COMUNE DI DUNO

Provincia di Varese

DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA
A SUPPORTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

L.R. 11 marzo 2005, n. 12

RELAZIONE TECNICA
ALLEGATI CARTOGRAFICI

RELAZIONE INTEGRATA APRILE 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA
Via Dante Alighieri, 27 - 21045 Gazzada Schianno (VA)
Tel: 0332 464105
Fax: 0332 870234
E. mail: gedageo@gedageo.191.it

Dr. Geol. Roberto Carimati

Dr. Geol. Giovanni Zaro

INDICE

1. INTRODUZIONE 4
1.1 SCOPO DEL LAVORO 4
2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO E ASPETTI METODOLOGICI 5
3. METODOLOGIA DI LAVORO 8
3.1 ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE 8
3.2 ESAME BIBLIOGRAFICO 8
3.3 ANALISI FOTO-INTERPRETATIVA 9
3.4 RILIEVI DI SUPERFICIE 9
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 11
4.1 GENERALITA' 11
4.2 CARTOGRAFIA 11
5. ANALISI GEOLOGICA 12
5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 12
5.2 CARTA GEOLOGICA 12
5.2.1 Cenni metodologici 12
5.2.2 Descrizione delle unità cartografate 13
5.3 CONSIDERAZIONI GENERALI 22
6. ANALISI GEOMORFOLOGICA 24
6.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 24
6.2 CARTA GEOMORFOLOGICA 26
6.2.1 Cenni metodologici 26
6.2.2 Descrizione dei principali processi cartografati 26
6.3 CONSIDERAZIONI GENERALI 36
7. ANALISI IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA 39
7.1 CENNI DI METEOROLOGIA 39
7.2 IDROGRAFIA SUPERFICIALE 41
7.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE 42
7.3.1 Metodologia per il calcolo della permeabilità 42
7.3.2 Carta di inquadramento idrogeologico 46
7.4 CONSIDERAZIONI GENERALI 51
7.5 BILANCIO IDRICO LOCALE 53
7.6. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-IDROGEOLOGICHE SULLA POSSIBILITA' DI SMALTIMENTO NEL SUOLO DI ACQUE REFLUE PRESSO L'ALPE DI DUNO 55
8. ANALISI GEOLOGICO – TECNICA 58
8.1 GENERALITA' E METODOLOGIE UTILIZZATE 58
8.1.1 Criteri di classificazione dei terreni 59
8.2 DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICO-TECNICHE 60
8.3 CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE 62
9. CARTA DEI VINCOLI 63
9.1 VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 83/1989 63
10. CARTA DI SINTESI 65
11. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE – PRIMO LIVELLO 67
11.1 GENERALITA' 67
11.2 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E METODI DI APPROFONDIMENTO 68
11.3 APPROFONDIMENTO DI I° LIVELLO – ZONAZIONE SISMICA PRELIMINARE 70
11.4 REDAZIONE DELLA CARTA DI ZONAZIONE SISMICA PRELIMINARE 71
11.5 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI 73
11.6 EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE 76
11.7 INDICAZIONI SULLE MODALITÀ DI APPROFONDIMENTO 79
11.7.1 Il 2° ed il 3° livello di approfondimento 79

11.7.2 Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni litologiche: scenari Z4a, Z4b, Z4c 80
11.7.3 Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni morfologiche: scenari Z3a, Z3b 83
11.7.4 Procedura approfondita di 3°livello per instabilità: scenari Z1b , Z1c 88
11.7.5 Procedura approfondita di 3° livello per cedimenti e/o liquefazioni:scenario Z2 90
11.7.6 Effetti di amplificazione morfologica e litologica 90
12. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA 93
12.1 CRITERI GENERALI 93
12.2 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ 94
12.3 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IN AREE PSL Z1B 98
12.3.1 Perimetrazione delle zone di transito e di arresto in aree interessate da fenomeni di crollo 98
12.3.2 Zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate 102
12.3.3 Aprofondimenti sulle caratteristiche delle aree in dissesto 103
12.4 OPERE DI MITIGAZIONE 109
13. CARTA DELLA FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO 111
13.1 INTRODUZIONE 111
13.2 CRITERI UTILIZZATI PER LA REDAZIONE DELLA CARTA 112
13.3 CLASSI DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO 113
14. CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI 120
15. NORME GEOLOGICHE DI PIANO 121
15.1 NORME DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO 121
15.2 NORME DI POLIZIA IDRAULICA 130
15.3 AREE SOGGETTE AD AMPLIFICAZIONE SISMICA 131
15.4 AREE DI TUTELA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE 133
15.5 NORME SPECIFICHE IN MERITO ALL'EVENTUALE POSSIBILITA' DI SMALTIMENTO NEL SUOLO DI ACQUE REFLUE PRESSO L'ALPE DI DUNO 135

ELENCO ALLEGATI CARTOGRAFICI

VERSIONE INTEGRATA APRILE 2009

ALLEGATO 1 carta di inquadramento geologico (scala 1:5.000);

ALLEGATO 1/A sezione geologica (scala 1:5.000);

ALLEGATO 2 carta geomorfologica (scala 1:5.000);

ALLEGATO 3 carta di inquadramento idrogeologico (scala 1:5.000);

ALLEGATO 3/A sezione idrogeologica (scala verticale 1:1.000; scala orizzontale 1:5.000);

ALLEGATO 4 carta di prima caratterizzazione geotecnica (scala 1:5.000);

ALLEGATO 5 carta dei vincoli (scala 1:5.000);

ALLEGATO 6 carta di sintesi (scala 1:5.000);

ALLEGATO 7 carta di zonazione sismica preliminare–analisi di I^ livello (scala 1:5.000);

ALLEGATO 8 carta di zonazione della pericolosità di frana (scala 1:5.000);

ALLEGATO 9/A carta della fattibilità delle azioni di piano-legenda;

ALLEGATO 9/B carta della fattibilità geologica delle azioni di piano (scala 1:5.000);

ALLEGATO 9/C carta della fattibilità geologica delle azioni di piano-foglio nord (scala 1:2.000);

ALLEGATO 9/D carta della fattibilità geologica delle azioni di piano-foglio sud (scala 1:2.000);

ALLEGATO 10 carta del dissesto con legenda uniformata PAI (scala 1:5.000)

1. INTRODUZIONE

1.1 SCOPO DEL LAVORO

Il presente rapporto tecnico costituisce illustra i risultati dei rilievi e degli studi geologici ed idrogeologici del territorio Comunale di Duno (VA) in attuazione della L.R.12/2005, art. 57, comma 1 e D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 a seguito dell'avviamento delle procedure per la redazione del Piano di Governo del Territorio.

In particolare tale elaborato costituisce documento integrato di sintesi fra lo studio geologico predisposto dagli scriventi nel dicembre 2001 ai sensi della L.R. 41/97 (abrogata dalla L.R. 12/05) e le successive integrazioni del novembre 2008 e aprile 2009 in base all'esito della deliberazione di Giunta Provinciale P.V. 145 del 31.03.2009 (Prot. 36490) in risposta alla richiesta alla Provincia di Varese (Prot. n. 17530) di verifica tecnica di compatibilità del Piano di Governo del Territorio con il PTCP ai sensi degli articoli 13 comma 5 e 15 comma 5 della L.R. 11 marzo 2005 n. 12.

Obiettivo generale della relazione e degli elaborati cartografici ad essa allegati è quello di definire la componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale (e, ove necessario, di un suo ragionevole intorno) e di assegnare, in raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata, le prescrizioni relative alle limitazioni e norme d'uso nell'ottica di contribuire alla prevenzione del dissesto idrogeologico e di fornire agli Amministratori gli strumenti più adatti per esercitare il governo del territorio secondo un approccio multidisciplinare che supera il semplice concetto di pianificazione urbanistica.

2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO E ASPETTI METODOLOGICI

La predisposizione dello Studio fa riferimento a quanto indicato dalla D.G.R. 22.12.2005 n. VIII/1566 inerente "Criteri ed 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.

Pertanto, conformemente alle direttive regionali, il presente studio risulterà articolato come di seguito proposto:

- ✓ relazione illustrativa;
- ✓ norme geologiche di piano;
- ✓ allegati cartografici.

Relativamente al processo di acquisizione, elaborazione e restituzione dei dati questo si fonda su fasi di lavoro fra loro concatenate ed in logica successione:

1. ***Fase di analisi*** che a sua volta si articola in:
   - ❑ Ricerca storica e sintesi bibliografica attraverso la raccolta ordinata e sistematica di tutta la documentazione esistente come passo obbligato e propedeutico a supporto delle successive elaborazioni, finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, con particolare riferimento a fenomeni di dissesto o esondazione pregressi e ad alterazioni dello stato del territorio ancorché non più riconoscibili, nell'ottica della prevenzione e della previsione di nuovi scenari di rischio.

- Compilazione della cartografia di inquadramento tramite predisposizione di elaborati cartografici di inquadramento finalizzati alla caratterizzazione del territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, strutturale e sismico, estesi a tutto il territorio comunale e ad un significativo intorno tale da comprendere anche aree in cui si possono verificare fenomeni che interferiscono con l'area in esame.

2. ***Fase di approfondimento/integrazione*** che, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, costituisce il valore aggiunto operato dal professionista (esecuzione di campagne di rilevamento sul terreno) e deve comprendere anche l'analisi della sismicità del territorio.

3. ***Fase di sintesi/valutazione*** definita tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

4. ***Fase di proposta*** definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di attuazione, prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico; alle classi di fattibilità individuate devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali é associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

Si sottolinea, in modo particolare, come le informazioni o i dati deducibili dagli elaborati descrittivi o dalla cartografia allegata al presente documento hanno puramente una funzione di supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico–tecniche specifiche; pertanto non possono venire utilizzati per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale e non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini di approfondimento in ottemperanza al d.m. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del Permesso di Costruire (l.r. 12/05, art. 38).

3. METODOLOGIA DI LAVORO

In accordo alle indicazioni riportate nella D.G.R. 22.12.2005 n. VIII/1566 inerente "Criteri ed 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", in questo capitolo viene ripresa e descritta in modo più approfondito la sequenza delle attività di lavoro elencate sinteticamente nella sezione precedente.

3.1 ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE

E' stato effettuato uno screening preliminare di tutta la documentazione tecnica esistente relativa allo stato attuale delle conoscenze del territorio comunale di Duno che ha rappresentato la base di tutto il lavoro successivo; in particolare sono stati utilizzati come elemento fondamentale gli studi geologici ed idraulici precedentemente realizzati sul territorio comunale.

3.2 ESAME BIBLIOGRAFICO

Si è proceduto ad una raccolta ordinata della bibliografia esistente comprendente:

- ✓ bibliografia tematica geologica;
- ✓ relazioni tecniche eseguite da Società e/o Studi privati che hanno operato nell'ambito del territorio comunale;
- ✓ documentazione varia messa a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune di Duno;
- ✓ documentazione consultabile presso le strutture regionali e sul Portale dell'Informazione Territoriale della Regione Lombardia.

Il materiale raccolto ha permesso di individuare in via preliminare i principali lineamenti fisici del territorio e le sue fondamentali caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e geotecniche.

Si rimanda all'appendice A per l'elenco delle fonti bibliografiche consultate ai fini del presente studio.

3.3 ANALISI FOTO-INTERPRETATIVA

Si è ritenuto importante non trascurare l'esame di fotografie aeree (reperite presso la Regione con strisciate relative agli ultimi 15 anni circa) e delle ortofoto a colori consultabili in rete (Portale Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Direzione Generale per la Difesa del Suolo) che hanno contribuito alla definizione delle caratteristiche morfologiche del territorio e alla definizione preliminare degli elementi antropici più significativi.

Gli elementi emersi, riportati specialmente sugli elaborati a carattere geologico-geomorfologico, hanno preceduto, ed in parte guidato, l'esecuzione dei rilievi a terra.

3.4 RILIEVI DI SUPERFICIE

In conformità a quanto previsto sono stati eseguiti rilevamenti in sito dell'area per un completamento dei dati raccolti nelle fasi preliminari.

In particolare questi rilevamenti sono consistiti in:

- verifica nel dettaglio delle caratteristiche geologiche e di facies dei terreni, sfruttando sia gli spaccati naturali (terrazzi morfologici, alvei fluviali e/o torrentizi, …) che artificiali (scavi per la realizzazione di edifici, intagli stradali, …); le informazioni raccolte sono poi state confrontate con tutto il materiale a tema raccolto (stratigrafie di scavi di saggio, sondaggi e pozzi idrici realizzati sia sul territorio comunale che in un intorno significativo nei territori dei comuni limitrofi).
- Verifica dello sviluppo dei tipi e dei processi geomorfologici, con particolare attenzione a quelli che potenzialmente possono interagire negativamente con aree urbanizzate o suscettibili di futura espansione urbanistica, e loro distinzione in base

sia alla causa predisponente (gravità, acque correnti superficiali, …) che e allo stato di attività (attivi, quiescenti, inattivi e/o stabilizzati).

I processi e le forme riconosciuti sono stati riportati sugli elaborati cartografici, per quanto possibile, secondo i simboli grafici e colori attualmente riconosciuti e accettati.

- Esame delle aree con valenza ambientale di tipo naturale o collegate con l'azione antropica, riconoscimento delle principali strutture di servizio, reti ed impianti tecnologici (in particolare della rete acquedottistica e fognaria) e loro recepimento nella redazione degli elaborati, soprattutto in quelli a carattere geomorfologico ed idrogeologico;

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

4.1 GENERALITA'

Il comune di Duno, facente parte della Comunità Montana della Valcuvia, si localizza in Provincia di Varese, a poco più di 12 Km a nord ovest del capoluogo provinciale (fig. 1); in figura 2 si propone invece l'individuazione dell'area di studio sullo stralcio della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:15.000.

I comuni confinanti con quello di Duno sono, a partire da nord e in senso orario, Brissago Valtravaglia, Mesenzana, Cassano Valcuvia, Rancio Valcuvia, Cuveglio e Casalzuigno.

La zona in cui è sito il territorio comunale, a carattere prevalentemente montuoso, è mediamente compresa fra le quote di 420 m. s.l.m. a sud e 1200 m. s. l. m. a nord (crinale del Monte della Colonna).

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche e idrogeologiche del territorio si rimanda ai capitoli seguenti.

4.2 CARTOGRAFIA

Per la redazione degli elaborati grafici allegati si è fatto riferimento alla cartografia esistente, in particolare:

- tavolette IGM alla scala 1:25000 "Montegrino Valtravaglia" (foglio 31 I NW) e "Gavirate" (foglio 31 I SO) della Carta d'Italia;
- Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10000 foglio A4c2 "Mesenzana" e A4c3 "Casalzuigno" (aggiornamento voli al 1994);
- base topografica vettoriale del territorio comunale fornita dall'Ufficio Tecnico.

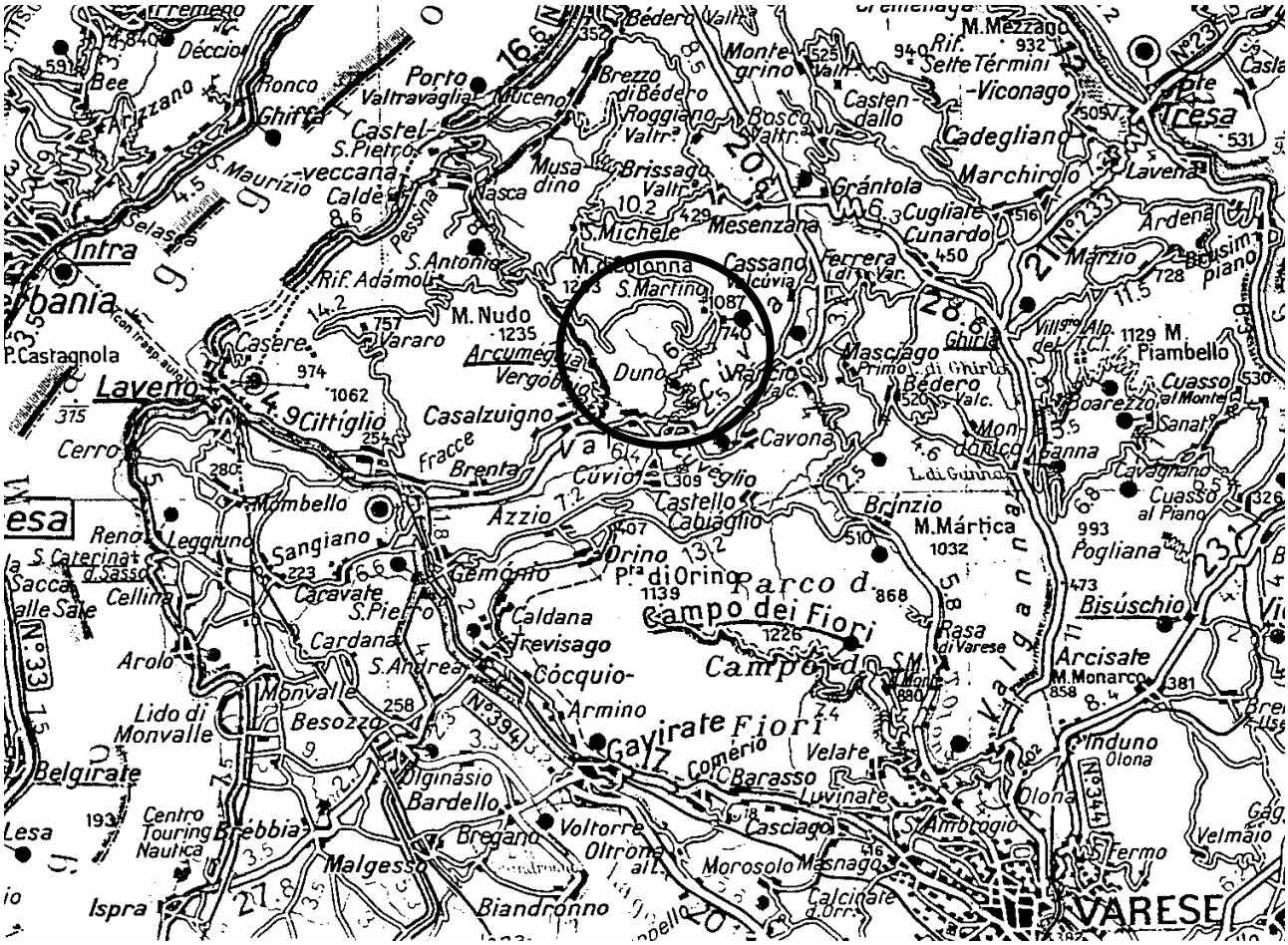


Figura 1 – individuazione indicativa dell'area di studio alla scala 1:200.000

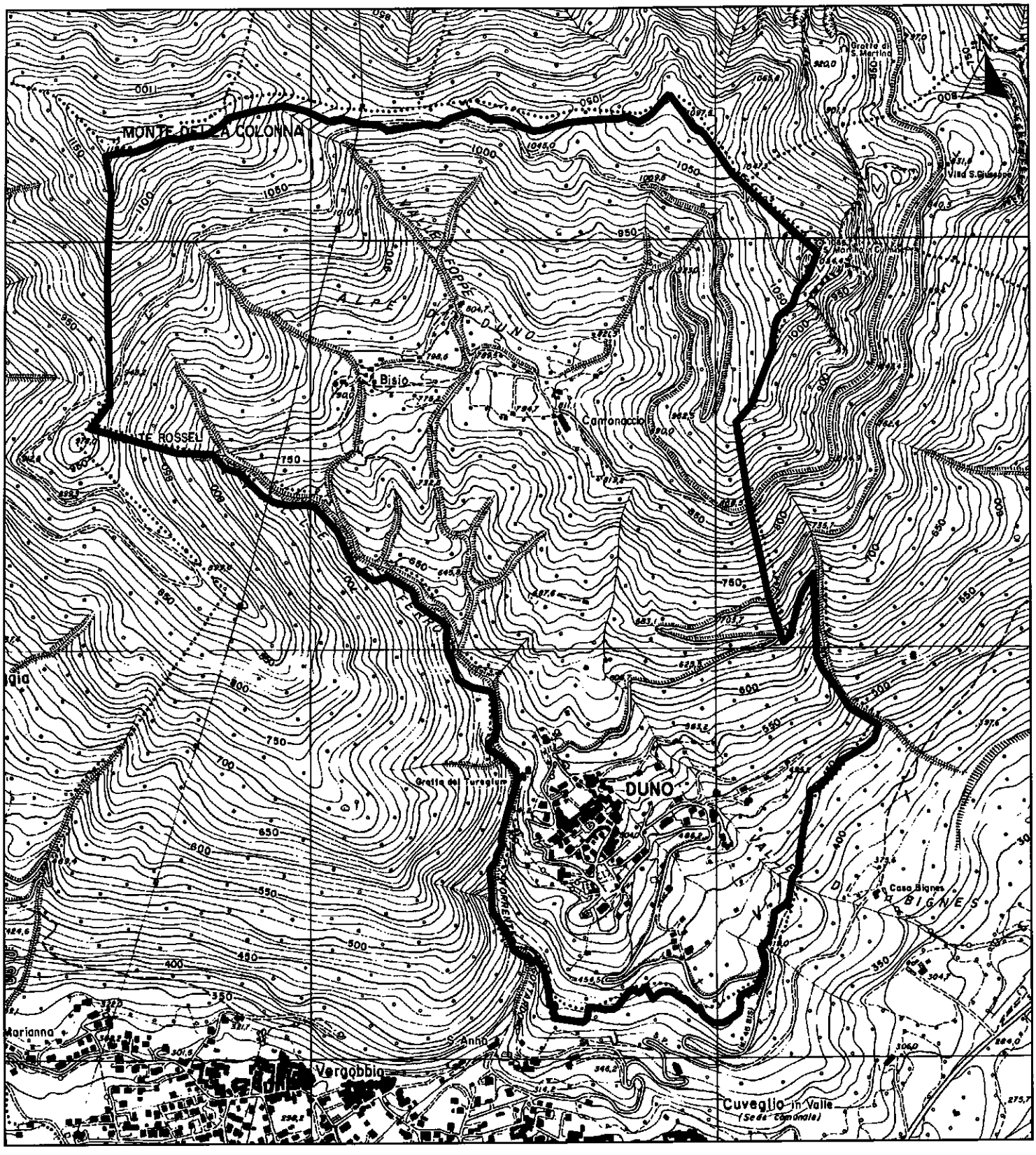


Figura 2 - territorio comunale di Duno (dallo stralcio della CTR alla scala 1:15.000 foglio a4c2 "Mesenzana" - a4c3 "Casalzuigno")

5. ANALISI GEOLOGICA

5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio appartiene, dal punto di vista geologico – strutturale, alle Prealpi Lombarde e, più in generale, al dominio delle Alpi Meridionali ;nella Zona Lombarda domina uno stile "ad embrici" con le varie scaglie della copertura mesozoica parzialmente accavallate le une sulle altre secondo una direzione generale E-W.

I piani di scorrimento immergono irregolarmente a N, producendo un'apparente vergenza verso S di gran parte degli elementi tettonici.

In particolare nella zona dell'alto Varesotto e del Luganese, i lineamenti tettonici principali sono orientati secondo due direzioni preferenziali con la sovrapposizione di dislocazioni N-S (faglie di svincolo che in generale trovano palese riscontro nella morfologia) ad altre più antiche a direttrice WSW-ENE o E-W.

5.2 CARTA GEOLOGICA

5.2.1 Cenni metodologici

La carta è stata redatta sia sulla base del rilevamento diretto, atto consentire un adeguato inquadramento complessivo delle unità geologiche presenti nell'area, sia sulla base dei dati raccolti a partire dalla bibliografia esistente, e sintetizzata quindi sulla base topografica vettoriale a scala 5.000 (allegato 1).

Questo elaborato non direttamente utilizzabile per la pianificazione territoriale, è però lo strumento di base su cui tutte le altre carte sono state modellate.

Mentre per le formazioni rocciose del substrato si è applicato il classico criterio litostratigrafico, le diverse unità di copertura sono state diversificate prevalentemente seguendo un criterio genetico e possono essere definite morfologico – stratigrafiche.

Dato il carattere preliminare e di inquadramento di questa cartografia si è ritenuto utile mantenere il più possibile invariate le suddivisioni formazionali classiche, con il loro nome e caratteristiche peculiari secondo quanto riportato nelle più recenti pubblicazioni specialistiche in materia.

5.2.2 Descrizione delle unità cartografate

Nell'area esaminata affiorano, variamente ricoperte da depositi sciolti quaternari, esclusivamente rocce sedimentarie che ricoprono un arco di tempo che va dal Triassico superiore (circa 220 milioni di anni) al Lias medio (circa 190 milioni di anni).

Nella Carta Geologica (allegato 1) le singole unità cartografate sono state organizzate in due categorie principali operando una prima fondamentale distinzione fra unità del substrato roccioso e depositi sciolti plio-quaternari.

Di seguito si propone una breve descrizione generale delle formazioni individuate sul terreno, elencate dalla più antica alla più recente, al fine di identificare i caratteri principali di ciascuna di esse.

■ **Unità del substrato roccioso**

Dolomia Principale (DP) (Trias superiore, Norico): sequenza monotona di dolomie microcristalline biancastre o nocciola chiaro a stratificazione generalmente massiva (strati da 40-50 cm a bancate fino a 1,5 mt) alternate a dolomie stromatolitiche o dolomie calcaree.

In prossimità del passaggio alla sovrastante Dolomia del Campo dei Fiori possibili intercalazioni di calcari dolomitici nocciola a stratificazione massiccia.

Detta unità affiora con continuità ad est, esternamente al territorio comunale, dove è in contatto tettonico con il Calcare Selcifero Lombardo, a formare le ripide scarpate nell'area del "Sasso Cadrega".

Il limite stratigrafico inferiore è segnalato dal brusco cambiamento di litologia con il passaggio a marne rossastre con livelli dolomitici o calcarei delle Marne del Pizzella.

Il contatto avviene quasi costantemente sotto copertura ma risulta intuibile con una certa facilità se si tiene conto dei contrasti morfologici fra le forme dolci dei litotipi marnosi e le pareti scoscese e subverticali spesso originate dalla dolomia.

Il limite superiore con la Dolomia del Campo dei Fiori è invece graduale e spesso risulta difficilmente cartografabile, soprattutto per la estrema affinità litologica.

Lo spessore della Dolomia Principale nella zona in esame è stimato variabile tra i 100 e i 130 metri.

Dolomia del Campo dei Fiori (DCF) (Trias superiore, Retico medio): banchi e/o strati di dolomie e, subordinatamente, calcari dolomitici di colore nocciola o grigio chiaro, a volte debolmente marnosi.

Localmente, nella zona del San Martino in Culmine, presenza irregolare di rari banchi a tessitura oolitica.

Gli affioramenti più continui, ma esterni rispetto al territorio comunale, si trovano lungo la ex strada militare nella zona dell'Alpe Perino dove raggiunge una potenza di circa 80 metri; più frammentari per la presenza di abbondante copertura, sono gli affioramenti sulle pendici orientali del Monte San Martino, lungo la strada che dal centro abitato di Duno conduce a Val Alta.

Il limite inferiore, con la Dolomia Principale, risulta di difficile e incerta ubicazione, sia per l'estrema somiglianza dei litotipi sia per la discontinuità degli affioramenti.

Il limite superiore, con la Dolomia a Conchodon è netto e sottolineato dal passaggio da dolomie calcaree o calcari dolomitici a calcari puri, fini e compatti.

Dolomia a Conchodon (DC) (Trias superiore, Retico superiore): calcilutiti compatte a frattura scheggiosa, raramente oolitiche, di colore variabile da nocciola chiaro, a biancastro, a rosato, a grigio chiaro a bruno.

Presso la base, localmente, presenza di livelli dolomitici.

Affiora esternamente al territorio comunale, lungo la ex strada militare presso l'Alpe Perino, dove raggiunge il massimo spessore (108 metri) e sul fianco orientale del Monte San Martino (Val Alta) dove lo spessore è estremamente ridotto (data la frammentarietà degli affioramenti sono possibili solo valutazioni approssimative della potenza valutata in 15-20 metri).

Il passaggio alla sottostante Dolomia del Campo dei Fiori è netto e segnalato dal cambiamento litologico da calcari puri, a frattura scheggiosa a dolomie e/o calcari dolomitici grigi o nocciola a stratificazione generalmente massiccia.

Il limite superiore è altrettanto netto sottolineato dalla comparsa di calcari selciferi grigi o nerastri (Calcare di Moltrasio).

Calcare di Moltrasio (MOT) (Lias inferiore, Sinemuriano): è di fatto l'unica formazione che affiora nel territorio comunale di Duno.

La facies più caratteristica è costituita da calcari da fini ad arenitici, di colore da grigio scuro a nerastro, organizzati in strati piano paralleli dai 10 ai 30 cm di spessore con all'interno liste o noduli centimetrici di selce nera.

Spesso sono presenti interstrati di marne grigie di spessore fino a 10 cm.

L'area di affioramento è estremamente vasta: costituisce in pratica i rilievi del Monte della Colonna e del San Martino.

Lo spessore massimo può raggiungere i 1200-1500 metri, nell'area in esame si stima non superiore ai 1300 metri.

Il limite inferiore con la Dolomia a Conchodon è netto e segnato dal passaggio da calcilutiti nocciola, compatte, a frattura scheggiosa a calcari selciferi nerastri.

Il limite superiore con il Calcare del Domaro è invece piuttosto transizionale e segnalato da una progressiva riduzione del contenuto in selce, aumento della quantità degli interstrati marnosi, variazione del colore fino a tonalità di grigio chiaro.

Calcare del Domaro (DOM) (Lias, Domeriano): inferiormente calcari grigi o nerastri, generalmente non selciferi, mentre verso l'alto stratigrafico tendono a prevalere calcari marnosi chiari.

Affiora esternamente al territorio comunale in una fascia ad andamento grosso modo E-W alle spalle dell'abitato di Vergobbio, tendendo a chiudersi nelle immediate vicinanze dello sbocco del Torrente Gottardo.

■ **Depositi superficiali sciolti plio-quaternari**

Sono i depositi di origine continentale che ricoprono in discordanza e con spessore variabile, spesso in modo significativo entro spazi ristretti, il substrato roccioso sottostante.

Per quanto riguarda la suddivisione del Quaternario va ricordato che essa è oggetto di molteplici controversie: quella classica, scandita sulle Alpi da quattro fasi principali (Gunz, Mindel, Riss e Wurm) e da altrettante fasi interglaciali, si è dimostrata parzialmente insufficiente per interpretare tutte le variazioni litostratigrafiche esistenti e la complessità dei rapporti su scala regionale.

Gli studiosi che si occupano del rilevamento dei depositi quaternari sul versante meridionale delle Alpi, di recente hanno abbandonato il "modello classico" delle glaciazioni.

Così per giungere ad una più adeguata classificazione dei corpi geologici e ad una più precisa ricostruzione della cronologia degli eventi e dell'evoluzione e paleogeografia dei depositi, tali ricercatori hanno deciso di usare le "Unità Allostratigrafiche" (Autin, 1992; Bini, 1994).

Tralasciando le modalità che hanno portato a questa nuova classificazione, che esulano dallo scopo del presente lavoro, si fa solo presente che lo studio delle caratteristiche sedimentologiche, paleopedologiche, geometriche e dei rapporti stratigrafici di queste unità, associato alle datazioni geocronometriche, alla palinologia e al paleomagnetismo consente una ricostruzione paleoambientale e paleogeografica

sufficientemente dettagliata e tale da permettere il riconoscimento di almeno 13 diverse glaciazioni separate da interglaciali.

Pur tenendo presenti le ipotesi più recenti con le relative problematiche, si è scelto di riconoscere negli elaborati le unità stratigrafiche classiche, come passo obbligato sulla via delle successive elaborazioni di carattere applicativo.

Per completezza si riporta quindi uno schema stratigrafico del Quaternario (fig. 3).

In linea generale si può affermare che a partire dal Pleistocene medio in poi, si assiste ad un succedersi di periodi caratterizzati da climi sensibilmente differenti, da freddo a temperato caldo; questi cambiamenti sono scanditi da momenti di avanzata e di ritiro dei ghiacciai alpini, con la creazione di diversi terrazzi climatici che nella nostra era sono di tipo fluvio – glaciale e , più recentemente, fluviale.

In sostanza il passaggio da un periodo interglaciale ad un periodo glaciale ha avuto come risultato l'alluvionamento del fondovalle; il passaggio opposto ha favorito una incisione di queste alluvioni sotto forma di terrazzi .

Si veniva così a formare un terrazzo alluvionale climatico; le condizioni subtropicali caratteristiche delle fasi interglaciali determinarono la genesi di suoli che ora delimitano la sommità dei terrazzi.

I corpi deposizionali più recenti sono a loro volta incisi dai corsi d'acqua attuali a testimoniare che nella fase odierna predominano i processi erosivi rispetto a quelli deposizionali; soltanto agli angoli morti dei versanti è possibile osservare ulteriori fasi di deposito, anche localmente attivi (piccole conoidi sospese)

I depositi quaternari riconosciuti sul territorio sono stati suddivisi in varie categorie in relazione al tipo di fenomeno che ne ha determinato la genesi e/o la messa in posto.

Dato abbastanza significativo è il fatto che l'insieme dei depositi cosiddetti "di copertura" si estende ad occupare quasi il 70 % della superficie del territorio comunale di Duno.

A questo proposito è importante ricordare che nella redazione di una carta geologica è sempre difficile stabilire univocamente se evidenziare maggiormente le

caratteristiche del substrato roccioso o quelle della copertura, soprattutto nel caso (non infrequente nel territorio in oggetto) che le coperture abbiano spessori relativamente modesti e con una distribuzione disomogenea a 'macchia di leopardo'.

Privilegiare uno o l'altro dei due termini è sempre una operazione con forte valenza soggettiva, anche se per i fini applicativi dello studio in oggetto si è generalmente preferito evidenziare la presenza dei depositi sciolti, spesso determinanti nell'ambito d'azione dell'attività urbanistica.

1 – Depositi legati alle acque superficiali

Conoidi di deiezione (cdd): forme legate all'azione dei corsi d'acqua che scendono dai versanti.

Litologicamente sono costituite da sabbie detritiche sciolte, con abbondante matrice fine, più grossolane e ben classate verso l'apice.

Intercalati anche orizzonti grossolani di sabbie e ghiaie o ciottoli di natura carbonatica, eterometrici e poco arrotondati.

Sulla carta è stata rappresentata una porzione della conoide del Torrente Gottardo che non rientra tuttavia nel territorio comunale. Tuttavia piccoli conoidi in coalescenza con altri depositi possono essere presenti anche nell'ambito del territorio comunale di Duno.

2 - Depositi glaciali e fluvioglaciali

Depositi morenici (mo): trattasi di sedimenti di età würmiana, facenti parte dell'Unità di Cantù, geneticamente legati al ghiacciaio del bacino Verbano.

Dal punto di vista litologico sono costituiti prevalentemente da un'abbondante matrice limoso-sabbiosa, moderatamente coesiva, con livelli di sabbie o ghiaie incoerenti e ciottoli o massi poligenici (sia appartenenti al substrato che di origine alpina) eterometrici (di dimensioni fino a 50-150 cm).

La composizione petrografica dei clasti è piuttosto varia: si distinguono metamorfiti, rocce intrusive, vulcaniti e clasti carbonatici.

Questi ultimi, pur essendo presenti in percentuali variabili, sono tendenzialmente dominanti rispetto a quelli cristallini.

La forma dei clasti varia da spigolosa ad arrotondata, il grado di alterazione è in genere basso e limitato agli elementi di natura foliata (micascisti in particolare); localmente, alle quote più elevate, si possono rinvenire plaghe con matrice limo-argillosa di colore rosso mattone che denota un grado di alterazione più spinto.

Tipico di tali depositi è il grado di classazione dei componenti estremamente basso.

L'Unità di Cantù ricopre in discordanza il substrato roccioso; il limite superiore coincide in genere con la superficie topografica.

3 – Depositi legati alla gravità

Falde di detrito (fdt): depositi sciolti, solo localmente cementati, costituiti da materiale smantellato dalle pareti rocciose sovrastanti e accumulati alla base degli stessi sotto l'azione della gravità.

Prevalgono ciottoli e blocchi, spigolosi e non alterati, con matrice limoso-sabbiosa scarsa.

Spesso sono colonizzate da vegetazione.

Depositi detritico-colluviali (dtcl): comprendono le coltri eluviali e colluviali.

Comprendono materiali che derivano da processi di alterazione fisico meccanica del substrato; litologicamente sono costituiti da elementi litoidi del substrato roccioso, immersi in matrice limosa o sabbiosa.

Accumuli di frana (acf): trattasi di depositi sciolti con elementi per lo più grossolani: ghiaie, ciottoli e blocchi spigolosi e non alterati con matrice fine limoso-sabbiosa generalmente scarsa.

Nella carta geologica sono stati riportati anche gli elementi utili a definire l'assetto strutturale del territorio comprendenti sia quelli legati alla tettonica rigida (faglie e fratture) che a quella plicativa (assi di pieghe).

In particolare per le faglie si sono distinti con diverso tratteggio le faglie certe (cioè fisicamente e direttamente visibili sul terreno), le faglie presunte (o il presunto decorso delle faglie certe sotto la copertura) e le linee di frattura.

In particolare l'area è interessata da una serie di faglie (tettonica rigida) e pieghe (tettonica plicativa) a scala regionale che regolano l'assetto strutturale generale della valle a cui Duno appartiene.

Di seguito si sintetizzano i principali elementi tettonici di interesse anche locale.

Tettonica rigida

Faglia di Ghirla: faglia inversa di importanza regionale che si sviluppa grosso modo in direzione E-W da Bedero Valcuvia ad Ardena, designata in letteratura come "Charriage de Ghirla" (De Sitter, 1939).

Presso l'alveo del Torrente Riale, ad est di Duno, mette a contatto i terreni triassici con il Calcare Selcifero: da qui poi risale, parallelamente all'alveo del tributario maggiore, verso l'Alpe di Duno, dove decorre sotto la copertura.

Ricompare poi sulla sella tra il M.te Rossel e il M.te Colonna per discendere quindi verso l'Alpe Perino.

Tale dislocazione risulta poco o per nulla sottolineata dalla morfologia

Faglia di Val Alta: tale dislocazione, e con essa tutti i fenomeni di minor portata che interessano l'area compresa tra la parete del M.te San Martino e il Sasso Cadrega, trova palese riscontro nella morfologia (vedasi il grosso specchio di faglia da essa prodotto in Val Alta e sul fianco occidentale del rilievo di qt. 809).

Verso N la faglia decorre sotto la copertura, dirigendosi verso l'Alpe Cavoglio; a S di Val Alta è osservabile ancora per un breve tratto, sul sentiero che corre parallelamente alla carrozzabile Duno – San Martino prima di essere coperta dal detrito di falda e quindi dalla copertura morenica.

Viene presumibilmente a contatto con la Faglia di Ghirla; non vi sono peraltro evidenze di una sua prosecuzione a S della stessa.

Faglia del San Martino: orientata N-S genera la ripida parete del San Martino dislocando brevemente, verso N, le formazioni retiche e la Sinclinale di Duno, per poi ricongiungersi alla Faglia di Val Alta.

Sul fianco orientale del monte è presente tutta una serie di fratture e piccole faglie che interessano in particolare la Dolomia Principale nella zona del Sasso Cadrega.

Faglia del Monte Colonna: direttamente osservabile sulla mulattiera Val Alta – San Michele e su quella San Martino – Alpe Perino, mette a contatto il blocco del M.te Colonna, immerso con varia inclinazione verso N, con quello del San Martino, la cui giacitura risente dell'influenza della Sinclinale di Duno.

Faglia del Torrente Gottardo: date le condizioni particolarmente sfavorevoli all'osservazione, in cui si realizza l'incontro tra quest'ultima faglia e quelle del M.te Colonna e di Ghirla, non è possibile stabilirne i reciproci rapporti e dire in particolare se sia la naturale prosecuzione della Faglia del Monte Colonna.

Faglia di Duno: faglia di limitata estensione, comunque importante per la sua vicinanza alla sorgente del "Turegiun" che interessa la parte alta dell'abitato di Duno, il piccolo inciso che ivi si origina e un'ansa del Torrente Gottardo.

Faglia di San Francesco: è una faglia che disloca la Sinclinale di Duno a valle della Fonte di San Francesco e che interessa direttamente il tratto terminale della grotta di San Martino.

Fratture: in questa dizione si comprendono i lineamenti secondari "di assestamento"; sono per la maggior parte beanti (2-4 metri di larghezza e profonde fino a 8-10 metri) e solo parzialmente occlusi da detrito sciolto.

Tettonica plicativa

Sinclinale di Duno: da Cassano Valcuvia attraverso il Sasso Cadrega si dirige verso l'Alpe di Duno (dove scompare sotto la copertura morenica), dislocata in senso N-S dalle faglie del San Martino e di Val Alta, condizionando i deflussi idrici epi ed ipogei.

Il decorso della sinclinale, in direzione NE-SW, è ben sottolineato per tutta la sua lunghezza dalla morfologia.

La fig. 4 di seguito riportata riassume l'assetto tettonico dell'area esaminata.

5.3 CONSIDERAZIONI GENERALI

Dall'analisi della carta si possono quindi estrapolare i seguenti elementi di sintesi:

■ la situazione geologica del territorio risulta, nel suo complesso, relativamente semplice e caratterizzata dalla presenza di un substrato roccioso appartenente alla formazione del "Calcare di Moltrasio" appartenente al gruppo del "Selcifero Lombardo"; gli ammassi rocciosi sono variamente ricoperti sia da depositi sciolti quaternari di origine glaciale (depositi morenici) che da plaghe di materiale che deriva da processi di alterazione chimico-fisica del substrato (coltri eluviali e colluviali) o da degradazione del versante (falde di detrito e coni di deiezione);

■ in effetti, buona parte della superficie del territorio comunale (circa il 70 %) è coperta da depositi continentali quaternari il cui spessore risulta di difficile determinazione e comunque soggetto a significative variazioni anche entro spazi relativamente ristretti;

■ l'assetto tettonico del territorio è caratterizzato dalla presenza di importanti lineamenti strutturali (faglie e linee di frattura) orientate sia E-W che N-S e dalla grande piega sinclinale del Monte San Martino.

Detti elementi, che all'oggi risultano non attivi (faglie), esercitano comunque un ruolo di importanza primaria per quanto concerne la circolazione idrica con particolare riguardo alla idrologia ipogea.

Per completezza, al fine di meglio individuare i repposrti di giustapposizione spaziale fra le formazioni del substrato roccioso ed i depositi di copertura quaternaria, in allegato 1/a viene proposta una sezione geologica che taglia l'intero territorio comunale con direzione NW-SE.

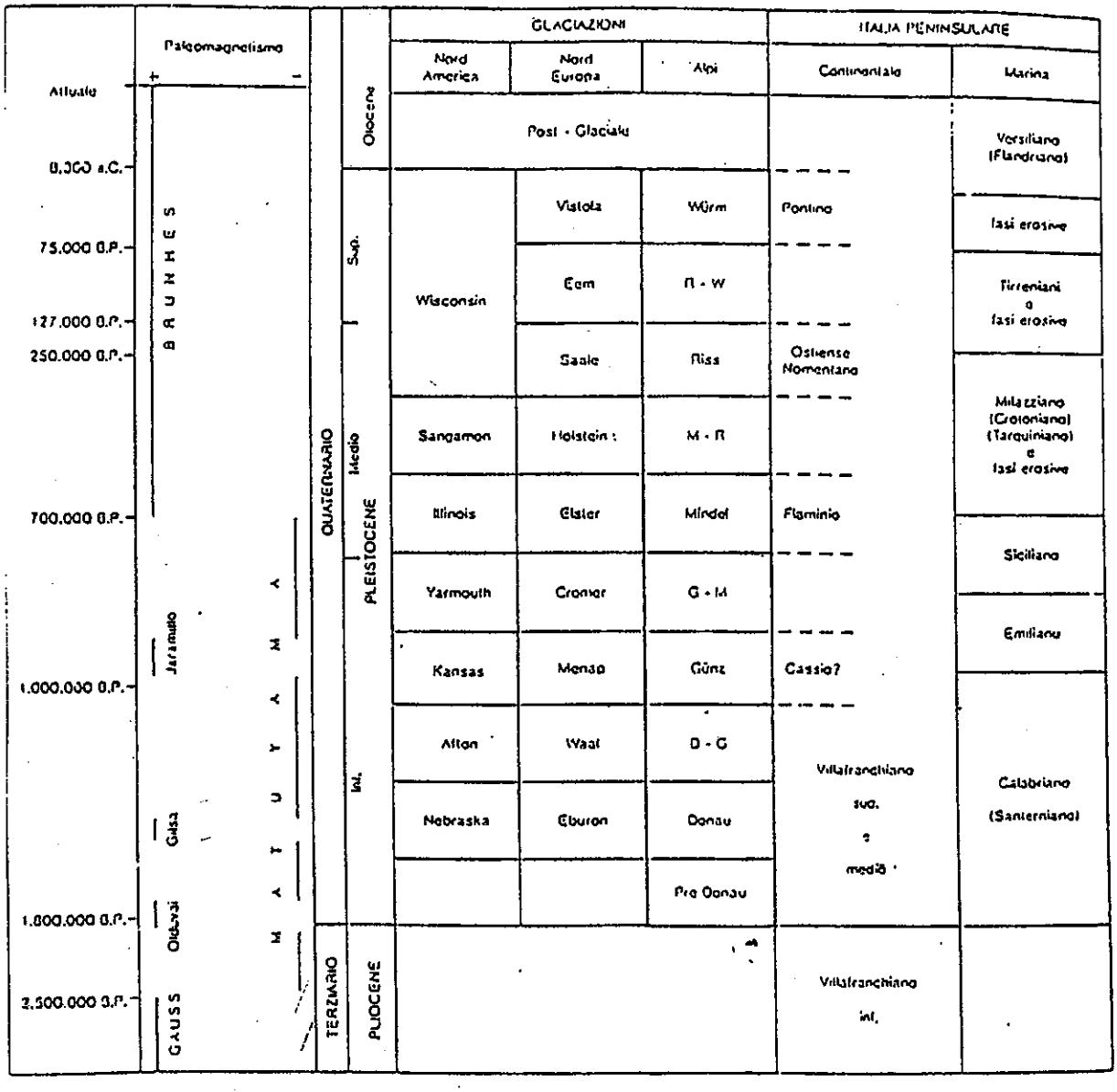


Figura 3 – schema geocronologico del Quaternario

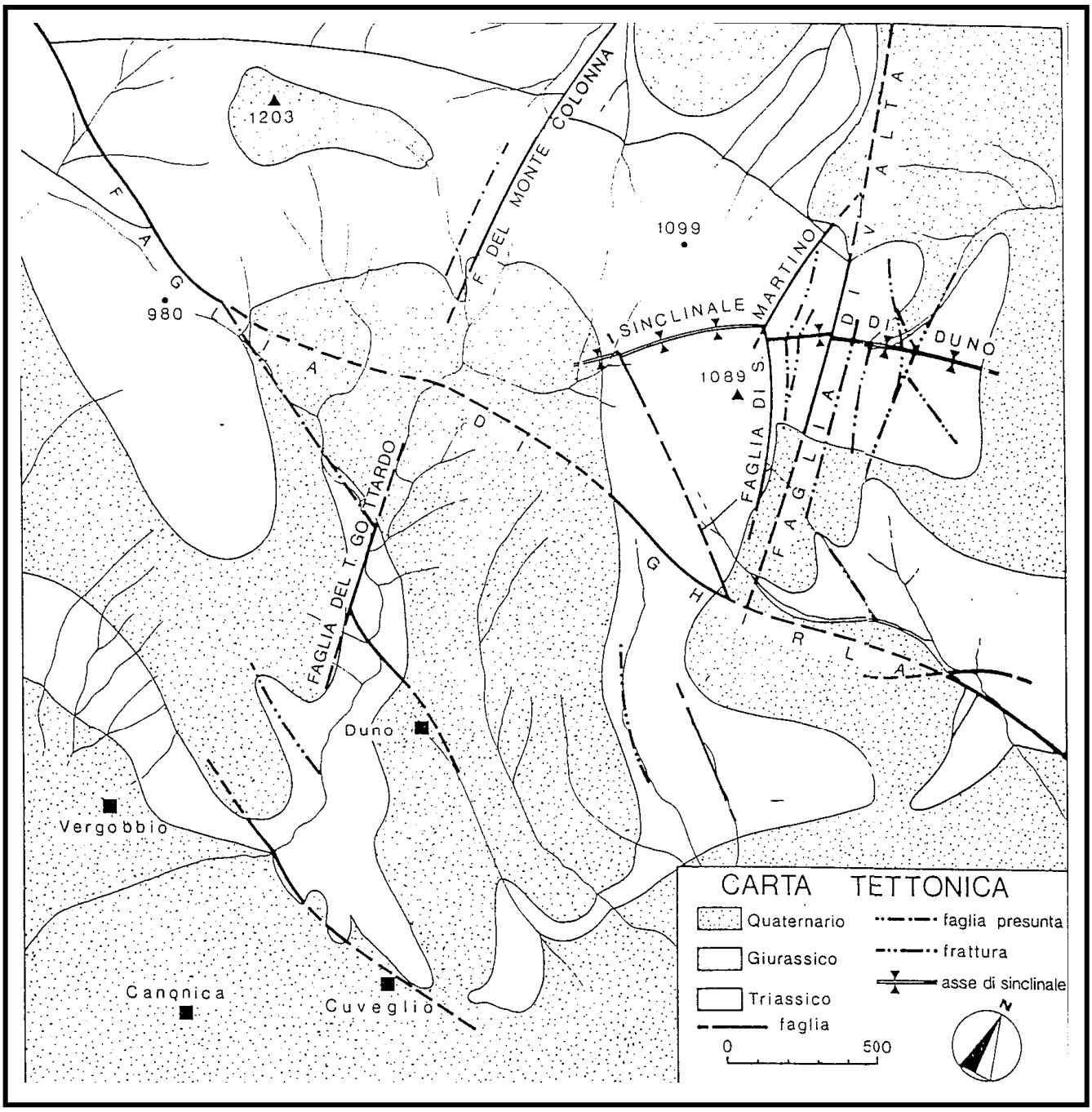


Figura 4 – schema tettonico dell'area di studio (da "*Il fenomeno carsico e l'idrologia ipogea del complesso M. San Martino – M. Colonna – M. Rossel (Valcuvia – VA)*")

6. ANALISI GEOMORFOLOGICA

6.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La situazione geomorfologica dell'area è collegata alla sua storia geologica e strutturale: in particolare il territorio comunale riflette una situazione che potrebbe definirsi di transizione dall'ambiente glaciale/montano all'ambiente fluvio-lacustre tipico del fondovalle dove oggi si è impostata la piana alluvionale del Torrente Boesio.

Nel passato è stata l'azione dei ghiacciai, che hanno ricoperto il territorio durante buona parte del Quaternario, l'agente che ha contribuito maggiormente alla realizzazione della morfologia attuale.

Le eventuali strutture pre-quaternarie sono state modificate o nascoste dai successivi accumuli di materiali incoerenti distribuiti secondo le forme collinari, e dai terrazzi, tipiche evidenze appunto di ambienti glaciali e post-glaciali.

In un contesto paesaggistico tipicamente prealpino, l'assetto geomorfologico del territorio comunale è, in via del tutto schematica, suddivisibile in due settori distinti fra loro identificabili in base alla fascia altimetrica.

Il settore altimetricamente più elevato, al di sopra della quota indicativa di 850 - 900 m s.l.m., non è stato raggiunto dai ghiacciai di fondovalle, sottraendosi quindi alla loro azione morfologica.

E' caratterizzato da una morfologia montuosa ben rappresentata nella parte settentrionale dai rilievi del San Martino in Culmine (1084,4 m s.l.m.) e del Monte della Colonna (1203,6 m s.l.m.).

I versanti si presentano generalmente con pendenze elevate (con valori medi di circa 25°) e gradiente crescente man mano che si sale verso le vette.

L'attività geomorfologica, favorita dalla generale elevata pendenza, risulta qui particolarmente importante contribuendo alla modellazione del paesaggio con la

creazione di nuove forme dovute principalmente a processi gravitativi e all'azione delle acque superficiali.

Alla prima categoria appartengono sia i fenomeni franosi in roccia o in materiali detritici, sia i fenomeni di creep, reptazione e soliflusso (i quali raramente coinvolgono spessori superiori ai 50 cm).

In corrispondenza dei rilievi maggiori costituiti da rocce carbonatiche (calcari e dolomie) (San Martino in Culmine, Sasso Cadrega) sono presenti pareti aspre e dirupate e scarpate subverticali con produzione di detrito di versante, localmente abbondante.

In queste aree sono inoltre in atto fenomeni morfogenetici di origine carsica sia superficiali che profondi: grotte, doline, cavità solchi e forme di corrosione a piccola scala.

Sul complesso Monte S. Martino – Monte Colonna – Monte Rossel la dissoluzione carsica, operante sulle unità carbonatiche presenti, ha determinato diverse morfologie epigee: lo scorrimento e l'assorbimento centralizzato di rilevanti quantità d'acqua, con conseguenti fenomeni di erosione-corrosione superficiale, hanno creato forre, piccoli canyon e marmitte di erosione (Torrente Gottardo), doline (lungo la fascia di terreno che raccorda l'asse della sinclinale di Duno con il culmine del Monte S. Martino) e solchi di erosione.

La dissoluzione carsica, per diffusione delle acque meteoriche o di fusione nivale e/o ristagno di queste su gran parte della superficie rocciosa affiorante, ha creato campi solcati, vaschette di corrosione, solchi e fori di dissoluzione (diffusi per esempio sui versanti del Monte della Colonna e Monte Rossel).

Nelle porzioni altimetricamente più elevate un ruolo significativo è quello svolto dai fenomeni crioclastici di fratturazione della roccia (cicli gelo – disgelo) che danno luogo a crolli di blocchi e/o diedri di roccia originando limitati depositi di massi spigolosi, non alterati e privi di matrice.

Nel settore al di sotto del limite indicativo precedentemente citato, prevalgono sempre forme legate al controllo strutturale e litologico del substrato lapideo a cui sono però associate morfologie tipiche del modellamento glaciale quali, ad esempio, i pianori terrazzati nella zona dell'Alpe di Duno-Cantonaccio.

L'impronta lasciata dall'attività glaciale non è quindi più direttamente riscontrabile sul basamento roccioso, scarsamente affiorante, ma è chiaramente testimoniata dalla presenza di erratici sparsi appartenenti ad una spessa coltre morenica o da terrazzi morfologici di chiara genesi glaciale.

6.2 CARTA GEOMORFOLOGICA

6.2.1 Cenni metodologici

La carta geomorfologica è stata redatta sulla base del rilevamento geomorfologico esteso a tutto il territorio comunale e, ove necessario, alle aree subito limitrofe, sintetizzato quindi sulla base topografica vettoriale comunale alla scala 1:5000.

Su questa base sono stati censiti ed evidenziati tutti i fenomeni geomorfologici attivi e quiescenti, di rilevanza per i fini del presente studio, a prescindere dalle loro dimensioni e pericolosità, fattori che invece sono stati considerati in sede di fattibilità.

6.2.2 Descrizione dei principali processi cartografati

Per il riconoscimento e la classificazione delle forme e dei processi geomorfologici ci si è basati per quanto possibile sulla simbologia riportata in allegato 11 (rif. "*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*"), come esplicitamente consigliato dalla normativa vigente, e su quella pubblicata con d.g.r. 6/40996 del 15 gennaio 1999 ("Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo" a cura di G. B. Pellegrini, A. Carton et Alii – Geografia fisica e dinamica quaternaria, 1993).

Su questa base sono stati censiti ed evidenziati tutte le forme e i processi geomorfologici, a prescindere dalla loro dimensione e pericolosità, catalogati, questi ultimi, in base alla causa predisponente e allo stato di attività.

In particolare per quanto concerne i fattori predisponenti sono state individuate le categorie seguenti:

a) forme, processi e depositi legati alla gravità,

b) forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali,

c) forme, processi e depositi legati all'attività glaciale,

d) forme dei processi antropici.

In base allo stato di attività (*Cruden & Varnes, 1994*) i processi morfologici sono invece stati distinti in:

a) processo attivo, che presenta cioè uno o più stati di attività, rappresentato sulla cartografia con colore rosso,

b) processo quiescente, se può essere riattivato dalle sue cause originarie, rappresentato sulla cartografia con colore blu,

c) processo stabilizzato (o inattivo), che non è più influenzato dalle sue cause originarie o che è stato protetto dalle sue cause originarie da misure di stabilizzazione") rappresentato sulla cartografia con colore verde;

d) processo relitto, se inattivo e sviluppatosi in condizioni geomorfologiche e climatiche considerevolmente diverse dalle attuali, rappresentato sulla cartografia con colore verde.

Ne deriva che ogni forma o processo cartografato viene codificato da un simbolo grafico che ne definisce la tipologia e l'ubicazione e da un colore che ne specifica lo stato di attività.

Ad integrazione dei contenuti sopra citati la carta di inquadramento geomorfologico riporta inoltre:

- elementi idrologici e idrografici
- i principali dissesti per i quali è stata prevista la compilazione di un'apposita scheda inseriti come proposta di aggiornamento del quadro dissesti PAI (rif. allegato 10).

In particolare i dissesti schedati sono identificati graficamente tramite una stringa alfanumerica composta da numerazione progressiva e codici identificativi del tipo di movimento (CR=crollo; SV=scivolamento) e del tipo di materiale (prima del movimento; r=roccia; m=materiale misto) rispettivamente.

Di seguito verranno prese in considerazione e sinteticamente descritte le singole voci della legenda della carta di inquadramento geomorfologico

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Orlo di degradazione di scarpata e/o di frana: in questa voce sono stati raggruppati, in linea generale, tutti gli orli di versante soggetti ad una recente attività geodinamica comprendente sia fenomeni attivi e/o quiescenti interessanti i depositi di copertura con frane di tipo complesso con coronamento in arretramento o comunque in evoluzione sia gli orli di scarpate in roccia in evoluzione a causa degli agenti meteorici (crioclastismo, …) che, unitamente alle condizioni strutturali degli ammassi (fratture e/o discontinuità), danno origine a fenomeni di crollo che alimentano falde detritiche alla base delle scarpate.

Aree di frana quiescente: sono state individuate nell'ambito del territorio comunale quattro aree interessate da fenomeni di crollo di blocchi isolati, inserite in proposta di aggiornamento del quadro dei dissesti PAI (rif. allegato 10) a ciascuna delle quali è stato attribuito un codice alfanumerico secondo i contenuti nell'allegato 11 dei criteri attuativi della L.R. 12/05 che rimandano alle apposite schede dissesti allegate in appendice 1.

Aree di frana stabilizzata: è stata individuata come forma inattiva/stabilizzata il dissesto sviluppatosi a valle di via San Marttino.

Trattasi di uno scivolamento planare sviluppatosi in data 3 maggio 2002 a seguito di un periodo particolarmente piovoso che ha determinato il collasso di un tratto di circa 20 m della sede stradale di via S. Martino in prossimità di una doppia curva ubicata alla quota media di 542 m s.l.m.

Il dissesto presentava una nicchia di circa 30 metri di lunghezza dei quali almeno 20 hanno interessato direttamente la sede stradale che è franata verso valle, unitamente al cordolo ed il parapetto esterno.

Il materiale mobilizzato comprendeva parte del riporto del sottofondo stradale, depositi sciolti di origine morenico-detritica a la porzione superficiale alterata del substrato roccioso; il volume di materiale mobilizzato era dell'ordine di circa 250 metri cubi, ed ha trascinato verso valle terreni vegetali e tutto lo strato di copertura presente fino all'alveo del torrente Gottardo.

Attualmente il dissesto è stato stabilizzato mediante realizzazione di piattaforma in cemento armato in corrispondenza del pianoro alla base del parapetto e ricostruzione del muro di sostegno e ricostituzione della sede stradale; in corrispondenza della porzione terminale del dissesto si ha affioramento del substrato roccioso (Calcare di Moltrasio), mentre il corpo di frana, a seguito dei sopralluoghi del marzo 2009, appare colonizzato da vegetazione..

Per una più precisa caratterizzazione del fenomeno si rimanda alla apposita scheda frane riportata in appendice 1.

Fenomeno franoso a carattere puntuale: sotto questa dizione sono compresi fenomeni di varia natura e origine quali crolli, colate, scivolamenti rotazionali che, alla scala degli elaborati, non risulta conveniente cartografare in modo più' dettagliato, principalmente per le loro dimensioni ridotte, ma di importanza non secondaria in quanto forniscono pur sempre utili indicazioni sullo stato degli ammassi e sulle aree potenzialmente rimobilizzabili.

Aree interessate da soliflusso generalizzato: con questa voce vengono rappresentate quelle aree soggette a fenomeni che interessano le porzioni superficiali dei versanti con movimenti lenti ed assimilabili a deformazioni plastiche e/o viscose (soil creep, reptazione).

Sono movimenti complessi, che possono presentare caratteristiche e velocità variabili in relazione ai terreni coinvolti; i limiti della zona di frana sono raramente netti, più frequentemente sfumati, nell'ambito di una fascia, dove i movimenti differenziali tendono gradualmente ad esaurirsi.

Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

Solco di erosione concentrata: indica il fenomeno per cui le acque di corrivazione non incanalate danno luogo ad un ruscellamento concentrato che genera solchi nei depositi di copertura con tendenza ad un continuo e progressivo approfondimento.

Tracce di ruscellamento diffuso: aree in cui le acque superficiali non incanalate possono dare luogo ad un ruscellamento concentrato limitato; l'effetto erosivo è in genere contenuto dalla presenza di fitta vegetazione sui versanti oltre che ad una debole acclività dell'area interessata.

Orlo di scarpata di erosione fluviale: indicano l'orlo della scarpata che delimita i terrazzi costituiti da depositi fluvioglaciali o alluvionali che si trovano sospesi al di sopra dell'attuale alveo del corso d'acqua o del fondovalle.

Forme e depositi glaciali

Massi erratici: blocchi, sparsi o in gruppi, di dimensioni variabili, spesso anche di svariati m^3 di volume, costituiti per lo più da materiali esotici di provenienza alpina depositati dal ghiacciaio durante la fase di ritiro dello stesso.

Depositi morenici (dm): accumuli di materiale incoerente costituiti in prevalenza da limi sabbiosi localmente argillosi inglobanti ciottoli, ghiaie e blocchi anche di dimensioni notevoli; danno origine a forme piuttosto blande con spessore limitato sui versanti più acclivi e rocciosi e massimo nelle aree al piede degli stessi.

Forme e depositi carsici

Aree interessate da fenomeni carsici: vengono indicate le forme legate all'azione di soluzione e deposizione chimica operata dall'acqua su rocce solubili, quali calcari e dolomie con la formazione di doline, campi solcati e solchi di corrosione.

Cavità e grotte: rappresentano le forme più macroscopiche di carsismo presenti nell'area quali inghiottitoi e grotte.

Data l'importanza che il fenomeno carsico assume nel complesso dei monti San Martino, Monte Colonna e Monte Rossel sia per quanto riguarda l'influenza diretta sulle forme del territorio sia per il controllo che esso esercita sull'idrologia sotterranea si ritiene utile proporre di seguito un breve approfondimento sul fenomeno.

Le morfologie epigee determinate dalla dissoluzione carsica si possono innanzi tutto raggruppare in due principali categorie: quelle di tipo macrocarsico (forre, solchi di erosione, doline, ecc. geneticamente legati allo scorrimento e all'assorbimento centralizzato di rilevanti quantità d'acqua e sviluppate prevalentemente dove i versanti sono coperti da eluvium, depositi glaciali e coltri detritico-colluviali) e quelle di tipo microcarsico (campi solcati, vaschette di corrosione, fori di dissoluzione cioè fenomeni in generale di limitate dimensioni che si sviluppano di preferenza sulla roccia "scoperta" per diffusione delle acque meteoriche o di fusione nivale e/o al ristagno delle medesime sulle superfici rocciose affioranti).

● **Forre**: a causa dei fenomeni di assorbimento le aste torrentizie epigee tendono a svolgere una prevalente azione di erosione al fondo piuttosto che sui versanti di modo che, alle quote più basse dove maggiore è il convogliamento idrico si rilevano per brevi tratti percorsi a forra o a piccoli canyon anche se tali manifestazioni non risultano generalmente particolarmente vistose.

Il Torrente Gottardo, nel tratto fra l'abitato di Duno e S. Anna presenta un decorso a piccolo canyon, accompagnato talvolta da marmitte di erosione e frequenti salti tra pareti verticali.

Altrettanto interessanti risultano gli incisi in sinistra orografica del Torrente Gottardo e dell'Alpe di Duno in quanto sede di importanti fenomeni di assorbimento distribuito.

● **Doline**: sono tipiche depressioni prodotte anche indirettamente in sedimenti glaciali (o alluvionali) per effetto dell'erosione del substrato e rappresentano generalmente dei sistemi di assorbimento idrico centralizzato.

Quelle presenti nell'area del Monte San Martino sono in numero limitato e di dimensioni ridotte e localizzate nella fascia di terreno che raccorda l'asse della sinclinale di Duno con il culmine del Monte San Martino: il loro diametro è dell'ordine di alcuni metri.

● **Piccole forme di corrosione**: con questa dizione si vogliono raggruppare sia le scannellature carsiche che i solchi e fori di dissoluzione e vaschette di corrosione.

Trattasi di forme che spesso si presentano associate o sovrapposte conferendo al terreno un aspetto profondamente inciso e "cariato".

Presentano la loro massima distribuzione sulle superfici di rocce calcaree affioranti (Dolomia a Conchodon e Calcare di Moltrasio) sui crinali del Monte della Colona e Monte Rossel.

Le <u>scannellature carsiche</u> si presentano come piccole canalizzazioni a sezione trasversale semicircolare o semiellittica paralleli o divergenti (se dipartono da una gibbosità della superficie) profondi da pochi mm al cm; i canali affiancati sono separati da "creste " sottili e affilate e talvolta frangiate.

Non si rinvengono su superfici perfettamente orizzontali o verticali né mostrano orientazioni preferenziali se non lungo le linee di massima pendenza.

I <u>solchi di dissoluzione</u> si presentano con forme simili ai precedenti solo con dimensioni maggiori in forza della maggiore quantità di acqua in essi convogliata.

I <u>fori di dissoluzione</u> sono microforme epigee legate ad una dissoluzione localizzata impostata in corrispondenza di una fessura della superficie calcarea.

La forma in pianta varia da subcircolare a ovoidale a lenticolare; tali morfotipi generalmente interessano la fessura di origine per tutta la profondità salvo estinguersi all'incontro con una sottostante superficie di interstrato.

Possono presentarsi isolati o coalescenti e spesso associati a solchi di dissoluzione e il loro sviluppo dipende sempre strettamente dalla rete di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Le vaschette di corrosione hanno l'aspetto di piccole cavità dalle pareti bombate all'orlo, verticali o rientranti, dal fondo liscio o irregolare, per lo più poco profonde e con un diametro molto maggiore della profondità.

Si rinvengono quasi esclusivamente su superfici suborizzontali o debolmente inclinate, più raramente su testate di starti o blocchi isolati.

Tutte le morfologie sopra elencate vengono comunemente genericamente denominate "campi solcati".

La genesi delle microforme carsiche è strettamente legata a diversi fattori fra i quali la litologia (la massima incidenza delle forme si riscontra negli affioramenti di Dolomia a Conchodon e del Calcare di Moltrasio) e il clima (esposizione degli ammassi rocciosi agli agenti atmosferici, quota altimetrica associata al regime delle precipitazioni, permanenza e fusione del manto nevoso).

Oltre al carsismo epigeo esiste, di gran lunga più importante ai fini del controllo esercitato sulla circolazione idrica sotterranea, un carsismo profondo geneticamente connesso alle caratteristiche litologico-strutturali dell'area.

Di seguito viene presentata una breve descrizione del fenomeno per quanto concerne le sue implicazioni morfologiche; per il significato idrogeologico del fenomeno si rimanda al capitolo sull'idrogeologia.

In linea generale fra le cavità che sono state identificate sul territorio comunale, e nelle aree limitrofe, il maggior numero (88 %) si sviluppa nel Calcare Selcifero Lombardo mentre la restante percentuale interessa la Dolomia a Conchodon (4 %) e la Dolomia Principale (8 %).

In base alle morfologie prevalenti fra le cavità è possibile distinguere le stesse in due categorie principali ovvero cavità di tipo tettonico (distribuite preferenzialmente lungo le faglie e linee di frattura ad andamento N-S caratterizzate generalmente da sezioni sub rettangolari e a "V" e con sviluppo preferenziale lungo la discontinuità tettonica che l'ha originata) e cavità carsiche vere e proprie (che si sviluppano secondo forme molto più articolate come condotti tubolari a sezione subcircolare o subellittica, gallerie gravitazionali, sale e vani carsici, pozzi a cascata o di corrosione profonda, …).

Nel territorio comunale di Duno sono state catastate 7 cavità , più una con ingresso fuori dai limiti amministrativi del Comune di Duno, ma con sviluppo in pianta quasi interamente entro il territorio in esame, di seguito elencate:

Grotta del Gasc: nell'area del Monte San Martino è costituita da un cunicolo tubolare orizzontale di alcuni metri che si raccorda ad un piccolo vano subcircolare con diramazioni impercorribili quasi totalmente occluse da terriccio e sedimenti sabbioso-argillosi e detrito.

La cavità venne scoperta nel settembre 1975.

Pozzo del Tombino: di origine carsica, adiacente alla strada militare per S. Antonio, la cavità si apre da un tombino di scolo stradale sotto la cima del Monte della Colonna.

Presenta un andamento preferenzialmente verticale dovuto alla successione di tre pozzi, ad andamento lievemente obliquo imposto dalle condizioni di giacitura degli strati, non in asse.

La cavità fu scoperta occasionalmente durante i lavori di costruzione della strada militare San Martino in Culmine – S. Antonio venendo utilizzata per lo smaltimento delle acque delle condotte stradali.

Essa risulta inserita nel catasto (SSI) fin dal 16 agosto 1958.

Turegiun: nella valle del Torrente Gottardo, presenta un primo tratto di circa 20 mt che si sviluppa in un'ampia galleria a gomito, terminante con lo specchio d'acqua del sifone.

La grotta procede quindi con una condotta totalmente sommersa che si sviluppa leggermente inclinata per circa 120 metri.

Diverse sono le diramazioni che si sviluppano a partire dal fondo del tratto esplorato.

Questa, e quella descritta di seguito, esercitano un ruolo determinante sull'idrologia ipogea.

La cavità risulta sommariamente descritta fin dal 1955, mentre le esplorazioni definitive furono compiute nel luglio del 1976.

Grotta della Porticina (2a Cavità del Turegiun): nell'alveo del Torrente Gottardo rappresenta una diramazione della cavità sopra descritta, risulta protetta da opere murarie e da un portello in ferro.

Nota sin dal 1955 solo nel 1974 fu compiuto il rilievo del tratto agibile.

Condotta dello Spartiacque: cavità non catastabile (sviluppo nella parte accessibile < 5 metri) viene di fatto catastata fra le sorgenti.

Ubicata in prossimità del Torrente Gottardo dove si nota la camera di presa in muratura degli acquedotti di Duno e Cuveglio.

Ha sezione subcircolare e larghezza di circa 50 cm; si restringe bruscamente verso il fondo dove la naturale prosecuzione della grotta sembra avvenire verso il basso.

Condotta della sorgente Canal (non catastabile): si apre alla base di una piccola parete nell'inciso del Torrente Bignes, a fianco della vasca che raccoglie le acque della sorgente.

E' costituita, nel tratto accessibile, da una condotta circolare di circa 1 metro di diametro chiusa dopo 2 metri da sedimenti argillosi.

Pozzo presso il culmine del Monte San Martino (non catastabile): cavità tettonica legata ad una frattura generatrice appartenente alla famiglia di discontinuità subparallele alla Faglia del san Martino.

Dalle notizie storiche pare che venne chiuso nel 1930.

Grotta San Martino (Comune di Cuveglio ma con sviluppo planimetrico quasi totalmente entro il territorio comunale di Duno): la cavità si apre al fondo di una galleria militare, 7 metri circa sotto il belvedere del rifugio del Monte San Martino.

Nel suo insieme è costituita da un'unica galleria principale, priva di diramazioni di rilievo, che si sviluppa su cinque livelli, fra loro collegati da pozzi verticali per uno sviluppo planimetrico di oltre 670 metri.

Forme dei processi antropici

Oltre ai processi "naturali" si è ritenuto opportuno cartografare anche le "forme" indotte dalla pressione antropica in modo da rendere immediato il riconoscimento delle opere, dei manufatti e degli interventi in generale che nel corso degli anni hanno modificato e spesso obliterato l'assetto morfologico originario del territorio in esame.

In particolare sono state messe in evidenza le gradonature artificiali e le infrastrutture antropiche ammalorate.

Idrografia

E' stato riportato il reticolo delle acque superficiali identificando i tratti principali con la denominazione corrente.

6.3 CONSIDERAZIONI GENERALI

Il rilevamento ha posto in evidenza i caratteri paesistici primari del territorio in esame, che possono essere così riassunti:

- nel complesso sul territorio in esame il censimento dei processi morfogenetici in atto non evidenzia situazioni ad evoluzione negativa particolarmente gravi che possano avere ripercussioni dirette su infrastrutture antropiche, fatto salvo per

alcuni tratti della strada Duno – San Martino dove si registrano situazioni di rischio latente legate essenzialmente a processi di soliflusso-creep superficiale-reptazione che interessano i depositi di copertura (falde di detrito etc.) e/o fenomeni di crollo di blocchi isolati o di limitate porzioni di ammassi rocciosi (inferiori al metro cubo);

- l'evoluzione morfologica risulta particolarmente attiva nella porzione altimetricamente superiore alla quota indicativa di 850-900 metri s.l.m. dove la generale elevata pendenza dei versanti e la presenza di scarpate e pareti scoscese di roccia, in concomitanza con cicli gelo/disgelo, regime pluviometrico e condizioni di esposizione dei versanti, innesca fenomeni di crollo isolati e/o diffusi che alimentano falde di detrito;
- nella porzione settentrionale del territorio comunale grande importanza viene ad assumere il fenomeno carsico che si manifesta in modi abbastanza differenziati (forme micro e macrocarsiche, sviluppo di cavità e grotte) significativo non tanto per il controllo diretto sulle forme del territorio ma soprattutto per le implicazioni dirette che il fenomeno ha sull'idrologia ipogea.

Per una più semplice lettura del paesaggio dal punto di vista geomorfologico, nell'allegato 2 si sono riportati i tre grandi 'Ambiti' in cui può essere suddiviso il territorio comunale di Duno; questi ambiti sono caratterizzati schematicamente da comuni caratteristiche lito-morfologiche e pedologiche e da simili processi geomorfologici .

Rimandando alla carta per il dettaglio dell'ubicazione degli ambiti, di seguito se ne riportano le caratteristiche più salienti.

A - AMBITO DELLE AREE DI VERSANTE: comprende la maggior parte del territorio comunale; le pendenze sono mediamente intorno al 40% o superiori; il substrato roccioso carbonatico è affiorante od a profondità modeste. Il suolo, quando presente, è sottile; la vegetazione prevalente è il bosco ceduo.

In questo ambito è frequente la tendenza al ruscellamento concentrato e/o diffuso delle acque di corrivazione non incanalate con potenziale innesco di fenomeni di erosione superficiale accelerata della copertura e denudamento del substrato roccioso.

Diffusi i fenomeni di crollo legati alo stato di fratturazione della roccia (su scarpate naturali od intagli stradali) ed i fenomeni carsici.

B – AMBITO DELLE AREE SUB PIANEGGIANTI: sono le aree a debole pendenza (inferiori al 15%) spesso terrazzate con depositi prevalentemente di origine glaciale (sabbie e ghiaia fini con diffusa frazione limosa, inglobanti spesso ciottoli e/o blocchi). Presenza di suoli da sottili a poco profondi; assenza di particolari processi geomorfologici in atto se non limitate forme di ruscellamento concentrato, legato ad una generale ridotta capacità di infiltrazione delle acque meteoriche entro i terreni ivi presenti. Si sono segnalate soltanto le aree più significative per estensione e caratteristiche.

C – AMBITO DEGLI IMPLUVI: sono stati considerati separatamente le aree degli impluvi e quelle immediatamente adiacenti, che risentono dell'attività del corso d'acqua. La litologia è variabile in relazione alla zona di impostazione dell'alveo; i suoli sono generalmente assenti.

I processi in atto sono strettamente legati al regime pluviometrico con portate estremamente variabili e generalmente elevate in occasione di precipitazioni intense e/o prolungate, a cui si associano episodi di trasporto solido, erosione al fondo o sulle sponde.

Frequenti le secche estive o durante periodi a scarsa piovosità.

7. ANALISI IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Il principale obiettivo di questo capitolo è quello di definire le caratteristiche idrogeologiche dell'area in oggetto mediante la definizione dei caratteri della rete di drenaggio superficiale e sotterranea, che riveste un ruolo fondamentale nei processi di ricarica della falda e di alimentazione delle sorgenti che, nel territorio comunale, rappresentano la sola fonte per l'approvvigionamento idropotabile.

L'approccio per il riconoscimento dell'assetto idrogeologico dell'area è quello classico che si applica agli acquiferi carbonatici basato fondamentalmente sull'individuazione delle idrostrutture attraverso la definizione dei complessi idrogeologici.

Prima di affrontare nel dettaglio tale argomento si ritiene comunque indispensabile fornire di seguito almeno una rapida descrizione dei caratteri climatici dell'area oggetto del presente studio e delle caratteristiche dell'idrografia superficiale.

7.1 CENNI DI METEOROLOGIA

Per una migliore valutazione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio è necessario accennare ai dati disponibili relativi al locale regime pluviometrico.

Ai fini della valutazione delle caratteristiche meteoclimatiche si è fatto riferimento ai valori relativi alla stazione pluviometrica di Cuvio (quota 304 metri s.l.m.) dell'Ufficio Idrografico del Po per il periodo 1960-1995 integrati con i dati del Centro Geofisico Prealpino (1226 metri s.l.m.) per il periodo 1996-2001.

I dati analitici riferiti a queste osservazioni sono riportati nelle tabella 1 di seguito proposta.

Osservando la serie storica delle precipitazioni si osserva come, alle nostre latitudini, esse risultino concentrate in primavera e in autunno (con i massimi

ANNO	DIC	GEN	FEB	INVERNO	MAR	APR	MAG	PRIMAVERA	GIU	LUG	AGO	ESTATE	SET	OTT	NOV	AUTUNNO	ANNO
1960	153,0	150,5	88,0	130,5	202,0	101,0	199,0	167,3	314,0	265,0	258,0	279,0	491,0	522,0	313,0	442,0	3056,5
1961	136,0	117,5	29,0	94,2	0,2	321,5	180,5	167,4	180,6	130,7	55,4	122,2	33,2	197,3	327,2	185,9	1709,1
1962	39,4	41,8	57,7	46,3	43,0	234,4	183,0	153,5	66,8	42,1	139,9	82,9	28,1	59,2	282,1	123,1	1217,5
1963	20,2	48,4	38,6	35,7	112,9	251,8	251,4	205,4	355,4	222,2	130,4	236,0	369,0	183,4	421,2	324,5	2404,9
1964	61,8	37,8	48,8	49,5	186,0	190,4	85,4	153,9	161,8	61,8	118,4	114,0	18,0	177,4	88,1	94,5	1235,7
1965	62,4	76,8	12,0	50,4	134,2	55,0	131,4	106,9	107,0	92,2	186,0	128,4	556,5	35,4	56,0	216,0	1504,9
1966	13,4	16,0	370,5	133,3	1,0	247,4	170,5	139,6	87,8	379,4	237,6	234,9	158,0	508,8	312,3	326,4	2502,7
1967	41,6	1,4	54,2	32,4	107,8	53,8	228,6	130,1	18,8	301,2	100,6	140,2	211,4	106,2	238,8	185,5	1464,4
1968	1,0	0,0	77,0	26,0	17,4	147,2	410,2	191,6	229,0	118,0	275,6	207,5	295,8	97,8	507,2	300,3	2176,2
1969	14,4	91,6	47,8	51,3	92,4	60,4	296,2	149,7	248,2	146,0	174,4	189,5	306,0	7,0	198,8	170,6	1683,2
1970	7,4	112,6	9,2	43,1	67,4	104,4	75,0	82,3	176,8	41,6	307,4	175,3	151,4	173,4	215,6	180,1	1442,2
1971	65,2	74,0	31,8	57,0	29,2	264,1	407,2	233,5	167,8	68,2	139,2	125,1	10,2	1,4	230,6	80,7	1488,9
1972	43,0	50,8	317,4	137,1	274,0	154,0	136,0	188,0	218,0	74,4	93,4	128,6	398,8	127,4	7,4	177,9	1894,6
1973	167,2	72,2	2,2	80,5	3,2	61,2	181,4	81,9	222,6	295,0	95,4	204,3	81,4	154,0	5,4	80,3	1341,2
1974	279,2	102,0	293,0	224,7	140,6	186,2	97,8	141,5	180,4	42,2	178,2	133,6	76,8	73,6	159,4	103,3	1809,4
1975	2,4	175,4	69,2	82,3	260,2	213,2	449,0	307,5	282,2	38,5	119,8	146,8	356,0	158,6	312,2	275,6	2436,7
1976	38,4	25,0	14,4	25,9	22,2	149,0	104,5	91,9	33,2	133,4	278,8	148,5	534,4	818,2	638,6	663,7	2790,1
1977	43,0	125,2	149,4	105,9	439,6	401,5	483,2	441,4	286,4	452,2	602,4	447,0	117,0	232,0	98,0	149,0	3429,9
1978	27,8	208,0	326,2	187,3	134,6	355,2	482,8	324,2	345,6	144,0	218,4	236,0	0,0	152,2	41,0	64,4	2435,8
1979	168,8	98,4	164,6	143,9	483,6	212,2	152,0	282,6	125,0	209,6	319,0	217,9	113,0	410,0	111,2	211,4	2567,4
1980	105,0	77,0	90,0	90,7	389,0	107,0	154,0	216,7	122,0	75,0	144,0	113,7	65,0	687,0	107,0	286,3	2122,0
1981	156,0	4,0	0,0	53,3	242,0	186,0	263,0	230,3	141,0	285,0	53,0	159,7	392,0	269,0	0,0	220,3	1991,0
1982	85,0	53,0	62,0	66,7	105,0	71,0	90,0	88,7	227,0	290,0	522,0	346,3	294,0	483,0	472,0	416,3	2754,0
1983	86,0	0,0	16,0	34,0	274,0	572,0	643,0	496,3	163,0	62,0	100,0	108,3	214,0	91,0	25,0	110,0	2246,0
1984	118,0	48,0	87,0	84,3	170,0	112,0	625,0	302,3	173,0	0,0	287,0	153,3	282,0	84,0	157,0	174,3	2143,0
1985	111,0	116,0	10,0	79,0	249,0	49,0	329,0	209,0	83,0	50,0	136,0	89,7	33,0	22,0	18,0	24,3	1206,0
1986																	
1987	0,0	49,0	160,0	69,7	32,0	173,0	137,0	114,0	309,0	292,0	200,0	267,0	53,0	384,0	134,0	190,3	1923,0
1988	47,0	198,2	39,4	94,9	43,6	135,0	276,0	151,5	150,0	120,0	140,0	136,7	50,2	355,6	7,8	137,9	1562,8
1989	72,8	0,0	198,0	90,3	36,0	599,0	138,0	257,7	146,0	112,0	226,0	161,3	64,0	11,0	90,0	55,0	1692,8
1990	122,0	51,0	15,0	62,7	12,0	190,0	99,0	100,3	156,0	19,0	107,0	94,0	73,0	369,0	111,0	184,3	1324,0
1991	96,0	51,0	10,0	52,3	308,0	57,0	126,0	163,7	102,0	14,0	70,0	62,0	244,0	215,0	83,0	180,7	1376,0
1992	4,0	70,0	20,0	31,3	81,0	185,0	115,0	127,0	280,0	134,0	102,0	172,0	239,0	230,0	25,0	164,7	1485,0
1993																	
1994																	
1995	50,0	65,0	27,6	47,5	5,0	194,6	258,1	152,6	222,4	46,0	118,6	129,0	627,4	87,4	142,2	285,7	1844,3
1996	111,4			37,1									56,2	214,4	252,8	174,5	634,8
1997	186,0	90,0	1,2	92,4	0,2	79,0	80,0	53,1	303,6	65,8	167,4	178,9	10,4	41,8	256,8	103,0	1282,2
1998	34,2	62,4	48,8	48,5	6,8	323,2	137,4	155,8	193,4	163,8	126,0	161,1	164,6	221,8	6,4	130,9	1488,8
1999	51,0	94,4	0,6	48,7	142,0	93,6	143,4	126,3	253,6	56,6	140,6	150,3	155,2	251,6	124,4	177,1	1507,0
2000	102,0	0,0	13,2	38,4	99,6	316,0	152,0	189,2	108,2	259,4	124,8	164,1	211,8	453,2	447,4	370,8	2287,6
2001			108,8	36,3	239,6	42,4	116,6	132,9	109,4	138,4	320,6	189,5	88,2	113,6	14,8	72,2	1292,4
MEDIA MESE	76,9	71,7	81,8	76,8	136,5	190,8	226,0	184,4	185,5	143,2	187,2	172,0	195,5	225,1	180,5	200,4	
MEDIA STAG.				74,2				184,4				172,0				200,4	
MEDIA ANNO																	1865,5

Tabella 1 - serie storica delle precipitazioni nel periodo 1960 - 2001

generalmente distribuiti fra i mesi di ottobre e novembre), mentre i valori più bassi si registrano nella stagione invernale e in quella estiva.

Considerando i periodi di tempo sopra riportati, si sono registrati valori di precipitazione totale annua variabili tra i 1206 mm del 1985 ed i 3056,5 del 1960, con una media generale di 1865,5 mm annui.

Dai dati riportati risulta che in questo periodo il mese più piovoso in assoluto è stato il mese di ottobre del 1976 (818,2 mm), mentre i più asciutti fra i mesi controllati sono stati i mesi di gennaio del 1968-83-89-2000, di febbraio del 1981, di luglio del 1984, di settembre 1978, di novembre del 1981 ed il mese di dicembre del 1987 (praticamente nulli).

Nella figura 5 viene riportato graficamente l'andamento delle precipitazioni annue relative alla serie storica analizzata, mentre in figura 6 si propone l'andamento delle isoiete riferito all'intero territorio della provincia di Varese riferite al decennio di rilevamento 1958-1967.

Per quanto concerne invece il regime termico le temperature medie mensili (su una serie storica comprendente gli ultimi 33 anni) variano tra i minimi di 2,8 gradi in gennaio, fino a poco meno di 23 gradi nel mese di luglio, con una media annuale della temperatura di poco più di 12 °C (i dati complessivi riferiti al periodo studiato sono riassunti in tabella 2).

La temperatura minima storica nel periodo esaminato è stata registrata nel gennaio 1985 con – 12,5 °C, mentre è del luglio 1911 la massima storica con 37, 5 °C.

Nella figura 7 viene proposto l'andamento delle isoterme riferito all Provincia di Varese estrapolato sulla base dei rilevamenti relativi al decennio 1958-1967.

Sulla base della elaborazione dei dati di temperatura corrispondenti allo stesso intervallo di tempo usato per le precipitazioni, si è potuto calcolare la possibile perdita di acqua meteorica ad opera dei fenomeni di evaporazione e traspirazione del manto vegetale (evapotraspirazione), mediante la formula di L. Turc (1954):

$$E=P/[0,9+(P^2/L^2)]^{1/2}$$

P: precipitazione annua in mm

L= 300+25T+0,05T

Mese	TEMPERATURA MEDIA DEL MESE (°C)	TEMPERATURA MEDIA DEL MESE IN 33 ANNI (°C)	MASSIMA ASSOLUTA DEL PERIODO (°C) ↑	MINIMA ASSOLUTA DEL PERIODO (°C) ↓	MASSIMA STORICA (°C) ↑↑	MINIMA STORICA (°C) ↓↓
Settembre '96	14.9	17.6 (-2.7)	25.5	7.0	33.0 (1988)	-2.0 (1919)
Ottobre '96	12.3	12.4 (-0.1)	21.5	2.5	28.0 (1918)	-3.5 (1921)
Novembre '96	7.4	6.9 (+0.5)	18.0	-2.5	24.0 (1938)	-11.0 (1879)
Dicembre '96	3.2	3.6 (-0.4)	12.0	-9.0	21.0 (1994)	-12.0 (1985)
Gennaio '97	3.4	2.7 (+0.7)	13.5	-3.5	21.5 (1944)	-12.5 (1985)
Febbraio '97	5.6	4.0 (+1.6)	14.5	-4.5	23.0 (1990)	-11.0 (1991)
Marzo '97	11.9	7.9 (+ 4.0)	25.0	0.5	26.0 (1938)	-8.0 (1971)
Aprile '97	12.5	11.5 (+1.0)	24.0	1.0	29.0 (1896)	-1.0 (1986)
Maggio '97	17.4	15.8 (+1.6)	29.0	5.0	31.5 (1945)	1.0 (1984)
Giugno '97	19.1	19.6 (-0.5)	28.5	8.5	37.0 (1931)	5.5 (1986)
Luglio '97	22.2	22.7 (-0.5)	31.5	11.0	37.5 (1911)	8.5 (1979)
Agosto '97	22.8	21.7 (+1.1)	30.0	12.5	36.0 (1923)	5.0 (1931)
Settembre '97	19.7	17.5 (2.2)	29.0	9.5	33.0 (1988)	-2.0 (1919)
Ottobre '97	13.0	12.4 (+0.6)	28.0	-2.5	28.0 (1918)	-3.5 (1921)
Novembre '97	6.9	6.9 (==)	14.5	-1.5	24.0 (1938)	-11.0 (1879)
Dicembre '97	4.0	3.6 (+0.4)	14.0	-2.5	21.0 (1944)	-9.0 (1996)
Gennaio '98	3.1 (su 16 gg)	2.8 (+0.3)	12.0	-5.0	21.5 (1944)	-12.5 (1985)
Febbraio '98	7.3	4.0 (+3.3)	20.5	-4.0	23.0 (1990)	-11.0 (1991)
Marzo '98	8.9	8.1 (+0.8)	20.5	-2.0	26.0 (1938)	-2.1 (1932)
Aprile '98	10.6	11.5 (-0.9)	22.5	-0.5	29.0 (1896)	-1.0 (1986)
Maggio '98	17.7	15.9 (+1.8)	28.5	7.0	31.5 (1945)	1.0 (1984)
Giugno '98	21.4	19.6 (+1.8)	29.5	9.0	37 (1931)	5.5 (1986)
Luglio '98	23.9	22.7 (+1.2)	33.0	13.0	37.5 (1911)	8.5 (1979)
Agosto '98	23.7	21.8 (+1.9)	33.0	10.5	36.0 (1923)	5.0 (1931)
Settembre '98	17.4	17.5 (-0.1)	25.5	7.5	33.0 (1988)	-1.8 (1919)
Ottobre '98	12.2	12.4 (-0.2)	24.0	4.5	28.0 (1997)	-3.5 (1921)
Novembre '98	5.3	6.9 (-1.6)	17.0	-5.5	24.0 (1938)	-11.3 (1879)
Dicembre '98	3.0	3.6 (-0.6)	14.0	-5.5	21.0 (1984)	-9.5 (1893)
Gennaio '99	4.4	2.8 (+1.6)	14.5	-4.5	21.5 (1944)	-11.0 (1929)
Febbraio '99	5.7	4.1 (+1.6)	18.0	-7.0	23.0 (1990)	-11 (1991)
Marzo '99	9.0	8.1 (+0.9)	21.0	-1.0	26 (1938)	-8.0 (1971)
Aprile '99	12.9	11.5 (+1.4)	22.5	2.0	29 (1896)	-1.0 (1986)
Maggio '99	18.3	15.9 (+2.4)	27.0	10.0	31.5 (1945)	1.0 (1984)
Giugno '99	20.4	19.6 (+0.8)	30.0	10.0	37.0 (1931)	5.5 (1986)
Luglio '99	23.7	22.7 (+1.0)	31.0	15.0	37.5 (1911)	8.5 (1979)
Agosto '99	22.1	21.8 (+0.3)	30.0	14.0	36.0 (1923)	5.0 (1931)
Settembre '99	19.2	17.5 (+1.7)	27.0	12.5	33.0 (1988)	-1.8 (1919)
Ottobre '99	12.8	12.4 (+0.4)	23.0	4.0	28.0 (1997)	-3.5 (1921)
Novembre '99	6.6	6.9 (-0.3)	17.5	-2.5	24.0 (1938)	-11.0 (1879)
Dicembre '99	2.6	3.6 (-1.0)	10.0	-6.0	21 (1984)	-9.5 (1893)
Gennaio '00	2.6	2.8 (-0.2)	18.0	-7.0	21.5 (1944)	-12.5 (1985)
Febbraio '00	6.0	4.1 (+1.9)	17.0	-3.0	23.0 (1980)	-11.0 (1991)
Marzo '00	9.5	8.1 (+1.4)	24.5	-1.0	26.0 (1938)	-8.0 (1971)
Aprile '00	12.2	11.5 (+0.7)	25.5	3.0	29.0 (1896)	-1.0 (1986)
Maggio '00	18.5	16.0 (+2.5)	26.0	11.5	31.5 (1945)	1.0 (1984)
Giugno '00	22.5	19.7 (+2.8)	30.5	14.0	37.0 (1931)	5.5 (1986)
Luglio '00	21.7	22.7 (-1.0)	30.0	10.0	37.5 (1911)	10.8 (1939)
Agosto '00	23.1	21.8 (+1.3)	33.0	13.0	36.0 (1923)	5.0 (1931)
Settembre '00	18.6	17.6 (+1.0)	26.0	11.0	33.0 (1988)	-1.8 (1919)
Ottobre '00	12.7	12.4 (+0.3)	22.5	6.5	28.0 (1997)	-3.5 (1921)
Novembre '00	6.8	6.9 (-0.1)	15.5	0.0	24.0 (1938)	-11.5 (1878)
Dicembre '00	4.5	3.6 (+0.9)	12.0	-5.0	21.0 (1984)	-9.5 (1893)
Gennaio '01	--	--	--	--	--	--

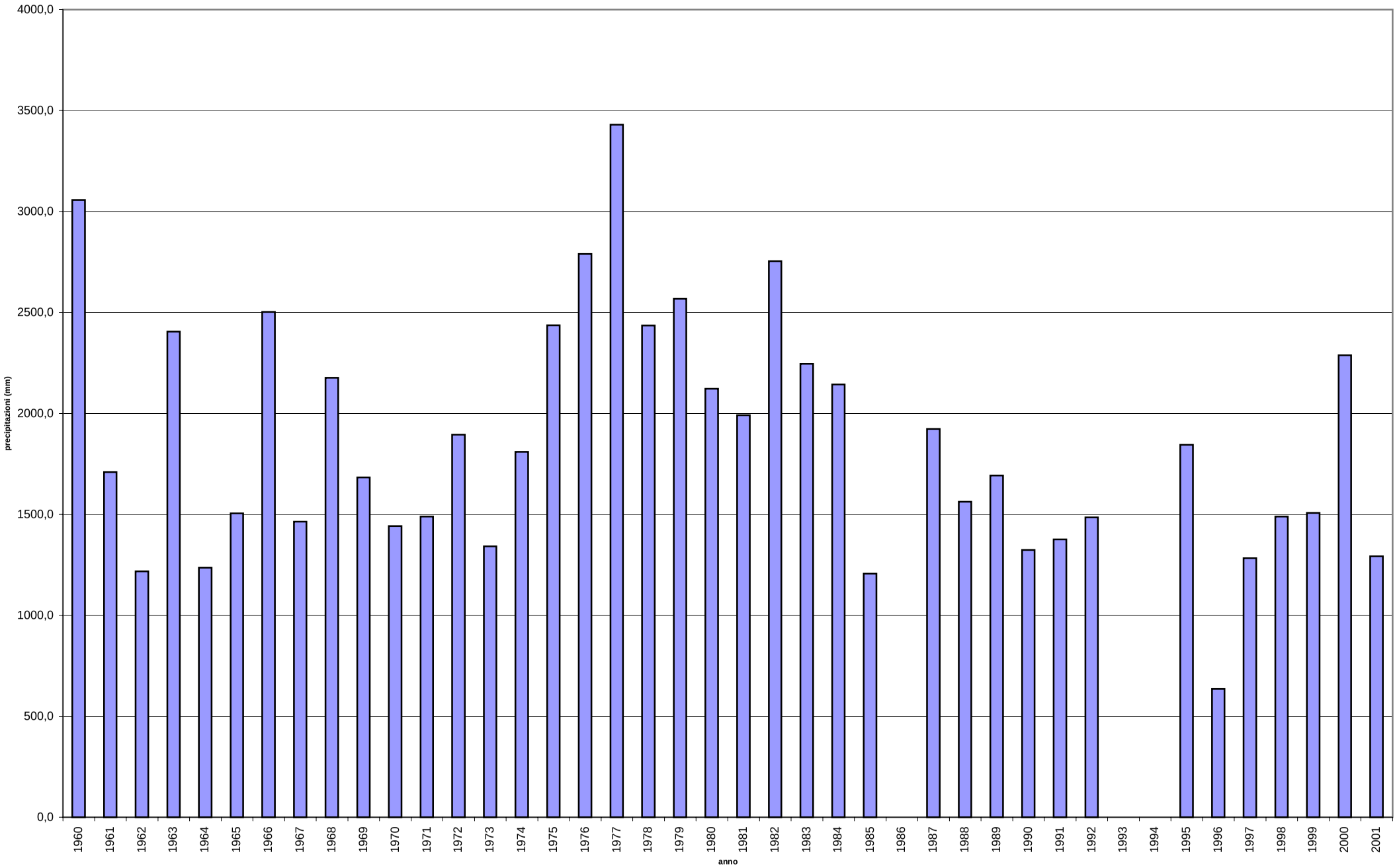
Febbraio '01	6.1	4.2 (+1.9)	20.0	-3.0	23.0 (1990)	-11.0 (1991)
Marzo '01	9.3	8.2 (+1.1)	21.0	-2.0	26.0 (1938)	-8.0 (1971)
Aprile '01	11.5	11.5 (==)	21.5	0.5 5	29.0 (1896)	-1.0 (1986)
Maggio '01	18.7	16.1 (+2.6)	32.0	10.0	31.5 (1945) 30.0 (1986)	1.0 (1984)
Giugno '01	20.7	19.7 (+1.0)	31.5	7.0	37.0 (1931) 34.5(1996)	5.5 (1986)
Luglio '01	23.1	22.7 (+0.4)	32.0	13.0	37.5 (1911) 36.5 (1983)	8.5 (1979)
Agosto '01	23.7	21.9 (+1.8)	33.0	13.0	36.0 (1923) 34.0 (1994)	5.0 (1931)
Settembre '01	15.6	17.6 (-2.0)	25.0	6.0	33.0 (1988)	-1.8 (1919)
Ottobre '01	14.8	12.4 (+2.4)	23.0	6.0	28.0 (1997)	-2.5 (1997)
Novembre '01	9.0	6.9 (+2.1)	19.5	3.0	24.0 (1938)	-11.5 (1879)

Nota: per il periodo 1965-2000 dati rilevati dal CGP

Per dati antecedenti si fa riferimento a M. Moja "Ricerca Statistica sugli Elementi Meteorologici sul clima di Varese"-1954. I dati per il mese di novembre sono aggiornati al giorno 08/11/2001.

Tabella 2 – andamento delle temperature medie mensili nel periodo 1996-2001 con riferimento alla serie storica degli ultimi 33 anni

Fig. 5 - andamento delle precipitazioni annue relativamente al periodo 1960-2001



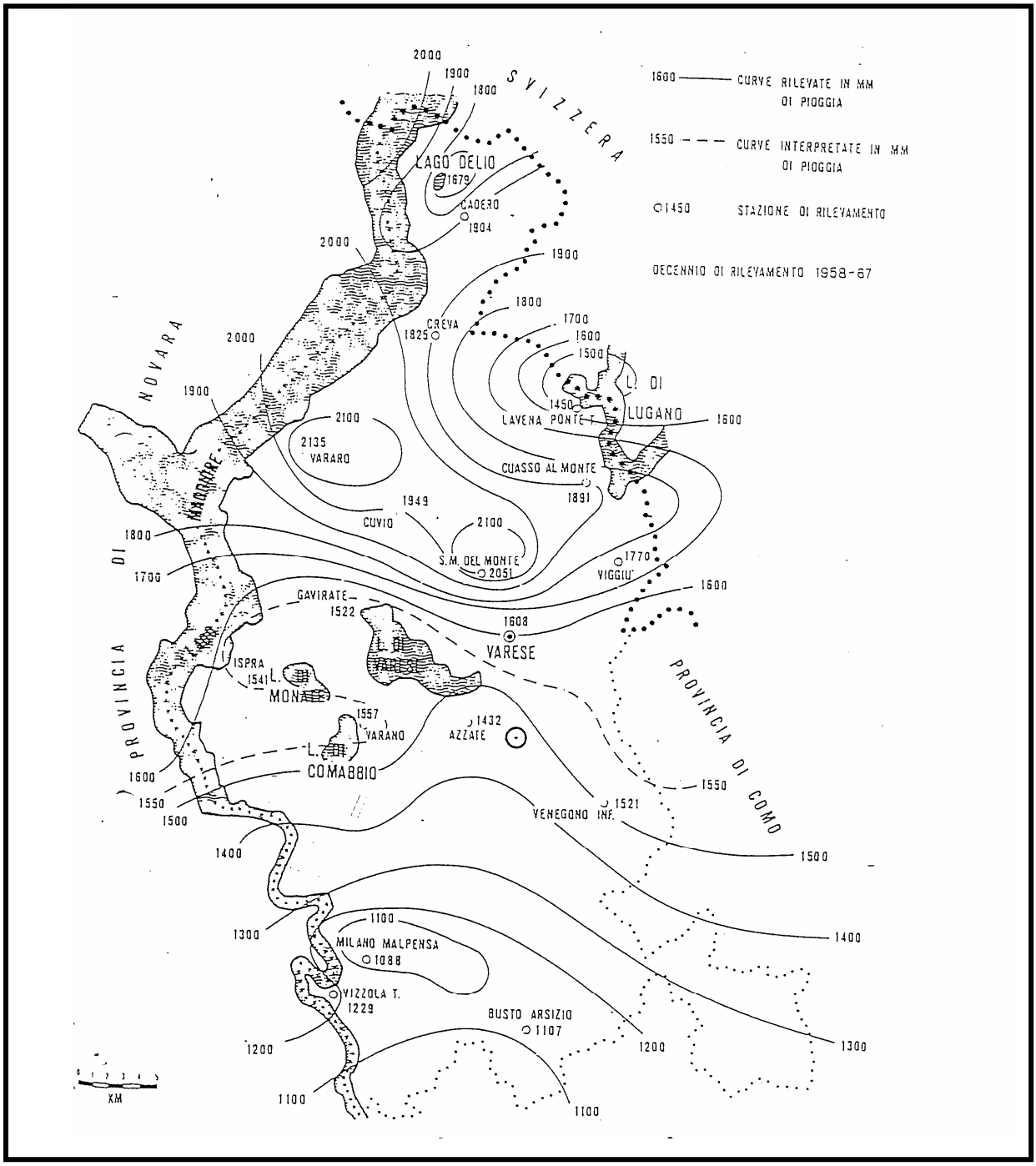


Figura 6 – isoiete riferite alla Provincia di Varese (da "*Il clima delle province di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici*" – S. Belloni, 1975)

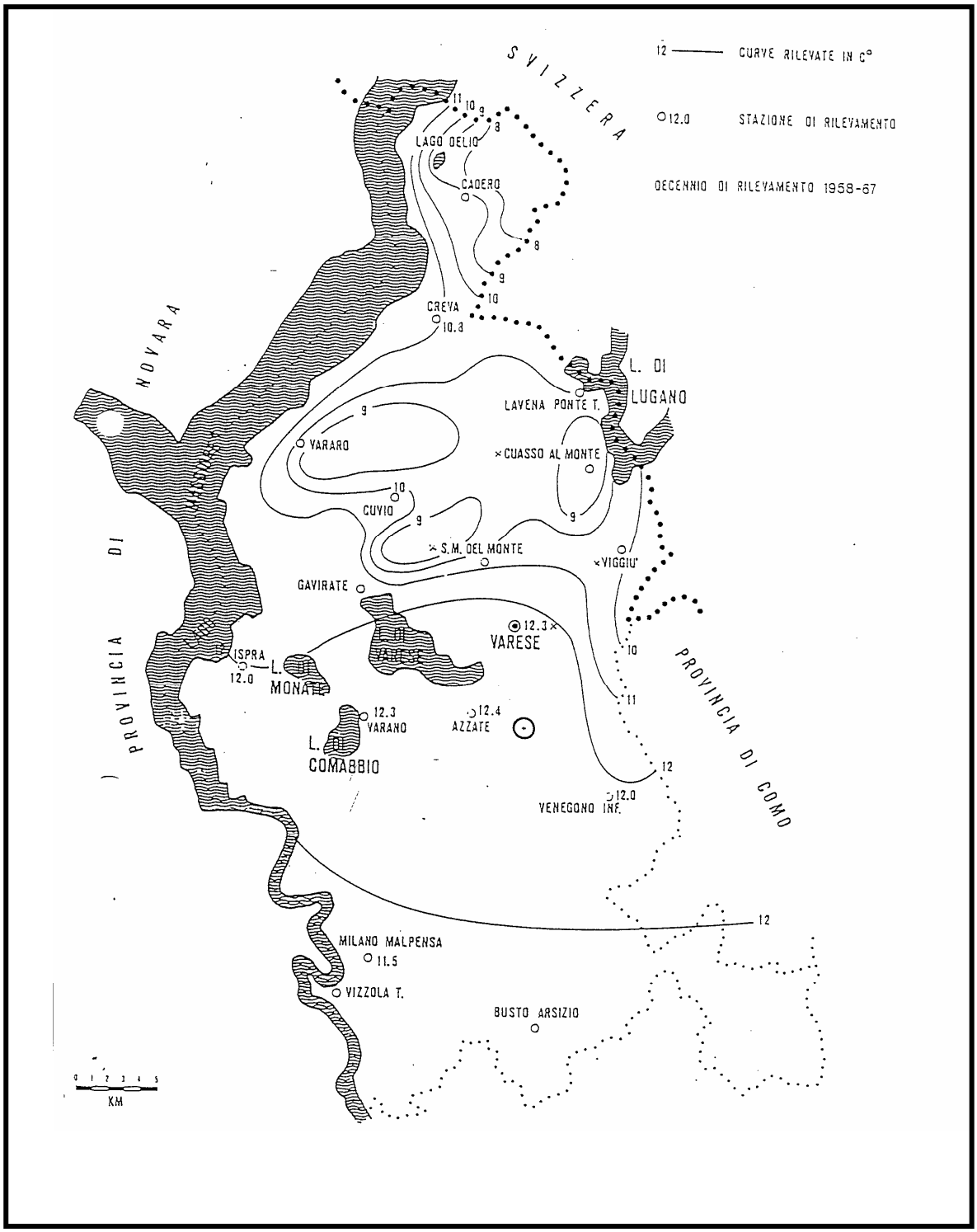


Figura 7 – isoterme riferite alla Provincia di Varese (da "*Il clima delle province di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici*" – S. Belloni, 1975)

T: temperatura media annua in gradi centigradi

Senza entrare nel merito del calcolo, facendo riferimento ai dati di bibliografia, si nota come il valore di evapotraspirazione possa variare fra percentuali dal 30 al 55 %: tali valori indicano come una discreta porzione degli apporti meteorici riesca effettivamente ad infiltrarsi nel sottosuolo e ciò potrebbe essere in relazione all'estensione del fenomeno carsico, tale da favorire un generale elevato assorbimento delle precipitazioni stesse.

Data l'acclività del territorio mediamente piuttosto elevata si ritiene che la rimanente porzione di apporti meteorici che non riesce a penetrare nel terreno vada a originare fenomeni di ruscellamento superficiale.

7.2 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Le principali aste torrentizie nel territorio comunale possono essere ricondotte a tre e precisamente la Valle di Bignes, il Torrente del Runchè in località Brena e il Torrente Gottardo che rappresenta il corso d'acqua più importante di tutta l'area in esame nel quale, fra l'altro, confluiscono tutti i corsi d'acqua secondari che interessano i versanti occidentale del Monte S. Martino, meridionale del Monte Colonna e orientale del Monte Rossel.

Il Torrente Gottardo si origina nell'ampia conca, aperta verso sud, originata dai suddetti versanti, dalla confluenza della Valle del Ferro, Valle del Crocco e Valle Foppe, intersecanti l'Alpe di Duno.

Si sviluppa nella porzione occidentale del territorio comunale di Duno marcando, per un certo tratto, il limite amministrativo fra i comuni di Duno e Cuveglio.

E' un corso d'acqua con tipiche caratteristiche torrentizie determinate da periodi di piena nelle stagioni autunnali e primaverili (coincidenti con i picchi pluviometrici del territorio) e secche estive.

L'elevata pendenza media dell'asta idrica (circa 27 %) unitamente a quella dei versanti ad essa adiacenti (che non raramente raggiunge valori dell'ordine del 40 - 65 %) determinano tempi di corrivazione piuttosto brevi con fenomeni di piena

accompagnati da un significativo trasporto solido costituito da materiale per lo più derivante dai depositi di versante distribuiti su spessori variabili e, localmente, anche notevoli.

7.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

I caratteri idrogeologici di un'area sono strettamente regolati dalla litologia, dalla geometria dei corpi rocciosi e dall'assetto strutturale delle unità litostratigrafiche.

Dato che di tali elementi si è diffusamente trattato nel capitolo dedicato alla geologia per una più completa caratterizzazione del territorio dal punto di vista idrogeologico in questa sede verranno presi in considerazione altri aspetti altrettanto importanti quali la permeabilità dei litotipi presenti, l'andamento della falda e la vulnerabilità della stessa.

7.3.1 Metodologia per il calcolo della permeabilità

Dato il carattere generale della presente trattazione e vista la mancanza di dati puntuali, i valori di permeabilità sono stati stimati su grande scala utilizzando *range* di ragionevole ampiezza.

In mancanza di prove di permeabilità, che per costi e caratteristiche non sono compatibili con gli scopi del lavoro ci si è basati, per la definizione di tale parametro, su un approccio empirico fondato sui concetti teorici utilizzati negli studi idrogeologici generali.

La stima della permeabilità, concettualmente differente nei depositi incoerenti e negli ammassi rocciosi, è stata fatta in modo separato valutando essenzialmente le differenti modalità di circolazione del fluido e basandosi prevalentemente sui dati riportati nella bibliografia corrente.

Per una prima valutazione della **permeabilità in terreni sciolti** si è proceduto mediante il confronto fra i dati riportati in letteratura come tipici per le varie unità ed il confronto con semplici formule empiriche, di vasto utilizzo (anche se molto approssimative) quali la formula di Hazen, che si basa sulle dimensioni dei grani, valutata mediante apposita granulometria.

La formula dice che:

$$K= (D10)^2$$

Dove

K= coefficiente di permeabilità espressa in m/s 10^{-4}

D10= diametro corrispondente al 10% di passante, espresso in mm.

I risultati ottenuti con questa formula sono stati confrontati con metodi grafici, validi per terreni omogenei, quali i grafici di Prough, riportati nella figura 8.

La permeabilità così definita è quella "subsuperficiale" come rappresentato nello schema di fig. 9 che illustra tale concetto sintetizzando le porzioni dei depositi che devono essere attraversati dalle acque meteoriche e/o dai fluidi provenienti dal piano campagna per raggiungere la falda.

Dato che è ragionevole supporre che su buona parte del territorio comunale lo spessore dei depositi incoerenti e la continuità degli stessi non siano tali da garantire la presenza di falde significative (escludendo eventuali falde sospese) si ritiene che la circolazione idrica all'interno di tali materiali sia piuttosto limitata e si trasferisca direttamente al substrato roccioso.

Per quanto concerne la **permeabilità degli ammassi rocciosi**, tenendo presente che laddove la roccia è integra risulta impermeabile, bisogna fare riferimento al concetto di permeabilità secondaria regolata dallo stato fisico della stessa cioè dalle discontinuità eventualmente presenti, dalle loro caratteristiche geometriche e tecniche (frequenza, spaziatura, ampiezza, riempimento delle discontinuità), dallo stato di fratturazione e dalla presenza o meno di fenomeni carsici legati alla solubilità della roccia.

Se ne deduce quindi che, in un ammasso roccioso, la circolazione idrica è circoscritta alle zone fratturate e/o carsificate potendo avvenire in forma concentrata o diffusa a seconda della frequenza e delle dimensioni delle suddette discontinuità e che quindi la permeabilità può risultare estremamente variabile (figura 10).

Anche la valutazione della **vulnerabilità dell'acquifero** costituisce un valido strumento di pianificazione territoriale in quanto mette in evidenza le zone in cui

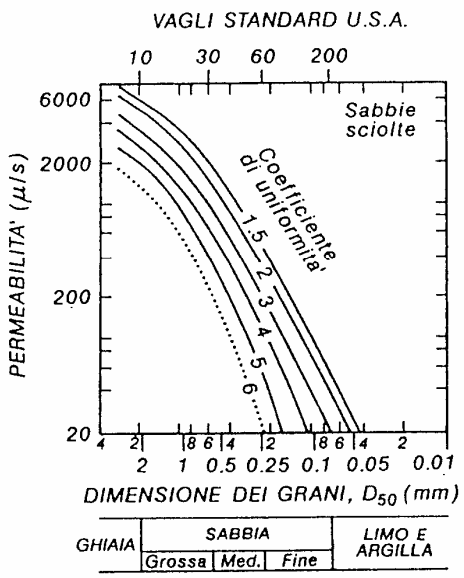


Figura .1
Valutazione del coefficiente di permeabilità di una sabbia sciolta in base alla dimensione dei grani (D_{50}) ed al grado di uniformità (U). (*Prugh B.J.*, 1959).

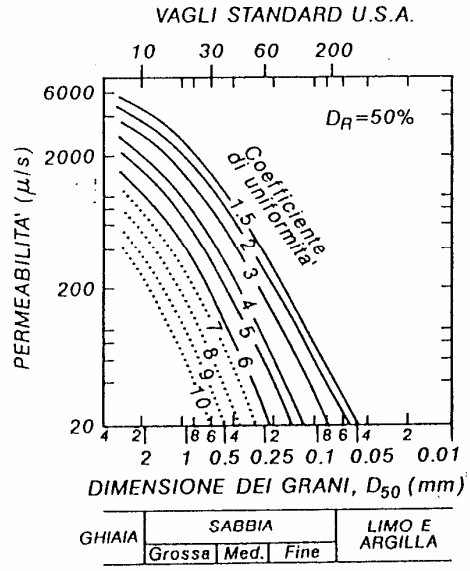


Figura .2
Valutazione del coefficiente di permeabilità di una sabbia mediamente densa ($D_R \simeq 50\%$) in base alla dimensione dei grani (D_{50}) ed al grado di uniformità (U). (*Prugh B.J.*, 1959).

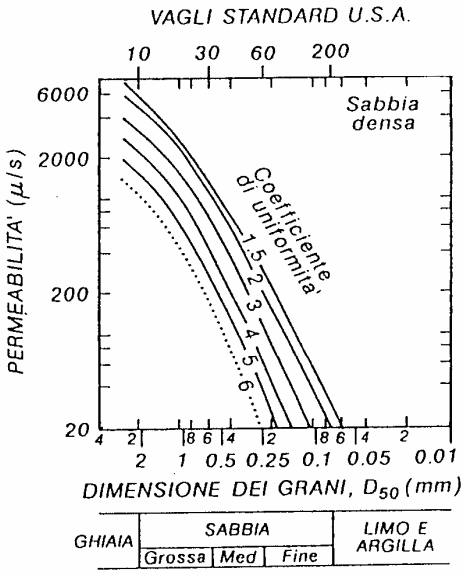


Figura .3
Valutazione del coefficiente di permeabilità di una sabbia densa in base alla dimensione dei grani (D_{50}) ed al grado di uniformità (U). (*Prugh B.J.*, 1959).

Figura 8 – stima della permeabilità mediante la granulometria secondo Prugh (da Cestari, 1990)

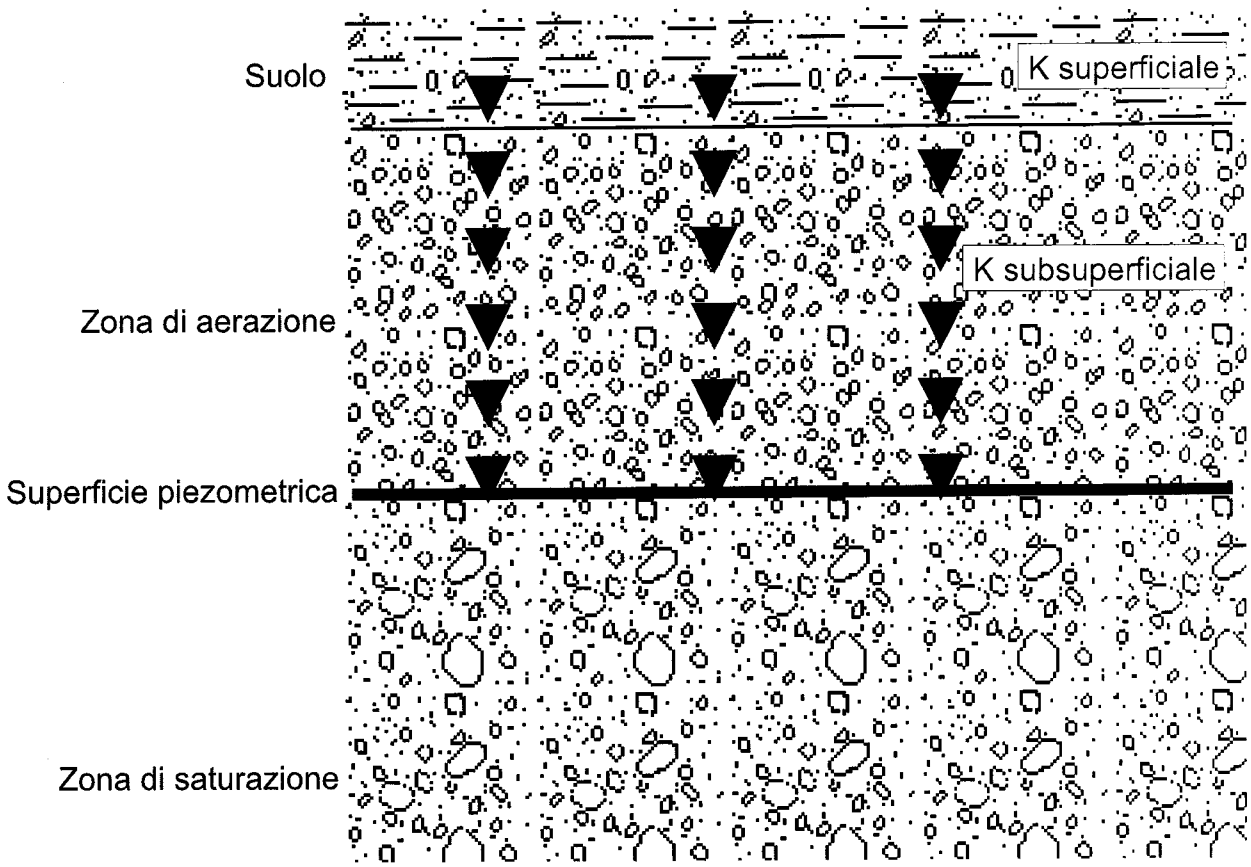
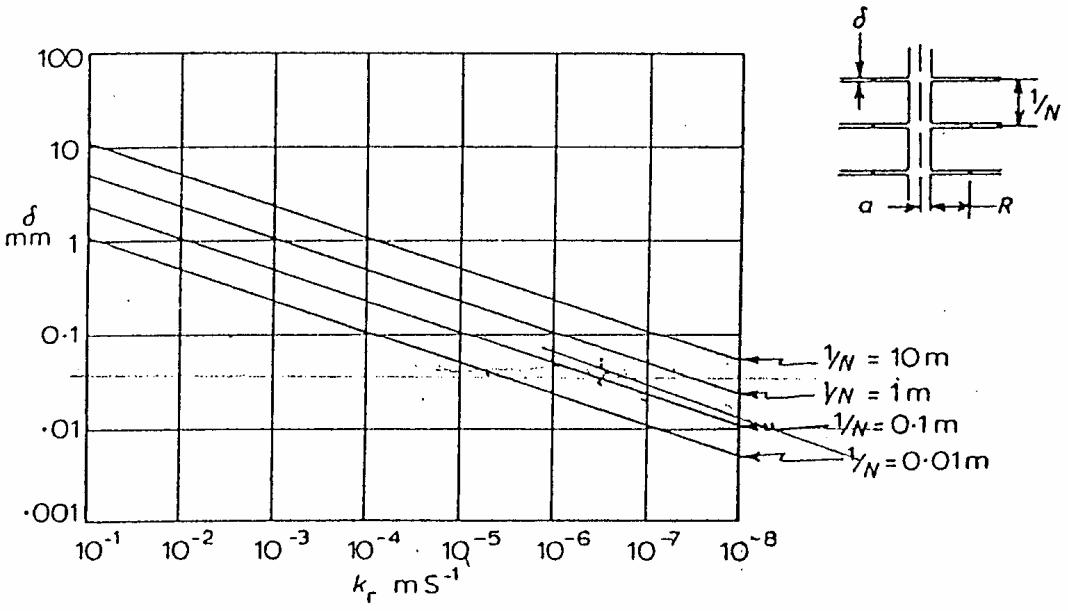


Figura 9 - Schema di sintesi del deflusso per percolazione verso la falda



Valutazione dell'apertura delle fratture al variare della spaziatura e della permeabilità

k_r m s^{-1}	apertura mm 1/N = 10 m	1/N = 1 m	1/N = 0.1 m	1/N = 10 mm
10^{-1}	11.5	5.3	2.5	1.15
10^{-2}	5.3	2.5	1.15	0.53
10^{-3}	2.5	1.15	0.53	0.25
10^{-4}	1.15	0.53	0.25	0.115
10^{-5}	0.53	0.25	0.115	0.053
10^{-6}	0.25	0.115	0.053	0.025
10^{-7}	0.115	0.053	0.025	0.011
10^{-8}	0.053	0.025	0.011	0.005

Figura 10 – rapporti fra permeabilità e discontinuità dell'amasso roccioso

maggiore è la facilità di contaminazione delle acque sotterranee da parte di una eventuale fonte inquinante.

Diversi sono i fattori principali che regolano la vulnerabilità di un acquifero (Civita,1994); essi da una parte sono legati alla velocità di passaggio dalla superficie alla falda dell'eventuale inquinante, dall'altra alle caratteristiche del deflusso sotterraneo e dai fenomeni di possibile attenuazione dell'impatto intrinsechi all'ambiente.

Il tempo di transito dell'inquinante è legato a diversi fattori:

- la soggiacenza della falda, e cioè dallo spessore dell'aerato;
- le caratteristiche litostratigrafiche dell'aerato;
- le caratteristiche di permeabilità dell'aerato;
- le caratteristiche della copertura del suolo e la sua capacità di ritenzione specifica;
- la densità, viscosità e solubilità dell'inquinante;
- la ricarica attiva media globale della falda.

Il deflusso sotterraneo è funzione:

- delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero;
- della sua struttura, geometria e gradiente idraulico;

e quindi, la capacità di attenuazione dell'impatto degli inquinanti è regolata da:

- temperatura dell'acqua e delle rocce acquifere;
- caratteristiche dell'inquinante;
- spessore, tessitura, composizione mineralogica, ..., del suolo e dell'aerato, come visto nelle voci precedenti.

In primissima approssimazione gli elementi più importanti che concorrono a questa valutazione sono legati a due fattori:

- lo spessore, la litologia e la permeabilità della copertura superficiale (strato non saturo);
- la profondità e le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero.

Gli elementi principali da considerare, soprattutto nella valutazione della vulnerabilità verticale sono quindi la velocità di infiltrazione (Vi), la soggiacenza della

falda (S) e, di riflesso, il tempo di arrivo (Ta) del potenziale inquinamento in falda; questi fattori sono legati da un rapporto del tipo:

$$Ta = S / Vi$$

Analoghi concetti determinano la valutazione della vulnerabilità orizzontale (che tiene conto della diffusione dell'inquinante nell'acquifero) e della vulnerabilità complessiva (data dal rapporto fra vulnerabilità verticale ed orizzontale); la stima di questi fattori richiede però la conoscenza di parametri che nel nostro caso non sono disponibili e andranno ricercati puntualmente una volta nota l'area direttamente interessata dall'intervento di progetto.

E' altresì possibile stimare una vulnerabilità verticale utilizzando la tabella riportata in figura 11 (De Luca, Verga, 1991) dove il suddetto parametro è legato direttamente alla durata del periodo necessario ad una sostanza inquinante per giungere dalla superficie alla falda.

Tali metodi, vista la particolare natura dell'area di studio caratterizzata fondamentalmente dalla presenza di un acquifero fessurato coincidente con il substrato lapideo e caratterizzato da una falda di difficile definizione con valori di permeabilità molto variabili, risultano di difficile applicazione.

E' pertanto più opportuno ricorrere al concetto di vulnerabilità intrinseca che tiene conto della facilità con cui un generico inquinante idroveicolato, versato sulla superficie o nel primo sottosuolo, raggiunge la falda e la contamina: si è proceduto pertanto all'adozione di un metodo qualitativo basandosi sulla Legenda Unificata del CNR (Civita, 1990 e Civita, 1995) opportunamente modificata per adattarla alla realtà locale.

Si definiscono così sei classi di vulnerabilità: estremamente elevata, elevata, alta, media, bassa, bassissima o nulla.

TEMPO DI ARRIVO *	VULNERABILITA' VERTICALE
> 20 anni	MOLTO BASSA
20 - 10 anni	BASSA
10 - 1 anno	MEDIA
1 anno - 1 settimana	ALTA
1 settimana - 24 ore	ELEVATA
< 24 ore	MOLTO ELEVATA

**) il tempo di arrivo Ta è dato dal rapporto fra la soggiacenza S e la velocità di infiltrazione Vi*

Figura 11 – classi di vulnerabilità verticale (De Luca & Verga, 1991)

7.3.2 Carta di inquadramento idrogeologico

Nel complesso l'assetto idrogeologico del territorio comunale di Duno (si veda in proposito la carta di inquadramento idrogeologico in allegato 3) è stato definito mediante l'identificazione di due complessi idrogeologici principali cioè entità che risultano costituite da materiali (rocce, gruppi di rocce o depositi sciolti) all'interno dei quali le caratteristiche idrogeologiche (permeabilità, circolazione idrica, …) sono da considerarsi omogenee.

Si ritiene ragionevole pensare, alla luce delle considerazioni fatte in precedenza circa lo spessore e la continuità dei depositi sciolti di copertura, che su buona parte dell'area di studio siano di primaria importanza i sistemi acquiferi sviluppati negli ammassi rocciosi carbonatici **(idrostruttura carbonatica del Monte Nudo)**; limitatamente al settore corrispondente alle aree maggiormente terrazzate di Bisio-Cantonaccio si può supporre che i depositi continentali possano dare origine ad un secondo complesso i cui caratteri verranno di seguito esposti.

L'idrostruttura carbonatica è costituita dal **complesso carbonatico intermedio**: interessa buona parte della zona di studio, soprattutto il settore a carattere più marcatamente "montuoso" della stessa.

Comprende dolomie biancastre a stratificazione massiccia (Dolomia Principale), dolomie calcaree localmente marnose (Dolomia del Campo dei Fiori) e calcari selciferi stratificati con locale presenza di interstrati marnosi (Calcare di Moltrasio).

La permeabilità primaria è bassa mentre quella secondaria risulta alta in relazione alle condizioni di fratturazione e/o stratificazione della roccia ed incrementata dalla presenza di fenomeni carsici particolarmente sviluppati.

La circolazione idrica avviene per fessurazione, paracarsismo e carsismo attenuato (DP, DCF, DC), per fratturazione, carsismo superficiale ed ipogeo nel Calcare di Moltrasio.

E' importante ricordare che fra i depositi di copertura ed il substrato roccioso integro è possibile registrare la presenza di acque sub superficiali circolanti, soprattutto a seguito di periodi particolarmente piovosi , nell'area dei depositi sciolti e del cappellaccio roccioso alterato e fratturato. Si tratta di acquiferi sospesi che hanno un

importante ruolo nella stabilità dei versanti, soprattutto in presenza di modificazione antropiche, quali scavi e rinterri.

In tale complesso il principale processo autodepurativo è la diluizione essendo scarsamente presenti suoli o depositi superficiali con spessore e continuità laterale tali da garantire una adeguata protezione dell'acquifero soggiacente: alla luce di queste osservazioni si ritiene ragionevole attribuire ad una rete acquifera con i suddetti caratteri un grado di vulnerabilità estremamente elevato.

La ricarica del sistema avviene principalmente per infiltrazione diretta delle acque meteoriche.

I depositi sciolti quaternari ampiamente diffusi nell'area terrazzata di Bisio-Cantonaccio ed in corrispondenza del nucleo urbano di Duno identificano invece il **complesso glaciale e fluvioglaciale** che risulta piuttosto eterogeneo dal punto di vista litologico.

Sono possibili all'interno (anche se non si hanno riscontri diretti sullo spessore) modeste falde con deflusso preferenziale nei livelli a granulometria più grossolana aventi come recapito modeste sorgenti.

Il ruolo svolto è, nel complesso, di livello impermeabile limitante l'infiltrazione delle acque meteoriche verso il substrato lapideo sottostante.

La permeabilità può variare, spesso anche in modo significativo, sia in senso verticale che laterale mantenendosi mediamente bassa; in base a tali considerazioni a tale complesso è stato attribuito un grado di vulnerabilità medio.

Nella carta di inquadramento idrogeologico, oltre alla definizione dei suddetti grandi complessi idrogeologici, sono stati cartografati anche i seguenti elementi:

Opere di captazione e reti tecnologiche

Nel territorio comunale di Duno sono presenti diverse sorgenti con caratteristiche eterogenee spesso geneticamente legate al carsismo ipogeo che interessa diffusamente l'area di studio e rappresentano gli sbocchi superficiali della complessa canalizzazione sotterranea.

Indicativamente i sistemi di risorgenza sono distribuiti entro una fascia altimetrica compresa fra i 300 e 900 m s.l.m.

La distribuzione altimetrica non casuale delle sorgenti (che corrisponde o si approssima alle quote di maggior terrazzamento della zona in esame) e l'addensamento dei sistemi attualmente a maggiore attività intorno ai 500 m s.l.m. è stata interpretata come il risultato di una progressiva migrazione verso il basso del livello della falda nel complesso carbonatico del Monte S. Martino.

Gran parte delle sorgenti censite sul territorio comunale è captata in loco per alimentare piccole fontane o non risulta captata.

In particolare in allegato 3 sono state riportate le sorgenti pubbliche ed i pozzi censiti nell'ambito del territorio comunale utilizzando per le singole captazioni il medesimo codice identificativo adottato nel rapporto VAS.

Oltre alle sorgenti pubbliche sono state cartografate altre emergenze idriche (prive di codice identificativo) riconosciute durante le campagne di rilevamento sul territorio.

Complessivamente risultano censite sei sorgenti ed un pozzo; la rete acquedottistica è gestita dal Comune.

Di seguito si propone una tabella che riassume le caratteristiche delle sorgenti pubbliche censite nell'ambito del territorio comunale:

ELENCO SORGENTI AD USO POTABILE		
codice sorgente	**denominazione**	**proprietà**
312066001 (1)	Duno-Turegiun	Comune Duno - Cuveglio
312066002.1 (2.1)	Campadè	Comune Duno
312066002.2 (2.2)	Campadè	Comune Duno
ELENCO SORGENTI AD USO NON POTABILE		
codice sorgente	**denominazione**	**proprietà**
312066003 (3)	Campadè	Comune Duno
312066004 (4)	S. Francesco-Arbi	Comune Duno
312066005 (5)	Sopra Alpe Bisio	Comune Duno (non concessa)

Allo stato attuale il fabbisogno idropotabile del Comune è garantito esclusivamente dalla sorgente n. 1 denominata *Turegiun* (cod. 312066001) in quanto le sorgenti *Campadé* (2.1 e 2.2) hanno fatto spesso registrare problemi di contaminazione microbiologica.

Le acque della sorgente Turegiun (portata media 3.5 l/sec) sono captate in ragione di 1/3 dal Comune di Duno mentre la quota rimanente alimenta la rete idropotabile di Cuveglio; quelle destinate a Duno sono convogliate al serbatoio denominato "Lavatoio" sottoposte a debatterizzazione con sistema UV e rilanciate al serbatoio Croce dal quale per caduta raggiungono le utenze.

Il complesso delle sorgenti del Turegiun-condotta dello Spartiacque (rappresentato in figura 12) presenta sbocchi situati a circa 90 metri di distanza l'uno dall'altro, in sinistra orografica del Torrente Gottardo.

La portata delle sorgenti (secondo quanto reperito in bibliografia) varia da < 10 l/s nei periodi di magra a oltre 80 l/s con picchi fino a 100-150 l/s durante le piene.

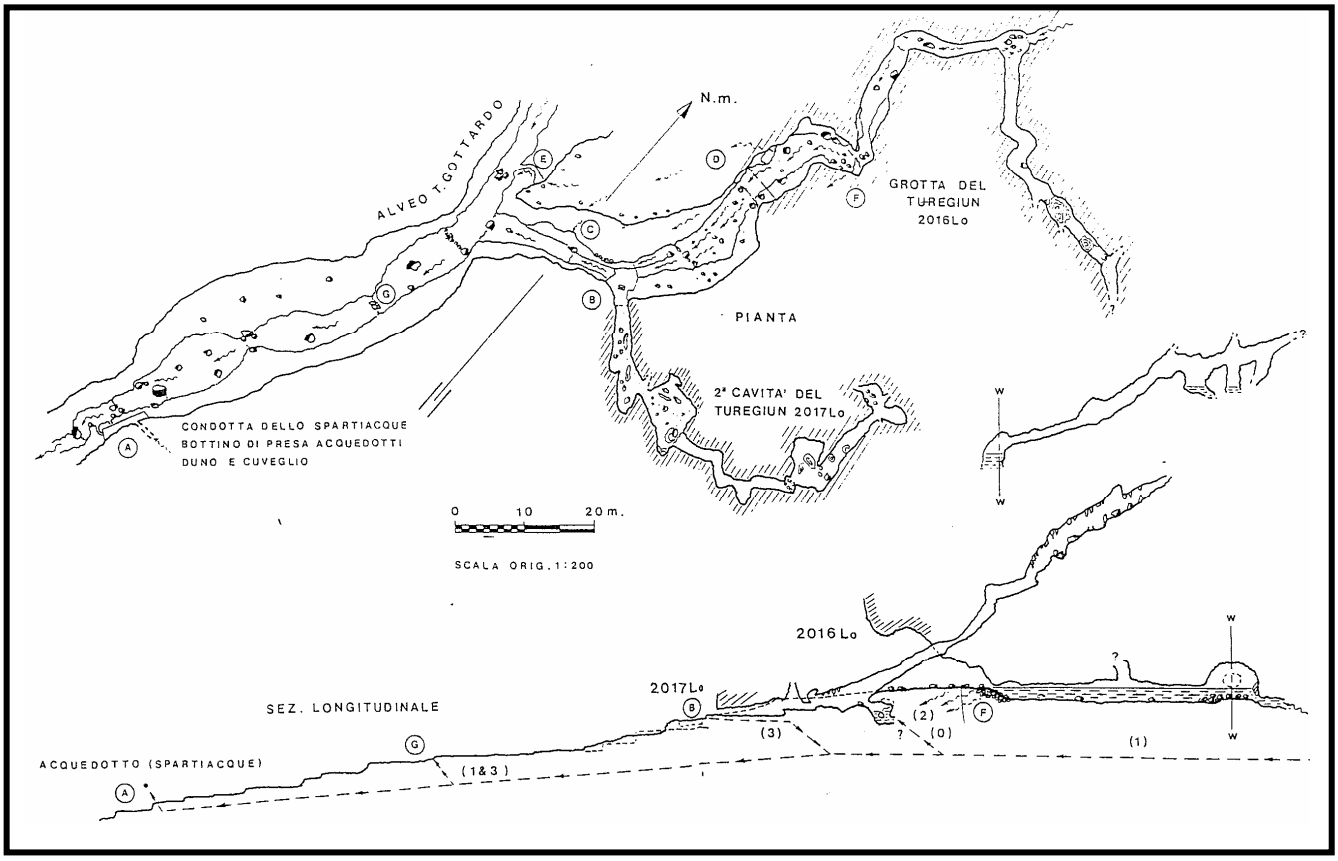


Figura 12 – complesso Grotte del Turegiun, condotta dello Spartiacque e alveo del Torrente Gottardo (da "*Il fenomeno carsico e l'idrologia ipogea del complesso M. San Martino – M. Colonna – M. Rossel (Valcuvia – VA)*")

I valori di portata molto elevati, l'assenza di altre sorgenti a sud della faglia di Duno (che verosimilmente svolge un'azione di sbarramento ai deflussi sotterranei) e le morfologie dei tratti esplorati tendono a farle ritenere come il principale recapito di una "falda" sospesa (cioè una serie di vani carsici intercomunicanti in grado di immagazzinare una riserva idrica limitata superiormente dall'ideale superficie piezometrica passante per lo sbocco del Turegiun) in cui converge un insieme di vie di drenaggio ipogee.

A confermare tale ipotesi vi è da considerare il fatto che il livello minimo delle acque del sifone del Turegiun non varia sia che il periodo di magra risulti breve o si protragga per svariate settimane.

I deflussi ipogei, condizionati evidentemente anche dalla presenza della sinclinale di Duno, risultano avere una direzione preferenziale SSW a partire dal culmine del S. Martino.

Generalmente il tempo di ritardo tra precipitazioni ed incremento della portata varia mediamente fra i 2/4 giorni e una settimana in relazione alle condizioni di imbibimento dei materiali all'atto degli apporti meteorici; le misure termometriche (con riferimento agli anni 1974/'77) hanno messo in evidenza temperature piuttosto costanti delle acque (massimo 10,2 °C e minimo di 9,8) il che induce a pensare all'esistenza di una considerevole massa idrica prossima allo stato di equilibrio e che la "falda" si sviluppi ampiamente ad una quota assai prossima a quella di sbocco delle acque.

Esperimenti con traccianti effettuati negli anni citati hanno infine inequivocabilmente provato la connessione tra la grotta di S. Martino e le risorgenze del Turegiun e, di conseguenza, l'identicità delle acque Turegiun sifone e Sorgente dello Spartiacque.

Le sorgenti n. 3, 4 e 5 pur essendo di proprietà del Comune di Duno non sono concesse ad uso idropotabile; si rimanda all'appendice 2 per la consultazione delle schede sorgenti (allegato 10 criteri attuativi L.R. 12/05).

Sul territorio comunale esiste un solo pozzo (individuato con il numero 1 di riferimento in allegato 3), profondo 21 metri, concesso all'Azienda Agricola Alpe di

Duno ad uso potabile, igienico-sanitario e zootecnico per una portata media pari a 0.05 l/sec.

La concessione è stata rilasciata dalla Provincia di Varese-Settore Ecologia ed Energia con provvedimento n. 5411 del 23 dicembre 2008 prot. n. 134080/11.05.G.50002

Oltre alle captazioni in allegato 3 è stato riportato il tracciato della rete dell'acquedotto e quello della rete fognaria.

A completamento della carta sono stati individuati inoltre:

- produttori reali e potenziali di inquinamento delle acque sotterranee

- preventori-riduttori dell'inquinamento;

- elementi strutturali (faglie, fratture e assi di pieghe in quanto elementi in grado di condizionare in maniera significativa l'infiltrazione e lo scorrimento delle acque sotterranee).

In allegato 3/a viene proposta una sezione idrogeologica che individua le caratteristiche dei complessi idrogeologici ed esemplifica le modalità di circolazione delle acque sotterranee entro il complesso carbonatico.

7.4 CONSIDERAZIONI GENERALI

Sulla base delle considerazioni fatte in questo capitolo si possono trarre le seguenti conclusioni:

- la struttura idrogeologica del territorio comunale data la conformazione "montuosa" dello

stesso risulta per sua natura complessa e articolata.

Volendo rappresentarla in maniera schematica si può pensare ad essa come costituita da due principali complessi idrogeologici: il complesso del substrato lapideo e il complesso dei depositi sciolti plio-quaternari quest'ultimo limitato alle aree terrazzate di Bisio-Cantonaccio dove maggiore potrebbe essere la potenza e la continuità dei materiali incoerenti.

- il complesso del substrato lapideo è composto da rocce a dominante carbonatica in cui si è sviluppato un reticolato ipogeo (cavità carsiche) estremamente articolato che costituisce il percorso preferenziale per lo spostamento delle acque sotterranee. L'elevata permeabilità (secondaria) e la scarsità o assenza di suoli o di depositi con spessore e continuità tali da garantire una adeguata protezione dell'acquifero fanno si che tale complesso presenti un grado di vulnerabilità da elevato ad estremamente elevato fatto di cui bisognerà tenere conto in sede di pianificazione territoriale.
- il movimento delle acque sotterranee che risulta condizionato fortemente dalle strutture tettoniche presenti (sinclinale di Duno, faglie, *etc*.) e dalle condizioni di giacitura, stratificazione e fratturazione degli ammassi rocciosi presenta una direzione media SSW a partire dalla zona di culmine del M.te S. Martino.
- sul territorio comunale sono presenti svariate sorgenti la cui distribuzione assolutamente non casuale ma in corrispondenza di fasce altimetriche piuttosto definite farebbe pensare ad esse come al recapito di una "falda sospesa" interessante il massiccio carbonatico del M.te S. Martino da intendersi piuttosto come una serie di vani carsici intercomunicanti in grado di immagazzinare una riserva idrica
- la presenza di sistemi sorgivi attivi a quote intorno ai 500-550 m s.l.m. caratterizzati da portate estremamente elevate (sorgenti del Turegiun-Spartiacque) farebbe pensare che l'attuale livello della "falda" sia all'oggi impostato intorno a tali quote.
- da non sottovalutare è anche la possibilità di una limitata circolazione idrica sub superficiale fra depositi di copertura e substrato roccioso, a carattere stagionale e direttamente collegato con le condizioni meteoriche, che possono assumere un certo rilievo in contesti locali

Data l'importanza che i sistemi sorgivi acquistano per il soddisfacimento dei fabbisogni idrici nel territorio comunale si sottolinea l'importanza di adottare e fare propri, in sede di pianificazione territoriale, quegli elementi normativi che garantiscano un'adeguata tutela di tali fonti di approvvigionamento.

7.5 BILANCIO IDRICO LOCALE

In questo paragrafo si espongono alcune considerazioni ai fini della valutazione della risorsa idrica locale in accordo alle prescrizioni di cui alle N.d.A. del PTCP.

Il passo iniziale consiste nella stesura del bilancio idrologico e nella stima dei volumi di ricarica-prelievo (o uscite) dal bacino di riferimento mediante la seguente equazione:

$$P = ET + R + I$$

in cui:

P = precipitazione media annua per la località di riferimento (espressa in mm/anno);

ET = evapotraspirazione (mm/anno);

R = perdite legate al ruscellamento superficiale (mm/anno);

I = infiltrazione efficace (mm/anno) che definisce l'aliquota della precipitazione lorda effettivamente in grado di infiltrarsi nel terreno alimentando la risorsa idrica sotterranea.

Per la definizione del parametro P sono stati presi come riferimento i valori delle precipitazioni medie annuali riferiti alle stazioni di Cuvio (1889-1978), Vararo (1924-1978), Lago d'Elio (1921-1976) e Marchirolo (1921-1946) per le quali si ricavano rispettivamente 1976.9 mm, 2326.7 mm, 1834.5 mm e 2114.6 mm (rif. "Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo" – Ceriani M., Carelli M.).

Ai fini del presente bilancio si assume come valore rappresentativo di P 1976.9 mm/anno della stazione di Cuvio che risulta la più prossima all'area di indagine e un valore di ET pari a 698 mm (rif. "Il fenomeno carsico e l'idrologia ipogea del complesso M. San Martino-M. Colonna-M. Rossel" – Centro Studi per il carsismo AA.VV.).

Il valore di P epurato dell'aliquota persa per via dell'evapotraspirazione fornisce il valore della precipitazione efficace Q parametro che, per il caso in questione, risulta pari a 1278.9 mm/anno.

La stima della quantità di acqua che si infiltra nel mezzo fessurato/carsico (I) determinando l'effettiva ricarica dell'acquifero si ricava moltiplicando il valore della precipitazione efficace (Q=P-ET) per un coefficiente χ detto coefficiente di infiltrazione potenziale ($I=Q*\chi$ in mm/anno).

Sulla base dei valori di portata registrati alle sorgenti Turegiun-Spartiacque (rif. "Il fenomeno carsico e l'idrologia ipogea del complesso M. San Martino-M. Colonna-M. Rossel" – Centro Studi per il carsismo AA.VV.) riferiti al 1974 (anno poco piovoso) e 1976 (molto piovoso) è stato stimato un valore del coefficiente di deflusso della rete ipogea (χ) pari rispettivamente a 0.91 e 0.72.

Assumendo cautelativamente il valore di χ inferiore, cioè 0.7 (che equivale a dire che il 70% della precipitazione efficace si infiltra nel mezzo roccioso), si ottiene un valore dell'infiltrazione I pari a 895 mm/anno che moltiplicato per la superficie del bacino di carico delle sorgenti (circa 2.425.000 mq) fornisce un volume prossimo a 2.170.500 mc/anno; il valore di R (perdita per ruscellamento) risulta pertanto essere di 383.9 mm/anno.

Ipotizzando un consumo medio pro-capite giornaliero pari a 250 l/giorno/abitante calcolati sulla popolazione residente effettiva di 150 abitanti (dati Area Tecnica Comune di Duno) si ottiene un consumo teorico di 13.687 mc/anno; alla popolazione residente si deve sommare un surplus di richiesta di altre 500 utenze stagionali (generalmente limitate al periodo giugno-settembre) con un incremento dei prelievi stimabile in almeno 15.000 mc.

Sulla base di quanto comunicato dall'Area Tecnica il fatturato annuo è stato di 15.441 mc.

Considerando che la sorgente Turegiun eroga mediamente 3.5 l/sec (dati del rapporto VAS), 1/3 delle quali alimenta l'acquedotto di Duno (circa 36.500 mc/anno), se ne ricava un bilancio positivo fra ricarica e prelievi con margini assolutamente sufficienti anche per quanto concerne il previsto incremento di popolazione (35 abitanti nei prossimi 10 anni).

Nonostante il bilancio sia positivo rimane comunque da non sottovalutare il fatto che l'approvvigionamento da sorgente è comunque suscettibile delle variazioni di portata delle stesse e legato essenzialmente all'andamento del regime meteorico che, in particolare negli ultimi anni, è risultato essere fortemente deficitario rispetto ai valori medi.

Quindi, nonostante una precipitazione media locale annua piuttosto elevata, una distribuzione mensile irregolare potrebbe comunque determinare un deficit estivo delle acque sorgentizie legato alla concomitanza di fattori sfavorevoli quali picco della richiesta delle utenze e dell'evapotraspirazione, minimo delle precipitazioni efficaci ed eventuale protrarsi di periodi siccitosi senza reintegro della riserva.

Posto che il complesso di sorgenti Turegiun-Spartiacque rappresenta la risorsa maggiormente atta allo sfruttamento idropotabile e che l'esiguo incremento di utenze determina un'incidenza trascurabile sui prelievi, rimane comunque da valutare l'ipotesi di procedere all'eventuale sfruttamento anche delle sorgenti minori di cui il territorio comunale è ricco.

7.6. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-IDROGEOLOGICHE SULLA POSSIBILITA' DI SMALTIMENTO NEL SUOLO DI ACQUE REFLUE PRESSO L'ALPE DI DUNO

Dal punto di vista idrogeologico l'Alpe di Duno è caratterizzata da depositi ascrivibili al "Complesso glaciale e fluvioglaciale" che comprende diamicton glaciali costituiti da ciottoli e massi scarsamente selezionati in matrice sabbiosa o limoso-argillosa, facies fluvioglaciali e di versante (coltri eluvio-colluviali) dello spessore variabile tra 10 e 20 m poggianti su substrato roccioso.

Sono presenti modeste falde con deflusso preferenziale nei livelli a granulometria più grossolana aventi come recapito piccole sorgenti di versante; l'idrostruttura funge di fatto parzialmente da impermeabile limitando generalmente l'infltrazione delle acque meteoriche verso il substrato lapideo.

Il substrato lapideo è interessato da intenso carsismo che facilita la veicolazione di un eventuale inquinante all'interno del sistema acquifero ipogeo.

L'ambito in esame alla luce delle considerazioni esposte è stato valutato a grado di vulnerabilità MEDIO.

A valle dell'area in esame lungo la valle del Gottardo sono presenti due sorgenti di natura carsica distanti 90 m una dall'altra una delle quali (sorgente spartiacque) alimenta gli acquedotti di Cuveglio e di Duno; la presenza di tale fonte impone una particolare attenzione nella realizzazione di eventuali sistemi di dispersione delle acque fognarie nelle piane soprastanti.

L'eventuale riutilizzo delle baite presenti all'Alpe di Duno ad uso agro-silvo-pastorale potrebbe richiedere la realizzazione di servizi igienici e conseguentemente di scarichi fognari.

Trattandosi di insediamenti isolati come previsto dalla normativa vigente è possibile non realizzare il collettamento alla pubblica fognatura realizzando in alternativa sistemi individuali di trattamento progettati in modo tale che raggiungano lo stesso livello di protezione ambientale (Dlgs 152/2006 art. 100 comma 3) prevedendo lo scarico sul suolo delle acque trattate (Dlgs 152/2006 art 103 comma 1 lett. A).

Il Regolamento Regionale n. 3 del 24 marzo 2006 prevede all'art.8 la disciplina degli scarichi degli insediamenti isolati, per tali casi è previsto il trattamento delle acque reflue da realizzarsi conformemente alle norme tecniche regionali di cui all'articolo 3 comma 1 ed in particolare:

- la realizzazione di una vasca Imhoff o fossasettica, gestita in modo da garantire per i solidi sedimentabili il rispetto del valore limite di emissione di 0,5 ml/l;
- la realizzazione di sistemi di sub-irrigazione, senza o con drenaggio, in relazione alla permeabilità del terreno.

In relazione alla situazione idrogeologica locale particolarmente sensibile vista la presenza a valle a circa 800 m dall'alpe di un sistema di captazione idrica ad uso idropotabile in sistema carsico, risulta indispensabile prima di valutare la possibilità di realizzare gli scarichi previo trattamento sul suolo, definire un adeguato modello idrogeologico che stabilisca il grado di permeabilità dei terreni attraverso prove infiltrometriche in situ, lo spessore dei sedimenti presenti nelle varie zone ove sono ubicate le baite in modo da valutare l'effetto di autodepurazione dei sedimenti stessi, le

caratteristiche della falda presente al contatto con il substrato roccioso con un un bilancio tra afflussi e deflussi nonché, molto importante, una verifica delle velocità di dispersione nel sottosuolo attraverso l'utilizzo di traccianti da immettere in pozzetti appositamente realizzati nell'alpeggio nei punti ove è essere prevista la dispersione dei reflui, con verifica dell'eventuale tempo di arrivo alla sottostante sorgente captata ad uso idropotabile.

Solo alla luce della definizione del modello idrogeologico si potrà quindi valutare la possibilità di effettuare, previo trattamento, la dispersione delle acque reflue nel suolo secondo quanto previsto dalla vigente normativa.

Vista la delicatezza dal punto di vista idrostrutturale dell'area e la presenza delle fonti di approvvigionamento idropotabile di natura carsica a valle si consiglia di non realizzare sistemi di dispersione di reflui nel sottosuolo ma di utilizzare pozzi a tenuta. In tal caso dovrà essere garantita la raggiungibilità del sito da parte di un mezzo di trasporto idoneo allo smaltimento dei reflui prelevati dalla fossa verificando la possibilità di accesso di mezzi per lo spurgo. Tale soluzione si giustifica anche dal fatto che la zona non è servita da pubblico acquedotto e che quindi anche i quantitativi di refluo prodotti per ogni baita sono probabilmente di limitata entità.

In alternativa, qualora l'alpeggio venisse utilizzato in maniera massiccia, potrà essere prevista la realizzazione di un impianto di depurazione di tutte le acque reflue posizionato in modo tale da permettere il collettamento alla maggior parte delle baite esistenti.

8. ANALISI GEOLOGICO – TECNICA

8.1 GENERALITA' E METODOLOGIE UTILIZZATE

Una volta individuate le unità litostratigrafiche ed i caratteri geomorfologici ed idrogeologici dell'area è possibile, sulla base dei dati esistenti, caratterizzare i terreni presenti in modo da fornire una prima suddivisione in unità a comportamento geologico – tecnico omogeneo.

La caratterizzazione geologico–tecnica proposta nel presente studio deve venire intesa come una definizione preliminare ed indicativa delle proprietà geotecniche dei terreni in relazione ad interventi di modificazione dell'area ai fini costruttivi; pertanto le indicazioni riportate nel corso del capitolo e nel relativo Allegato 4 (Carta di prima caratterizzazione geologico-tecnica alla scala 1:5.000 su base topografica afg comunale) hanno un carattere puramente di inquadramento generale e preliminare e non andranno assolutamente considerate come esaustive e sufficienti, ad esempio, per il dimensionamento di opere puntuali nel qual caso, come da normativa (D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" per la pianificazione attuativa e la progettazione esecutiva) sarà necessaria, qualora prevista dalle norme geologiche, una campagna di indagini geognostiche ad hoc per produrre specifici calcoli geotecnici di dimensionamento eventualmente accompagnata da verifica di stabilità in corrispondenza delle aree di versante maggiormente acclivi.

I criteri generali su cui si basa la cartografia geologico – tecnica preparata sono mutuati dalle procedure geotecniche di maggior utilizzo.

8.1.1 Criteri di classificazione dei terreni

Per la classificazione dei terreni ci si è sostanzialmente basati sui dati emersi nel corso dei rilevamenti geologici effettuati sul territorio di studio, vista la mancanza di dati puntuali di altro tipo, confrontati con quanto riportato in letteratura.

In particolare si è proceduto all'utilizzo di una classificazione geotecnica di "massima", ottenuta a partire dalle suddivisioni litologiche effettuate, confortate anche dalle osservazioni di campagna compiute in scavi e/o spaccati naturali.

I raggruppamenti effettuati sono pertanto da considerarsi come indicativi di comportamenti generalizzati che andranno di volta in volta verificati in funzione delle problematiche incontrate.

La classificazione adottata è stata preparata con i seguenti criteri:

Per la classificazione dei terreni ci si e' sostanzialmente basati su quanto riportato in letteratura confrontato con osservazioni dirette in intagli e scavi e l'utilizzo di tutti i dati disponibili relativi ad indagine geognostiche in sito ed in laboratorio in possesso degli scriventi negli archivi societari o forniti dall'Amministrazione Comunale.

La classificazione adottata e' stata preparata con i seguenti criteri :

- descrizione litologico-tecnica secondo le norme di classificazione della Associazione Geotecnica Italiana A.G.I. 1977 (fig. 13).

- indicazioni generali sullo stato di consistenza (per i terreni fini, argilloso-limosi a comportamento coesivo) o di addensamento (per i terreni grossolani, sabbioso ghiaiosi, a prevalente comportamento incoerente) : ci si e' basati innanzitutto sulle raccomandazioni A.G.I., riportate in fig. 14.

- valutazione qualitativa delle principali caratteristiche tecniche basata su dati esistenti in letteratura per terreni dalla analoghe caratteristiche, confrontati con i nostri rilevamenti ed osservazioni.

- divisione delle unità dei depositi sciolti secondo classi omogenee dal punto di vista comportamentale cercando di individuare nell'ambito delle unità geologiche e geomorfologiche precedentemente illustrate zone a caratteristiche geotecniche omogenee alla scala considerata.

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		> 200	Visibili a occhio nudo
Ciottoli		200 ÷ 60	
Ghiaia	grossa	60 ÷ 20	
	media	20 - 6	
	fine	6 - 2	
Sabbia	grossa	2 - 0.6	
	media	0.6 ÷ 0.2	
	fine	0.2 ÷ 0.06	
Limo		0.06 ÷ 0.002	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo - poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto - si disgrega velocemente in acqua - si essica velocemente - possiede coesione ma può essere polverizzato fra le dita
Argilla		< 0.002	I frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita - si disgrega in acqua lentamente- liscia al tatto - plastica - non dilatante - appiccica alle dita - asciuga lentamente - si ritira durante l'essicazione
Terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba			Predominano resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità

Figura 13 – classificazione delle terre secondo le raccomandazioni A.G.I. (1977)

DIMENSIONI DEI GRANI			CONSISTENZA	
	Caratteristiche generali	Denominazione		
Terre incoerenti o granulari granuli visibili a occhio nudo (di dimensioni > 0.06 mm) privi di coesione se essiccati	elementi lapidei di dimensioni > 2 mm	ghiaia	sciolto	può essere scavato con la pala
			addensato	non è sufficiente la pala per lo scavo
	granuli di dimensioni comprese tra 2 mm e 0.06 mm	sabbia	lievemente cementato	i grani superficiali possono essere asportati con la pressione delle dita; si spezza in blocchi col piccone
Terre coesive granuli non visibili a occhio nudo (di dimensioni < 0.06 mm)	il materiale si secca rapidamente e può essere sbriciolato con le dita; i pezzi essiccati possiedono coesione ma possono essere facilmente polverizzati con le dita	limo	privo di consistenza	cede acqua comprimendo con le dita; $p_p < 0.25$ kg/cm^2 (25 kN/m^2)
			poco consistente	può essere facilmente modellato con le dita; $p_p = 0.25 \div 0.5$ kg/cm^2 (25 ÷ 50 kN/m^2)
	il materiale è liscio al tatto e plastico: può essere ridotto in cilindretti con le dita eventualmente con l'aggiunta di acqua; si essica lentamente; si ritira apprezzabilmente nell'essiccarsi; essicato mostra delle fratture	argilla	moderatamente consistente	può essere modellato solo con forte pressione delle dita; $p_p = 0.5 \div 1.0$ kg/cm^2 (50 ÷ 100 kN/m^2)
			consistente	non può essere modellato con le dita; $p_p = 1.0 \div 2.0$ kg/cm^2 (100 ÷ 200 kN/m^2)
			molto consistente	fragile e molto duro; $p_p > 2.0$ kg/cm^2 (> 200 kN/m^2)
Terre organiche	Materiale fibroso organico di colore scuro	torba		Nota: p_p = resistenza alla penetrazione col penetrometro tascabile

Figura 14 – classificazione di cantiere delle terre (A.G.I.,1977)

- accorpamento delle unità del substrato roccioso in un'unica unità a causa della sostanziale omogeneità in grande delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso, che variano di qualità sulla base della fratturazione secondo aree non cartografabili singolarmente.

8.2 DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICO-TECNICHE

Utilizzando i criteri sopra descritti e' stato possibile suddividere il territorio di Duno nelle seguenti quattro unita' a caratteristiche geologico-tecniche sostanzialmente omogenee :

UNITA' A

DESCRIZIONE: substrato roccioso affiorante o sub affiorante costituito da litotipi prevalentemente carbonatici. Coperture prevalentemente costituite da depositi eluvio-colluviali o da materiale di varia origine (si vedano unità seguenti) in plaghe non cartografabili.

CARATTERISTICHE TECNICHE: substrato roccioso generalmente a stratificazione distinta, forma i maggiori rilievi, talora aspri e con scarpate subverticali; le caratteristiche geomeccaniche degli ammassi sono generalmente buone, ad eccezione delle zone più tettonizzate. Elevata permeabilità secondaria.

PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE: scarpate acclivi spesso soggette a fenomeni di crollo (blocchi o diedri) per tettonizzazione, crio-clastismo e/o alterazione dovuta alle acque superficiali circolanti; presenza di una circolazione carsica sotterranea (problematiche relative alle sorgenti, a possibili cavità, ecc..); laddove è presente una copertura eluvio-colluviale, generalmente di spessore limitata e discontinua, sono possibili limitati smottamenti corticali. Fenomeni di ruscellamento diffuso. Presenza di cavità carsiche a diversa profondità che possono diminuire la qualità globale degli ammassi rocciosi.

UNITA' B

DESCRIZIONE: depositi detritico-colluviali talvolta coalescenti con accumuli di frane, piccoli edifici conoidali e smottamenti e/o falde di detrito a granulometria molto grossolana.

CARATTERISTICHE TECNICHE: depositi da sciolti a poco cementati, sviluppati alla base delle pareti rocciose o sui versanti più acclivi, costituiti da sabbie limose con ghiaia e ciottoli; all'incirca il 60-70 % è costituito da sabbie e limi; la restante parte da sabbie e ciottoli. Talvolta è significativa la quantità di terreni vegetali. In corrispondenza delle falde di detrito grossolane la frazione limosa non supera il 20 %

PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE: terreni soggetti a possibili rimobilizzazioni, sia per cause naturali (acque circolanti in ingenti quantità), sia per cause antropiche (scavi, rinterri, intagli stradali); le caratteristiche geotecniche dei materiali (capacità portante e cedimenti) sono talvolta scadenti; importante è verificare la stabilità dei versanti in questi materiali; possibili soliflussi o smottamenti. Crolli di materiale sulle falde di detrito.

UNITA' C

DESCRIZIONE: depositi morenici , con spessore variabile sul substrato roccioso ma generalmente elevato, talvolta con piccoli depositi di origine palustre intercalati

CARATTERISTICHE TECNICHE: limi e limi sabbiosi con ghiaia e ciottoli (70-80 % di sabbia e limo) a comportamento prevalentemente incoerente e stato di addensamento variabile, generalmente buono. Strato superficiale alterato in argilla. Caratteristiche tecniche discrete. Nelle aree più depresse possibile presenza di materiale fine ad alto contenuto organico a scadenti caratteristiche tecniche

PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE: da valutare con attenzione le caratteristiche litostratigrafiche e di alterazione; possibile rigonfiamento della frazione argillosa alterata a contatto con l'acqua. Possibile presenza di blocchi di dimensioni notevoli; possibilità, fra l'altro, di cedimenti differenziali se presenti plaghe coesive ad alto contenuto organico. Possibile presenza di micro-cavità per scioglimenti di antichi inclusi glaciali. Erodibilità per le acque superficiali circolanti.

UNITA' D

DESCRIZIONE: depositi morenici e fluvio-glaciali di versante, con spessore sul substrato roccioso generalmente poco elevato, ad eccezione di plaghe morfologicamente incassate dove si ha coalescenza anche con depositi eluvio-colluviali .

CARATTERISTICHE TECNICHE: sabbie debolmente limose con ghiaia e ciottoli e rari blocchi con circa il 60 % di ghiaia e ciottoli ed il 40 % di sabbie e limo. Stato di addensamento variabile da mediocre a buono, caratteristiche tecniche discrete.

PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE: possibili problematiche legate allo smottamento dei depositi, soprattutto nelle zone più acclivi o con substrato poco profondo (superficie di scivolamento) o per aumento delle pressioni interstiziali (acque subsuperficiali); elevata possibilità di erosione da parte delle acque superficiali. Incanalate e non. Stabilità dei versanti da valutare con attenzione.

8.3 CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

Dal punto di vista geotecnico la zonizzazione di massima effettuata ha permesso di verificare come i terreni di gran parte del territorio comunale, non presentino particolari problematiche connesse con l'utilizzo degli stessi ai fini edificatori o per la realizzazione di opere di interesse pubblico a condizione che vengano rispettate tutte le necessarie precauzioni per evitare di compromettere il delicato equilibrio idrogeologico attualmente esistente.

E' infatti caratteristico dei versanti alpini una certa fragilità territoriale sia a causa della acclività, ma anche per l'eterogeneità delle coperture, la circolazione idrica superficiale e sub superficiale, la necessità di effettuare intagli, scavi o rinterri; soltanto una puntuale ed approfondita osservazione di ogni particella del territorio ed un puntuale dimensionamento degli interventi e di tutte le possibili implicazioni correlate può garantire un utilizzo del territorio rispettoso delle condizioni geologiche ed ambientali al contorno.

9. CARTA DEI VINCOLI

In ottemperanza alle disposizioni della normativa vigente sulla carta dei vincoli proposta in Allegato 5, redatta su tutto il territorio alla scala 1:5.000 su base aerofotogrammetrica comunale, sono state perimetrate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, ed in particolare:

- vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89;
- vincoli di polizia idraulica;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;

9.1 VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 83/1989

Sono state perimetrate le aree di frana quiescente (Fq) per le quali sono attive le prescrizioni e limitazioni di cui all'Art. 9 comma 3 delle N.d.A. PAI e le aree di frana stabilizzata (Fs; Art. 9 comma 4 N.d.A. PAI).

9.2 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale del 25 gennaio 2002 n. 7/7868 "*Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della l.r. 1/2000 – Determinazione dei canoni di polizia idraulica*" e le successive modifiche apportate dalla Deliberazione della Giunta Regionale del 1 agosto 2003, n. 7/13950, viene demandata ai Comuni la funzione di definire il reticolo idrografico superficiale facente parte del Reticolo Idrico Minore, di propria competenza, per il quale si dovrà provvedere allo svolgimento delle funzioni di manutenzione ed alla adozione dei provvedimenti di polizia idraulica; parimenti, i

Comuni divengono peraltro beneficiari dei proventi derivanti dall'applicazione dei canoni di polizia idraulica.

In questo senso si è proceduto in Allegato 5 "Carta dei vincoli" all'individuazione del Reticolo Idrico Principale e Minore insistente sul territorio di Duno e delle relative fasce di rispetto e di attenzione nell'ambito dello studio della Comunità Montana della Valcuvia, il quale risulta attualmente sottoposto all'attenzione della Sede Territoriale della Regione Lombardia competente per territorio in attesa di espressione del parere di conformità.

9.3 AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

Il Comune di Duno è attualmente servito dalla sola sorgente 312066001 (1) Turegiun in quanto le sorgenti Campadè 2.1 (cod. 312066002.1) e 2.2 (cod. 312066002.2) hanno fatto registrare frequentemente episodi di contaminazione microbiologica.

Essendo comunque le sorgenti citate concesse ad uso idropotabile su queste è stata indivduata la zona di tutela assoluta (raggio non inferiore a 10 m) e la zona di protezione secondo il criterio geometrico con raggio pari a 200 m ai sensi dell'Art. 94 del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152.

10. CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi (allegato 6) alla scala 1:5.000 sintetizzata su base aerofotogrammetrica comunale è stata redatta su tutto il territorio comunale, valutando comunque anche i territori limitrofi al fine di escludere la presenza di elementi o processi che possano determinare interazioni negative sul territorio di indagine.

Tale carta è stata elaborata attraverso l'incrocio e la sovrapposizione ragionata di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi analitiche (analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica).

Obiettivo dell'allegato è quello di fornire un quadro riassuntivo dello stato dell'area al fine di procedere a valutazioni diagnostiche ed in particolare "*la carta di sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera"; come tale "sarà costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee*".

Evidentemente la possibile sovrapposizione fra più poligoni individua settori a pericolosità/vulnerabilità determinata da più fattori limitanti.

Di seguito vengono riprese puntualmente le diverse voci individuate in legenda.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Sono state individuate le aree soggette a crolli isolati di massi (fenomeni quiescenti) distinguendo l'area di alimentazione e quella di accumulo e le aree di frana stabilizzate.

Oltre alle voci di cui sopra la carta riporta l'ubicazione dei processi attivi riconosciuti i quali presentano carattere puntuale o comunque circoscritto e che non

determinano interazioni negative con aree edificate/edificabili o infrastrutture antropiche.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Comprende le porzioni di acquifero fratturato interessato da carsismo profondo e le aree di faglia/fratturate quali potenziali vie preferenziali per l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Comprende le zone soggette a ruscellamento di carattere concentrato, i tratti di alveo ad elevata evoluzione geodinamica ed i punti di (potenziale) criticità idrogeologica.

Aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti

Sotto tale voce sono state comprese le aree che, per particolare conformazione morfologica (aree depresse o con drenaggio ritardato) e/o strutturale (zone di faglia e di frattura) possono presentare caratteristiche geotecniche scadenti dei materiali (anche potenziali).

In particolare sono comprese le coltri detritico-colluviali, le zone in fregio ai principali lineamenti tettonici (ammassi rocciosi fratturati e cataclasiti), aree depresse con possibili inclusi di depositi fini e/o torbosi.

11. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE – PRIMO LIVELLO

11.1 GENERALITA'

La carta della "Zonazione sismica preliminare del territorio comunale – Analisi di primo livello" proposta in allegato 7, estesa all'intero territorio comunale e sintetizzata alla scala 1:5.000 su base aerofotogrammetrica estratta dal rilievo aerofotogrammetrico comunale, è tesa al riconoscimento delle aree potenzialmente soggette ad amplificazione in relazione ad un evento sismico anche remoto.

La risposta ad una sollecitazione dinamica è funzione anche delle particolari condizioni geologiche e geomorfologiche proprie di una determinata zona; le condizioni locali possono quindi influenzare, in occasione di eventi sismici, la *pericolosità sismica di base* (attualmente definita dalla Classificazione Sismica del territorio nazionale adottata con d.g. Regione Lombardia n. 14964 del 7 novembre 2003, in recepimento dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri. 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*") producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area e, di conseguenza, negli indirizzi di pianificazione urbanistica e di progettazione degli interventi edificatori.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione quindi delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due gruppi di effetti locali: quelli di *amplificazione sismica locale (o litologici)* e quelli *dovuti ad instabilità*.

11.2 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E METODI DI APPROFONDIMENTO

Il Comune di Duno (cfr. figura 15) secondo la riclassificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, adottata con d.g. Regione Lombardia n. 14964 del 7 novembre 2003) ricade in zona sismica 4 (quella a minor grado di sismicità ovvero a "bassa sismicità").

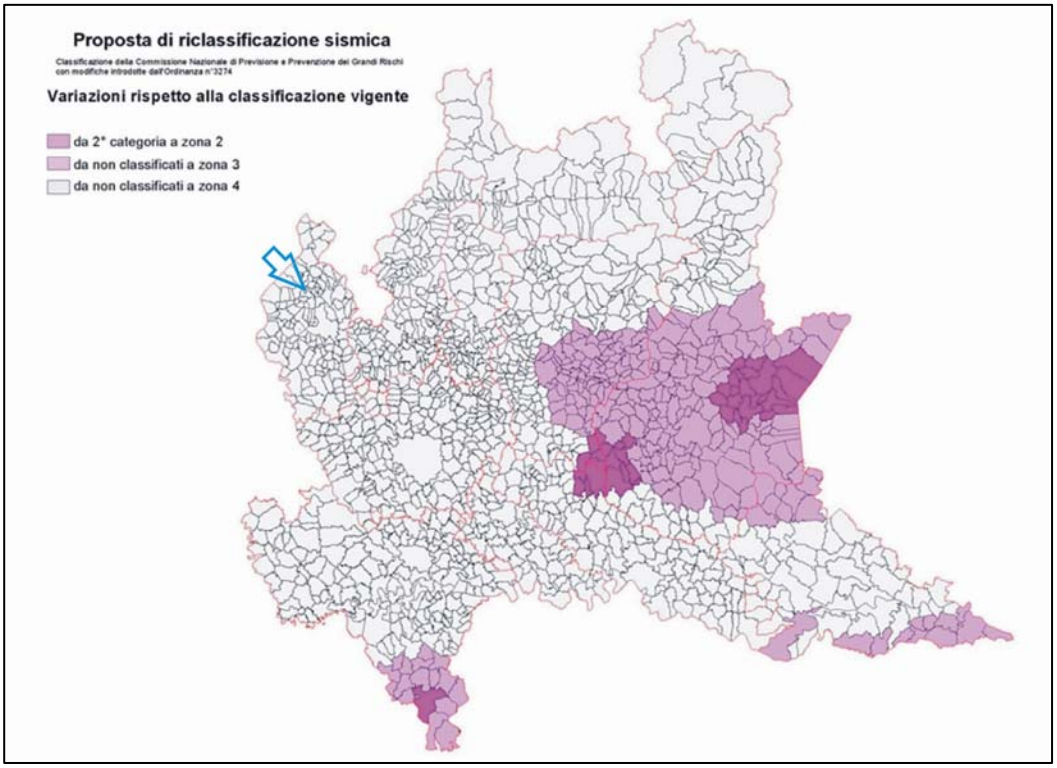


Figura 15 – classificazione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi con modifiche introdotte dall'Ordinanza n. 3274

Tale classificazione costituisce la ***pericolosità sismica di base*** che deve essere verificata ed approfondita, in base ai criteri dettati dalla L.R. 12/2005, in fase di pianificazione territoriale e geologica.

La metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale, riportata nell'allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. "*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.*", in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "*Nuove Norme tecniche per le costruzioni*", dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, prevede 3 livelli di analisi da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza.

L'elaborazione della carta della pericolosità sismica locale (allegato 7) è il prodotto del completamento del I° dei tre livelli di approfondimento previsti, obbligatorio per tutti i comuni della Lombardia, ed esteso a tutto il territorio comunale (PSL); tale carta costituisce, unitamente alle prescrizioni riportate nell'analisi della Fattibilità Geologica per le azioni di Piano, la base fondamentale per gli indirizzi di pianificazione urbanistica identificando per ciascuna zona gli studi richiesti per valutare in dettaglio la risposta delle strutture alle sollecitazioni dinamiche di tipo sismico.

In questo senso ricadendo il Comune di Duno in Zona 4 ed in base all'allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/05, in fase progettuale gli approfondimenti di II° e III° livello sono obbligatori unicamente per gli edifici strategici e rilevanti di cui all'elenco in Allegato A al D.D.U.O. 21 novembre 2003 - n. 19904; è comunque a discrezione dell'amministrazione richiedere l'approfondimento in fase d'istruttoria nei casi che si ritengono opportuni non rientranti nell'elenco.

11.3 APPROFONDIMENTO DI I° LIVELLO – ZONAZIONE SISMICA PRELIMINARE

Per effettuare una zonazione preliminare del territorio comunale si è proceduto ad un'***analisi di primo livello***: tale analisi consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte.

La base tecnica e cartografia è costituita dalle analisi di tipo geologico s.s., geomorfologico, idrogeologico e geotecnico e dai relativi Allegati dello studio del 2001.

La discretizzazione in ***zone*** è avvenuta seguendo una suddivisione in ***situazioni tipo*** denominate ***scenario di pericolosità sismica locale***, contenute nell'Allegato 7 (Carta di zonazione sismica preliminare – analisi di I^ livello alla scala 1:5.000 su base topografica stralciata dal rilievo aerofotogrammetrico comunale) e riportate nella successiva tabella 3.

Sigla	*SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE*	*EFFETTI*
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio 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 cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali 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 (compresi 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

Tabella 3: situazioni tipo e scenari di pericolosità sismica locale

11.4 REDAZIONE DELLA CARTA DI ZONAZIONE SISMICA PRELIMINARE

Come anticipato in questa fase di studio è stata completata l'analisi di I° livello che ha portato all'elaborazione della carta "Zonazione sismica preliminare del territorio comunale – Primo livello" proposta nell'Allegato 7.

Sulla base delle considerazioni emerse nel corso dell'analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica nell'ambito del territorio comunale di Duno è stato possibile identificare alcune ***situazioni tipo*** corrispondenti a diversi ***scenari di pericolosità sismica*** ed ***effetti di amplificazione prevedibili***.

La suddivisione è riportata nella seguente tabella 4, cui segue una descrizione di ciascuno scenario.

DEPOSITI DI COPERTURA POTENZIALMENTE SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONI SISMICHE		
SIGLA DELLO SCENARIO	***SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE***	***EFFETTI PREVEDIBILI***
Z4c	**Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi**: depositi morenici e fluvio-glaciali di versante, di spessore sul substrato roccioso variabile e plaghe morfologicamente incassate dove si ha coalescenza anche con depositi eluvio-colluviali; circolazione subsuperficiale disomogenea; limitatamente all'area dell'Alpe di Bisio-Cantonaccio aree a morfologia da subpianeggiante a debolmente ondulata con spessore localmente elevato (>20 m); possibile occorrenza di piccoli depositi di origine palustre a comportamento coesivo con scadenti caratteristiche tecniche e occorrenza di falda a modesta soggiacenza	Amplificazioni litologiche
Z5	**Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse**: substrato roccioso carbonatico generalmente a stratificazione distinta, localmente alterato, fratturato, tettonizzato e carsificato con elevata permeabilità secondaria e abbondante circolazione idrica sia subsuperficiale che ipogea, affiorante o ricoperto da plaghe più o meno discontinue e di spessore spesso fortemente variabile (da 0 a pochi metri) di depositi detritico-colluviali talvolta coalescenti con accumuli di frane, piccoli edifici conoidali e smottamenti e/o falde di detrito a granulometria molto grossolana	Comportamenti differenziali
ELEMENTI MORFOLOGICI POTENZIALMENTE SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONI SISMICHE		
SIGLA DELLO SCENARIO	***SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE***	***EFFETTI PREVEDIBILI***
Z1b	**Zone caratterizzata da movimenti franosi quiescenti**: aree con substrato roccioso carsificato affiorante con strati ad inclinazione elevata o prossima alla verticale soggette a fenomeni di crollo/ribaltamento diffusi; aree acclivi di versante con copertura eterogenea incoerente ricoprente con vari spessori il substrato roccioso	Instabilità: riattivazione di dissesti quiescenti o stabilizzati; neoformazione di movimenti franosi
Z1c	**Zone potenzialmente franose o esposte a rischio di frana**: aree di versante in fregio al Torrente Gottardo con presenza di depositi incoerenti eterogenei e di spessore spesso fortemente variabile su substrato roccioso carsificato ad elevata inclinazione degli strati con abbondante circolazione idrica sia subsuperificiale che ipogea	
Z3a	**Zona di ciglio H > 10 m**: ciglio di scarpata in sponda sinistra del Torrente Gottardo; ciglio lungo il lato meridionale della piana dell'Alpe di Bisio-Cantonaccio	Amplificazioni topografiche
Z3b	**Zona di cresta rocciosa appuntita**: crinali spartiacque dei massicci carbonatici del Monte della Colonna e Monte Rossel	

Tabella 4: scenari di P.S.L. presenti nel territorio di Duno

11.5 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI

Scenario S1 - zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti (sigla Z1b)

In questa classe sono state inserite le aree caratterizzate da prevalenti condizioni di substrato roccioso carsificato affiorante, con strati ad inclinazione elevata o prossima alla verticale soggette a fenomeni di crollo/ribaltamento diffusi; nello scenario è compresa anche l'area in sponda sinistra del Torrente Gottardo a valle della sede stradale di via S. Martino interessata nel maggio 2002, a seguito di precipitazioni particolarmente copiose, da uno smottamento dei depositi incoerenti poggianti sul substrato roccioso che ha coinvolto parte della sede stradale e delle opere accessorie.

Nel dettaglio il dissesto, che allo stato attuale è stato stabilizzato per effetto di interventi di consolidamento, ha coinvolto direttamente la sede stradale, per un tratto di almeno 20 m, che è franata verso valle unitamente al cordolo ed il parapetto esterno.

Lo smottamento ha mobilizzato circa 250 metri cubi di materiale incoerente costituito dal sottofondo stradale e da depositi misti morenici-detritici, e la parte alterata del substrato roccioso.

Le altre aree identificate sulla cartografia (ed inserite assieme al dissesto precedente come aggiornamento del quadro del dissesto PAI) derivano sia dai rilievi condotti sul territorio comunale che dalla consultazione delle mappe sul portale dell'informazione territoriale della Regione Lombardia (GeoIFFINet inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia).

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di instabilità dei versanti sia attraverso la riattivazione dei dissesti quiescenti e/o stabilizzati che con formazione di nuovi fenomeni franosi; la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2; il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il III° <u>solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03</u>, qualora non sussistano già prescrizioni di inedificabilità relativi alla Classe IV di fattibilità geologica.

Scenario S2 - zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana (sigla Z1c)

Lo scenario comprende genericamente le aree di versante in fregio al Torrente Gottardo (sponda orografica sinistra) caratterizzate da presenza di depositi incoerenti eterogenei e di spessore spesso fortemente variabile poggianti su substrato roccioso carsificato e spesso alterato ad elevata inclinazione degli strati con abbondante circolazione idrica sia subsuperificiale che ipogea.

La suscettibilità all'innesco di dissesti (prevalentemente scivolamenti planari) è legato alla presenza di fattori sfavorevoli quali elevata acclività dei versanti, eterogeneità dei depositi di copertura (spesso in condizioni di equilibrio limite) e circolazione irregolare delle acque (sia di corrivazione che subsuperficiali che portano localmente a condizioni di imbibimento dei materiali) agenti singolarmente o in concomitanza.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di instabilità dei versanti con neoformazione di fenomeni franosi; la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2; il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il III° solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, qualora non sussistano già prescrizioni di inedificabilità relativi alla Classe IV di fattibilità geologica.

Scenario S3 - zona di ciglio con altezza H > 10 m (sigla Z3a)

Per definire le aree di influenza del fattore di amplificazione a partire da elementi lineari quali i cigli delle scarpate torrentizie e i cigli dei terrazzi morfologici di origine fluvioglaciale sarebbe stato necessario avere il supporto di un approfondimento di II° livello, basato sulle proposte metodologiche sintetiche della Regione Lombardia, che esula però dagli scopi di pianificazione territoriale a grande scala del presente studio.

Pertanto in questa fase sono stati individuati come elementi lineari i cigli delle principali scarpate morfologiche (indipendente dal processo morfogenetico che le ha

prodotte) suscettibili di amplificazioni topografiche in caso di evento sismico (ciglio di scarpata in sponda sinistra del Torrente Gottardo e della piana dell'Alpe di Bisio-Cantonaccio).

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni topografiche e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Nelle zone Z3 è richiesto l'approfondimento di II° livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III° livello nelle aree indagate con il II° livello qualora il fattore di amplificazione Fa calcolato risultasse superiore del valore soglia comunale.

Scenario S4 - zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo appuntite (sigla Z3b)

La classe identifica come elementi lineari i crinali spartiacque dei massicci carbonatici del Monte della Colonna e Monte Rossel, caratterizzati da inclinazioni dei versanti mediamente variabili fra 35 e 40° ed angoli alla sommità compresi fra 15-20° (creste appuntite).

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni topografiche e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Per quanto concerne gli approfondimenti richiesti valgono le medesime prescrizioni elencate alla precedente classe Z3a.

Scenario S5 - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche) (sigla Z4c)

Nella classe sono stati compresi i depositi morenici e fluvio-glaciali di versante, di spessore sul substrato roccioso variabile e plaghe morfologicamente incassate dove si ha coalescenza anche con depositi eluvio-colluviali; circolazione subsuperficiale disomogenea; limitatamente all'area dell'Alpe di Bisio-Cantonaccio aree a morfologia da subpianeggiante a debolmente ondulata con spessore localmente elevato (>20 m); possibile occorrenza di piccoli depositi di origine palustre a comportamento coesivo con scadenti caratteristiche tecniche e occorrenza di falda a modesta soggiacenza.

La classe individua l'area di pertinenza del nucleo urbano di Duno, larga parte del versante SE del San Martino e l'area dell'Alpe di Bisio-Cantonaccio.

In caso di evento sismico è prevedibile l'instaurarsi di amplificazioni litologiche e geometriche; la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Nelle zone Z4 è richiesto l'approfondimento di II° livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03 (o anche in caso di ampliamento di dette strutture se già esistenti) e l'approfondimento di III° livello nelle aree indagate con il II° livello qualora il fattore di amplificazione Fa calcolato risultasse superiore del valore soglia comunale.

Scenario S6 - zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (sigla Z5)

In tale categoria sono state identificati con elementi di tipo lineare le aree di piede versante, o comunque caratterizzate da evidenti e significative rotture di pendenza, in corrispondenza delle quali si ha il contatto fra il substrato roccioso carbonatico stratificato e i depositi glaciali s.l. caratterizzati da spessori rilevanti.

In caso di evento sismico è prevedibile l'insorgenza di comportamenti differenziali; la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Nelle zone Z5 è richiesto l'approfondimento di III° livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03 (o anche in caso di ampliamento di dette strutture se già esistenti).

11.6 EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

In questo paragrafo viene proposto per completezza l'elenco tipologico degli edifici strategici e rilevanti di cui al D.d.u.o. 21 novembre 2003 - n. 19904 che, per i Comuni ricadenti in Zona 4 come è il caso di Duno, devono essere sottoposti ai successivi livelli di approfondimento II° e III° in fase progettuale.

Allegato A al **D.d.u.o. 21 novembre 2003 - n. 19904** - Elenco degli edifici e delle opere di competenza regionale art. 2 comma 3 o.p.c.m. n. 3274/03 (... «*edifici di*

interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalita` durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalita` di protezione civile – edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso»...)

1. EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalita` durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile

EDIFICI

Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (*);

Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (*);

Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (*);

Edifici destinati a sedi di Comunita` Montane (*);

Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.);

Centri funzionali di protezione civile;

Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza;

Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione;

Sedi Aziende Unita` Sanitarie Locali (**);

Centrali operative 118;

2. EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso

EDIFICI

Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori;

Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere;

Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003;

Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.);

Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (***) suscettibili di grande affollamento;

(*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attivita` connesse con la gestione dell'emergenza.

(**) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attivita` connesse con la gestione dell'emergenza.

(***) Il centro commerciale viene definito (d.lgs. n. 114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

OPERE INFRASTRUTTURALI

Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilita`» di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonche´ quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali;

Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane);

Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza;

Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica;

Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.);

Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali;

Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione);

Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi;

Opere di ritenuta di competenza regionale.

11.7 INDICAZIONI SULLE MODALITÀ DI APPROFONDIMENTO

11.7.1 Il 2° ed il 3° livello di approfondimento

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4), relativamente agli edifici di cui al paragrafo precedente.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di F_a.

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di

contorno che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello e per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5).

Il livello 3° si applica anche nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

11.7.2 Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni litologiche: scenari Z4a, Z4b, Z4c

Per gli scenari Z4a, Z4b, Z4c relativi a potenziali amplificazioni sismiche legate alla litologia, è da prevedere un approfondimento di 2° livello.

La procedura semplificata di 2° livello, basata sull'utilizzo per confronto di n. 5 schede-tipo redatte dalla Regione Lombardia e riportate nell'allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T, richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento tra quelle proposte.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2).

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di Vs inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di Vs con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T .

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

ove hi e Vsi sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato pre-calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (*soglie_lomb.xls*) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +/- 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- *il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente*: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);

- *il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente*: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità.

11.7.3 Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni morfologiche: scenari Z3a, Z3b

La procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni morfologiche relativamente allo scenario Z3a è valida per irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una Vs maggiore o uguale ad 800 m/s.

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;

- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (*per $\beta \geq 1/5\alpha$ la situazione è da considerarsi pendio*);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (*per $h \geq 1/3H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita* – cfr. scenario Z3b).

Di seguito (figura 16) si riporta lo schema identificativo e le tipologie delle situazioni di scarpata da prendere in considerazione per lo scenario Z3a:

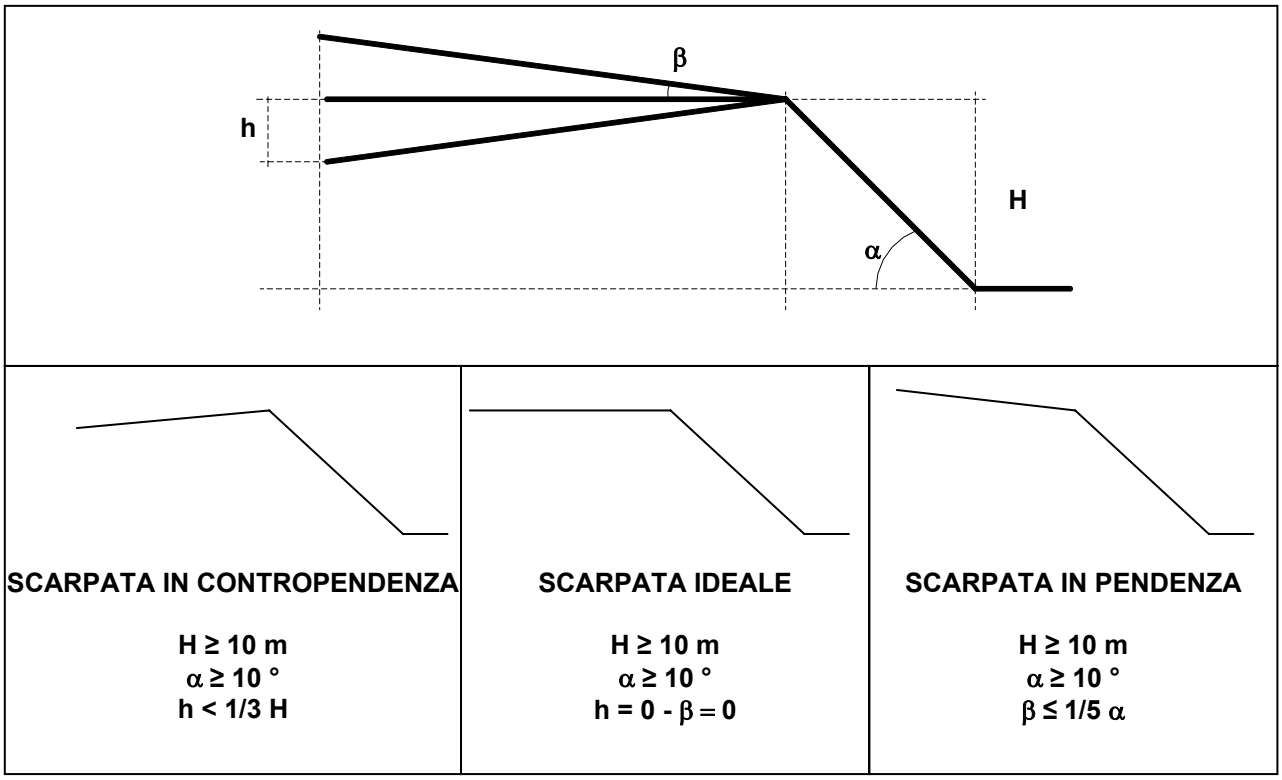


Figura 16: schema identificativo e tipologie delle situazioni di scarpata

Sulla base delle diverse situazioni di scarpata esistono in Allegato 5 dei criteri attuativi della L.R. 12/05 (e succ. aggiorn.) modelli caratterizzati da diverse altezze H, diverse inclinazioni a del fronte principale e diversa tipologia del fronte superiore dei

quali è stato pre-calcolato l'andamento del valore del Fattore di amplificazione per l'intervallo di periodo compreso tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s lungo il fronte superiore, identificando anche l'area di influenza (Ai) dei fenomeni di amplificazione sismica (tabella 5):

Classe altimetrica	*Classe di inclinazione*	*Valore di Fa*	*Area di influenza*
10 m ≤ H ≤ 20 m	10° ≤ α ≤ 90°	1.1	$A_i = H$
20 m < H ≤ 40 m	10° ≤ α ≤ 90°	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
H > 40 m	10° ≤ α ≤ 20°	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	20° < α ≤ 40°	1.2	
	40° < α ≤ 60°	1.3	
	60° < α ≤ 70°	1.2	
	α > 70°	1.1	

Tabella 5: variazione del Fattore di amplificazione Fa e dell'area di influenza in funzione delle diverse situazioni di scarpata

Anche in questo caso, i valori di F_a ottenuti con la procedura semplificata descritta dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

Per quanto concerne la procedura semplificata per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b) questa è caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10°; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) (scheda di valutazione).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una Vs maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni (figura 17):

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

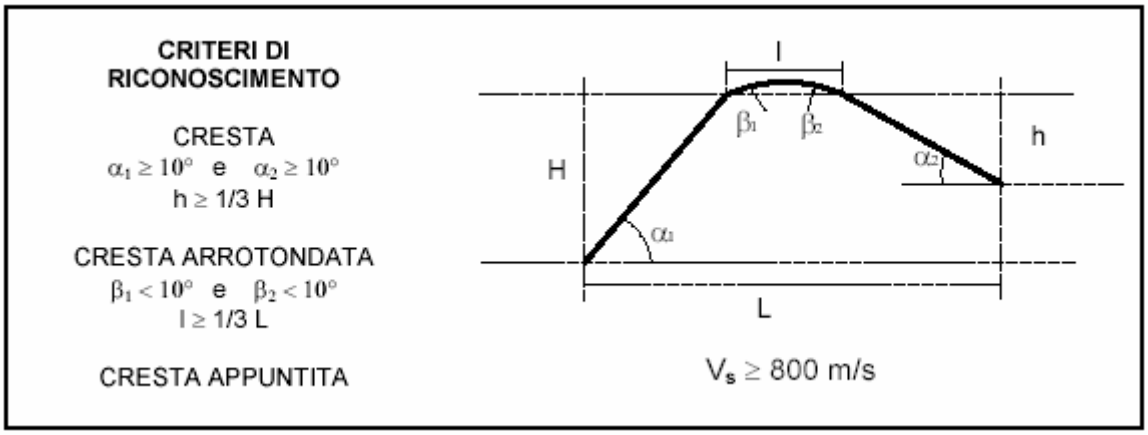


Figura 17: effetti morfologici – creste - scenario Z3b

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L;
- larghezza in cresta del rilievo l;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l, mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di F_a a cosi ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalla scheda di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zone 2, 3 e 4) e per suolo di tipo A (Vs > 800 m/s) e per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (*soglie_lomb.xls*) e rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +/- 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- *il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente*: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);
- *il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente*: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

11.7.4 Procedura approfondita di 3°livello per instabilità: scenari Z1b , Z1c

L'analisi di 3° livello per potenziali effetti di instabilità prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche attraverso un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi.

In particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) cui possono corrispondere quelli presenti nelle aree di Duno comprese in questo scenario, le procedure possono essere così schematizzate:

- individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume (γ), l'angolo di attrito (Φ) nei suoi valori di picco e residuo e la coesione (c) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);
- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche: diversi sono i modelli numerici che possono essere utilizzati per il calcolo della stabilità; tali codici, più o meno semplificati (es. metodo dei conci, metodo ad elementi finiti, ecc.), forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza (Fs) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (Kc) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche. L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc); il coefficiente di accelerazione orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni sull'area di influenza del movimento franoso ed una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.

Per quanto riguarda i movimenti tipo crolli e ribaltamenti le analisi che possono essere effettuate sono di tipo statico e pseudostatico.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni possono essere così schematizzate:

- inquadramento geologico di un intorno significativo in scala 1:10.000 e esecuzione di sezioni geologiche e topografiche in scala 1:10.000;
- individuazione dei parametri dell'input sismico (quali valore del picco di accelerazione, valore del picco di velocità);
- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi sorgenti dei distacchi (determinazione delle principali famiglie di discontinuità, prove in sito sugli affioramenti quali martello di Smidth tipo L, pettine di Barton, spessimetro per apertura giunti ecc., prelievo di campioni per esecuzione di Point Load Test e di prove di scivolamento Tilt Test);
- identificazione dei principali cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;
- descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);
- costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame, in particolare, vengono individuate le possibili piste di discesa, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

11.7.5 Procedura approfondita di 3° livello per cedimenti e/o liquefazioni:scenario Z2

L'analisi di 3° livello da applicarsi agli scenari Z2 prevede la valutazione *quantitativa* delle aree soggette a potenziali fenomeni di cedimenti e liquefazioni in relazione alle condizioni litologiche ed idrogeologiche locali.

Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

11.7.6 Effetti di amplificazione morfologica e litologica

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri).

Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire.

Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame e permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica-sorgente.

Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati.

Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali.

L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in sito.

I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D e tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale.

I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni in condizioni dinamiche.

La valutazione della risposta sismica deve tener conto non solo delle variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi.

Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (1° e 2° livello).

È inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati:

1. ***lo-acc*** contenente, per ogni comune, diversi accelerogrammi attesi caratterizzati da due periodi di ritorno (475 e 975 anni);

2. ***curve_lomb.xls*** contenente i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione (γ).

12. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

12.1 CRITERI GENERALI

In ottemperanza a quanto prescritto all'Art. 84 delle N.d.A. del PTCP, partendo dall'esame delle tavole RIS 3 "carta della pericolosità frane" e RIS 4.c "carta della pericolosità frane di crollo", è stato condotto uno studio di approfondimento esteso all'intero territorio comunale al fine di verificare i contenuti delle tavole suddette ed attestare l'effettiva pericolosità delle aree catalogate sulla base di osservazioni puntuali e di maggiore dettaglio.

I risultati di questa elaborazione trovano riscontro in allegato 8 "Zonazione della pericolosità da frana", redatto alla scala 1:5.000 su rilievo aerofotogrammetrico CMV ed esteso a tutto il territorio comunale.

Lo studio di approfondimento è stato eseguito secondo i contenuti dell'allegato 2 della Deliberazione Giunta regionale 22 dicembre 2005 - n. 8/1566 secondo una procedura articolata in due parti la prima delle quali prende in considerazione le frane già avvenute e la seconda le aree in cui non sono attualmente conosciute frane.

Di seguito verranno illustrati in maniera sintetica i criteri fondamentali seguiti per la definizione della pericolosità.

Per quanto concerne le frane esistenti (censite e catalogate negli archivi cartografici o di nuova istituzione) queste vengono classificate in base al loro stato di attività, discriminando fra attive (attualmente in movimento o mossesi nell'ultimo ciclo stagionale), quiescenti (riattivabili dalle loro cause originali tuttora esistenti), inattive (non più influenzate dalle loro cause originali ove note), relitte (sviluppatesi in condizioni geomorfologiche e climatiche considerevolmente diverse dalle attuali).

Lo stato di attività così definito consente l'attribuzione della relativa classe di pericolosità:

• frana attiva – pericolosità H5;

• frana quiescente – pericolosità H4 se vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni o pericolosità H3 se non vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni;

• frana inattiva – pericolosità H2;

• frana relitta – pericolosità H1.

Nel caso in cui una frana (inattiva o quiescente) si riattivi parzialmente alla porzione riattivata va attribuito il valore di pericolosità 5; se la frana mostra una serie di indizi che possano indicare un'imminente riattivazione il valore di pericolosità deve essere aumentato di 1.

12.2 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Relativamente alle aree in cui non sono attualmente conosciute frane il procedimento è stato sviluppato suddividendo il territorio in zone omogenee in funzione di litologia e pendenza.

Per quanto concerne la litologia è stata presa come base di riferimento la carta di prima caratterizzazione geologico-tecnica, per l'individuazione di "unità omogenee", a ciascuna delle quali sono poi stati attribuiti dei valori significativi e rappresentativi dei parametri geotecnici fondamentali (angolo di resistenza al taglio, peso dell'unità di volume, coesione, ...) stimati sulla base di osservazioni in situ o di laboratorio (spaccati naturali e/o artificiali, scavi di saggio, analisi granulometriche su campioni rimaneggiati, ...) o di quanto riportato in bibliografia.

Unità 1

Plaghe detritico-colluviali talvolta coalescenti con piccoli edifici conoidali e smottamenti: prevalenti limi argillosi e limi sabbiosi passanti localmente ad argille limose.

Stima peso di volume naturale (γ): 16-18 kN/mc.

Stima angolo di resistenza al taglio (φ'): 22° - 26°.

Stima coesione (c): 2.0-5.0 KPa.

Unità 2

Depositi morenici, con spessore variabile ma generalmente elevato sul substrato roccioso: prevalenti limi e limi sabbiosi con ghiaia, ciottoli e/o blocchi.

Stima peso di volume naturale (γ): 18-19 kN/mc.

Stima angolo di resistenza al taglio (φ'): 28° - 30°.

Stima coesione (c): 5.0 KPa.

Unità 3

Depositi morenici e fluvio-glaciali di versante, con spessore sul substrato roccioso generalmente poco elevato coalescenti con depositi eluvio-colluviali: sabbie debolmente limose con ghiaia e ciottoli e rari blocchi.

Stima peso di volume naturale (γ): 17-18 kN/mc.

Stima angolo di resistenza al taglio (φ'): 28° - 32°.

Stima coesione (c): 0-5.0 KPa.

Unità 4

Depositi regolitici e cappellaccio roccioso: blocchi disarticolati e ciottoli con sabbie da medie a fini e limi di spessore variabile

Stima peso di volume naturale (γ): 18-20 kN/mc

Stima angolo di resistenza al taglio (φ'): 30° - 32°

Stima coesione (c): 0-1.0 KPa

Classe di qualità Q (Bieniawski): classe IV scadente

Unità 5

Substrato roccioso non o debolmente alterato: calcari a stratificazione piano parallela media con lenti/noduli di selce ed interstrati marnosi

Stima peso di volume naturale (γ): 21-23 kN/mc

Stima angolo di resistenza al taglio (φ'): 30° - 35°

Stima coesione (c): 5.0 KPa

Classe di qualità Q (Bieniawski): classe II, buona

Con riferimento alla pendenza è stato ricostruito il modello digitale (DEM) individuando cinque classi di acclività (A):

classe I: A ≤13°;

classe II: 14°<A≤25°;

classe III: 26°<A≤38°;

classe IV: 39°<A≤50°;

classe V: 51°<A≤90°.

Per ciascuna delle aree omogenee ricavate dall'intersezione delle unità litologiche omogenee con le classi di acclività si effettua un'analisi di stabilità utilizzando il metodo del pendio infinito secondo cui la superficie di scorrimento è considerata piana e parallela alla superficie topografica e le condizioni meccaniche ed idrauliche sono assunte costanti lungo tutta la superficie.

Se si assume, come ipotesi semplificativa e cautelativa, oltre che molto spesso realistica, un contributo nullo della coesione e per semplicità e senza grave errore, $\gamma = \gamma_{sat}$ (anche perché molto spesso il terreno sopra falda è saturo per risalita capillare e per infiltrazione dell'acqua piovana), il valore del fattore di sicurezza Fs può essere scritto come:

$$FS = \frac{(\gamma_{sat} - m \cdot \gamma_w)}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan \phi'}{\tan \beta}$$

dove

γ_{sat} = peso dell'unità di volume del terreno saturo;

γ_w = peso dell'unità di volume dell'acqua;

φ' = angolo di resistenza al taglio del materiale;

β = inclinazione del pendio rispetto all'orizzontale;

ed m ricavabile dall'equazione

$$u = \gamma_w \cdot h_w = m \cdot z \cdot \gamma_w \cdot cos^2 \beta$$

con h_w quota della falda rispetto a piano campagna.

A ciascuna area omogenea viene quindi assegnato un valore di pericolosità preliminare secondo il seguente schema:

Fs = 1.40 - 2.00 - pericolosità preliminare = H2

Fs = 1.20 -1.40 - pericolosità preliminare = H3

Fs = 1.00 - 1.20 - pericolosità preliminare = H4.

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno prese in considerazione le possibili concentrazioni d'acqua, legate principalmente a:

• livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;

• interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.);

• condizioni morfologiche sfavorevoli (impluvi, vallecole, solchi di erosione concentrata, aree depresse, ...)

Se viene verificata almeno una di queste condizioni, va delimitata la zona di influenza del fenomeno in base alla morfologia del pendio e la pericolosità preliminare andrà aumentata di uno rispetto a quella dell'area omogenea nella quale si situa.

Per contro in presenza di opere di sistemazione delle aree in frana queste andranno valutate nella loro efficacia e nella loro efficienza (stato di manutenzione); nel caso in cui l'effetto globale delle opere venga valutato positivamente, il valore di pericolosità andrà diminuito di 1.

Dall'esame dell'allegato 8 si evidenzia quanto segue:

- ✓ le classi di pericolosità molto bassa vengono a coincidere con le aree subpianeggianti o debolmente acclivi (nucleo urbanizzato e pianoro dell'Alpe di Bisio-Cantonaccio) con presenza di depositi morenici di spessore anche rilevante;
- ✓ le aree a pericolosità elevata risultano concentrate soprattutto in corrispondenza dell'alveo del Torrente Gottardo incassato localmente fra pareti subverticali o fortemente acclivi ed interessato da possibili fenomeni di trasporto solido significativo e/o debris-flow;
- ✓ a buona parte del territorio è stato attribuito un grado di pericolosità medio legato soprattutto alla concomitanza di elementi morfologici

sfavorevoli riconducibili soprattutto alla pendenza del versante ed alla diffusione di vallecole ed impluvi in cui si hanno condizioni favorevoli alla concentrazione di acque con conseguente elevata probabilità di imbibimento dei materiali di copertura e/o ruscellamento superficiale.

12.3 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IN AREE PSL Z1B

In accordo con quanto richiesto dall'Ente Provinciale si è proceduto alla definizione preliminare della pericolosità relativamente alle cinque aree inserite in classe PSL Z1b "zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti".

Si premette a tale proposito che per quanto concerne le aree interessate da fenomeni di crollo/ribaltamento è stata adottata la zonazione preliminare della pericolosità secondo metodi empirici dal momento che si tratta di processi che non interessano aree edificate o suscettibili di espansione urbanistica né interferiscono con infrastrutture antropiche; relativamente allo scivolamento sviluppatosi a valle di via S. Martino il dissesto è da considerarsi stabilizzato a seguito degli interventi del 2002.

12.3.1 Perimetrazione delle zone di transito e di arresto in aree interessate da fenomeni di crollo

Nel corso del paragrafo verranno descritti i criteri in base ai quali è stata ottenuta la perimetrazione delle zone di transito e di arresto dei blocchi che trova riscontro nella "carta di zonazione della pericolosità da frana" (rif. allegato 8), precisando fin d'ora che quanto riportato sull'allegato cartografico è una pericolosità preliminare risultato di un approccio di tipo semplificato dal momento che i processi in atto non interferiscono con aree urbanizzate o suscettibili di espansione urbanistica nè con infrastrutture antropiche.

Le analisi mirate alla delimitazione delle aree di possibile propagazione dei blocchi dalla parete sono state condotte con metodi di tipo empirico, la cui applicazione consente una valutazione preliminare su vasta scala delle aree di massimo avanzamento dei massi considerando la dissipazione di energia proporzionale alla lunghezza del percorso, in rapporto alla differenza di quota tra il punto di distacco e di arrivo; in

particolare esso si basa sul concetto del "*cono d'ombra*" che delimita, orizzontalmente e verticalmente, l'area entro la quale si arresta la quasi totalità dei blocchi.

Il "cono d'ombra" viene essenzialmente definito dall'angolo di scansione verticale ovvero dall'angolo del segmento congiungente il punto di distacco e il punto di arresto e, nello spazio tridimensionale, dall'angolo di scansione orizzontale ovvero dall'angolo di deviazione angolare rispetto alla massima pendenza.

Le zone di possibile propagazione di crolli sono state individuate, a partire dai punti di reale/potenziale distacco, utilizzando il metodo zenitale sviluppato in tre dimensioni, integrato con le evidenze acquisite in fase di rilevamento sul terreno incrociate con definizione delle classi di pendenza (elaborazioni eseguite in ambiente GIS) ed uso del suolo.

Per verificare gli angoli da utilizzare nella definizione delle traiettorie, sono state tracciate alcune sezioni rappresentative a partire dai cigli di scarpata (aree di alimentazione dei fenomeni di crollo).

Il valore dell'angolo di scansione verticale (Φ) può essere stimato sulla base della relazione:

$$\Phi = arctag\ (H/L)$$

dove

H = dislivello tra la zona di distacco e d'arresto;

L = massima distanza percorsa.

Vari autori hanno proposto, su base statistica in funzione di frane di crollo storiche, angoli di scansione verticale:

- ✓ *Onofri und Candian (1979): 27°, 41°*
- ✓ *Toppe (1987): 32°*
- ✓ *Heinimann et al. (1998): 33°-37°*
- ✓ *Focardi und Iotti (2001): 27°-29°*
- ✓ *Jaboyedoff und Labiouse (2003): 33°*
- ✓ *Corominas et al. (2003): 26° - 54°*

In base alla geometria media del versante e alla posizione delle aree di accumulo reali si è verificato che i valori minimi prossimi a 27° forniscano distanze ampiamente

sovrastimate rispetto alla distribuzione dei crolli rilevabili sul terreno e che il valore di soglia minima intorno a 33-35° meglio si adatta alle specificità delle aree studiate.

Secondo Heinimann et al. (1998) in funzione della tipologia d'uso del suolo, delle dimensioni stimate dei massi che si possono staccare, nonchè dello spessore del terreno e della regolarità del profilo, possono essere individuati tre angoli differenti.

Nell'analisi, le traiettorie sono state quindi definite da angoli, misurati rispetto alla linea dell'orizzonte, variabili da 33° (condizioni peggiori: uso del suolo che si oppone scarsamente al passaggio dei blocchi) sino all'inclinazione del pendio, suddivisibili in tre classi:

- ✓ 33° - 35°;
- ✓ 35° - 37°;
- ✓ 37° - inclinazione del versante.

Secondo tale metodologia, in funzione della dimensione dei blocchi, si possono avere differenti fasce di propagazione ai piedi delle pareti di distacco in relazione alla tipologia di vegetazione presente, alla regolarità della topografia e alle caratteristiche del terreno.

Dimensione blocchi	33°	35°	37°
< 0,5 m	Vegetazione: prato Topografia: regolare Terreno: poco profondo	Vegetazione: alto fusto Topografia: scarsamente irregolare Terreno: profondo	Vegetazione: alto fusto Topografia: molto irregolare Terreno: detrito di falda
0,5 - 2 m	Vegetazione: basso fusto Topografia: scarsamente irregolare Terreno: poco profondo	Vegetazione: alto fusto Topografia: molto irregolare Terreno: profondo	
> 2 m	Vegetazione: alto fusto Topografia: molto irregolare Terreno: profondo		

Tabella 6: Angoli di attrito equivalente in accordo con la metodologia BUWAL (Heinimann et al., 1998)

In particolare i massi con dimensioni minori di 0,5 m di diametro possono propagarsi in tre fasce.

Nella prima, più prossima alla parete di distacco e limitata da un angolo di attrito equivalente di 37°, i blocchi si possono arrestare in presenza di vegetazione ad alto fusto, topografia molto irregolare e detrito di versante.

La seconda, intermedia, definita da un angolo di attrito equivalente di 35°, è raggiungibile da blocchi in condizioni di vegetazione, topografia e uso del suolo meno favorevoli all'arresto rispetto alle precedenti.

Infine nella terza fascia, più distale e cautelativa, limitata da angoli di 33°, i massi di piccole dimensioni possono avanzare solo in condizioni particolarmente sfavorevoli all'arresto dei blocchi.

I massi con dimensioni di diametro comprese tra i 0,5 m e i 2 m, possono invece propagarsi secondo due possibili fasce, una più prossima alla parete, circoscritta da angoli di 35°, allorquando sono presenti alla base della parete condizioni di uso del suolo, vegetazione e topografia che agevolano l'arresto dei blocchi ed una più distale, limitata da un angolo di 33° nel caso opposto.

Per i blocchi di dimensioni che superano i 2 m di diametro è infine possibile individuare una sola fascia di possibile propagazione definita da un angolo di attrito equivalente di 33°.

Nel caso di studio sono stato considerato come scenario possibile quello relativo ai massi con dimensioni medie di diametro minori di 0,5 m non essendovi tra i blocchi rilevati elementi con dimensioni maggiori di quella considerata.

Sulla base dell'uso del suolo, della morfologia della parete ed in accordo con la metodologia *BUWAL* (*Heinimann et al., 1998*) è stata quindi considerata la fascia 37° - inclinazione del versante.

Sulla base di quanto riportato in allegato si possono formulare le seguenti considerazioni di carattere generale:

- per quanto concerne i fenomeni di crollo che interessano il versante e la parete a lato della strada militare del Monte della Colonna, si evidenzia che i blocchi si accumulano tutti alla base dell'affioramento o sulla pista;

- relativamente all'area a valle del traliccio dell'alta tensione a valle della strada militare le distanze massime teoricamente raggiungibili vengono valutate in poco meno di un centinaio di metri;

- per quanto concerne infine le due aree individuate in sponda sinistra del Torrente Gottardo l'elevata acclività del versante determina il raggiungimento dell'alveo.

Per quanto concerne eventuali interventi di mitigazione della pericolosità generata dal fenomeno si ritiene che la tipologia di opere più compatibile con la situazione locale sia la realizzazione di difese passive tipo barriere paramassi.

12.3.2 Zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate

Le classi di pericolosità definite in allegato 8 (scala 1:5.000) esprimono la suscettibilità delle diverse porzioni del territorio ad essere interessate da fenomeni franosi (scivolamenti); la perimetrazione proposta è il risultato della mappatura dell'indice di stabilità ottenuta mediante il codice di calcolo SINMAP, acronimo di *Stability INdex MAPping* (*Pack, D.G. Tarboton e C.N. Goodwin – 1998*) che si basa sul modello di stabilità di un pendio infinito che bilancia la componente destabilizzante della gravità con le componenti stabilizzanti di angolo di attrito e coesione su un piano inclinato, infinitamente esteso, parallelo alla superficie del versante.

Il fattore di sicurezza, FS, è dato dalla seguente equazione:

$$FS = \frac{C_r + C_s + \cos^2\theta[\rho_s g(D - D_w) + (\rho_s g - \rho_w g) D_w]\tan\phi}{D \rho_s g \sin\theta \cos\theta}$$

in cui

Cr e Cs sono rispettivamente la coesione delle radici e del terreno;

θ è l'angolo di inclinazione del pendio;

ρs e ρw sono rispettivamente il peso di volume del terreno e dell'acqua;

D è la verticale, rispetto al piano di inclinazione, dello strato di terreno;

Dw è la verticale, rispetto al piano di inclinazione, della tavola d'acqua;

g è la forza di gravità;

Φ è l'angolo di resistenza al taglio del terreno.

I dati geomeccanici di input (coesione, angolo di resistenza al taglio, peso di volume) vengono ricavati da dati stratigrafici diretti (sondaggi, prove penetrometriche, etc.) o, dove questi non siano disponibili, vengono assegnati su base formazionale attraverso dati bibliografici.

Viene inoltre utilizzato il parametro T/R (dove T è la trasmissività e R sono le piogge efficaci) che considera le caratteristiche idrogeologiche dell'intera zona di studio.

Per la definizione dei parametri geotecnici è stata presa come base di riferimento la carta di prima caratterizzazione geologico-tecnica, dalla quale sono state individuate le seguenti "unità omogenee", secondo quanto dettagliato nella predente relazione tecnica del dicembre 2008.

In questa sede si propongono gli approfondimenti relativi ai dissesti censiti nell'ambito del territorio comunale.

Si rimanda ai contenuti dell'appendice 1 per la consultazione delle schede frane.

Per quanto concerne gli altri elementi identificati sulla carta della dinamica geomorfologica come "nicchie di frana" trattasi di fenomeni di dimensioni circoscritte generati prevalentemente a seguito dell'evoluzione degli impluvi o dello scorrimento delle acque superficiali non incanalate che non hanno interferenze con aree edificate/edificabili o con infrastrutture antropiche di vario tipo.

12.3.3 Aprofondimenti sulle caratteristiche delle aree in dissesto

Di seguito si esprimono alcune brevi considerazioni in merito alle caratteristiche delle aree in dissesto per le quali è stato eseguito lo studio di approfondimento della pericolosità (i codici utilizzati, secondo la terminologia di cui all'allegato 11 dei criteri attuativi della L.R. 12/05, trovano riscontro sulla carta di inquadramento

geomorfologico di allegato 2 e sulla carta di zonazione della pericolosità da frana di allegato 8).

01.SV.m - scivolamento planare sviluppatosi in data 3 maggio 2002 a seguito di un periodo particolarmente piovoso che ha determinato il collasso di un tratto di circa 20 m della sede stradale di via S. Martino in prossimità di una doppia curva ubicata alla quota media di 542 m s.l.m.

Il dissesto presentava una nicchia di circa 30 metri di lunghezza dei quali almeno 20 hanno interessato direttamente la sede stradale che è franata verso valle, unitamente al cordolo ed il parapetto esterno.

Il materiale mobilizzato comprendeva parte del riporto del sottofondo stradale, depositi sciolti di origine morenico-detritica a la porzione superficiale alterata del substrato roccioso; il volume di materiale mobilizzato era dell'ordine di circa 250 metri cubi, ed ha trascinato verso valle terreni vegetali e tutto lo strato di copertura presente fino all'alveo del torrente Gottardo.

Attualmente la porzione sommitale del dissesto è stata stabilizzata mediante realizzazione di piattaforma in cemento armato in corrispondenza del pianoro alla base del parapetto e ricostruzione del muro di sostegno e ricostituzione della sede stradale; in corrispondenza della porzione terminale del dissesto si ha affioramento del substrato roccioso (Calcare di Moltrasio).

Per una più precisa caratterizzazione del fenomeno si rimanda alla apposita scheda frane riportata in appendice 1.

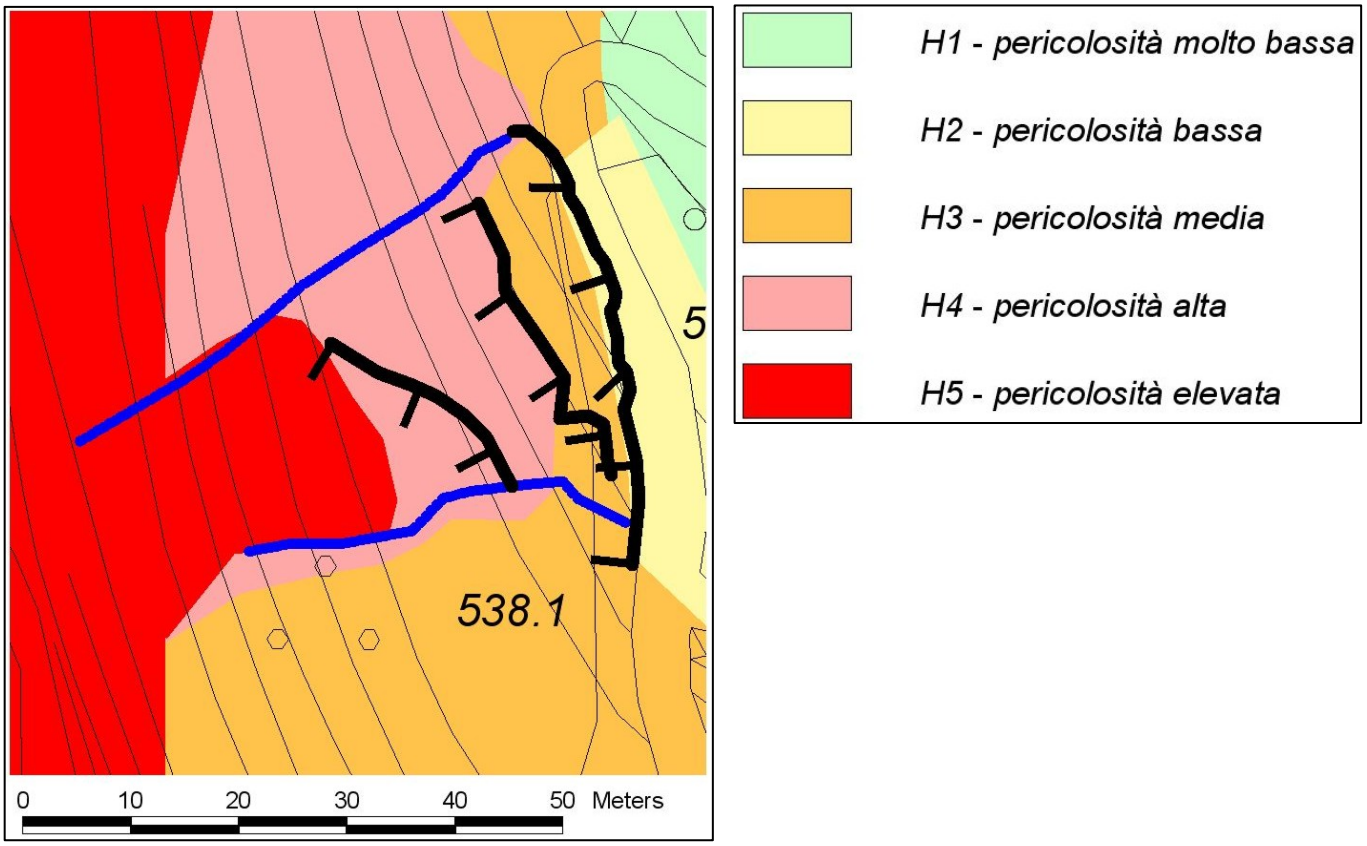
Sulla base dello stato attuale il corpo di frana è stato discretizzato in settori a differente pericolosità:

- pericolosità H2: tale classe di pericolosità (bassa) è stata attribuita limitatamente alla porzione ricostruita della sede stradale e di versante consolidato;

- pericolosità H3: la pericolosità (media) è stata attribuita alla sommità del gradino debolmente acclive alla base della strada;

- pericolosità H4: la classe è stata attribuita a tutto il corpo di frana non interessato da interventi di consolidazione, attualmente costituito in larga misura da

roccia affiorante ed ai fianchi del dissesto dove si osserva materiale incoerente suscettibile di rimobilizzazione parziale.



Il dissesto è stato stabilizzato a seguito dei lavori di consolidamento del 2002; il corpo di frana a seguito dei sopralluoghi del marzo 2009 appare colonizzato da vegetazione.

Relativamente al dissesti descritto, considerando che sono stati approntati interventi di consolidamento della sede stradale e di regimazione delle acque meteoriche, si ritiene coerente e cautelativa l'attribuzione di un grado di pericolosità medio (H3) per la zona di ciglio e una pericolosità da alta a elevata (H4) per la porzione terminale del corpo di frana, che appare colonizzata da vegetazione ma in corrispondenza della quale si registrano venute d'acqua.

Coerentemente con queste valutazioni si è ritenuto di conservare in via cautelativa la classe di fattibilità geologica IV.

02.CR.r - fenomeno di crollo di singoli blocchi dalla parete rocciosa (Calcare di Moltrasio) affiorante a seguito della realizzazione della strada militare; potenzialmente si può avere la mobilizzazione di singoli blocchi dal versante a monte.

L'ammasso roccioso è costituito da calcari a stratificazione piano parallela decimetrica riferibili al Calcare di Moltrasio che immergono a reggipoggio con giacitura media indicativamente 340/30-45°; le famiglie di discontinuità più critiche ai fini della stabilità dell'ammasso roccioso sono:

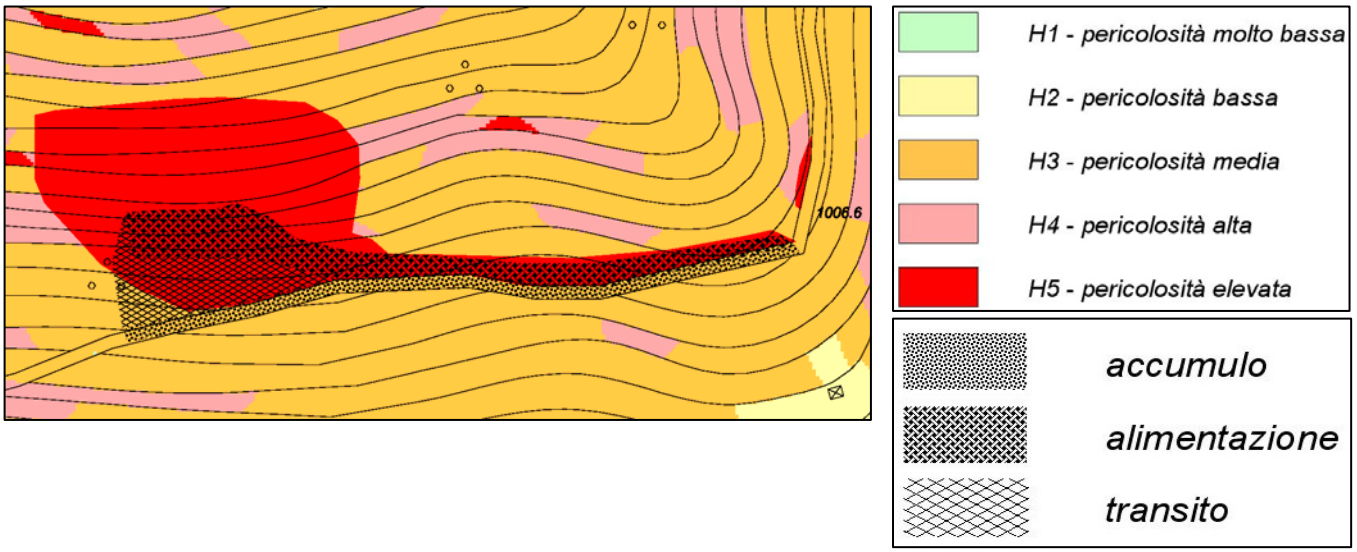
K1: 200/70-80, da chiuse ad aperte (0-10 mm) con riempimento granulare;

K2: 90/80-88, con apertura fino a 30 mm e riempimento granulare (spaziatura 55-60 cm);

K3: 170-180/70 con spaziatura variabile fra 15-120 cm ;

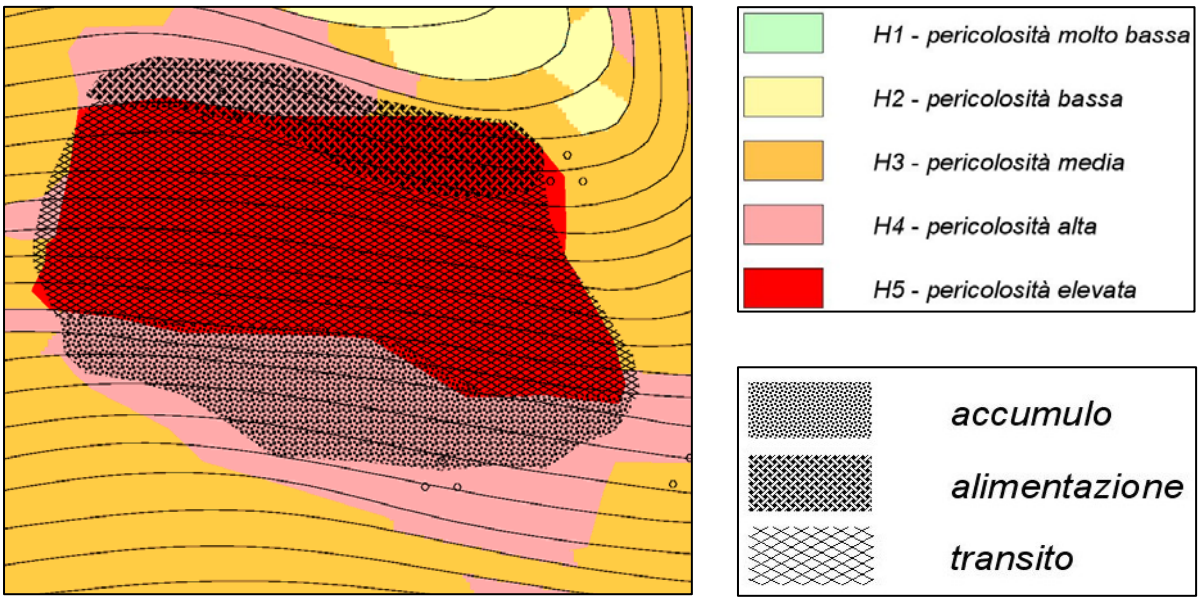
K4: 110/80, beanti (apertura 20-60 mm) con riempimento granulare e spaziatura 20-40 cm.

La persistenza delle famiglie di discontinuità e alquanto variabile in alcuni casi raggiunge il 100%; si determinano esclusivamente fenomeni di crollo/ribaltamento, con volumetrie potenzialmente mobilizzabili dell'ordine di 30-50 dmc.



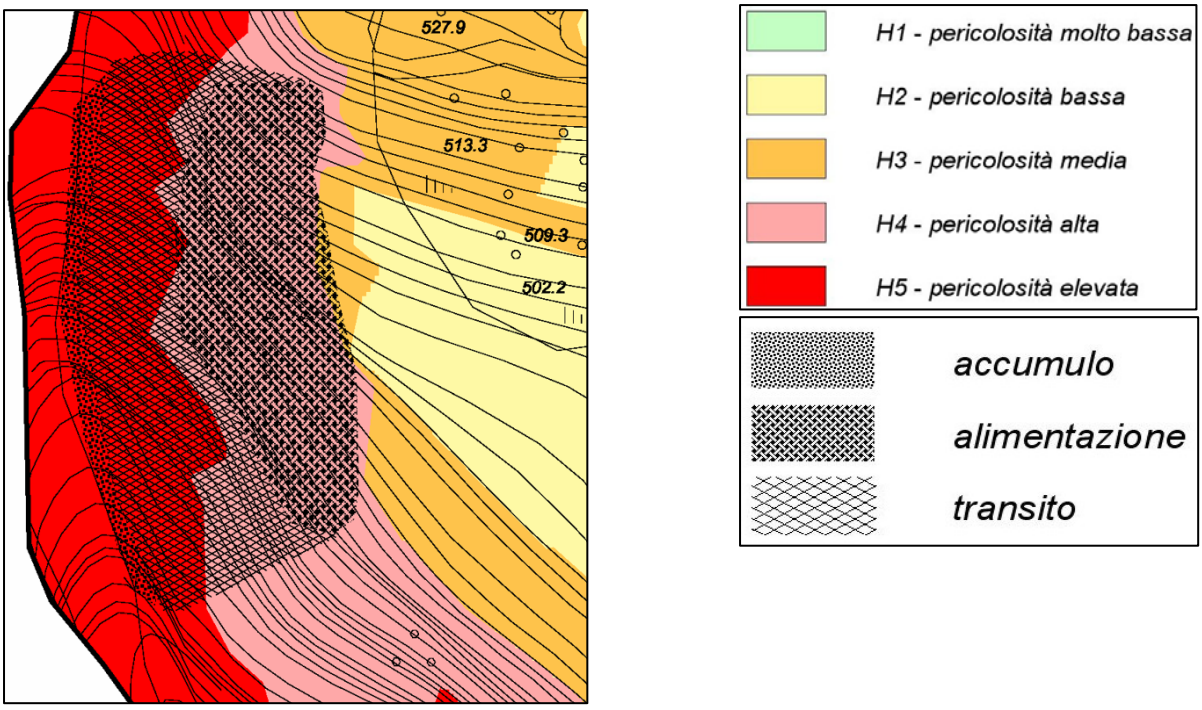
03.CR.r - fenomeno di crollo di singoli blocchi da affioramenti sparsi del substrato roccioso carbonatico e possibile mobilizzazione di blocchi sparsi lungo il versante.

Trattasi di un fenomeno che interessa una porzione di versante ad inclinazione variabile fra i 30-40°, con copertura boschiva estesa, senza che lo stesso possa interagire negativamente con infrastrutture antropiche.

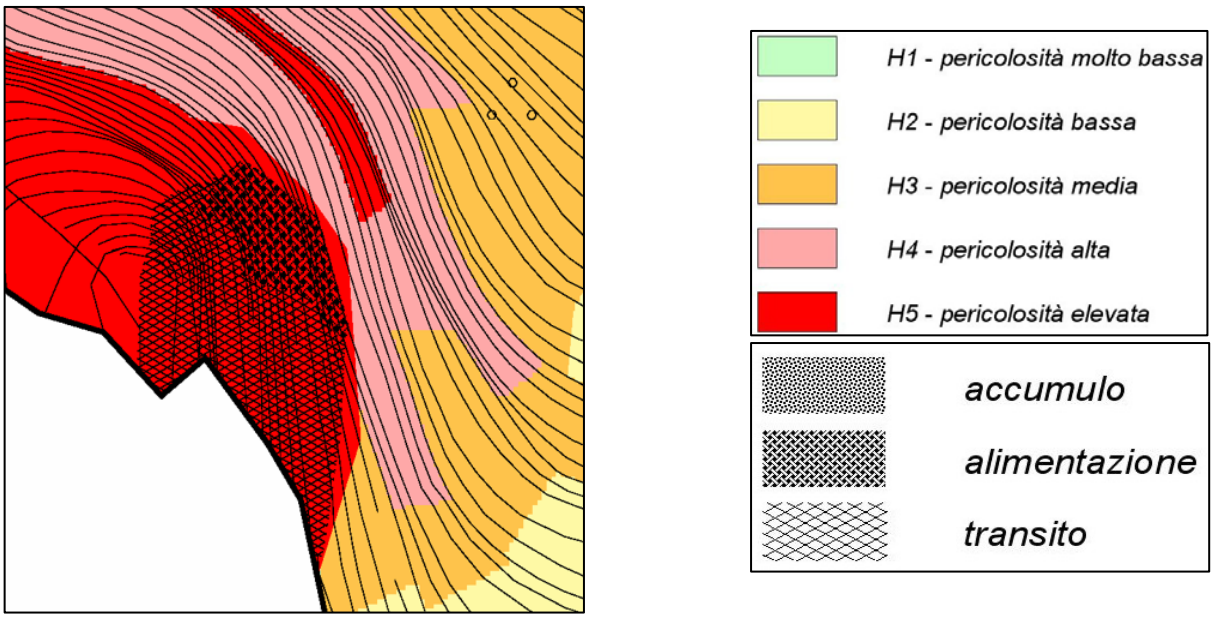


04.CR.m – il dissesto interessa una porzione di versante ad elevata acclività in sinistra orografica del Torrente Gottardo caratterizzata da condizioni di substrato affiorante/subaffiorante con depositi di copertura di spessore ridotto.

La forte acclività del versante e le condizioni di giacitura del substrato stratificato (Calcare di Moltrasio) favoriscono locali episodi di crollo/ribaltamento di elementi rocciosi tabulari o smottamenti corticali della copertura.



05.CR.m – trattasi di un processo che presenta caratteristiche e modalità di evoluzione del tutto analoghe a quelle descritte per il precedente 04.CR.m.



12.4 OPERE DI MITIGAZIONE

Si propone di seguito in osservanza all'Art. 84 comma 7 del PTCP un elenco tipologico dei principali interventi di difesa attiva/passiva applicabili per la prevenzione/sistemazione di fenomeni dissestivi in funzione della tipologia di questi ultimi.

frane da scivolamento in materiali incoerenti	**opere per il controllo dell'erosione superficiale**	**rivestimenti antierosivi con materiali biodegradabili** *biotessili (bioreti, biofeltri); biostuoie*
		rivestimenti antierosivi con materiali sintetici *geostuoie tridimensionali;* *geocompositi;* *rivestimenti vegetativi; geocelle*
		inerbimenti *semina a spaglio;* *zolle erbose;* *idrosemina*
	+	
	opere di stabilizzazione superficiale	*piantumazioni;* *fascinate vive;* *viminate e palizzate vive;* *palificate vive;* *gradonate vive;* *grate vive;* *cordonate con talee;* *gradonature e riprofilatura morfologica*
	+	
	opere di consolidamento al piede	*palificate a parete semplice o doppia;* *muri in gabbioni;* *massi ciclopici*
	+	
	opere di drenaggio	**drenaggi superficiali** *canalette in terra e fossi diguardia;* *canalette rivestite in pietrame;* *canalette rivestite in legname e pietrame;* *canalette con rivestimento in calcestruzzo;* *cunei filtranti;* *drenaggi con fascine* *tincee drenanti;* *dreni sub-orizzontali*
		drenaggi profondi *speroni drenanti;* *pozzi drenanti*

frane di crollo		**interventi passivi** *barriere paramassi;*
		interventi attivi *reti in aderenza;* *imbragature e ancoraggi;* *chiodature e bullonature*

sistemazioni idrauliche e mitigazione fenomeni trasporto solido e/o in massa lungo aste idriche (tratti montani)	**protezioni trasversali**	**opere di stabilizzazione del fondo alveo** *briglia in legname e pietrame;* *briglia a raso in massi;* *briglia a raso in c.a.*
	opere di trattenuta	**briglie selettive** *briglia selettiva a pettine;* *briglia selettiva a finestra*
	protezione delle sponde	*scogliere in massi ciclopici;* *gabbionate rinverdite*
	modellamento d'alveo	*risagomatura con protezione di sponda;* *ricalibratura sezione d'alveo;* *creazione di salti di fondo*

13. CARTA DELLA FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO

La fase di proposta si concretizza nell'elaborazione della carta della fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di attuazione: tale fase prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

13.1 INTRODUZIONE

La carta della fattibilità delle azioni di piano costituisce l'elaborato finale che viene desunto dalla carta di sintesi, dalla carta dei vincoli e dall'analisi tecnica svolta nella fase di analisi, e rappresenta una carta di pericolosità che fornisce indicazioni circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi e le indagini necessarie per gli approfondimenti richiesti e gli interventi di ripristino e di mitigazione del rischio.

Ad ogni poligono, identificato in base agli elementi di pericolosità geologica ed idrogeologica riportati sulla carta di sintesi, viene attribuita una classe di fattibilità geologica che risulterà univocamente definita attraverso un colore di riferimento, un retino di sottoclasse e una sigla composta da:

- un numero da I a IV definito sulla base di parametri standard (colore);
- una lettera per indicare unità a caratteristiche omogenee sotto gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e delle problematiche progettuali (sottoclasse – retino).

La carta di fattibilità delle azioni di piano, estesa all'intero territorio comunale, è stata redatta in differenti scale:

- allegato 9/c e 9/d alla scala dello strumento urbanistico (1:2.000) su base aerofotogrammetrica comunale.

- allegato 9/b alla scala 1:5.000 su base aerofotogrammetrica comunale;

La carta di fattibilità geologica deve essere utilizzata congiuntamente alle "norme geologiche di attuazione" (capitolo conclusivo della presente relazione) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

13.2 CRITERI UTILIZZATI PER LA REDAZIONE DELLA CARTA

Data la complessità e variabilità delle situazioni riscontrate sul territorio non sempre è possibile ridurre le problematiche individuate nelle quattro classi standard di fattibilità previste dalla normativa.

Per ovviare, almeno parzialmente, a questa oggettiva difficoltà, si è deciso di istituire all'interno delle classi di fattibilità standard, se necessario, un certo numero di sottoclassi per meglio differenziare le aree omogenee in base alle specifiche caratteristiche geo-litologiche, morfologiche, idrogeologiche, idrauliche e geologico-tecniche che generano quel particolare tipo di pericolosità.

Ne deriva quindi che ogni poligono viene individuato univocamente da un colore (che ne definisce l'appartenenza ad una delle quattro classi standard di fattibilità) e da un retino (con una sigla) che ne specifica la sottoclasse.

Per l'attribuzione di un'area ad una delle quattro classi standard sono stati valutati i dati disponibili relativi alla litologia, alla geomorfologia (principali processi attivi ed acclività dei versanti, ...), all'idrogeologia (permeabilità stimata dei materiali, soggiacenza della falda, ...), alla geotecnica (grado di addensamento, capacità portante

dei terreni, ...); si sono quindi descritte caso per caso le problematiche generali di carattere geologico tecnico.

Il criterio utilizzato è stato quello di istituire una classe ogni volta che si riscontra una sostanziale variazione (anche una sola) delle caratteristiche prese in esame.

13.3 CLASSI DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

Di seguito si riporta una descrizione delle caratteristiche relative alle classi e sottoclassi di fattibilità delle azioni di piano individuate nell'ambito dello studio del territorio comunale.

Si precisa fin d'ora che per l'attribuzione della classe di fattibilità ad una determinata area, ci si è basati sulle classi di ingresso proposte dalla normativa; l'eventuale difformità riscontrata è legata a valutazioni degli scriventi derivate dalle osservazioni in situ che hanno comunque sempre comportato l'attribuzione ad una classe peggiorativa rispetto a quella di indirizzo della normativa (escluse ovviamente per le categorie già incluse d'ufficio in classe 4 di fattibilità).

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).

Si precisa inoltre che le indagini di approfondimento e gli studi geologici-idrogeologici prescritti in fase progettuale non sono in ogni caso sostitutivi di quelli previsti dal DM 14 settembre 2005 e succ. mod. da eseguirsi in fase esecutiva.

CLASSE I (colore bianco) – FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI: la classe "comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" e succ. mod..

Nell'ambito del territorio comunale di Duno non sono stati individuati settori tali da poter essere inseriti in questa classe di fattibilità.

CLASSE II (colore giallo) – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI: la classe "comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori".

parametri geologici considerati. Le particelle qui classificate sono quelle che si rivelano come le più idonee al cambio di destinazione d'uso ed ad interventi di pianificazione urbanistica.

In questa sottoclasse sono in sostanza inseriti i depositi morenici e le aree a substrato affiorante ad acclività bassa o nulla con caratteristiche tecniche discrete.

Per le sue caratteristiche e per le leggere variazioni morfologiche presenti è possibile, in alcuni settori, una certa interazione con acquiferi sospesi anche a carattere stagionale che generalmente è però a profondità tali da non interferire con il primo sottosuolo.

Per manufatti importanti è quindi necessario valutare con attenzione la soggiacenza dell'acquifero e la sua vulnerabilità; in particolare interventi di recupero in aree non servite da un sistema fognario coerente (ad esempio nella zona dell'Alpe Duno) saranno subordinati all'affronto delle tematiche relative allo smaltimento dei

reflui mediante l'adozione di idonee tecniche le più possibili rispetto dell'ambiente circostante.

Come già accennato in sede di descrizione geomorfologica, in questa unità sono comprese aree generalmente stabili e sicure.

Per inciso si ricorda (e questo vale per tutte le classi) che l'indagine geognostica è espressamente prevista dalla normativa vigente in materia (DM. 14.01.2008) e quindi va comunque eseguita, soprattutto per manufatti di un certo rilievo: l'intervento dovrà essere subordinato ad un approfondito studio geologico ed idrogeologico che, alla scala del progetto, definisca con precisione la fattibilità delle opere e gli eventuali interventi di miglioramento funzionale da realizzare, soprattutto in merito al drenaggio delle acque ed alla stabilità dei versanti.

CLASSE III (colore arancione) – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI: la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Per le aree ricadenti in questa categoria in presenza di elementi oggettivi di valutazione sarà necessario definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto; in caso contrario, mancando elementi di valutazione sufficienti, sarà richiesta la definizione puntuale dei supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.

Sottoclasse III A

.Sono rappresentati in questa sottoclasse i settori di territorio sostanzialmente stabili o con deboli dissesti superficiali in pendii ad acclività medio alta o le aree ai piedi di versanti con repentini cambi di pendenza; l'utilizzo del territorio è possibile ma va regolato con attenzione per evitare l'innescarsi di fenomeni che possono essere poi difficili da gestire sia dal punto tecnico che economico.

Le caratteristiche tecniche dei terreni sono generalmente da discrete a buone (substrato roccioso a debole profondità).

E' da valutare con attenzione ogni modificazione dell'attuale assetto idrogeologico.

Oltre alle prescrizioni riportate per le precedenti sottoclassi in questo caso sarà importante definire con precisione alla scala degli interventi, il grado di rischio idraulico mediante appositi studi e dimensionamenti e le condizioni di stabilità dei versanti: i terreni a permeabilità medio-bassa, con possibili fenomeni di saturazione e di aumento della pressione interstiziale, in concomitanza di sfavorevoli condizioni al contorno

Sottoclasse III B

Sono raggruppate in questa sottoclasse le zone pianeggianti od a debole inclinazione che possono essere interessati da ristagni idrici in periodi a forte piovosità; si tratta di depositi generalmente di origine morenico e subordinatamente fluvio-glaciale ed alluvionale.

Le caratteristiche tecniche dei terreni di fondazione possono anche essere mediocri o scadenti

Ogni intervento programmato su aree classificate in questo gruppo richiede una reale necessità funzionale e va giustificata mediante studi idrogeologici, geomorfologici, di stabilità ed idraulici puntuali e dettagliati.

Importante valutare con attenzione la vulnerabilità degli acquiferi.

Sottoclasse III C

Sono raggruppate in questa sottoclasse le aree di versante ad acclività variabile da media a localmente elevata con abbondante circolazione idrica sia superficiale che ipogea (carsismo profondo) e vulnerabilità da elevata a estremamente elevata.

In relazione alle caratteristiche riscontrabili in tali aree è vietata la costruzione di nuovi edifici fatta eccezione per strutture di pubblica utilità non altrimenti localizzabili; consentito solo l'ampliamento e/o risanamento conservativo dell'esistente

CLASSE IV (colore rosso) – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI: trattasi della classe di fattibilità in cui, data l'alta pericolosità/vulnerabilità che comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Per quanto concerne **le aree che ricadono entro la classe di fattibilità geologica IV vige il vincolo di inedificabilità assoluta, in particolare sono vietate nuove costruzioni (anche a seguito di demolizione) e l'ampliamento areale dell'esistente**.

Le uniche eccezioni sono limitate a:

- ✓ sistemazioni di tipo idraulico-forestale tese al consolidamento dei versanti o alla regimazione dei corsi d'acqua;
- ✓ manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo senza aumento di superficie o volume per le strutture già esistenti e le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica;
- ✓ opere ed infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, solo se non diversamente localizzabili, subordinate a specifico studio di fattibilità geologica, geologico tecnica, idrogeologica e di compatibilità.

Sottoclasse IV A

In questa sottoclasse sono riportate le aree di pertinenza fluviale e torrentizia interessate da intensi fenomeni di dinamica geomorfologica (approfondimento dell'alveo, erosione di fondo e di sponda, ruscellamenti, soliflussi, smottamenti, trasporto solido, ecc..)

Sono identificate le fasce all'intorno dei principali impluvi a carattere permanente o stagionale.

Le opere ammesse sono quelle necessarie alla regimazione idraulica ed alla sistemazione idraulico-forestale

Sottoclasse IV B

Si tratta della sottoclasse che definisce tutte le zone più tipicamente montane, dove sono abbondanti tutti i fenomeni idrogeologici e geomorfologici che ne sconsigliano l'utilizzo e l'urbanizzazione nel modo più assoluto; interessano le formazioni montane (substrato roccioso, detriti di falda, coperture moreniche ed eluvio-

colluviali), ad acclività generalmente alta, intensa evoluzione geodinamica e caratteristiche geotecniche variabili.

Sottoclasse IV B Fq

La sottoclasse individua le aree di frana quiescente (Fq) soggette alle limitazioni di cui all'art. 9 comma 3 delle N.d.A. PAI ed alle limitazioni di cui alla classe IVb.

Sottoclasse IV B Fs

La sottoclasse individua le aree di frana stabilizzata (Fs) soggette alle limitazioni di cui all'art. 9 comma 4 delle N.d.A. PAI ed alle limitazioni di cui alla classe IVb

14. CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

L'allegato 10, redatto in scala 1:5.000 su base CTR, individua le aree di frana quiescente (Fq) e di frana stabilizzata (Fs) proposte ad aggiornare il quadro di dissesto PAI.

15. NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Le presenti norme sostituiscono e integrano quelle predisposte nella relazione del dicembre 2001 allegata allo "Studio Geologico-Idrogeologico del territorio Comunale".

15.1 NORME DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

In questo paragrafo vengono elencate le prescrizioni e le limitazioni d'uso relative alle classi di fattibilità geologica individuate sottolineando comunque che si tratta di una soglia "minima" di tutela geologica; sarà quindi facoltà del Professionista incaricato o dell'Amministrazione Comunale prescrivere ulteriori e più dettagliate indagini di approfondimento rispetto a quelle minime elencate in relazione alla casistica e alla tipologia delle problematiche individuate.

Classe I – fattibilità senza particolari limitazioni

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal d.m. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

In base alle risultanze dello studio geologico e alle evidenze della dinaica geomorfologica non vi sono porzioni del territorio comunale che ricadono in classe di fattibilità I.

Classe II - fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che

possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Aree favorevoli allo sviluppo urbanistico fermo sia in fase preliminare che di progettazione il rispetto delle prescrizioni di cui al D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni", per strutture di mole non rilevante (es. edilizia uni- o bifamiliare) in fase preliminare ed in assenza di dati puntuali significativi rappresentativi della situazione locale, potrà ritenersi sufficiente una caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica speditiva (es. mediante apertura di trincee o pozzetti esplorativi con escavatore meccanico da spingersi a profondità significativa al di sotto della quota di imposta del piano delle fondazioni), per accertare la non sussistenza di caratteristiche puntuali sfavorevoli, non avvertibili alla scala della documentazione prodotta e tuttavia incidenti ai fini dell'intervento in progetto.

Nel caso in cui l'esame preliminare fornisse esiti sfavorevoli o ritenuti insufficienti, saranno necessarie integrazioni mediante esecuzione di indagini geognostiche di maggior dettaglio (es. prove penetrometriche) al fine di giungere ad una modellazione geologico-tecnica adeguata in relazione alla tipologia dell'intervento previsto e alla valutazione dei parametri geomeccanici caratteristici da utilizzare per il corretto dimensionamento delle strutture fondazionali e per le verifiche dei cedimenti attesi in relazione ai carichi di progetto.

Per strutture di maggior impatto o che prevedono volumi interrati sarà comunque da prevedere l'esecuzione di apposite indagini geognostiche di approfondimento la cui tipologia, numero e ubicazione dovrà essere valutata in relazione alla tipologia e alle dimensioni dell'opera.

Da valutare con particolare attenzione l'eventuale occorrenza di falde sospese a bassa soggiacenza o di acque di infiltrazione anche a carattere temporaneo e la stabilità dei fronti di scavo sia in corso d'opera che a fine intervento.

Classe III - fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le

condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Per le aree ricadenti in questa categoria in presenza di elementi oggettivi di valutazione sarà necessario definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto; in caso contrario, mancando elementi di valutazione sufficienti, sarà richiesta la definizione puntuale dei supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione

Preliminarmente ad ogni intervento edificatorio dovranno essere eseguiti gli studi in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni"; per le varie tipologie di opere obbligatoria l'esecuzione di indagini geognostiche di approfondimento mediante prove in sito e/o laboratorio per la definizione dei principali indici geomeccanici dei da utilizzare per il corretto dimensionamento delle strutture fondazionali e per le verifiche dei cedimenti attesi in relazione ai carichi di progetto.

Sottoclasse IIIa

Parere geologico-tecnico favorevole condizionato ad un incremento limitato di nuove edificazioni, con tipologie di basso impatto areale; per l'esistente consentito il risanamento conservativo e l'ampliamento areale in misura non superiore al 30% della superficie coperta attuale (anche nel caso di demolizione e ricostruzione); l'esecuzione di comparti interrati è subordinata all'accertamento delle possibili interferenze con le acque superficiali e sotterranee (carsismo nel substrato).

Nello specifico in via di minima si ritengono necessari:

- rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio;
- ricostruzione di dettaglio delle direttrici di deflusso delle acque superficiali;

- rilievo planoaltimetrico di dettaglio;
- in caso di scavi, sbancamenti o riporti valutazione della stabilità dei fronti e dei versanti sia in corso d'opera che a fine intervento con particolare attenzione verso strutture già esistenti;
- valutazione delle modalità di circolazione idrica sotterranea;
- presenza, anche temporanea, di filtrazioni dalle pareti di scavo o di acque nel primo sottosuolo.

In fase progettuale andranno rispettate le seguenti prescrizioni:

- adozione di adeguati presidi di contenimento per la sicurezza delle maestranze in relazione agli esiti della verifica della stabilità dei fronti di scavo e dei versanti;
- riconformazione morfologica finale dei siti atta a garantire l'allontanamento delle acque meteoriche e di corrivazione evitando l'insorgenza di episodi di ruscellamento concentrato/erosione nelle aree adiacenti;
- predisposizione di opere per la regimazione delle acque meteoriche e di quelle eventualmente provenienti dalle scarpate a monte;
- realizzazione di eventuali nuovi accessi sul lato di valle con conformazione del terreno atta a garantire l'allontanamento di eventuali acque scorrenti sul suolo

Sottoclasse IIIb

Parere geologico-tecnico non favorevole ad un aumento di edificazione in relazione alla alta vulnerabilità idrogeologica e alla sussistenza di problematiche geotecniche e morfologiche di varia natura; consentito il risanamento conservativo dell'esistente e limitati interventi di ampliamento (anche nel caso di demolizione e ricostruzione).

Nello specifico in via di minima si ritengono necessari:

- rilevamento geologico-geomorfologico e rilievo planoaltimetrico di dettaglio;
- valutazione della stabilità dei fronti di scavo;

- valutazione di dettaglio della soggiacenza delle acque sotterranee e delle modalità di alimentazione deflusso delle stesse al fine di garantire adeguata tutela alle captazioni ad uso idropotabile poste a valle.

In fase progettuale andranno rispettate le seguenti prescrizioni:

- adozione di adeguati presidi di contenimento per la sicurezza delle maestranze in relazione agli esiti della verifica della stabilità dei fronti di scavo e del versante a monte;
- predisposizione di opportune opere di intercettazione e allontanamento delle acque superficiali secondo modalità tali da evitare l'insorgenza di erosione nelle aree adiacenti o presso i cigli di scarpata;
- predisposizione di adeguati sistemi per la dispersione delle acque nel sottosuolo in modo da minimizzare l'impatto sull'ambiente;
- eventuale predisposizione di sistemi di controllo ambientale a salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile poste a valle.

Sottoclasse IIIc

E' vietata la costruzione di nuovi edifici fatta eccezione per strutture di pubblica utilità non altrimenti localizzabili; consentito solo l'ampliamento e/o risanamento conservativo dell'esistente

Nello specifico in via di minima si ritengono necessari:

- rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio;
- rilievo planoaltimetrico di dettaglio;
- ricostruzione delle direttrici di deflusso delle acque superficiali,
- valutazione dell'influenza dei nuovi interventi sulla circolazione idrica sotterranea.

In fase progettuale andranno rispettate le seguenti prescrizioni:

- predisposizione di adeguati presidi di contenimento in relazione agli esiti della verifica della stabilità dei fronti di scavo e dei versanti sia in corso d'opera (per la sicurezza delle maestranze) che al termine dei lavori;

- predisposizione di accorgimenti per la regimazione delle acque meteoriche in modo da evitare l'insorgere di fenomeni di erosione concentrata;
- attenta gestione dell'uso del suolo e delle coperture vegetali al fine di evitare l'innesco di fenomeni erosivi e destabilizzanti;
- vietata la dispersione nel sottosuolo delle acque chiare e di prima pioggia

Classe IV - fattibilità con gravi limitazioni

Trattasi della classe di fattibilità in cui, data l'alta pericolosità/vulnerabilità che comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione.

Le eccezioni al divieto assoluto di edificazione o modifica sono limitate ai seguenti casi:

- opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti;
- edifici già esistenti, per cui sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo;
- infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico solo se non altrimenti localizzabili le quali dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea;
- innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

La realizzazione di opere che comportino l'alterazione delle condizioni morfologiche o di drenaggio dei terreni o l'alterazione delle condizioni di carico unitario e complessivo indotto è subordinata alla effettuazione di specifiche indagini e verifiche ai sensi del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni".

Alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Sottoclasse IVa

Parere geologico-tecnico non favorevole per la sussistenza di problematiche di natura idraulica e propensione al dissesto idrogeologico; è vietata la realizzazione di nuove costruzioni, anche a seguito di demolizione di costruzioni esistenti, così come l'ampliamento areale delle costruzioni esistenti.

Ammessi solo interventi di sistemazione idraulico-forestale tesi al consolidamento dei versanti o per la mitigazione del rischio residuo o alla regimazione dei corsi d'acqua preferibilmente impiegando tecniche di ingegneria naturalistica.

Eventuali opere di interesse pubblico, non altrimenti localizzabili, subordinate all'esecuzione di studi di dettaglio che ne valutino la fattibilità idraulica e idrogeologica.

Per l'esistente consentiti esclusivamente interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo senza aumento di superficie o volume; consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica

Raccomandata una attenta gestione forestale delle aree dei versanti in fregio ai corsi d'acqua: qualsiasi intervento dovrà tenere in conto la possibilità di innesco di fenomeni di erosione superficiale.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla manutenzione delle aste torrentizie e dei manufatti di attraversamento già esistenti sulle stesse con riguardo soprattutto alle eventuali sezioni dove sono state realizzate coperture o tombamenti dell'alveo.

Sottoclasse IVb

Parere geologico non favorevole per la presenza di problematiche geotecniche di varia natura e per la salvaguardia delle sorgenti di versante; è vietata la realizzazione di

nuove costruzioni, anche a seguito di demolizione di costruzioni esistenti, così come l'ampliamento areale delle costruzioni esistenti.

Eventuali interventi di modifica del locale assetto geomorfologico sono consentiti unicamente ove finalizzati a manutenzione della rete di drenaggio e della viabilità e a alla prevenzione del rischio idrogeologico, previa esecuzione di specifico studio di fattibilità geologica.

Sono sempre consentiti interventi di sistemazione idraulico-forestale tesi al consolidamento dei versanti e delle aree in dissesto o alla regimazione dei corsi d'acqua, preferibilmente impiegando tecniche di ingegneria naturalistica, e interventi di realizzazione di opere pubbliche, ove non diversamente localizzabili, fatta salva l'esecuzione di specifico studio di fattibilità geologica, geologico tecnica ed idrogeologica comprendente specifica valutazione delle condizioni di stabilità in corso d'opera e a fine intervento.

Per l'esistente consentiti esclusivamente interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo senza aumento di superficie o volume; consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica

Raccomandata una attenta gestione forestale delle aree dei versanti in fregio ai corsi d'acqua e l'eventuale predisposizione di sistemi di monitoraggio ambientale per la tutela delle aree di ricarica della falda.

Sottoclasse IVb Fq

La sottoclasse individua le aree di frana quiescente (Fq) soggette alle limitazioni di cui all'art. 9 comma 3 delle N.d.A. PAI.

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fq sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;

- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;

- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;

- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;

- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;

- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere;

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;

- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienicofunzionale;

- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;

- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso

D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Ricadendo tali aree in classe IV di fattibilità geologica dovranno essere applicate le limitazioni più restrittive previste dalla classe IVb.

Sottoclasse IVb Fs

La sottoclasse individua le aree di frana quiescente (Fs) soggette alle limitazioni di cui all'art. 9 comma 4 delle N.d.A. PAI secondo cui "compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente".

Per le aree Fs dovranno essere applicate le limitazioni di cui alla classe di fattibilità IVb.

15.2 NORME DI POLIZIA IDRAULICA

Per le norme di polizia idraulica sul Reticolo Idrico Minore di competenza comunale in ottemperanza alla D.G.R. 7/7868 del 25.01.2002 e succ. mod., si ricorda che allo stato attuale la Comunità Montana della Valcuvia ha già avviato l'iter per l'adeguamento alla normativa; lo studio teso alla definizione del Reticolo Idrico Minore

è attualmente al vaglio dell'Autorità competente per l'espressione del relativo parere di conformità.

Fino all'espressione di tale parere da parte della Sede Territoriale Regionale competente ed al recepimento dello studio, a seguito del quale le relative norme dovranno essere integralmente adottate anche nel presente Piano, su tutte le acque pubbliche, così come definite dalla L. 5 gennaio 1994, n. 36, e relativo regolamento, si applicano i vincoli disposti dall'art. 96, lettera f), del R. D. 25 luglio 1904, n. 523 con particolare riferimento al divieto "in modo assoluto di lavori ed atti sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese [...] le piantagioni e gli smovimenti del terreno a distanza minore di metri 4 [...] le fabbriche e gli scavi a distanza minore di metri 10".

15.3 AREE SOGGETTE AD AMPLIFICAZIONE SISMICA

Sulla base dell'analisi di pericolosità sismica (I^ livello) condotta sul territorio comunale di Duno (inserito nella classe di sismicità 4 rif. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003) sono stati individuati i seguenti scenari di pericolosità sismica locale:

ZONA PSL Z1

Scenario S1 - Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

Scenario Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana

Fermo restando l'applicazione di quanto previsto al D.M. 14/01/2008 in fase progettuale è richiesto l'approfondimento di III° livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, qualora non sussistano già prescrizioni maggiormente restrittive di inedificabilità relative alla Classe IV di fattibilità geologica.

ZONA PSL Z3

Scenario Z3a - Zona di ciglio con altezza H > 10 m

Scenario Z3b - Zona di cresta rocciosa appuntita

Fermo restando l'applicazione di quanto previsto al D.M. 14/01/2008 in fase progettuale è richiesto l'approfondimento di II° livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III° livello nelle aree indagate con il II° livello qualora il fattore di amplificazione Fa calcolato risultasse superiore del valore soglia comunale.

ZONA PSL Z4

Scenario Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)

Fermo restando l'applicazione di quanto previsto al D.M. 14/01/2008 in fase progettuale è richiesto l'approfondimento di II° livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03 (o anche in caso di ampliamento di dette strutture se già esistenti) e l'approfondimento di III° livello nelle aree indagate con il II° livello qualora il fattore di amplificazione Fa calcolato risultasse superiore del valore soglia comunale.

ZONA PSL Z5 - Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

Fermo restando l'applicazione di quanto previsto al D.M. 14/01/2008 in fase progettuale è richiesto l'approfondimento di III° livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03.

Nella progettazione di interventi relativi agli edifici ed alle opere infrastrutturali di cui al decreto del Capo della Protezione Civile 21 ottobre 2003 ovvero per edifici strategici e rilevanti previsti nelle zone sismiche PSL Z1-Z2 o nelle zone PSL Z3-Z4 con Fa calcolato>Fa valore soglia comunale in funzione del tipo di terreno di fondazione B-C-D-E si devono applicare le Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Per gli edifici strategici e rilevanti di cui all'elenco tipologico d.d.u.o. della Regione Lombardia n. 19904/03 o non rientranti nei tipi indicati nel decreto del Capo della Protezione Civile 21.10.2003 si può applicare la normativa previgente fino al 30.06.2010.

15.4 AREE DI TUTELA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

Relativamente alle aree di tutela delle captazioni ad uso idropotabile vige il rispetto di quanto fissato all'Art. 94 (disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano) commi 3-4 e 5 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale".

Comma 3. La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

Comma 4. La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;

b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;

d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;

e) aree cimiteriali;

f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;

g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;

h) gestione di rifiuti;

i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;

l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;

m) pozzi perdenti;

n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Comma 5. Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 4, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte terza del presente decreto le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture o attività:

a) fognature;

b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;

c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;

d) pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del comma 4.

Si rammenta che fino al rilascio del relativo Atto Autorizzativo da parte dell'Autorità competente la zona di rispetto ai sensi del comma 1, è quella definita

secondo il criterio geometrico con estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.

15.5 NORME SPECIFICHE IN MERITO ALL'EVENTUALE POSSIBILITA' DI SMALTIMENTO NEL SUOLO DI ACQUE REFLUE PRESSO L'ALPE DI DUNO

In caso di eventuale riutilizzo delle baite presenti all'Alpe di Duno ad uso agro-silvo-pastorale (insediamenti isolati come previsto dalla normativa vigente) in alternativa al collettamento alla pubblica fognatura dovranno essere realizzati sistemi individuali di trattamento progettati in modo tale che raggiungano lo stesso livello di protezione ambientale (Dlgs 152/2006 art. 100 comma 3) prevedendo lo scarico sul suolo delle acque trattate (Dlgs 152/2006 art 103 comma 1 lett. A).

Il trattamento delle acque reflue dovrà realizzarsi conformemente alle norme tecniche regionali (Regolamento Regionale n. 3 del 24 marzo 2006 art.8) ed in particolare:

- la realizzazione di una vasca Imhoff o fossasettica, gestita in modo da garantire per i solidi sedimentabili il rispetto del valore limite di emissione di 0,5 ml/l;
- la realizzazione di sistemi di sub-irrigazione, senza o con drenaggio, in relazione alla permeabilità del terreno.

Prima di valutare la possibilità di realizzare gli scarichi previo trattamento sul suolo sarà indispensabile definire un adeguato modello idrogeologico che stabilisca il grado di permeabilità dei terreni attraverso prove infiltrometriche in situ, lo spessore dei sedimenti presenti nelle varie zone ove sono ubicate le baite in modo da valutare l'effetto di autodepurazione dei sedimenti stessi, le caratteristiche della falda presente al contatto con il substrato roccioso con un un bilancio tra afflussi e deflussi nonché, molto importante, una verifica delle velocità di dispersione nel sottosuolo attraverso l'utilizzo di traccianti da immettere in pozzetti appositamente realizzati nell'alpeggio nei punti ove è essere prevista la dispersione dei reflui, con verifica dell'eventuale tempo di arrivo alla sottostante sorgente captata ad uso idropotabile.

Solo alla luce della definizione del modello idrogeologico si potrà quindi valutare la possibilità di effettuare, previo trattamento, la dispersione delle acque reflue nel suolo secondo quanto previsto dalla vigente normativa.

Si consiglia di non realizzare sistemi di dispersione di reflui nel sottosuolo ma di utilizzare pozzi a tenuta, nel qual caso dovrà essere garantita la raggiungibilità del sito da parte di un mezzo di trasporto idoneo allo smaltimento dei reflui prelevati dalla fossa verificando la possibilità di accesso di mezzi per lo spurgo.

Tale soluzione si giustifica anche dal fatto che la zona non è servita da pubblico acquedotto e che quindi anche i quantitativi di refluo prodotti per ogni baita sono probabilmente di limitata entità.

In alternativa, qualora l'alpeggio venisse utilizzato in maniera massiccia, potrà essere prevista la realizzazione di un impianto di depurazione di tutte le acque reflue posizionato in modo tale da permettere il collettamento alla maggior parte delle baite esistenti.

BIBLIOGRAFIA

A.A.V.V. (1977) – *Guida alla descrizione del suolo* – Progetto finalizzato alla conservazione del suolo. Sottoprogetto dinamica dei versanti. – C.N.R. Publ. 11, Firenze.

A.A.V.V. (1993) – *Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo.*

A.A.V.V. (1958) – *Elaborazione dei dati idrologici dei bacini del Ticino e dell'Adda* -– Direzione Costruzioni Impianti Idroelettrici Edison, da "L'Energia Elettrica", n. 3.

A.A.V.V., Centro studi per il carsismo, Assessorato all'Ecologia a ai Beni Ambientali, Assessorato alla Cultura e agli Enti Locali REGIONE LOMBARDIA – Il fenomeno carsico e l'idrologia ipogea del complesso M. San Martino – M. Colonna – M. Rossel (Valcuvia – VA)

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI VARESE (1985) – *Carta litologica e geomorfologica del territorio provinciale di varese in scala 1:10.000* – Note illustrative del foglio A5c2 – A5c3.

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI VARESE (1983) – *Prima sintesi delle conoscenze idrogeologiche della provincia di Varese* – Varese.

ANSI/ASTM D2487-69 (reapproved 1975) – *Standard test method for classification of soil for engineering purposes*.

BELLONI S. (1975) - Il clima delle province di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti drogeologici.

BERETTA G.P. (1987) – *Una prima sintesi delle caratteristiche idrogeologiche della Lombardia* – Milano.

BERETTA G.P. (1985) – *Primo bilancio idrogeologico alla Pianura Milanese - Consorzio per l'acqua potabile ai Comuni della Provincia di Milano* – Estr. "Acque Sotterranee", a. II, n. 2-3-4 giugno-settembre-dicembre 1985.

CASTANY G. (1982) – *Idrogeologia* – Flaccovio, Palermo.

CAVALLIN A et alii (1983) – *Studio idrogeologico della pianura compresa fra Adda e Ticino* – dalla rivista "Costruzioni" n. 326 e 328 – Milano.

CESTARI F. (1990) – *Prove geotecniche in sito* – Geo-graph, Segrate (MI).

CHARDON M. (1977) – *Le quaternaire des prealpes lombardes et de leur bordure padane* – Buletin AFEQ, 1977-1, n. 50, Paris.

CITA M.B., GELATI R., GREGNANIN A., a cura di (1990) – *Alpi e Prealpi Lombarde*. – Guide geologiche regionali, vol. 1. Società geologica italiana, Roma.

CIVITA M. (1994) – *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica* – Pitagora Editrice Bologna.

COLOMBO P. (1978) – *Elementi di geotecnica* – Zanichelli, Bologna.

DE LUCA D.A., VERGA G. (1991) – *Una metodologia per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi* – dalla rivista Acque sotterranee, fasc. 29 – Segrate (MI).

GABERT P. – *Les plaines occidentale du Po* – GAP, Paris

GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE (1987) – *Carta litologica e geomorfologica (scala 1:10.000). Note illustrative alla sezione nn. A4c2 "Mesenzana", A4c3 "Casalzuigno"* .

LANCELLOTTA R. (1987) – *Geotecnica* – Zanichelli, Bologna

MOJA M. (1954) - "Ricerca Statistica sugli Elementi Meteorologici sul clima di Varese"

NANGERONI G. (1932) – *Carta geognostica-geologica della provincia di Varese* – regio istituto tecnico di varese.

NANGERONI G. (1954) – *I terreni pleistocenici dell'anfiteatro morenico del Verbano e del territorio Varesino* – Atti soc. It. Scienze Naturali, vol. XCIII, Milano.

NANGERONI G. (1975) – *Scritti geografici raccolti da C. Saibene – Vita e pensiero* – Milano, Roma.

PANIZZA M. (1988) – *Geomorfologia applicata* – NIS, Roma.

RAVIOLO P.L. (1993) – *Il laboratorio geotecnico* – Ed. Controls, Rodano (MI).

REGIONE LOMBARDIA (1975) – *Indagine multidisciplinare sul bacino idrografico del fiume Margorabbia e sul Luinese (prov. di Varese)* – Milano.

REGIONE LOMBARDIA (1980) – *Carta Tecnica Regionale, Sezioni A4c2, A4c3*– Scala 1:10.000, Milano.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1932) – *Carta Geologica d'Italia – Foglio 31 – "Varese" – Scala 1:100.000*

STRAHLER A.N. (1971) – *The aerth sciences* – Harper International, Singapore

UNESCO (1970) – *International legend for hydrogeological maps.*

APPENDICE 1

SCHEDE DISSESTI

Regione Lombardia
Servizio Geologico

1 - DATI GENERALI

N° di riferimento	01.SV.m (1)	Data di compilazione	25/11/2008
Rilevatore	STUDIO TECNICO ASSOCIATOTO DI GEOLOGIA	Tipo di rilevamento	DIRETTO
Coordinate chilometriche italiane (da CTR) (punto più elevato coronamento frana)	Latitudine	5.084.565	
	Longitudine	1.479.540	
Nome o località frana	VIA SAN MARTINO	Comune	DUNO
Comunità Montana	VALCUVIA	Provincia	VARESE
Bacino	LAGO MAGGIORE	Sottobacino	TORRENTE GOTTARDO
Sigla CTR	A4c3	Nome CTR	
Località minacciate direttamente		Comune	
Località minacciate indirettamente		Comune	
Data primo movimento	03/05/2002	Data ultima riattivazione	

2 - DATI MORFOMETRICI

NICCHIA	
Quota coronamento (m s.l.m.)	543.14
Larghezza media (m)	18
Larghezza massima (m)	38
Altezza max. scarpata principale (m)	6,5
Area (m^2)	950
Volume (m^3)	ca. 250

ALTRI DATI	
Area Totale (m^2) (piana)	750
Lunghezza max percorso colata o massi (m)	40
Giacitura media del versante (imm/incl)	250/35
Forma del versante	PLAN.
Presenza di svincoli laterali	NO

ACCUMULO	
Quota unghia (m s.l.m.)	511
Quota testata (m s.l.m)	516
Larghezza media (m)	6.5
Larghezza massima (m)	8
Lunghezza media (m)	10
Lunghezza massima (m)	19
Spessore medio (m)	0.8
Spessore massimo (m)	2.5
Area (m^2)	N.D.
Volume (m^3)	ca. 200
Accumulo in alveo	
Accumulo rimosso	X

3 - TIPO DI MATERIALE

		NICCHIA				ACCUMULO
Roccia	unità	Calcare di Moltrasio				
	litologia principale	calcare				
	altre litologie	noduli e liste di selce				
	alterazione	decolorazione				
	struttura della roccia	strat. Piano-parallela				
	giacitura foliazione o stratificazione (imm/incl)	330/40				
	giacitura sistemi discontinuità principali (imm/incl)	1	2	3	4	
		145/45	180/65	80/70		
	classe granulometrica principale (A.G.I.)					
	grado di cementazione					
Terreno	unità					
	facies	glaciale+detr. Versante+sottofondo stradale				
	classe granulometrica principale (A.G.I.)	ghiaia				ghiaia
	alterazione	decolorazione/alterazione clasti				assente
	grado di cementazione	assente				assente

4 - TIPO DI MOVIMENTO

			1	2
Crollo	in massa			
	di singoli blocchi	puntuale		
		diffuso		
Ribaltamento				
Scivolamento	rotazionale			
	traslativo		X	
superficie di movimento				
planare			X	
multiplanare				
circolare				
curvilinea				
non determinabile				
Espansione laterale				
Colata				
Subsidenza				

5 - PRESENZA DI ACQUA

	NICCHIA		ACCUMULO	
Precipitazioni pre-sopralluog				
Assenza di venute d'acqua				
Umidità diffusa	X			
Acque stagnanti				
Stillicidio				
Rete di drenaggio sviluppata				
Ruscellamento diffuso				
Presenza di falda				
Profondità falda (m)				
Sorgenti				
Portata (l/s)	1		1	<0.1
	2		2	
	3		3	
	4		4	
Comparsa di nuove sorgenti			X	
Scomparsa di sorgenti				

6 - STATO DI ATTIVITÀ

ATTIVA		Sintomi di attività				
		rigonfiamenti				
		cedimenti di blocchi				
		superfici di movimento non alterate				
		vegetazione assente o abbattuta				X
		variazioni portata acque				
		lesioni a manufatti				X
		fratture aperte				
		colate di detrito e/o terra al piede				
RIATTIVATA			Parzialmente		Totalmente	
		per:	Nicchia	Accumulo	Nicchia	Accumulo
		arretramento				
		estensione laterale				
		avanzamento				
INATTIVA QUIESCENTE						
INATTIVA STABILIZZATA	X					

7 - PROBABILE EVOLUZIONE

	NICCHIA	ACCUMULO
Arretramento		
Estensione laterale		
Avanzamento		
Rimobilizzazione totale		
Stabilizzazione	X	X

8 - DANNI A ELEMENTI DEL TERRITORIO E A PERSONE

Accertati		Potenziali	Accertati		Potenziali
	Centro abitato			Acquedotti	
	Baite o case sparse			Fognature	
	Edifici pubblici			Oleodotti	
	Insediamenti produttivi			Argini o opere di regimazione	
	Ferrovie			Sbarramento parziale corsi d'acqua	
	Autostrade, S.S., S.P.			Sbarramento totale corsi d'acqua	
X	Strade comunali o consortili			Terreni agricoli	
	Linee elettriche		X	Boschi	
	Condotte forzate			Allevamenti	
	Gallerie idroelettriche		X	Sentieri	
	Dighe			.....	

Morti e dispersi		**Feriti**		**Evacuati**	

9 - OPERE DI INTERVENTO ESEGUITE (E) O PROPOSTE (P)

	E	P		E	P		E	P
SISTEMAZIONI FORESTALI			**INTERVENTI PASSIVI**			**DRENAGGIO**		
Viminate/fascinate			Valli paramassi			Canalette di drenaggio		
Gradonature			Trincee paramassi			Gallerie drenanti		
Disgaggio			Rilevati paramassi			Trincee drenanti		
Gabbionate			Muri e paratie	X		Dreni		
Palificate			Sottomurazioni	X		Pozzi drenanti		
Rimboschimento			……..			Dreni a tergo muro di contenimento	X	
Geostuoia +rete metallica								
SISTEMAZIONI IDRAULICHE			**INTERVENTI ATTIVI IN PARETE**			**ALTRO**		
Briglie e traverse			Spritz-beton			Sistemi di allarme		
Argini e difese spondali			Chiodature			Consolidamento edifici		
Svasi / pulizia alveo			Tirantature			Evacuazione		
Vasche di espansione			Imbragature			Demolizione infrastrutture		
.....			Iniezioni			Terre armate		
			Reti			Micropali		
			.....			Demolizione blocchi		
						Pulizia e riprofilatura versante	X	

10 - STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO ESISTENTE (E) O PROPOSTA (P)

	E	P		E	P
Fessurimetri			Monitoraggio meteorologico		
Assestimetri			Monitoraggio idro-meteorologico		
Distometri			Monitoraggio topografico convenzionale		
Estensimetri			Monitoraggio topografico tramite GPS		
Inclinometri			Rete microsismica		
Piezometri			.....		

11 - STATO DELLE CONOSCENZE

Raccolta di dati storici		Dati geoelettrici	
Rilievi geomeccanici		Dati sismici a rifrazione	
Analisi strutturali	X	Dati sismici a riflessione	
Indagini idrogeologiche		Relazione geologica	X
Dati di perforazioni		Verifiche di stabilità	
Analisi geotecniche di laboratorio	X	Relazione di sopralluogo tecnico	
Prove penetrometriche		Progetto di sistemazione di massima	X
Prove scissometriche		Progetto esecutivo	
Prove pressiometriche			

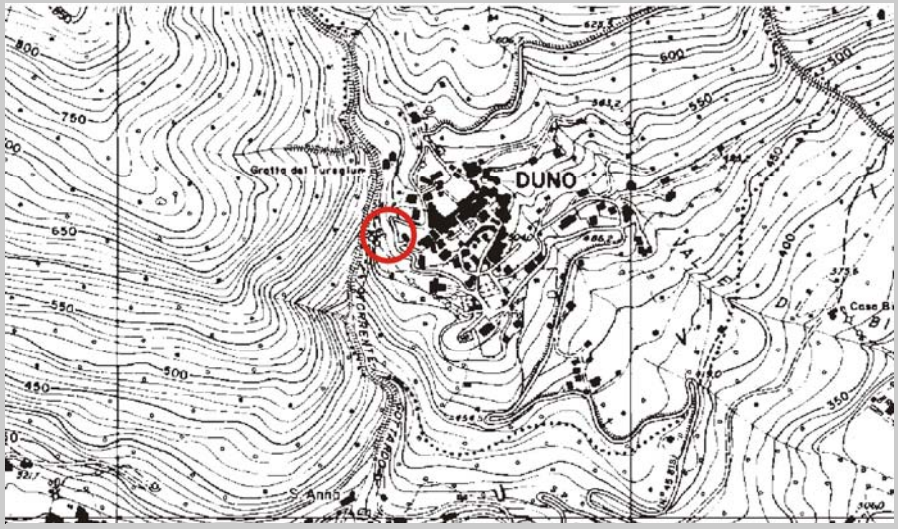
12 - NOTE

La frana è stata stabilizzata ed il tratto di strada comunale (via San Martino) ricostituito

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Studio Tecnico Associato di Geologia dr. geol. Roberto Carimati – dr. geol. Giovanni Zaro: “Relazione geologico tecnica per sistemazione area dissestata in Comune di Duno” – giugno 2002

ALLEGATI

Cartografia CTR Sezione A4c3	
Foto	
Sezioni	
Altro	

SCHEDA CROLLI (02.CR.r) (2)

Lunghezza massima piste di discesa (m)	3

ZONA DI DISTACCO	Pendenza (°)				88	
	Altezza della parete (m)				3.5	
	Forma della parete	Planare				✓
		Convessa				
		Concava				
		Aggettante				
	Fratture a monte della parete*		si		no	✓
	Presenza di contatti litologici		si		no	✓
	Presenza di interstrati argillitici		si		no	✓
	Presenza di venute d'acqua		si		no	✓
	Volumetrie potenzialmente instabili (totale in m^3)				0.4	
	Sintomi di attività	Fratture aperte	si	✓	no	
		Blocchi ruotati	si	✓	no	
		Zone intensamente fratturate	si		no	✓
		Superfici non alterate	si	✓	no	
	Esecuzione di rilievo geomeccanico (n°)*					

ZONA DI TRANSITO	Pendenza media versante (°)					
	Natura della superficie	Roccia resistente				
		Roccia debole				
		Detrito grossolano				
		Detrito fine				
		Terreno				
	Tipo di impatti	Impatti singoli*	si		no	
		Impatti multipli*	si		no	
	Rottura di blocchi per impatto		si		no	
	Tipo di vegetazione	Assente				
		Erbacea				
		Arbustiva				
		Di alto fusto				
	Altezza vegetazione abbattuta (m)					

ZONA DI ACCUMULO	Pendenza media (°)			0
	Natura della superficie	Roccia resistente		
		Roccia debole		
		Detrito grossolano		
		Detrito fine		
		Terreno (strada a fondo nat.)		
	Materiale franato	Litologia	calcare	
		Selezione	elevata	
		Forma	prismatica	
		Volume minimo dei blocchi (m^3)		0.1
		Volume modale dei blocchi (m^3)		0.3
		Volume massimo dei blocchi (m^3)*		0. 5
		Distanza minima raggiunta dai blocchi (m)		
		Distanza modale raggiunta dai blocchi (m)		
		Distanza massima raggiunta dai blocchi (m)*		1.5
	Tipo di vegetazione	Assente		
		Erbacea		
		Arbustiva		
		Di alto fusto		

*da riportare o posizionare anche in carta a scala 1:10.000 o su foto

SCHEDA CROLLI (03.CR.r) (3)

Lunghezza massima piste di discesa (m)	75

ZONA DI DISTACCO	Pendenza (°)			40	
	Altezza della parete (m)			2	
	Forma della parete	Planare			
		Convessa			
		Concava			
		Aggettante			
	Fratture a monte della parete*		si	no	
	Presenza di contatti litologici		si	no	
	Presenza di interstrati argillitici		si	no	
	Presenza di venute d'acqua		si	no	
	Volumetrie potenzialmente instabili (totale in m^3)			1	
	Sintomi di attività	Fratture aperte	si	no	
		Blocchi ruotati	si	no	
		Zone intensamente fratturate	si	no	
		Superfici non alterate	si	no	
	Esecuzione di rilievo geomeccanico (n°)*				

ZONA DI TRANSITO	Pendenza media versante (°)			40	
	Natura della superficie	Roccia resistente			
		Roccia debole			
		Detrito grossolano	si		
		Detrito fine			
		Terreno	si		
	Tipo di impatti	Impatti singoli*	si	no	
		Impatti multipli*	si	no	
	Rottura di blocchi per impatto		si	no	
	Tipo di vegetazione	Assente			
		Erbacea			
		Arbustiva			
		Di alto fusto	si		
	Altezza vegetazione abbattuta (m)				

ZONA DI ACCUMULO	Pendenza media (°)			35
	Natura della superficie	Roccia resistente		
		Roccia debole		
		Detrito grossolano		
		Detrito fine		
		Terreno		
	Materiale franato	Litologia	calcare	
		Selezione	elevata	
		Forma	prismatica	
		Volume minimo dei blocchi (m^3)		0.1
		Volume modale dei blocchi (m^3)		0.2
		Volume massimo dei blocchi (m^3)*		0. 4
		Distanza minima raggiunta dai blocchi (m)		3
		Distanza modale raggiunta dai blocchi (m)		20
		Distanza massima raggiunta dai blocchi (m)*		75
	Tipo di vegetazione	Assente		
		Erbacea		
		Arbustiva		
		Di alto fusto		

*da riportare o posizionare anche in carta a scala 1:10.000 o su foto

SCHEDA CROLLI (04.CR.m) (4)

Lunghezza massima piste di discesa (m)	75

ZONA DI DISTACCO	Pendenza (°)			70	
	Altezza della parete (m)			2.5	
	Forma della parete	Planare			
		Convessa			
		Concava			
		Aggettante			
	Fratture a monte della parete*		si	no	
	Presenza di contatti litologici		si	no	
	Presenza di interstrati argillitici		si	no	
	Presenza di venute d'acqua		si	no	
	Volumetrie potenzialmente instabili (totale in m^3)			1	
	Sintomi di attività	Fratture aperte	si	no	
		Blocchi ruotati	si	no	
		Zone intensamente fratturate	si	no	
		Superfici non alterate	si	no	
	Esecuzione di rilievo geomeccanico (n°)*				

ZONA DI TRANSITO	Pendenza media versante (°)			75	
	Natura della superficie	Roccia resistente (subaffior.)			
		Roccia debole			
		Detrito grossolano	si		
		Detrito fine			
		Terreno	si		
	Tipo di impatti	Impatti singoli*	si	no	
		Impatti multipli*	si	no	
	Rottura di blocchi per impatto		si	no	
	Tipo di vegetazione	Assente			
		Erbacea			
		Arbustiva			
		Di alto fusto	si		
	Altezza vegetazione abbattuta (m)				

ZONA DI ACCUMULO	Pendenza media (°)			10
	Natura della superficie	Roccia resistente		
		Roccia debole		
		Detrito grossolano		
		Detrito fine		
		Terreno		
	Materiale franato	Litologia	calcare	
		Selezione	elevata	
		Forma	prismatica	
		Volume minimo dei blocchi (m^3)		
		Volume modale dei blocchi (m^3)		0.25
		Volume massimo dei blocchi (m^3)*		0. 3
		Distanza minima raggiunta dai blocchi (m)		
		Distanza modale raggiunta dai blocchi (m)		70
		Distanza massima raggiunta dai blocchi (m)*		
	Tipo di vegetazione	Assente		
		Erbacea		
		Arbustiva		
		Di alto fusto		

*da riportare o posizionare anche in carta a scala 1:10.000 o su foto

SCHEDA CROLLI (05.CR.m) (5)

Lunghezza massima piste di discesa (m)	40

ZONA DI DISTACCO	Pendenza (°)			80	
	Altezza della parete (m)			2	
	Forma della parete	Planare			✓
		Convessa			
		Concava			
		Aggettante			
	Fratture a monte della parete*		si	no ✓	
	Presenza di contatti litologici		si	no ✓	
	Presenza di interstrati argillitici		si	no ✓	
	Presenza di venute d'acqua		si	no ✓	
	Volumetrie potenzialmente instabili (totale in m^3)			0.8	
	Sintomi di attività	Fratture aperte	si ✓	no	
		Blocchi ruotati	si	no ✓	
		Zone intensamente fratturate	si	no ✓	
		Superfici non alterate	si ✓	no	
	Esecuzione di rilievo geomeccanico (n°)*				

ZONA DI TRANSITO	Pendenza media versante (°)			70	
	Natura della superficie	Roccia resistente (subaffior.)	✓		
		Roccia debole			
		Detrito grossolano	si		
		Detrito fine			
		Terreno	si ✓		
	Tipo di impatti	Impatti singoli*	si	no	
		Impatti multipli*	si ✓	no	
	Rottura di blocchi per impatto		si	no ✓	
	Tipo di vegetazione	Assente			
		Erbacea			
		Arbustiva			
		Di alto fusto	si ✓		
	Altezza vegetazione abbattuta (m)				

ZONA DI ACCUMULO	Pendenza media (°)			10
	Natura della superficie	Roccia resistente		
		Roccia debole		
		Detrito grossolano		
		Detrito fine		
		Terreno		
	Materiale franato	Litologia	calcare	
		Selezione	elevata	
		Forma	prismatica	
		Volume minimo dei blocchi (m^3)		
		Volume modale dei blocchi (m^3)		0.2
		Volume massimo dei blocchi (m^3)*		0. 3
		Distanza minima raggiunta dai blocchi (m)		
		Distanza modale raggiunta dai blocchi (m)		30
		Distanza massima raggiunta dai blocchi (m)*		
	Tipo di vegetazione	Assente		
		Erbacea		
		Arbustiva		
		Di alto fusto		

*da riportare o posizionare anche in carta a scala 1:10.000 o su foto

APPENDICE 2

SCHEDE SORGENTI-POZZI

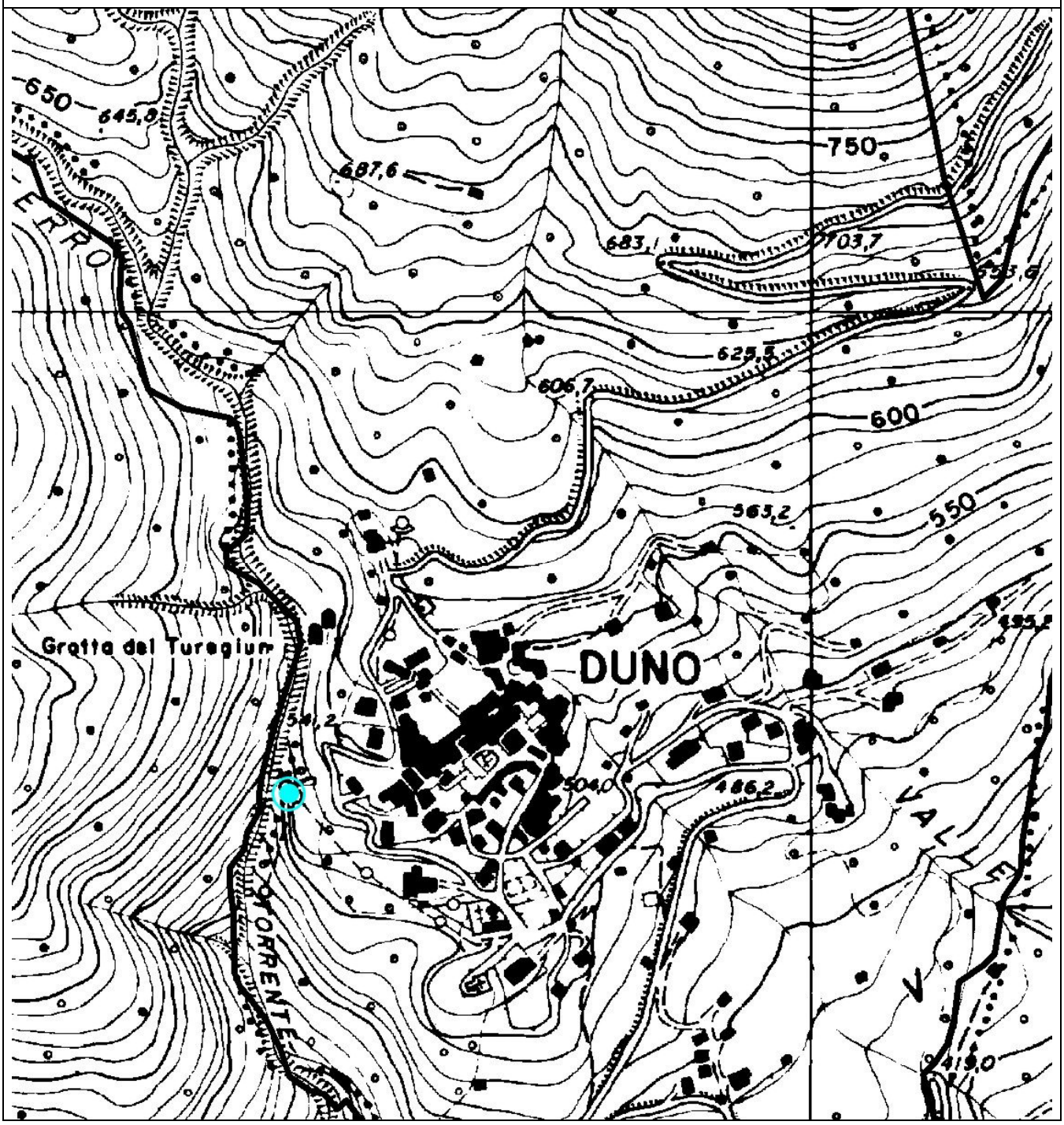
ALLEGATO 10

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE SORGENTI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione	**312066001 Duno-Turegiun**
Località	**Torrente Gottardo**
Comune	**Duno**
Provincia	**VA**
Sezione CTR	**A4c3**
Coordinate chilometriche italiane (da CTR)	**1.479.498** **5.084.537**
Quota (m da p.c.)	**515**

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



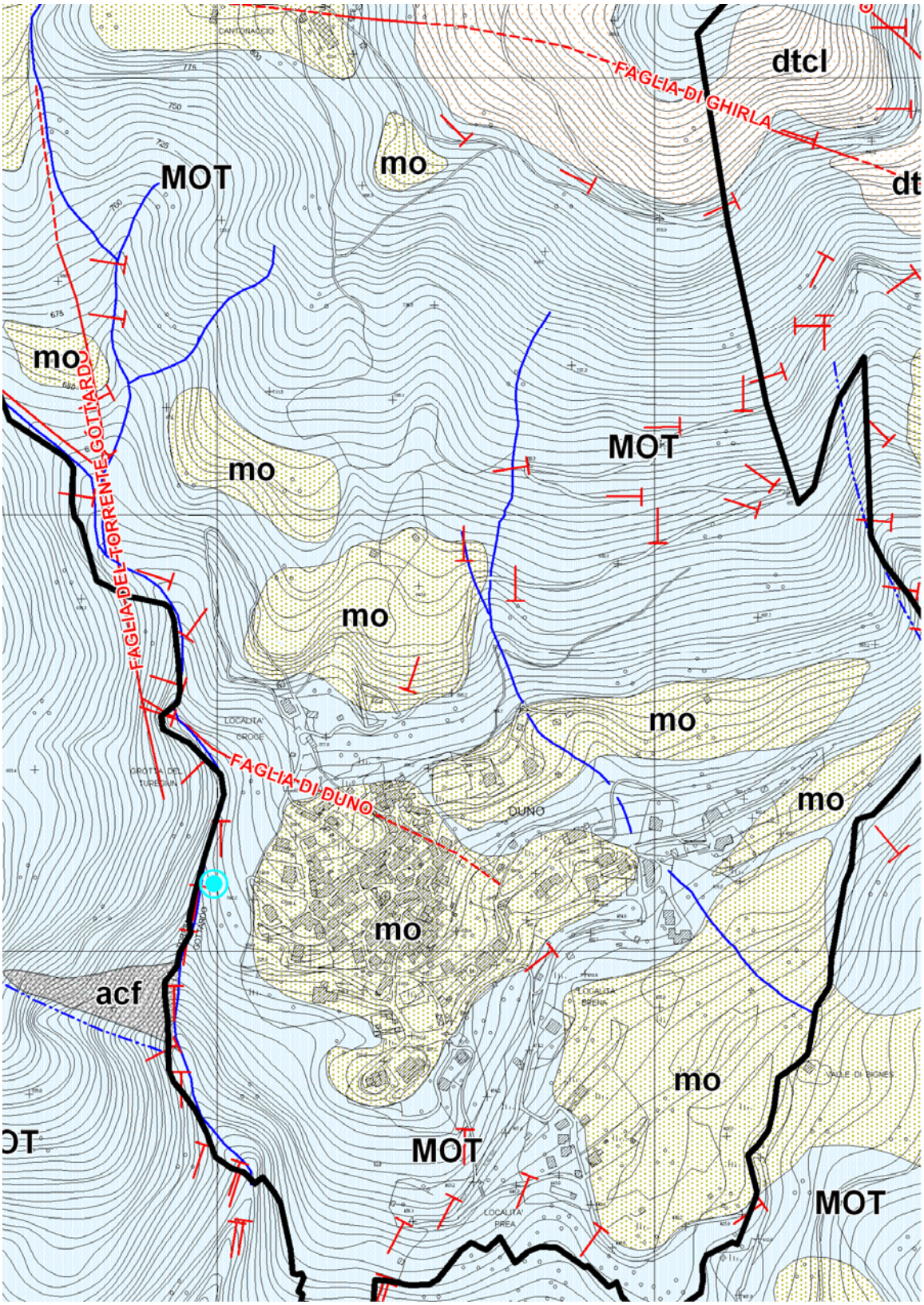
2 - DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	**X (carsica)**
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	**X**
Secca stagionalmente	
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	**X**
Non captata	

3 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	**potabile**
Portata utilizzata mc/a	**15.441 mc/anno (fatturato anno 2008)**
Utilizzatore	**1/3 acquedotto di Duno;** **2/3 acquedotto di Cuveglio**

4 – QUADRO GEOLOGICO



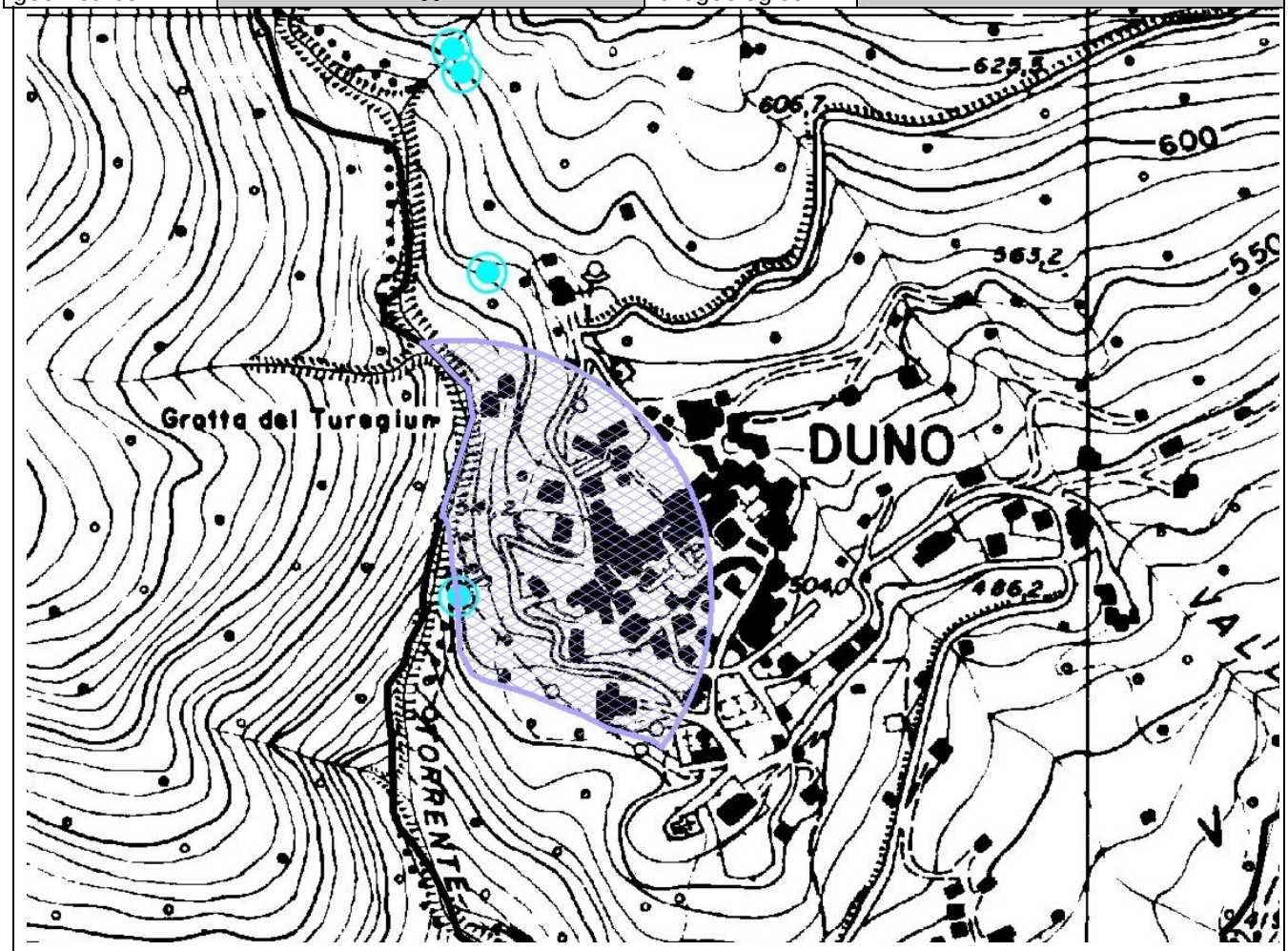
MOT: Calcare di Moltrasio; **mo**:depositi morenici di versante; **acf**: accumuli di frana; **cdd**: conoidi di deiezione; **dtcl**: coltri detritico-colluviali

5 - DATI CHIMICO-FISICI

/

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)			
geometrico	X	idrogeologico	X



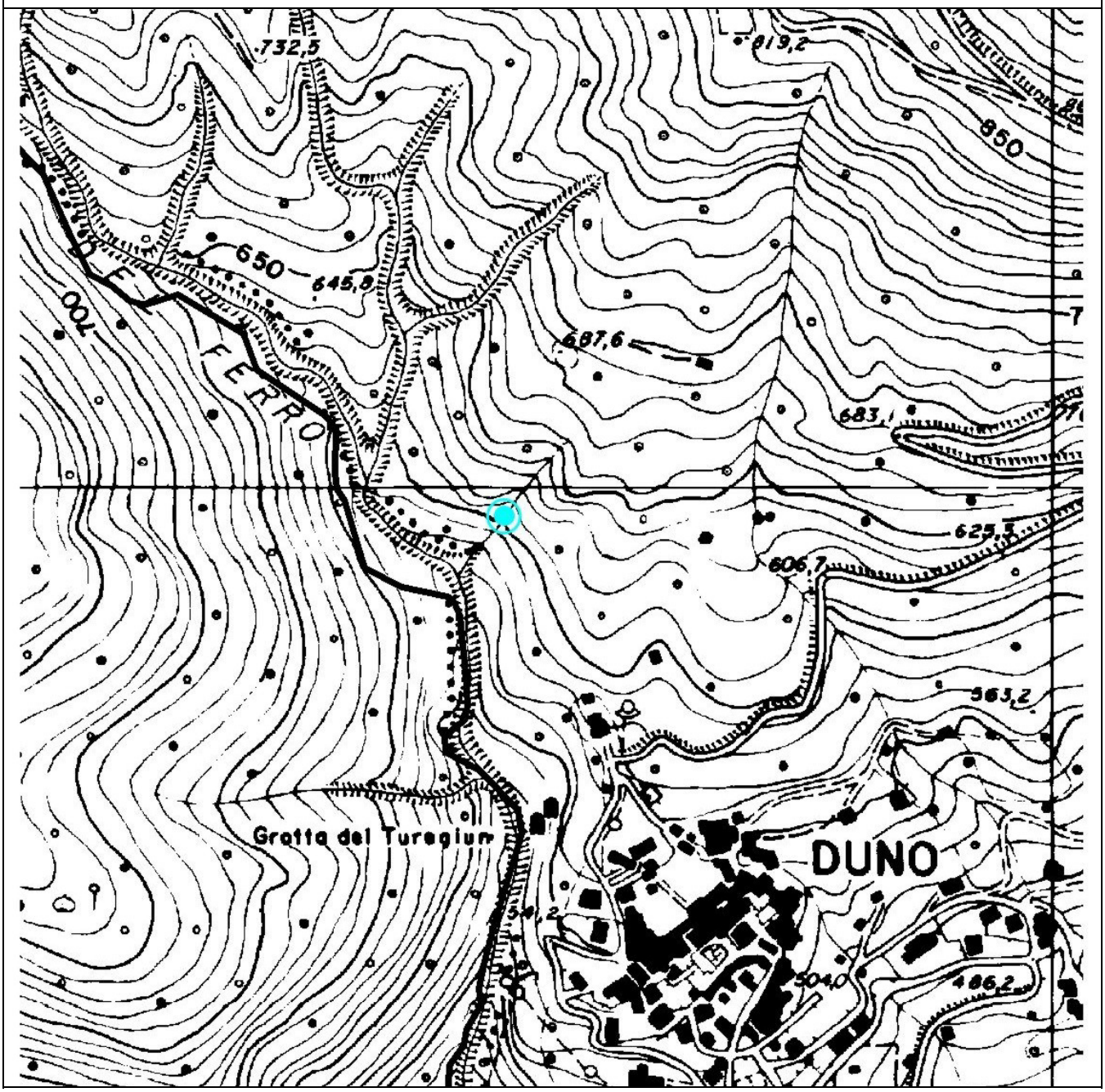
ALLEGATO 10

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE SORGENTI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione	**312066002.1 Campadè**
Località	**Torrente Gottardo**
Comune	**Duno**
Provincia	**VA**
Sezione CTR	**A4c3**
Coordinate chilometriche italiane (da CTR)	**1.479.493** **5.084.974**
Quota (m da p.c.)	**655**

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



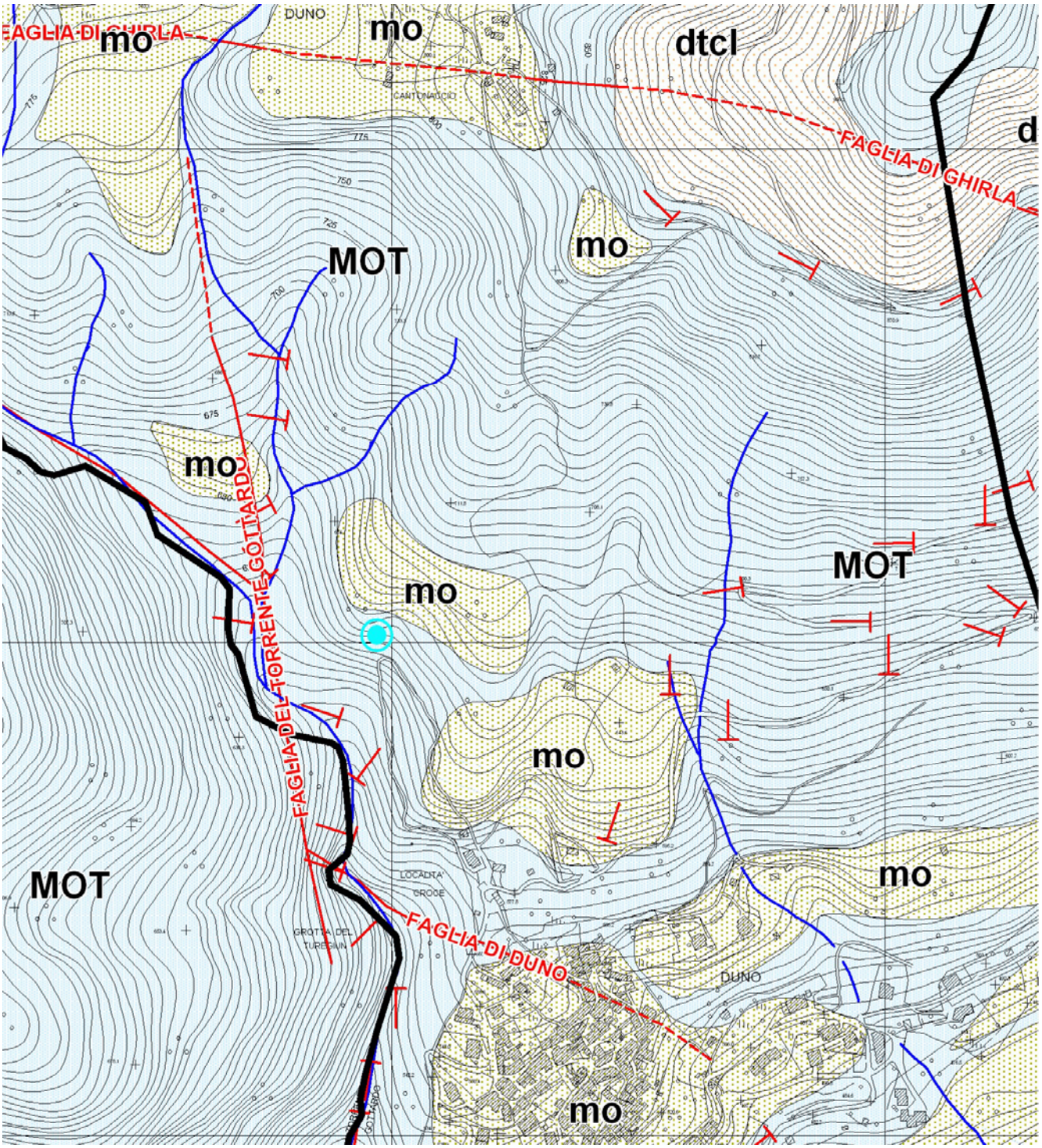
2 - DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	
Diffusa	
Fronte sorgivo	**X**
Regime	
Perenne	
Secca stagionalmente	**X**
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	**X**
Non captata	

3 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	**Potabile**
Portata utilizzata mc/a	**/**
Utilizzatore	**Comune di Duno – SORGENTE NON UTILIZZATA PER PROBLEMI DI CONTAMINAZIONE MICROBIOLOGICA**

4 – QUADRO GEOLOGICO



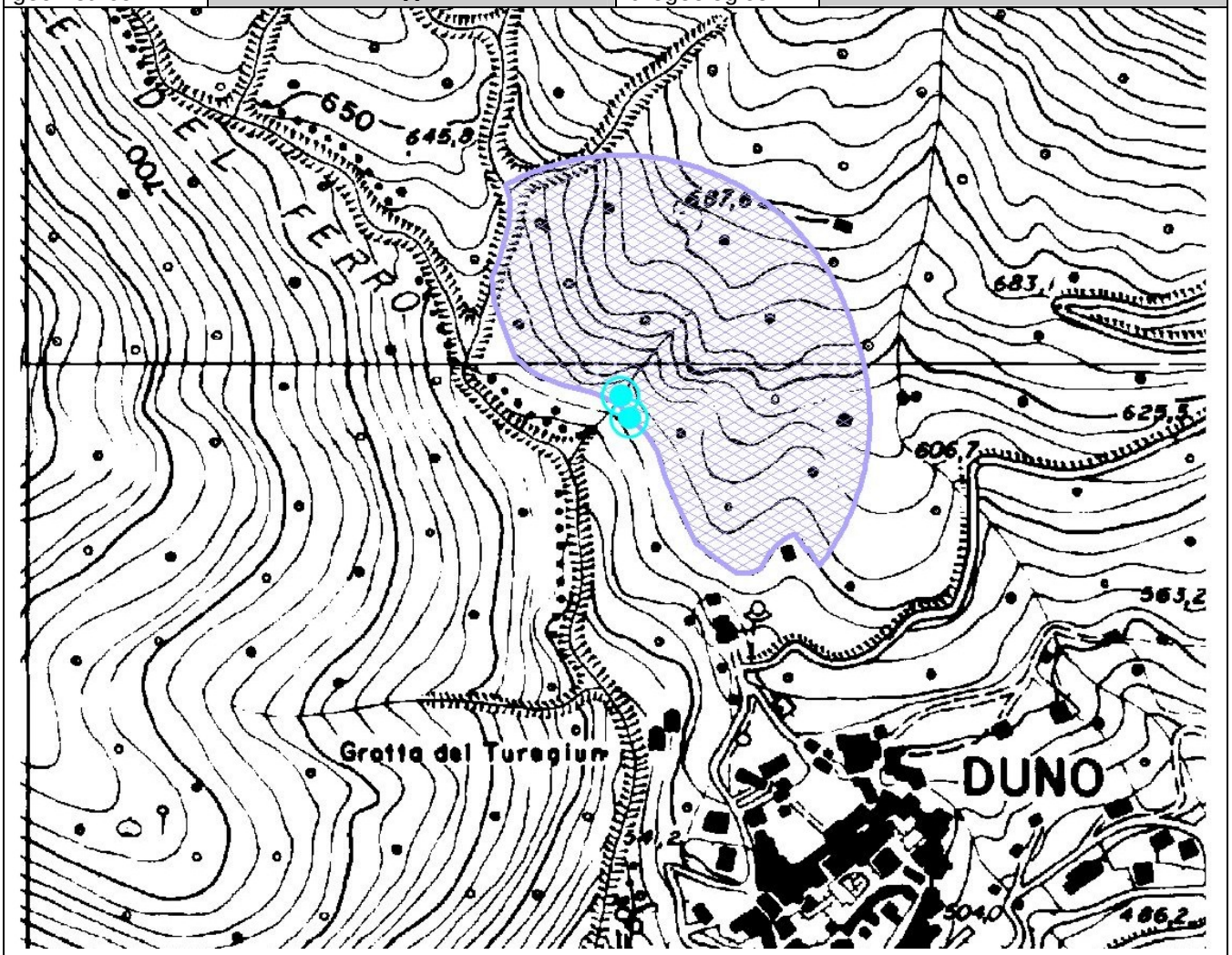
MOT: Calcare di Moltrasio; **mo**:depositi morenici di versante; **dtcl**: coltri detritico-colluviali

5 - DATI CHIMICO-FISICI

SORGENTE NON UTILIZZATA A SCOPO IDROPOTABILE CAUSA PROBLEMI DI CONTAMINAZIONE MICROBIOOGICA

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)			
geometrico	X	idrogeologico	X



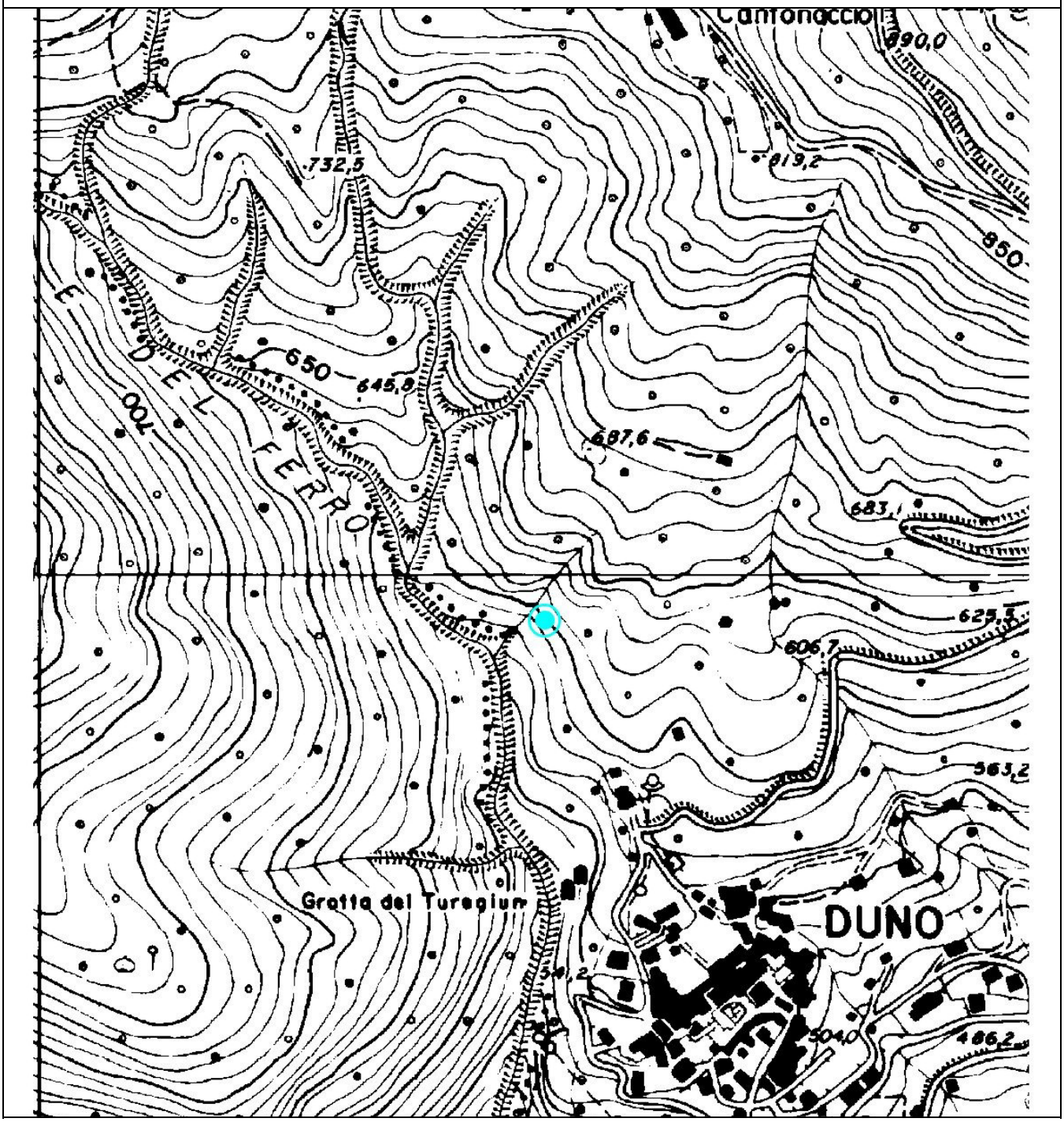
ALLEGATO 10

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE SORGENTI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione	**312066002.2 Campadè**
Località	**Torrente Gottardo**
Comune	**Duno**
Provincia	**VA**
Sezione CTR	**A4c3**
Coordinate chilometriche italiane (da CTR) Quota (m da p.c.)	**1.479.500** **5.084.955** **650**

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



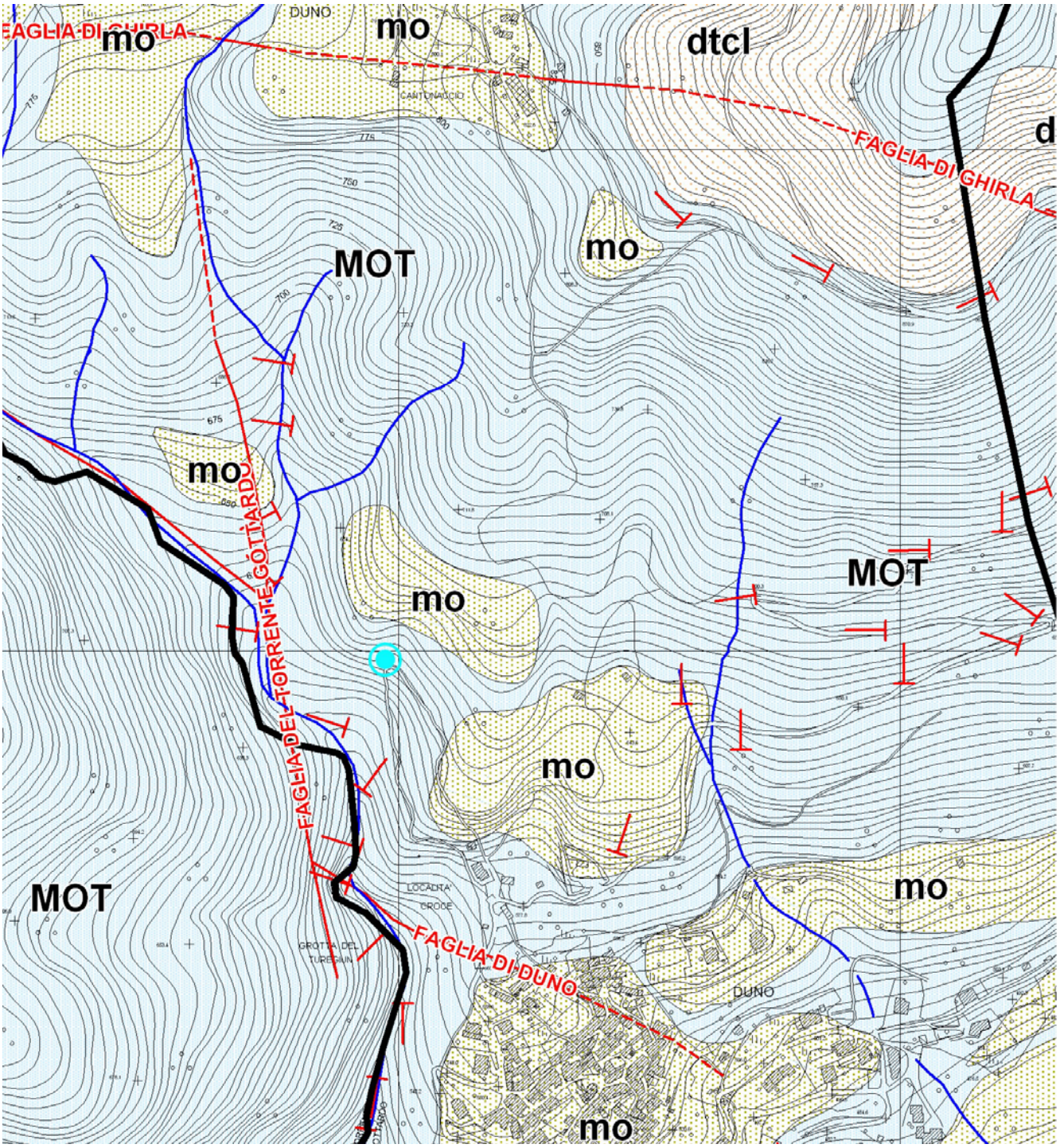
2 - DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	
Diffusa	
Fronte sorgivo	**X**
Regime	
Perenne	
Secca stagionalmente	**X**
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	**X**
Non captata	

3 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	**Potabile**
Portata utilizzata mc/a	
Utilizzatore	**Comune di Duno – SORGENTE NON UTILIZZATA PER PROBLEMI DI CONTAMINAZIONE MICROBIOLOGICA**

4 – QUADRO GEOLOGICO



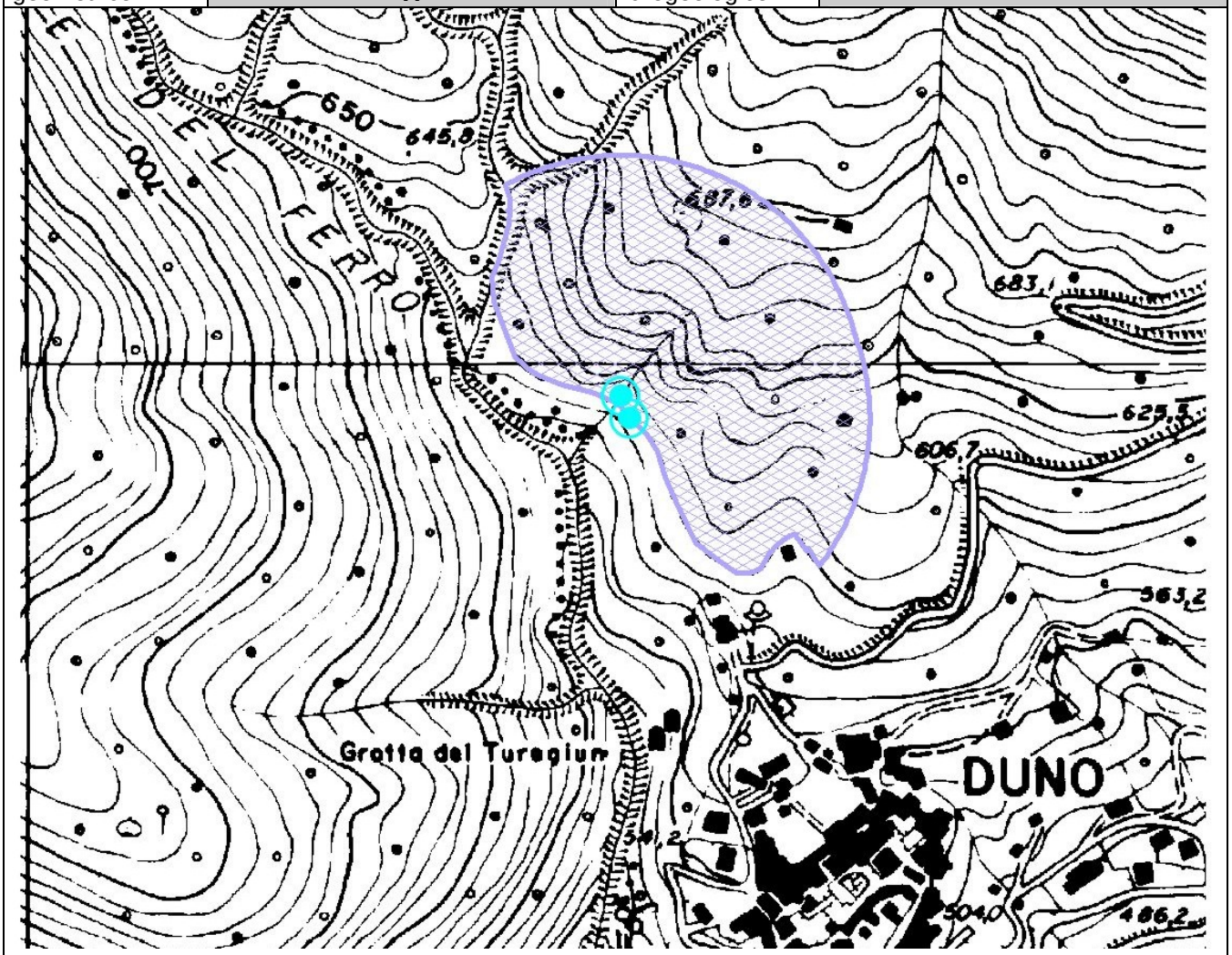
MOT: Calcare di Moltrasio; **mo**:depositi morenici di versante; **dtcl**: coltri detritico-colluviali

5 - DATI CHIMICO-FISICI

SORGENTE NON UTILIZZATA A SCOPO IDROPOTABILE CAUSA PROBLEMI DI CONTAMINAZIONE MICROBIOOGICA

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)			
geometrico	X	idrogeologico	X



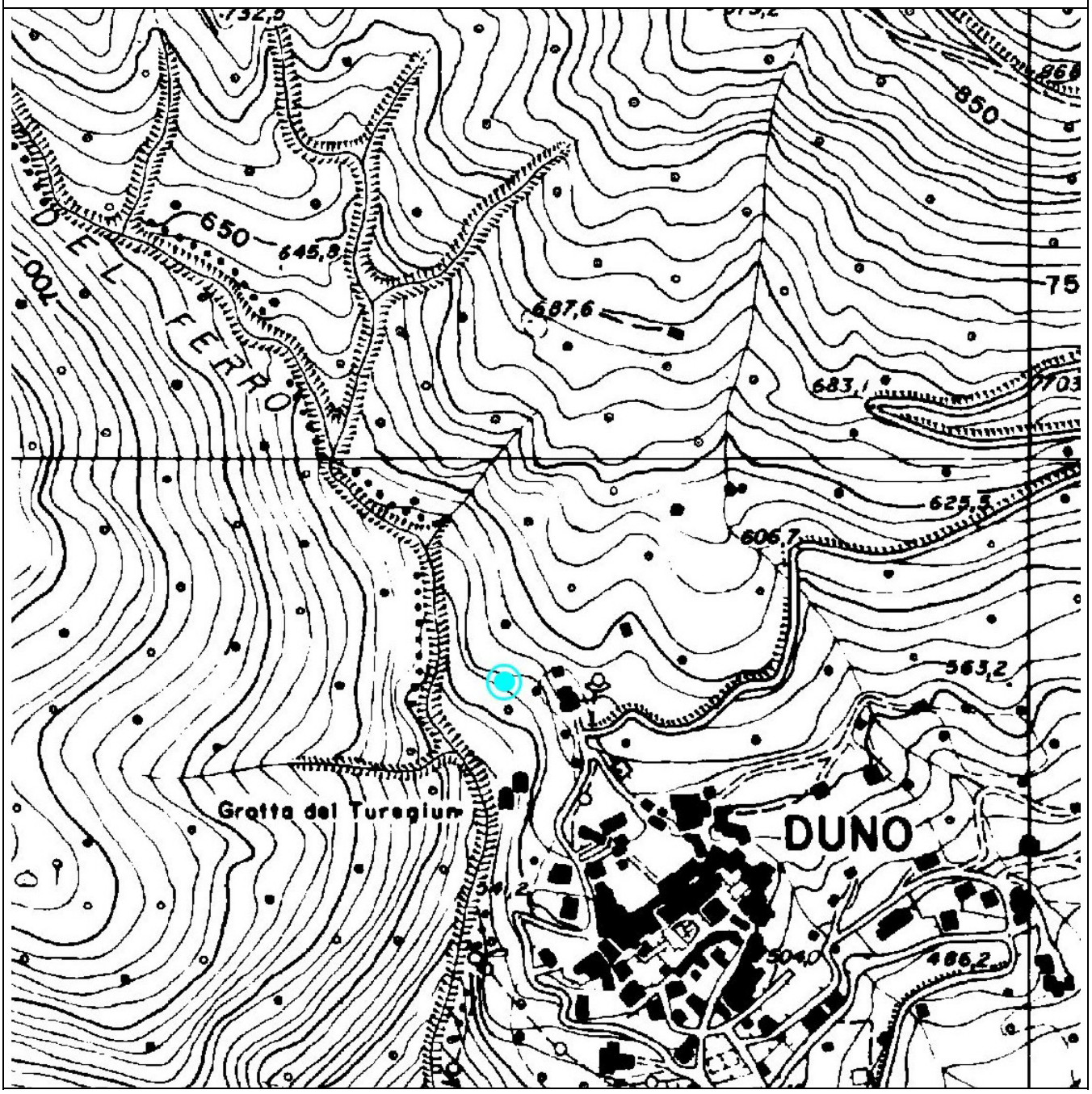
ALLEGATO 10

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE SORGENTI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione	**312066003 Campadè**
Località	**Torrente Gottardo**
Comune	**Duno**
Provincia	**VA**
Sezione CTR	**A4c3**
Coordinate chilometriche italiane (da CTR)	**1.479.520** **5.084.795**
Quota (m da p.c.)	**630**

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



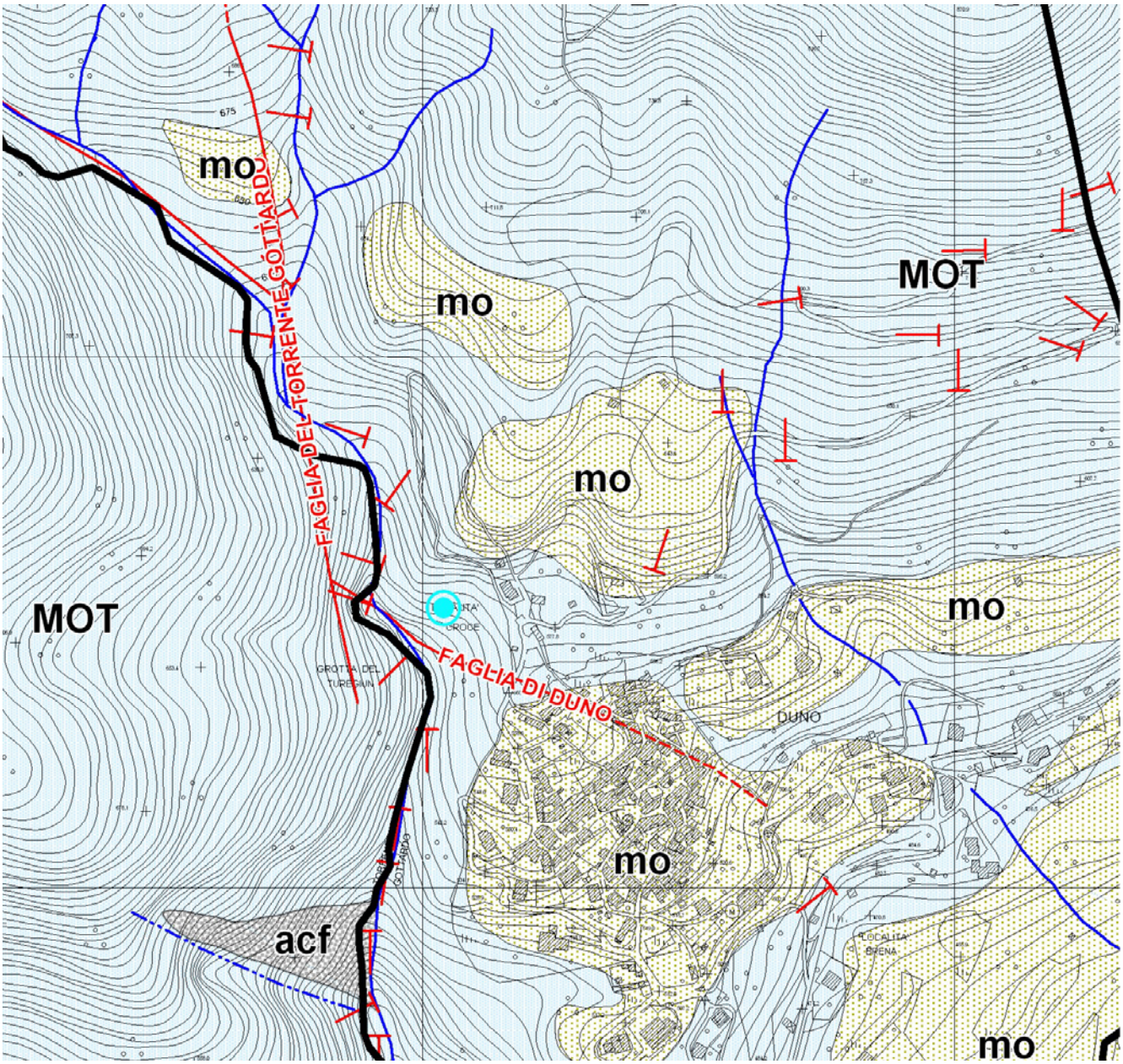
2 - DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	
Secca stagionalmente	X
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	
Non captata	X

3 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	/
Portata utilizzata mc/a	/
Utilizzatore	**Sorgente di proprietà del Comune di Duno - NON CONCESSA AD USO POTABILE**

4 – QUADRO GEOLOGICO



MOT: Calcare di Moltrasio; **mo**:depositi morenici di versante; **acf**: accumulo di frana

5 - DATI CHIMICO-FISICI

SORGENTE NON CONCESSA AD USO POTABILE

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)			
geometrico		idrogeologico	X

/

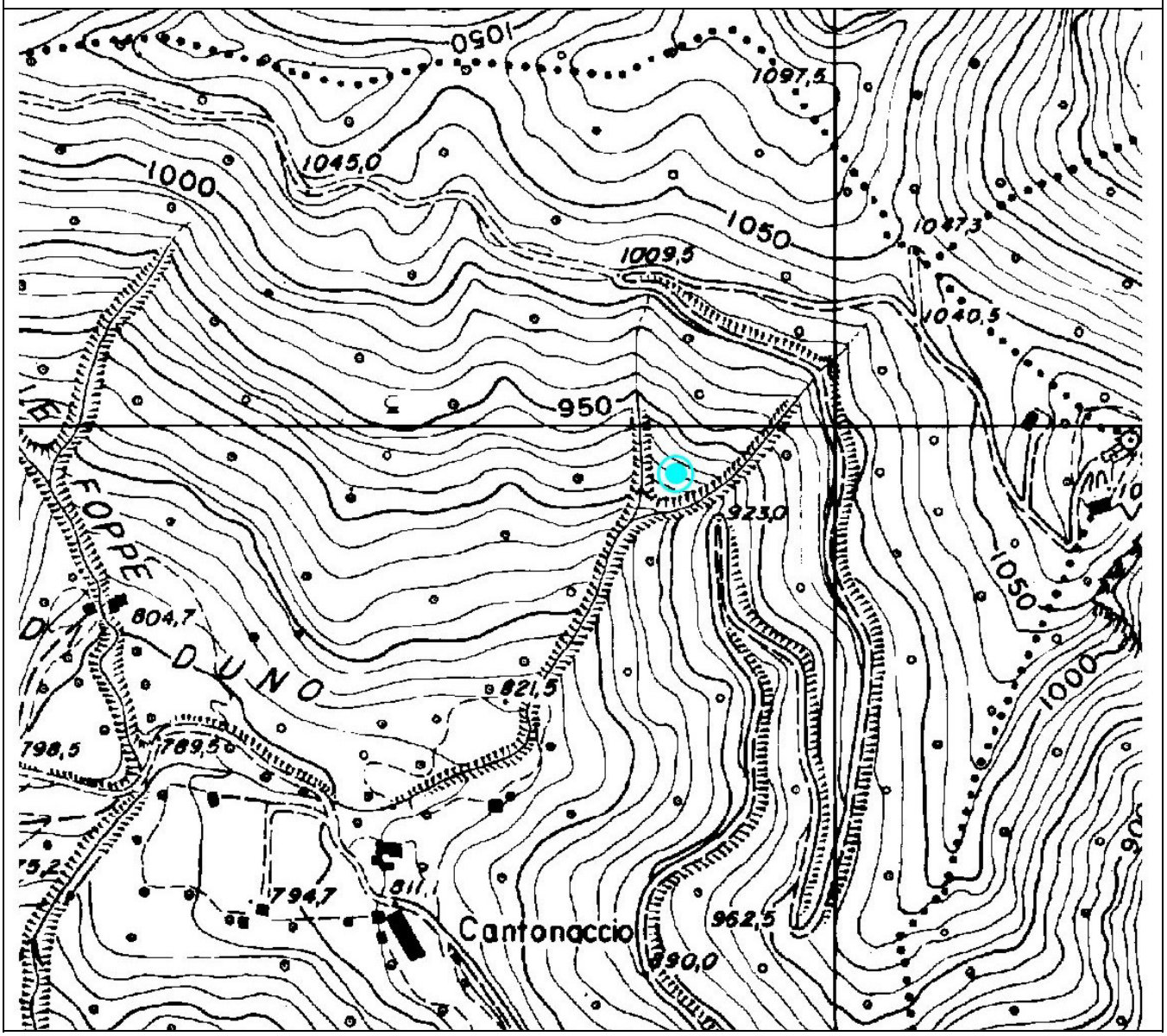
ALLEGATO 10

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE SORGENTI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione	**312066004 S. Francesco-Arbi**
Località	**Monte della Colonna**
Comune	**Duno**
Provincia	**VA**
Sezione CTR	**A4c2**
Coordinate chilometriche italiane (da CTR)	**1.479.860** **5.085.958**
Quota (m da p.c.)	**920**

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



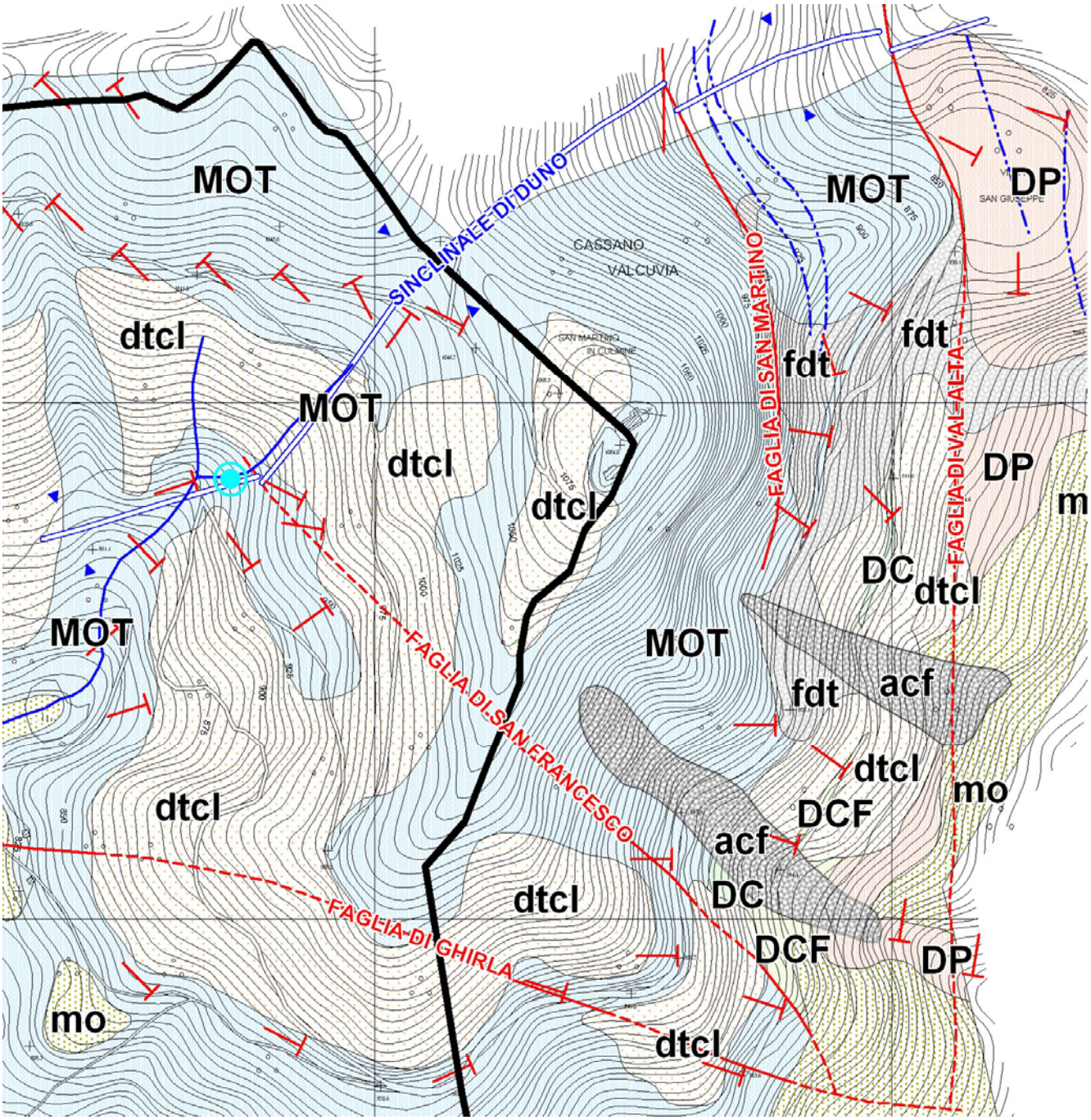
2 - DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	
Secca stagionalmente	X
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	
Non captata	X

3 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	**Fontana-abbeveratoio**
Portata utilizzata mc/a	**/**
Utilizzatore	**Sorgente di proprietà del Comune di Duno**

4 – QUADRO GEOLOGICO



DP: Dolomia Principale; **MOT**: Calcare di Moltrasio; **mo**:depositi morenici di versante; **acf**: accumulo di frana; **dtcl**: coltri detritico-colluviali

5 - DATI CHIMICO-FISICI

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)			
geometrico		idrogeologico	X

/

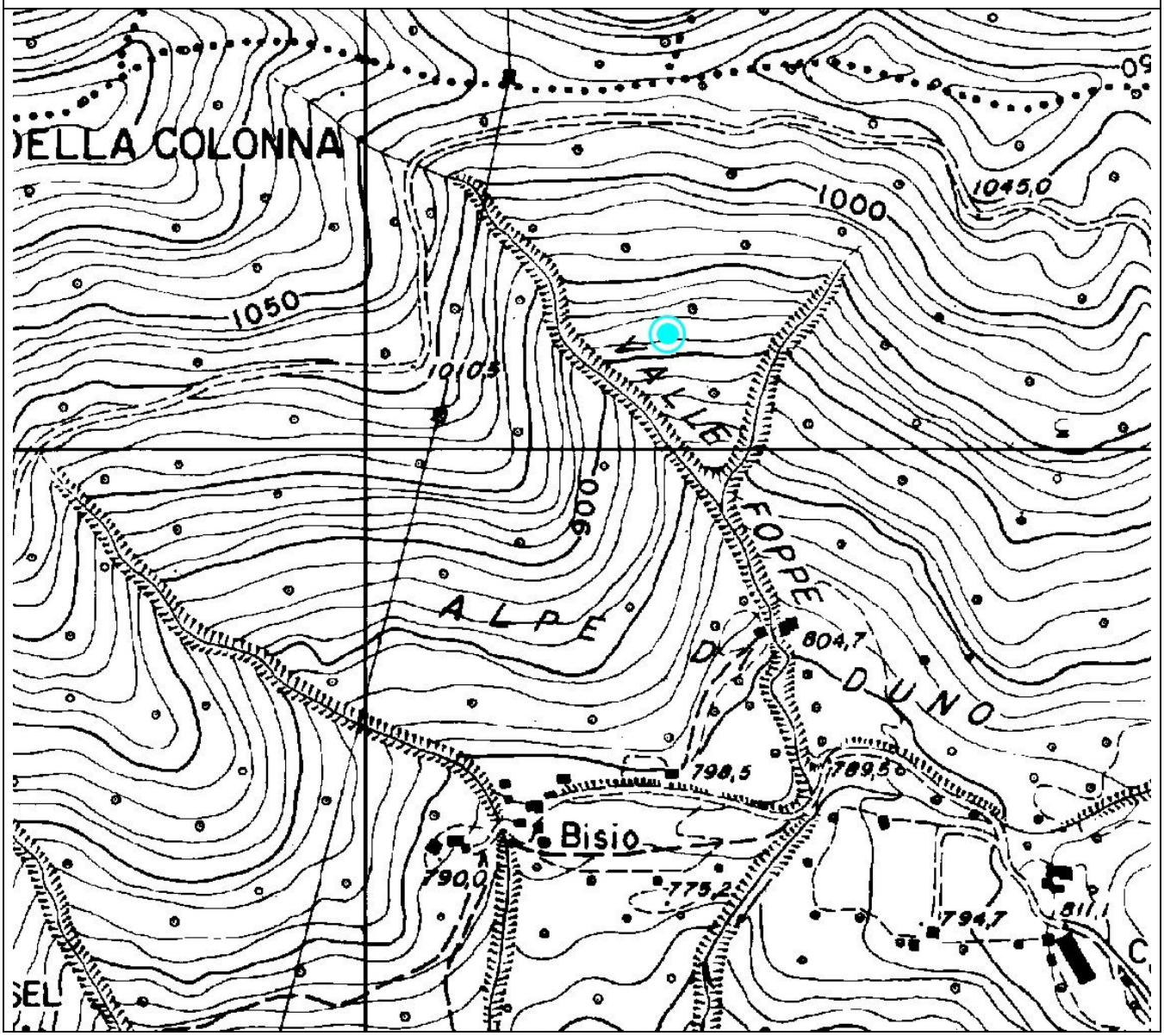
ALLEGATO 10

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE SORGENTI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione	**312066005 sopra Alpe di Bisio**
Località	**Monte della Colonna**
Comune	**Duno**
Provincia	**VA**
Sezione CTR	**A4c2**
Coordinate chilometriche italiane (da CTR)	**1.479.265** **5.086.100**
Quota (m da p.c.)	**915**

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



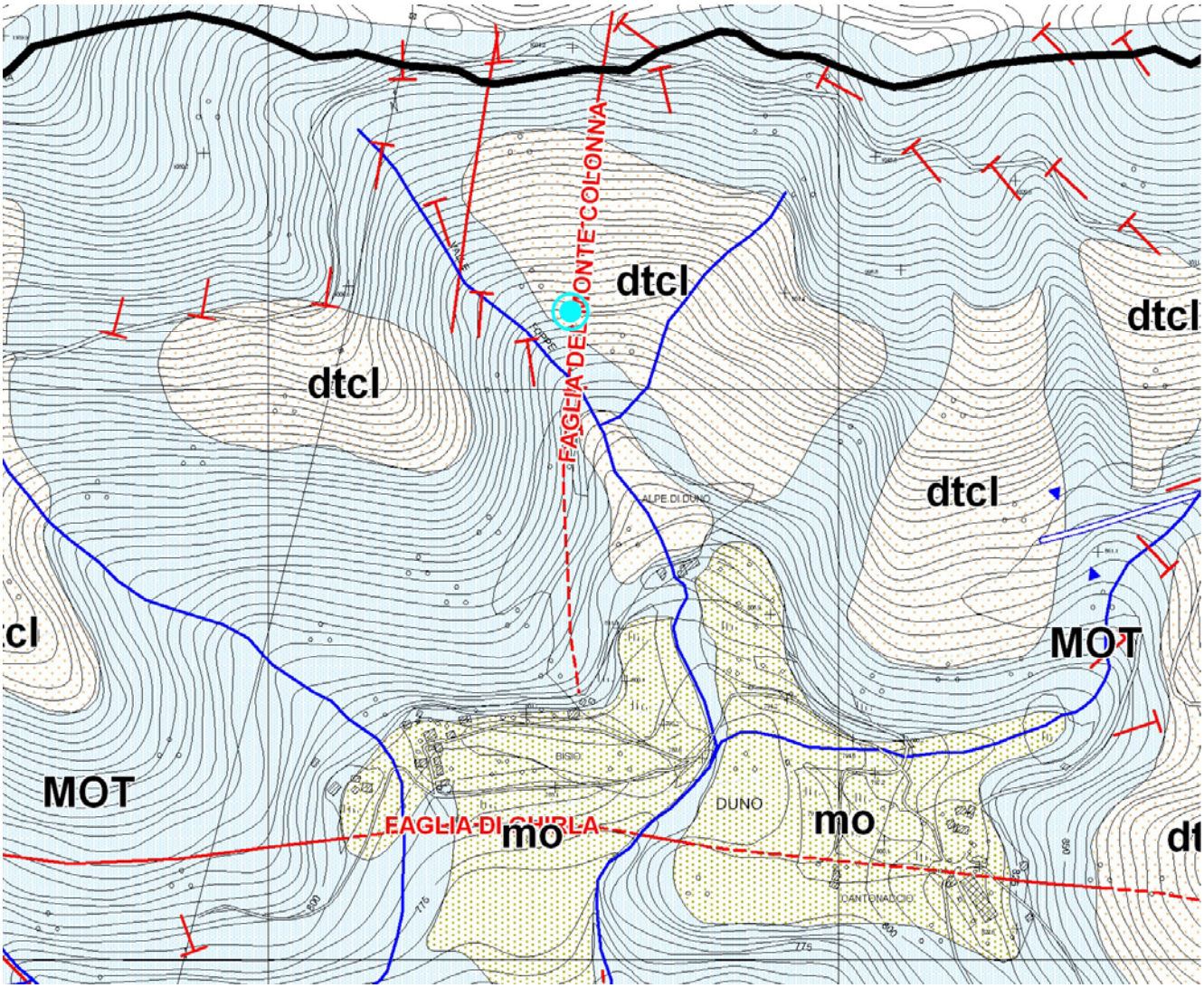
2 - DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	
Secca stagionalmente	X
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	
Non captata	X

3 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	/
Portata utilizzata mc/a	/
Utilizzatore	/

4 – QUADRO GEOLOGICO



MOT: Calcare di Moltrasio; **mo**:depositi morenici di versante; **dtcl**: coltri detritico-colluviali

5 - DATI CHIMICO-FISICI

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)			
geometrico		idrogeologico	X

/

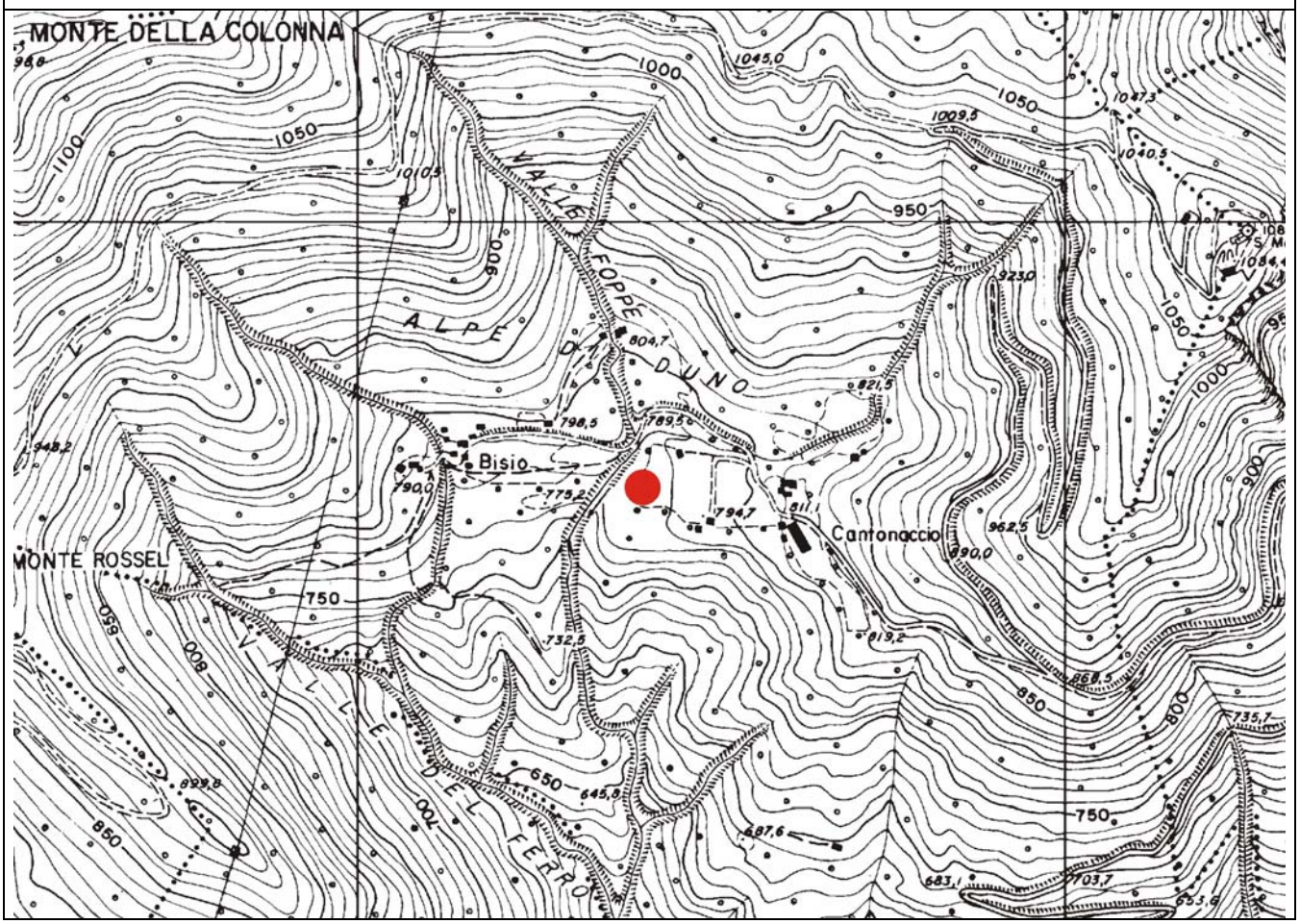
ALLEGATO 9

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DEI POZZI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione	**1**
Località	**ALPE DI DUNO**
Comune	**DUNO**
Provincia	**VA**
Sezione CTR	**A4c2**
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	**1.479.427** **5.085.615**
Quota (m s.l.m.)	**788**
Profondità (m da p.c.)	**21**

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



Concessione rilasciata dalla Provincia di Varese-Settore Ecologia ed Energia con provvedimento n. 5411 del 23 dicembre 2008 prot. n. 134080/11.05.G.50002

Mappale n. 931 (Foglio n. 6 All. B)

2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	**Azienda Agricola Alpe di Duno**
Ditta Esecutrice	
Anno	**2004**
Stato	
Attivo	**X**
Disuso	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo	**potabile, igienico-sanitario, zootecnico**
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	**in concessione 0,05 l/s (eq. 1.577 mc/anno)**

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni						
Tubazione n. 1	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
tubo PVC	**101**	**0.0**	**21.0**	**tubo PVC fenestrato**	**10.0**	**19.0**
Setti impermeabili						
Tipo		da m		a m		
argilla		**0.0**		**2.0**		

Metodo di scavo:

- ✓ carotaggio continuo da p.c. a 7 m p.c.
- ✓ perforazione a distruzione di nucleo con circolazione inversa da 7 m a 21 m p.c.

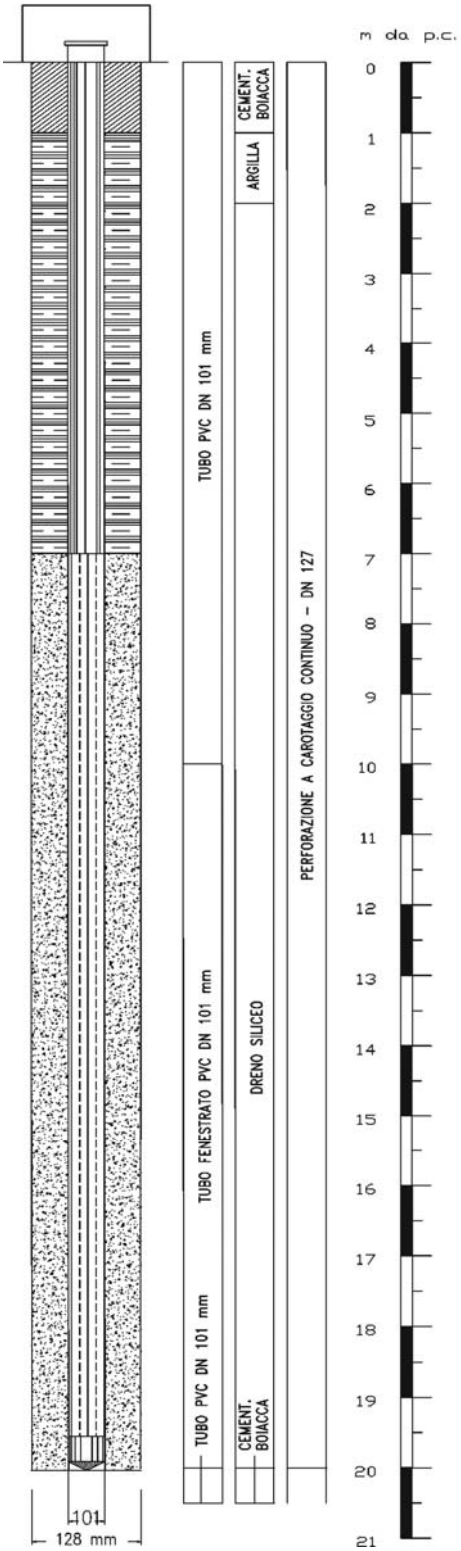
Lunghezza complessiva del tratto attrezzato: 19 m

Dreno: dreno siliceo da 2 a 20 m p.c.

3 – STRATIGRAFIA

pozzo privo di stratigrafia; si riporta lo schema di completamento

POZZO DUNO



Caratteristiche tecnico-costruttive del pozzo

5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

Prova di pompaggio 18.08.2004

L.S. 11.29 m p.c; L.D. 16.42 m p.c. dopo 6' pompaggio con Q 0.09 l/sec

6 - IDROCHIMICA

ALLEGATO 9

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico		temporale		idrogeologico	
data del provvedimento di autorizzazione					

Foto 1 – Fonte di San Francesco. La sorgente, a carattere semiperenne, è situata nella zona assiale della Sinclinale di Duno: le acque filtrano dai giunti di interstrato e da canalicoli centimetrici e sono poi convogliate in una vasca di raccolta.

Foto 2 – Vasca di raccolta delle acque filtranti dalla cavità alla base dell'affioramento roccioso ubicata sul tornante (quota 940 m s.l.m.) della strada che conduce al San Martino.

Foto 3 – Ingresso della grotta del San Martino sotto il belvedere del rifugio. La grotta, che ha uno sviluppo planimetrico di oltre 70 m, risulta strettamente connessa con il sistema di sorgenti Turegiun-Sorgente dello Spartiacque.

Foto 4 – Dolina presso il Santuario ai Caduti sul Monte San Martino. Le doline, tipiche depressioni carsiche prodotte per effetto dell'erosione del substrato, si comportano generalmente come sistemi di assorbimento idrico centralizzato.

Foto 5 – Pozzo ubicato circa 100 metri prima dell'ultimo tornante che conduce al rifugio del San Martino. La cavità è di tipo tettonico e la frattura generatrice appartiene alla famiglia di discontinuità sub-parallele alla faglia del San Martino.

Foto 6 – Esempio di dissesto a carattere puntuale: crollo di blocchi lapidei interessante la ex strada militare che conduce al San Martino. I blocchi, di forma prismatica, hanno volume fino a 2 mc.

Foto 7 – Bottini di presa delle sorgenti ubicate in prossimità dell'ingresso della Grotta del Turegiun, sulla sponda orografica sinistra del Torrente Gottardo..

Foto 8 – Bottino di presa della Sorgente dello Spartiacque Assieme alle sorgenti del Turegiun, rappresenta all'oggi, il sistema di sbocco attivo più importante della massa idrica nel complesso carbonatico del Monte San Martino.

Foto 9 – Ingresso della Grotta del Turegiun.

Foto 10 – Zona di Cantonaccio: caratteristica dell'area è la morfologia blanda in contrasto con la natura prevalentemente "montuosa" del territorio comunale.

Foto 11 – Baite di Bisio: sulla sinistra il ciglio del terrazzo morfologico che identifica il limite del terrazzamento caratterizzato dalla presenza di depositi glaciali.

Foto 12 – Ammaloramento della S. P. 46/bis nel tratto adiacente la sede del Municipio: le frecce identificano i tratti dove le deformazioni risultano maggiormente evidenti.

Foto 13 – Dispersione in corso d'acqua delle acque provenienti dall'impianto di depurazione.