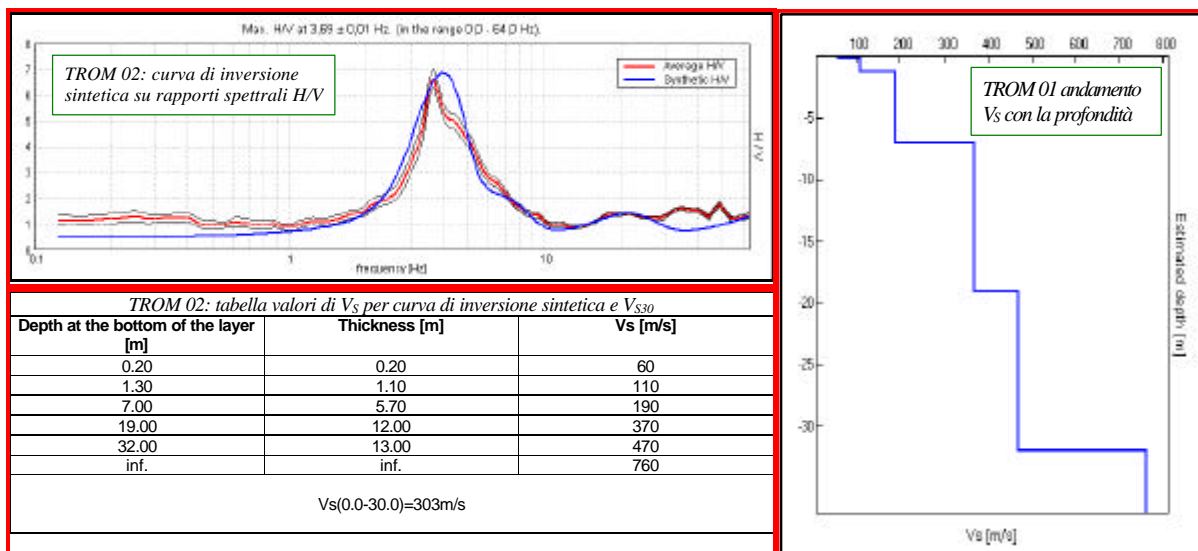




- il diagramma direzionale HVSR (directional HVSR), che permette di valutare se una componente orizzontale del diagramma HVSR prevale sull'altra, venendo meno il criterio di unidimensionalità per il quale è possibile effettuare un'accurata interpretazione della registrazione di rumore sismico;



c) i risultati del processo di inversione, che permette di ottenere i valori di velocità V_s dei vari orizzonti litostratigrafici attraverso la sovrapposizione grafica del modello di inversione sul diagramma HVSR; la tabella delle velocità dei singoli strati, con i relativi spessori, e del parametro V_{S30} e il diagramma della velocità V_s con la profondità. A questi dati è aggiunta anche un'immagine fotografica del sito dove è stata effettuata la misurazione;



d) una tabella dei criteri di valutazione delle misure HVSR attraverso l'approccio proposto dal progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations) che fornisce la bontà delle misure effettuate e la significatività dei picchi H/V trovati.

TROM 01: Criteri di valutazione progetto SESAME, 2005					
Max. H/V at 3.69 ± 0.08 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$	3.69 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	2581.3 > 200	OK			
$S_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $S_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 178 times	OK			
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.0 Hz	OK			
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.656 Hz	OK			
$A_0 > 2$	6.63 > 2	OK			
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm S_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01025 < 0.05$	OK			
$S_f < \epsilon(f_0)$	0.03781 < 0.18438	OK			
$S_A(f_0) < q(f_0)$	0.1926 < 1.58	OK			
L_w	window length				
n_w	number of windows used in the analysis				
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles				
f	current frequency				
f_0	H/V peak frequency				
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency				
$\epsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$				
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0				
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f				
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve				
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Secondo le indicazioni di quest'ultima scheda, tutti i risultati ottenuti per le varie misurazioni a stazione singola effettuate sono completamente affidabili, sia per gli spettri HVSR determinati sia per i picchi HVSR relativi alla frequenza fondamentale di risonanza.

In alcune curve si notano dei disturbi ambientali monocromatici, come quelli introdotti da pompe di pozzi d'acqua o da attività industriali; essi alterano parzialmente l'andamento delle curve HVSR, senza però creare problemi interpretativi, poiché sono facilmente riconoscibili.

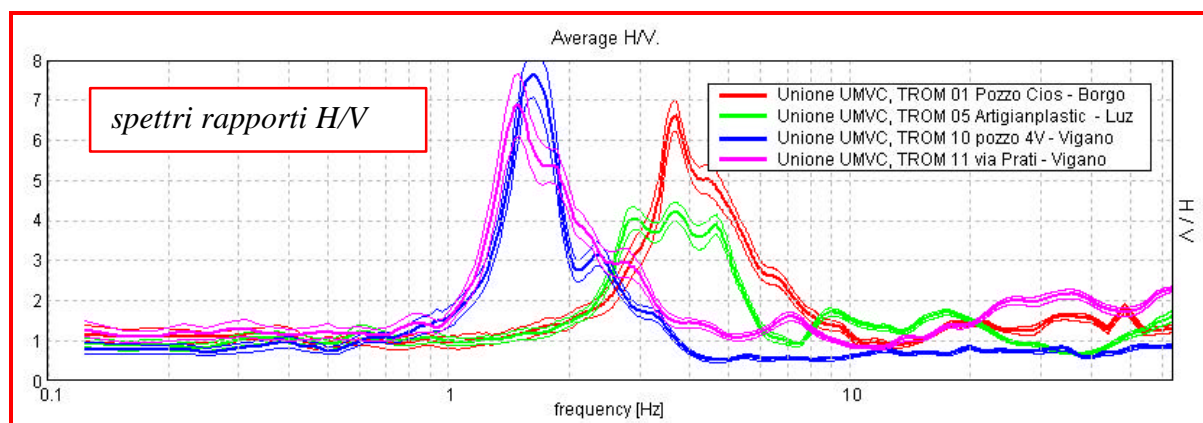
In altri casi la presenza di terreni di riporto parzialmente consolidati in superficie maschera alcuni picchi secondari; misurazioni effettuate in aree vicine, prive di tale disturbo, hanno permesso di estrarre dati anche da queste situazioni.

Area della piana alluvionale del fiume Cherio (Z4a)

I rilevamenti sismici effettuati sui terreni della piana alluvionale del Cherio sono distribuiti sui tre Comuni che fanno parte dell'Unione Media Val Cavallina e si trovano in vicinanza di pozzi e di punti dove sono state seguite indagini geognostiche:

LOCALITA'	RILIEVO GEOFISICO	COORDINATE GEOGRAFICHE GAUSS BOAGA	
		N	E
BORGO DI TERZO via Chiosi, pozzo Cios	TROM 01	5063162	1569318
LUZZANA via Nazionale - Artigianplastic	TROM 05	5062647	1568798
VIGANO SAN MARTINO via Nazionale ditta 4V (Martina)	TROM 10	5064471	1570601
VIGANO SAN MARTINO via Prati (Martina)	TROM 11	5064966	1570652

In questo ambito l'indagine mostra situazioni stratigrafiche simili tra loro nelle due misurazioni effettuate più a Sud (TROM-05 a Luzzana e TROM-01 a Borgo di Terzo), trovando il passaggio terreno/roccia a circa trenta metri di profondità e terreni superficiali costituiti da alternanze di ghiaie e argille limose mediamente addensate, come risulta anche dalla stratigrafia del pozzo "Cios".

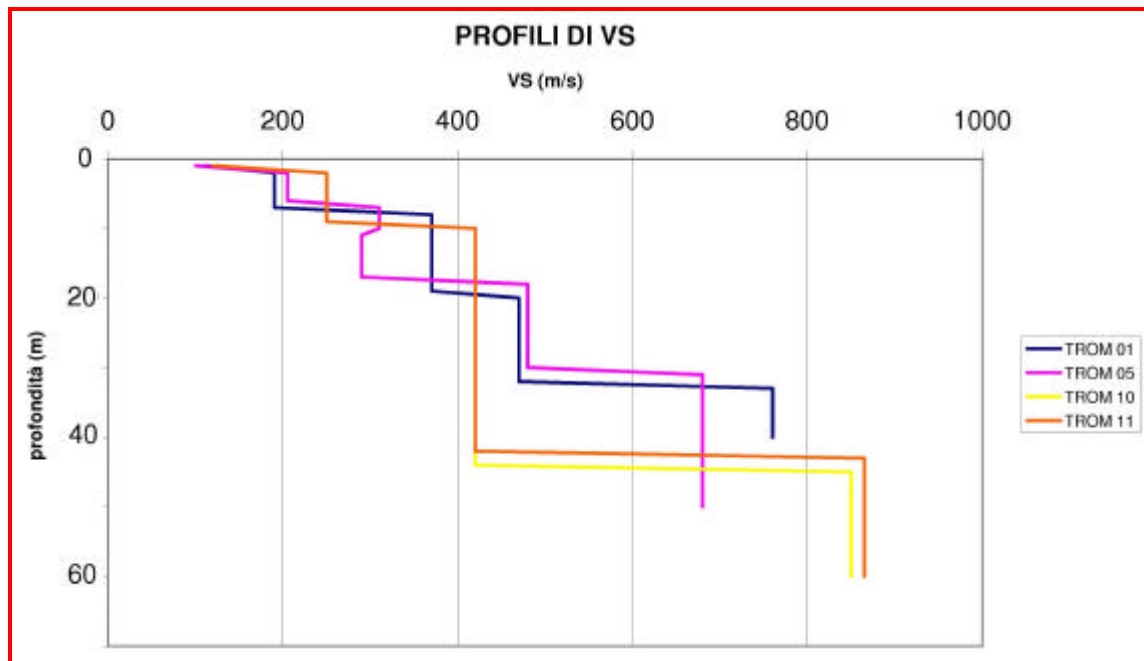


In questi due punti di misurazione la frequenza di risonanza principale è identica (3,69 Hz) e segna il passaggio terreno/roccia. Tale frequenza è anche tipica di edifici di quattro o cinque piani, per i quali dunque possono aversi fenomeni di doppia amplificazione, che devono possibilmente essere evitati o mitigati aumentando il grado di protezione sismica dell'edificio.

Le misurazioni HVSR ubicate sulla piana del Cherio in località Martina (TROM-10 e TROM-11) indicano che lo spessore dei terreni quaternari si aggira intorno a quarantacinque metri e, anche in questo caso, si tratta di alternanze di terreni argilloso-limosi e ghiaie, con prevalenza dei primi nella parte più superficiale della stratigrafia. Anche in questo caso le frequenze di risonanza principali nei due siti sono tra loro simili (1,5 e 1,61 Hz) e tale frequenza è tipica per edifici di sei o sette piani.

Nella misurazione TROM-10 vi è un mascheramento dei picchi delle frequenze nell'intervallo 5÷35 Hz, che invece si vedono nella misurazione TROM-11. Ciò è dovuto al fatto che la prima misurazione è stata effettuata su terreni di riporto frammisti a fanghi consolidati che hanno formato sulla superficie una sorta di soletta. Considerata la netta somiglianza tra le due curve HVSR alle frequenze minori e le analogie litologiche tra i due siti riscontrate nelle stratigrafie di pozzi e prove geotecniche, si ritiene corretto utilizzare la curva TROM-11 per l'intervallo di frequenze mascherato in TROM-10.

Circa la velocità delle onde V_s , si nota in tutti i casi un suo generale aumento al crescere della profondità, che indica la presenza di terreni via via più consistenti, benché argillosi. Il valore V_{S30} rispetto al piano di campagna è m/s 303÷332 e per tali velocità il D.M. 14 gennaio 2008 indica l'appartenenza alla **categoria di suolo C**, assegnata a "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s".

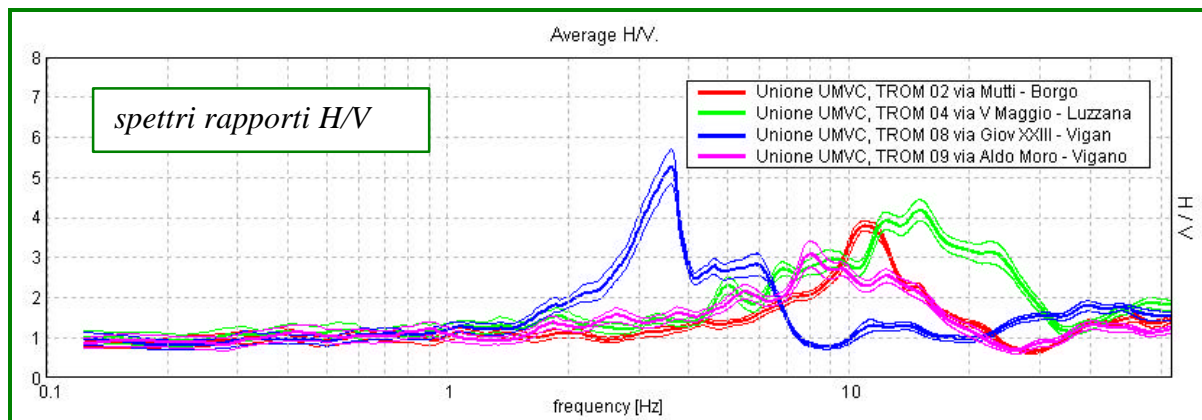


Area dei terreni detritici, di conoide e fluvioglaciali rimaneggiati (Z4b)

I rilevamenti sismici effettuati in questa categoria di terreni sono anch'essi distribuiti sui tre Comuni dell'Unione; la loro maggior estensione in Vigano San Martino ha portato a eseguire qui una prova in più in una zona che si trova al passaggio alla fascia Z4d e che viene descritta in seguito. Le misurazioni sono ubicate nei seguenti punti:

LOCALITA'	RILIEVO GEOFISICO	COORDINATE GEOGRAFICHE GAUSS BOAGA	
		N	E
BORGO DI TERZO via Mutti	TROM 02	5063544	1569179
LUZZANA via V Maggio	TROM 04	5062828	1568613
VIGANO SAN MARTINO via Giovanni XXXIII	TROM 08	506405	1569503
VIGANO SAN MARTINO via A. Moro	TROM 09	5063887	1569740

Gli spessori dei terreni che coprono il substrato roccioso, pur con litologie generalmente omogenee e contraddistinte da ghiaie, sabbie e abbondanti limi argillosi, talora con livelli di sedimenti cementati, come a Luzzana, sono decisamente diversi tra loro, sia perché ciascun sito presenta anche quote altimetriche sensibilmente differenti, sia perché la storia deposizionale ed erosiva di questi terreni varia da luogo a luogo.



È molto evidente la diversità della misurazione TROM-08 (via Giovanni XXIII a Vigano San Martino) rispetto alle altre tre: essa è caratterizzata da frequenze più basse (3,6 Hz) e da amplificazione più elevata; ciò indica che questo sito si trova in una sorta di fascia di transizione dal punto di vista sismico tra i terreni della piana alluvionale descritti in precedenza e quelli più chiaramente appartenenti ai depositi detritici e fluvioglaciali. Nella

misurazione TROM-08 vi è anche un significativo e fastidioso disturbo a Hz 4.2, che altera la simmetria del picco di frequenza di risonanza.

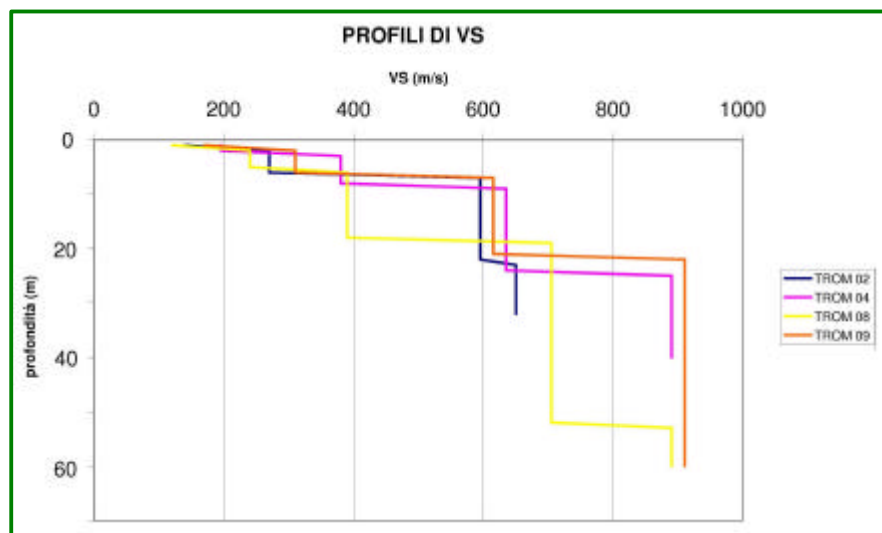
Dal punto di vista litologico, come evidenzia il sondaggio eseguito presso la parrocchiale di Vigano San Martino, i terreni presentano in superficie una prevalenza di ghiaia e sabbia per alcuni metri di spessore, ma poi sono costituiti da limi argillosi con poca ghiaia; ciò è confermato da velocità dell'ordine di $V_S = 370$ m/s fino a circa venti metri di profondità, dove si incontra un substrato roccioso parzialmente fratturato ($V_S = 705$ m/s). La frequenza di risonanza principale è di Hz 3,63 e può determinare effetti di doppia risonanza per edifici di quattro cinque piani.

Anche la misurazione effettuata in via Aldo Moro, in Vigano San Martino, indica frequenze di risonanza comprese nell'intervallo tipico dei modi fondamentali di vibrazione degli edifici (1÷10 Hz). In particolare la frequenza di risonanza principale è di Hz 8,03 e può determinare effetti di doppia risonanza per edifici di soli uno o due piani, cioè per la maggior parte delle abitazioni presenti nell'area. Anche in questo caso lo spessore del terreno è attorno a venti metri, ma qui predomina la componente ghiaiosa, con velocità V_S che raggiungono 610 m/s.

Gli altri due siti di misurazione, uno in Borgo di Terzo (via Mutti) e l'altro in Luzzana (via Sorgente), mostrano frequenze di amplificazione di 10,94÷15 Hz, cioè non preoccupanti per l'edificato. In entrambi i casi la profondità del passaggio terreno/roccia è modesta, compresa tra sei e otto metri.

L'andamento della velocità V_S rispetto alla profondità mostra in tutti i casi un generale aumento, che indica la presenza di terreni via via più consistenti, siano essi argillosi o ghiaioso-sabbiosi. I valori di V_{S30} rispetto al piano di campagna sono maggiori di 400 m/s.

Per queste velocità il D.M. 14 gennaio 2008 indica l'appartenenza alla **categoria di suolo B**, caratteristica di "Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_{S30} compresi tra 360 e 800 m/s". Ciò è corretto per le misurazioni effettuate in TROM-02 e TROM-08.



Rispetto a questa situazione le misurazioni TROM-04 e TROM-09 indicano uno spessore inferiore a venti metri per l'insieme terreno-roccia allentata ($V_S < 800$ m/s); in questo caso la norma prevede di assegnare questi materiali alla **categoria di suolo E**, che comprende "Terreni dei sottosuoli di tipo B, C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato roccioso di riferimento (con $V_S > 800$ m/s)".

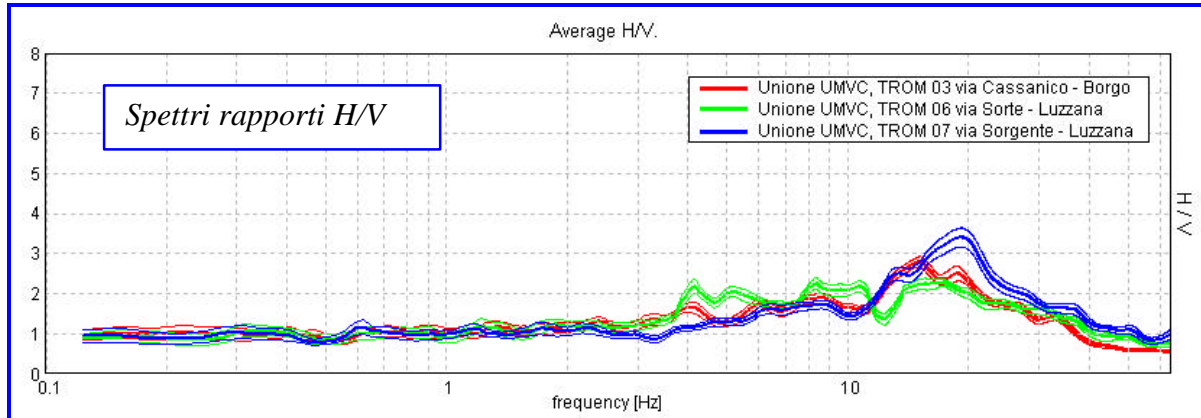
Area dei terreni eluvio colluviali e residuali (Z4d)

Sul territorio dell'Unione Media Val Cavallina questi terreni sono altimetricamente più alti di quelli delle categorie precedenti e sono rappresentati da limi e argille brune o rossicce, contenenti frammenti scheggiosi del substrato, di natura calcarea o calcareo-marnosa e che hanno subito un breve trasporto lungo i pendii ad opera della forza di gravità. In quest'ambito litostratigrafico sono state effettuate tre misurazioni HVSR a stazione singola: due in Luzzana e una in Borgo di Terzo, tralasciando la parte alta del centro storico di Vigano San Martino, che presenta terreni del tutto simili e dove si è condotta una misurazione appena più a valle. Le rilevazioni sismiche sono ubicate nei seguenti punti:

LOCALITA'	RILIEVO GEOFISICO	COORDINATE GEOGRAFICHE GAUSS BOAGA	
		N	E
BORGO DI TERZO via Cassanico	TROM 03	5063239	1568970
LUZZANA via Sorte - via Ciclamini	TROM 06	5063172	1568278
LUZZANA via Sorgente	TROM 07	5062544	1568290

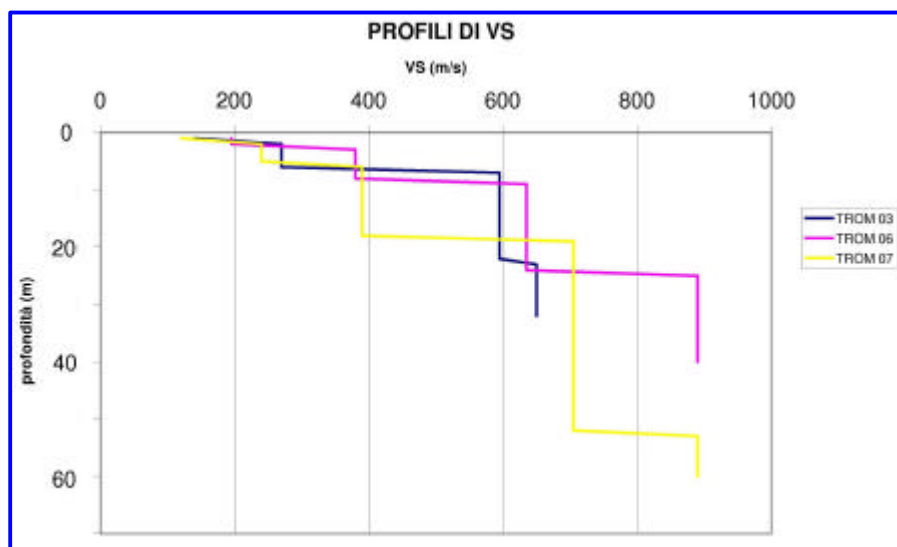
L'indagine su questo tipo di terreni mette in evidenza che nei diversi punti le situazioni stratigrafiche sono simili e contraddistinte dalla minima profondità del substrato roccioso (m 3÷5 dal piano di campagna). La velocità delle onde sismiche nei terreni superficiali è $V_S =$ m/s 245 ÷ 340 a conferma della prevalenza di limo e argilla con ghiaia (o frammenti di roccia).

Le frequenze di amplificazione sono di Hz 15,09 ÷ 19,22, anche in questi casi fuori dei valori sismici preoccupanti per l'edificato. Nei risultati ottenuti occorre sottolineare la scarsa amplificazione del rapporto H/V e la presenza di picchi diffusi con un valore basso del rapporto H/V anche a frequenze minori di quelle fondamentali, che indicano rocce parzialmente fratturate per spessori anche rilevanti.



L'andamento della velocità V_S mostra un generale aumento con la profondità e la V_{S30} è elevata, a motivo della presenza del substrato roccioso molto vicina alla superficie topografica ($482 < V_{S30} < 572$), maggiore di 400 m/s. Anche in questo caso, vista la la mediocre velocità V_S nell'ammasso roccioso (595÷620 m/s), indice di materiale fessurato o allentato, la categoria di suolo deve essere differenziata.

Secondo il D.M. 14 gennaio 2008, la misurazione TROM-06 si deve riferire alla **categoria di suolo B**, contraddistinta da “*Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_{S30} compresi tra 360 e 800 m/s*”. Per le misurazioni TROM-03 e TROM-07 che danno il “bedrock sismico” praticamente a alla profondità di venti metri, la norma prevede di assegnare la **categoria di suolo E**, quella di “*Terreni dei sottosuoli di tipo B, C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato roccioso di riferimento (con $V_S > 800$ m/s)*”.



Fattori di amplificazione litologica

Per le zone edificate o edificabili, escludendo le aree inedificabili della classe 4 di fattibilità geologica, si effettua l'analisi dei fattori di amplificazione litologica, sulla base delle schede proposte dalla normativa regionale. In questa procedura, eseguita per semplicità in corrispondenza dei punti in cui sono state condotte le misurazioni sismiche ed estrapolando i risultati alle altre aree analoghe, si tiene conto dei parametri litologici, geotecnici e geofisici ricavati dall'esame della documentazione d'archivio e dalle indagini effettuate direttamente nello svolgimento del presente studio geologico a supporto del P.G.T. dell'Unione.

La scelta delle stratigrafie (spessori delle diverse unità), dei caratteri geotecnici (granulometria) e di quelli geofisici (andamento di V_S con la profondità e periodo caratteristico del sito T_0), utilizzati per la valutazione sismica di secondo livello del territorio dell'Unione Media Val Cavallina è di **attendibilità medio-alta**, poiché tutti i dati provengono da prove e indagini dirette, come indica la *Tabella dei livelli di Attendibilità* della procedura di analisi normativa (D.G.R. n.8/7374 del 28.05.2008, ALLEGATO 5) qui di seguito evidenziata.

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_S)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

I diversi parametri vanno inseriti in specifiche schede previste da Regione Lombardia, le quali permettono di scegliere, in base alla litologia, all'andamento di V_S in profondità, allo spessore e alla velocità V_S nei primi metri di terreno, la curva più appropriata per valutare l'amplificazione negli intervalli 0,1÷0,5 s e 0,5÷1,5 s in base al periodo proprio del sito T.

Il fattore di amplificazione F_A viene confrontato con i valori di soglia F_S predeterminati per ogni Comune dalla Lombardia, in funzione della categoria di sottosuolo, individuata secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008). In questo modo si valuta se il valore di norma è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica ($F_A < F_S \pm 0,1$) o se esso non è sufficiente ($F_A > F_S \pm 0,1$). In quest'ultimo caso in fase di progettazione edilizia sarà necessario effettuare indagini sismiche più approfondite (terzo livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore, secondo un apposito schema.

Per ciascuno degli undici siti dell'Unione Media Val Cavallina dove sono state eseguite misurazioni sismiche (precedentemente descritte) è qui redatta una scheda, tenendo come base quella proposta da Regione Lombardia, che permette di seguire l'intera analisi che porta alla determinazione del fattore di amplificazione ed al suo confronto con i fattori di soglia definiti

dalla Regione e all'idoneità o meno dello spettro di risposta elastica di quella categoria di sottosuolo. Le schede, come quella qui sotto esemplificata, sono espone alla fine del presente capitolo.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO SABBIOSA 2

BORGO DI TERZO - VIA CHIOSI - POZZO CIOS

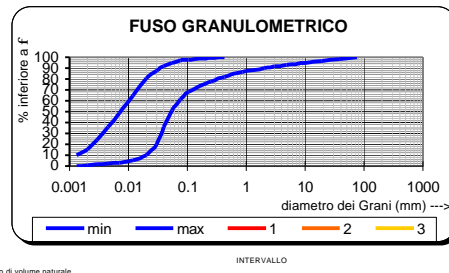
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debil. ghiaiose a limi debil. sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debil. argillosi, limi debil. sabbiosi, limi debil. ghiaiosi e sabbie con limi debil. argillosi

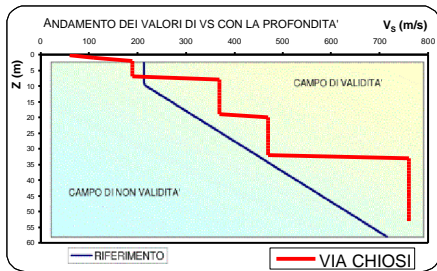
NOTE:

Comportamento coesivo
Frazione limosa ad un massimo del 95%
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

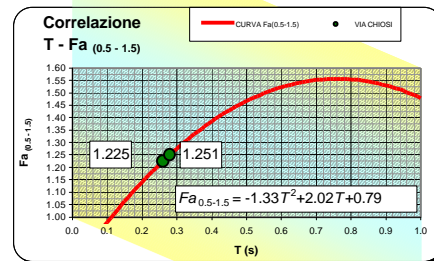
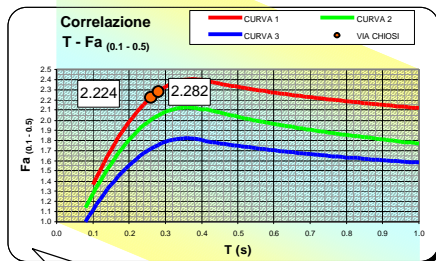


Peso di volume naturale

INTERVALLO



Velocità primo strato (m/s)	Profondità primo strato (m)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	50	60
200				1	1	1	1	1	1	1								
250			2	2	2	2	2	2	2	1	1							
300			3	3	3	3	3	2	2	2	2							
350			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
400			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
500			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T < 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T < 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30Ln T$
2	$0.08 < T < 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T < 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38Ln T$
3	$0.05 < T < 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T < 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24Ln T$

VELOCITA' VS NEI PRIMI METRI	spessore	7 m
		V_s
PERIODO CARATTERISTICO DEL SITO	T_0	0.25-0.28 s
FATTORE AMPLIFICAZIONE	$Fa_{(0.1-0.5)}$	$Fa_{(0.5-1.5)}$
	2.22-2.28	1.22-1.25
SOGLIA REGIONE LOMBARDIA (suolo C)	1.9	2.4