

COMUNE DI TOVO SANT'AGATA

PROVINCIA DI SONDRIO

**COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO**

d.g.r. 8/7374 del 28 maggio 2008

**TAVOLA
1**

**STRALCIO RELAZIONE
GEOLOGICA GENERALE**

ALLEGATO 4

IL SINDACO

DELIBERA C.C.

IL SEGRETARIO

DECRETO REGIONALE

PROGETTISTA DELLA COMPONENTE GEOLOGICA

Dott. Geol. Tiziana Da Prada

Ordine dei Geologi della Lombardia n. 772
Via del Capitel, 22 - 23034 GROSOTTO (SO)



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Tiziana Da Prada".

DATA: luglio 2008

SOMMARIO

1. PREMESSA	4
2. METODOLOGIE DI STUDIO	4
3. CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA	5
4. CONTENUTI DELLE NORME GEOLOGICHE	6
5. RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA	6
6. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
7. LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	8
7.1. CONTESTO GEOLOGICO	8
7.2. GEOMORFOLOGIA	13
7.3. DISSESTI	14
8. ASPETTI METEOCLIMATICI	15
8.1. PRECIPITAZIONI	15
8.2. PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	16
8.3. TEMPERATURE	16
8.4. PRECIPITAZIONI NEVOSE	18
9. ASPETTI RELATIVI AI CORSI D'ACQUA	18
9.1. FIUME ADDA.....	18
9.2. TORRENTE RUINASC	19
9.3. VALLE DELLE VIGNE	20
9.4. VALLE GIUMELLA (E PARALLELA)	20
9.5. VALLE STADERA.....	21
9.6. VALLE GRADERA.....	21
9.7. VALLECOLA MINORE DI FONDOVALLE	22
9.8. VALLE DEI CANI	22
9.9. VALLECOLA MAGGIORE DI FONDOVALLE.....	24
9.10. VALLE MAURINA.....	24
9.11. VALLE DI CAMPASCIO.....	26
9.12. PARAMETRI MORFOMETRICI DEI CORSI D'ACQUA MAGGIORI.....	26
9.13. PORTATE DI PIENA DEI CORSI D'ACQUA MAGGIORI.....	28
10. ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA	30
10.1. SORGENTI	30
10.2. FALDA FREATICA DI FONDOVALLE	30
11. OPERE IDROGEOLOGICHE ESISTENTI	31
12. CARTA DI SINTESI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
13. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
14. QUADRO DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
15. ARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
15.1. CLASSE 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

- 15.2. CLASSE 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 15.3. CLASSE 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI..... **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 16. CARTA DEI VINCOLI..... ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17. NORMATIVA ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.1. ART. 1: GENERALITA' **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.2. ART. 2: DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA PER L'ISTRUTTORIA DELLE PRATICHE... **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.3. ART. 3: NORME TECNICHE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.3.1. Art. 3.1 - Zone in Classe 1: fattibilità senza particolari limitazioni..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.4. ART. 3.2. - ZONE IN CLASSE 2: FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI. **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.4.1. a) Nuove edificazioni..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.4.2. Ampliamento di edifici esistenti **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.4.3. Recupero del patrimonio edilizio esistente..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.4.4. Opere varie..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.5. ART. 3.3. - CLASSE 3: FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.5.1. a) Nuova edificazione..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.5.2. Ampliamento di edifici esistenti **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.5.3. Recupero del patrimonio edilizio esistente..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.5.4. Opere varie..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.6. ART. 3.4. - CLASSE 4: FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI.. **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.6.1. Nuove edificazioni..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.6.2. Edificato esistente **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.6.3. Opere varie..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 17.7. ART. 5: NORMATIVA PER LE ZONE DI SALVAGUARDIA DELLE RISORSE IDROPOTABILI **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**
- 17.7.1. Art. 5.1. - Normativa delle aree di salvaguardia delle sorgenti (D.L. 258/2000). **Errore. Il segnalibro non è definito.**

1. PREMESSA

Il presente lavoro consiste nello studio 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.

Come richiesto dalla d.g.r 28 maggio 2008 – n. 8/7374, recante Aggiornamento dei “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”, si procederà all'aggiornamento dello studio geologico esistente ai sensi della suddetta direttiva relativamente:

- alla componente sismica;
- alla cartografia di sintesi e di fattibilità estesa all'intero territorio comunale;
- all'aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità con relativa normativa riguardo alle perimetrazioni delle fasce fluviali e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato

Il comune di Tovo Sant'Agata rientra infatti tra quelli che hanno a suo tempo completato l'iter di aggiornamento al PAI (d.g.r. 7/7365) e quindi gli elaborati necessari per lo studio geologico di cui alla d.g.r 28 maggio 2008 – n. 8/7374 sono limitati alle sole “Carta di Sintesi”, “Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano e Classi di Fattibilità”, “Carta della pericolosità sismica locale” e “Carta dei Vincoli”, nonché al “Quadro del Dissesto con legenda uniformata PAI”.

2. METODOLOGIE DI STUDIO

A norma dei criteri sopra menzionati la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio è costituita:

- dalla presente Relazione Geologica;
- dalle Norme Geologiche;
- dalla Carta di Sintesi in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale;
- dalla Carta di Sintesi in scala 1:2.000 dell'intero perimetro urbanizzato;
- dalla Carta di Pericolosità Sismica Locale in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale;
- dalla Carta di Pericolosità Sismica Locale in scala 1:2.000 dell'intero perimetro urbanizzato;
- dal Quadro del Dissesto con legenda uniformata PAI, in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale;
- dalla Carta di Fattibilità geologica per le Azioni di Piano in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale;
- dalla Carta di Fattibilità geologica per le Azioni di Piano in scala 1:2.000 dell'intero perimetro urbanizzato;
- della Carta dei Vincoli in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale (in contrasto con quanto previsto dalla d.g.r. 8/7374 del 28 maggio 2008, si è scelto di predisporre la presente carta alla scala 1:10.000, anziché 1:2.000, in modo da fornire un quadro completo dei vincoli riportati che ad una scala maggiore sarebbe risultato troppo dispersivo).

Per la redazione della Cartografia geologica di Piano sopra indicata sono state utilizzate le seguenti basi cartografiche:

Restituzione aereofotogrammetrica della Comunità Montana Valtellina di Tirano in scala 1:10.000: sezioni D2c5, D2b5 e D3c1.

Restituzione aereofotogrammetrica della Comunità Montana Valtellina di Tirano in scala 1:2.000: sezioni D2b5e3, D2b5e4, D2c5a3, D2c5a4.

3. CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA

All'interno della presente relazione sono riportati:

- ✓ gli esiti della ricerca storica;

- ✓ l'inquadramento meteo-climatico e nivologico;
- ✓ una descrizione dei corsi d'acqua naturali e artificiali;
- ✓ una descrizione dell'assetto geologico e strutturale dell'area in esame;
- ✓ una descrizione delle principali forme e processi geomorfologici;
- ✓ una descrizione dell'assetto idrogeologico dell'area;
- ✓ una descrizione degli ambiti di pericolosità omogenea come individuati cartograficamente nella carta di sintesi;
- ✓ una descrizione delle aree riconosciute come passibili di amplificazione sismica (perimetrate nella carta della pericolosità sismica locale) e dei metodi / elaborazioni utilizzati in fase di esecuzione degli studi di secondo livello, nonché dei risultati ottenuti;
- ✓ una descrizione delle opere idrauliche, di sistemazione dei versanti, ecc. con una valutazione sullo stato di conservazione delle stesse ed una valutazione dell'efficacia ed efficienza delle stesse

4. CONTENUTI DELLE NORME GEOLOGICHE

Le Norme geologiche di piano contengono la normativa d'uso della carta di fattibilità ed il richiamo della normativa derivante dalla carta dei vincoli e riportano, per ciascuna delle classi di fattibilità (o per ambiti omogenei – sottoclassi), precise indicazioni in merito alle indagini di approfondimento ed alla loro estensione, con specifico riferimento alla tipologia del fenomeno che ha determinato l'assegnazione della classe di fattibilità, alle opere di mitigazione del rischio da realizzarsi, e alle prescrizioni per le tipologie costruttive riferite agli ambiti di pericolosità omogenea.

5. RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA

La ricerca bibliografica e storica, effettuata consultando il data-base della Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Regione Lombardia ha fornito i seguenti risultati:

- ❖ 1338: evento alluvionale;
- ❖ 1404: evento alluvionale;
- ❖ 1458: evento alluvionale;

- ❖ 1678: evento alluvionale;
- ❖ 1750: evento alluvionale con formazione di un lago tra Tirano e Mazzo;
- ❖ 1755: evento alluvionale;
- ❖ 1792: evento alluvionale;
- ❖ 1829: evento alluvionale;
- ❖ 1882: evento alluvionale;
- ❖ 1888: evento alluvionale;
- ❖ 15 agosto 1898: temporale devasta terreni e danneggia abitati in sinistra Adda, fra Mazzo e Tirano;
- ❖ 1911: evento alluvionale;
- ❖ 1927: evento alluvionale;
- ❖ 1960: alluvione Fiume Adda;
- ❖ 1983 – nord di Bratta: erosione lineare lungo l’incisione valliva;
- ❖ 24 maggio 1983 – sud est abitato/Mondadiscia: frana di scivolamento; distrutto 1 ha di bosco ceduo misto sotto fustaia di resinose - danneggiata con interruzione una strada gippabile - totalmente distrutti 2000 mq di terreni piantumati a frutteto (mele); è stato successivamente realizzato muro di contenimento in cemento armato alto 3 m con muretto di sottomurazione e canalizzazione superficiale
- ❖ luglio 1987 – strada Pradasc – Fornello: frana di scivolamento;
- ❖ aprile 1993 – sud-ovest Alpe Moluna: frana di tipo complesso che interessa la sponda destra dell'impluvio del Torrente Rovinaccio
- ❖ 1995 – strada Mortirolo – Trivigno: crollo di un grosso blocco, successivamente frantumatosi, da una parete rocciosa; Lesionato il manto bituminoso ed il guard-rail della carrozzabile asfaltata
- ❖ ???? – valle delle Vigne: frana di scivolamento
- ❖ ???? – sud-ovest Cima Verde: crolli da pareti rocciose
- ❖ ???? – Cima Verde: crolli da pareti rocciose

6. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio del Comune di Tovo Sant’Agata, avente una superficie di circa 11 km², si sviluppa unicamente sul versante sinistro del Fiume Adda, occupandone anche un’ampia porzione di fondovalle.

Il territorio denota una forma grosso modo rettangolare e presenta una lunghezza di circa 1,5 km sul fondovalle (a quote comprese tra 524,7 m s.m. e 513,9 m s.m.) e di circa 3 km in corrispondenza dello spartiacque valtellinese (crinale compreso tra la Cima Verda a quota 2408,4 m s.m. e il Dosso San Giacomo a 2231,8 m s.m., passando per la Cima Cadì a 2447 m s.m., il Motto Alto a 2254,7 m s.m. e il Motto della Scala a 2314,4 m s.m., che separa le Province di Sondrio e Brescia).

7. LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista sia geologico che geomorfologico il territorio comunale di Tovo Sant'Agata può essere anzitutto distinto in due zone, corrispondenti al versante e al fondovalle, le quali presentano caratteristiche differenti.

7.1. *Contesto geologico*

Il settore del territorio del Comune di Tovo Sant'Agata che occupa il versante sinistro dell'Adda è caratterizzata da un substrato roccioso rappresentato dall'alternanza di più formazioni rocciose, comunque tutti riconducibili alla zona di radice delle unità Austroalpine (trovandosi poco a nord della Lina del Tonale, l'importante lineamento tettonico che separa l'edificio alpino in senso stretto da quello pre-alpino), le cui caratteristiche principali sono di seguito riassunte.

Formazione della Punta di Pietra Rossa, attualmente identificata con la Formazione di Valle Grosina, con la quale mostra affinità petrografiche e strutturali; si tratta comunque di una vasta gamma di litotipi che rispecchiano condizioni di diverso ambiente metamorfico con reciproci passaggi attraverso insensibili transizioni.

I tipi petrografici prevalenti sono rappresentati da micascisti muscovitico-cloritici e anfibolico-granatiferi localmente tormaliniferi, nonché gneiss minuti biotitici, talora granatiferi e anfibolici, con locali intercalazioni lenticolari sempre concordanti di quarzo e quarziti micacee grigio-chiare a muscovite prevalente e subordinata biotite cloritizzata.

I termini appartenenti a questa formazione costituiscono il bed-rock della porzione di versante immediatamente sovrastante l'intero abitato di Tovo sino, verso monte, all'allineamento tra gli alpeggi di Alpe Moluna – Pradasc – il Fornello.

Formazione dei Micascisti della Cima Rovaia, nella quale il tipo petrografico più diffuso è costituito da un micascisto, a tessitura talora gneissica, muscovitico e ricco di granato e staurolite che si presenta sovente in cristalli macroscopici geminati caratteristicamente a croce.

Nella zona di contatto con gli Gneiss del Monte Tonale, sul versante meridionale della Valle del Torrente Ruinasc sino alla zona della Cima Verde sono da segnalare gneiss muscovitici spesso occhiadini e/o listati.

All'interno del territorio in oggetto i litotipi affiorano estesamente all'interno della porzione mediana inferiore del bacino del Torrente Ruinasc, costituendo inoltre il bed-rock dell'intero versante sovrastante l'allineamento tra gli alpeggi di Alpe Moluna – Pradasc – il Fornello.

Formazione degli Gneiss del Monte Tonale, costituita da gneiss e micascisti a due miche, in prevalenza biotitici, sillimanitici e granatiferi con lenticelle quarzoso-feldspatiche con intercalazioni lenticolari di anfiboliti e anfiboliti gneissiche in associazione con calcari, calcari dolomitici cristallini e calcefiri. Le stesse hanno carattere singenetico sedimentario: la loro presenza deve cioè essere messa in rapporto a locali variazioni nella composizione litologica di un originario deposito argilloso-arenaceo colpito dal metamorfismo principale delle formazione. Altrettanto frequenti sono inoltre i filoni di pegmatiti e di gneiss aplítico-pegmatitici: rocce a tessitura da moderatamente a molto distinta con quarzo come componente prevalente seguito da feldspato potassico, plagioclasio e muscovite, nonché granato, tormalina ed ortite come accessori. Tali iniezioni sono spesso discordanti e attraversano le intercalazioni di marmi ed anfiboliti nei quali si notano segni di trasformazioni in calcefiri; esse sono quindi da ricollegare ad un ciclo di manifestazioni magmatiche o di mobilizzazioni successivo al metamorfismo catazonale.

Tali litotipi affiorano estesamente, nel territorio comunale di Tovo Sant'Agata, nella porzione sommitale meridionale del bacino del Torrente Ruinasc, circa al di sopra della strada del Mortirolo, in una fascia ad andamento circa E-O, parallelamente all'interno dei lineamenti tettonici della Linea del Tonale a Sud e della Linea del Mortirolo a Nord

Formazione delle Anfiboliti gabbriche del Motto della Scala: affiorano in una porzione limitata del territorio comunale di Tovo Sant'Agata, nel settore meridionale in corrispondenza della linea di spartiacque con la limitrofa Provincia di Brescia in corrispondenza dell'esteso pianoro culminale del Motto della Scala – Dosso S. Giacomo.

Sono rocce anfiboliche, con caratteristica colorazione verdastra fino a verde scura, disposte in cospicue masse lenticolari con andamento circa E-O. La tessitura si presenta massiccia al nucleo degli ammassi e caratteristicamente più scistosa verso le zone periferiche.

Sul fondovalle, il substrato, chiaramente mascherato dalle potenti alluvioni del Fiume Adda, è invece unicamente ascrivibile alla ex Formazione della Punta di Pietra Rossa.

Relativamente all'assetto tettonico- strutturale del Comune di Tovo Sant'Agata si sottolinea anzitutto come la giacitura media dei piani di scistosità delle rocce affioranti è immergente verso S e SE con inclinazioni piuttosto accentuate, trovandosi sul fianco meridionale dell'ampia anticlinale valtellinese. I lineamenti maggiori sono inoltre rappresentati dalle già citate Linea del Tonale e Linea del Mortirolo, vicariante della prima.

Lungo quest'ultima, che decorre con andamento OSO-ENE in corrispondenza dell'allineamento di piccoli terrazzi morfologici posti a quote variabili (Alpe Moluna, Pradasc, il Fornello) mette in contatto la Formazione dei Micascisti della Cima Rovaia con la sottostante ex Formazione della Punta di Pietra Rossa. Determina inoltre la presenza di un orizzonte di rocce intensamente cataclastiche e/o milonitiche, nonché un controllo strutturale dei fenomeni idrogeologici di versante.

La Linea del Tonale è infine una discontinuità di importanza regionale che decorre in senso E-O immediatamente a Sud del territorio comunale di Tovo Sant'Agata. Parallelamente alla stessa sono orientate tutte le intercalazioni precedentemente descritte, mentre i contatti tra i diversi litotipi, risentendo della dislocazione tettonica, danno luogo a cataclasiti e miloniti. Si hanno quindi zone di debolezza in ammassi rocciosi, già di per se di qualità mediocre, che ne accentuano l'erodibilità e danno luogo a orli di scarpata di degradazione e/o di frana.

Riguardo ai depositi di copertura, si distingue anche in questo caso, la porzione di fondovalle – occupata da depositi alluvionali e di conoide – da quella di versante, dove si hanno estese coltri moreniche e limitatamente depositi detritici ed eluvio-colluviali.

I *depositi morenici*, nel territorio del Comune di Tovo Sant'Agata presentano una rilevante estensione superficiale e si ritrovano a varie quote sul versante; ricoprono i terrazzi morfologici che gradonano il pendio con le loro inclinazioni inferiori rispetto a quelle medie dello stesso e sui quali sorgono nuclei rurali o alpeggi, che presentano allineamenti subparalleli (il più basso altimetricamente tra gli 800 m e i 900 m s.m. circa, Mondadizza, Stipano; quelli intermedi, uno

tra i 1000 m s.m. e 1100 m s.m. – Foghe, Piazza, Pom, Prestet, Alpe Colot; uno tra 1200 m s.m. e 1450 m s.m. – Alpe Moluna, Cogni, Pradasc, Fontane sino a il Fornello, sul territorio comunale di Mazzo di Valtellina e uno tra 1600 m s.m. e 1700 m s.m. – Al Bagno, Alpe Presota, Alpe Motta; quello superiore sopra i 2000 m s.m. – Alpe Boschetto e pianoro tra Dosso San Giacomo e Motto Alto). Si tratta dei materiali trasportati dai ghiacciai che un tempo occupavano la valle dell’Adda e depositati sui fianchi della stessa. Hanno spessori variabili da qualche metro a poche decine di metri, ma solitamente tali da impedire l’affioramento del substrato roccioso e sono formati da ghiaia, sabbia e trovanti caoticamente mescolati ad abbondante limo e con un discreto grado di addensamento dovuto ai successivi processi di diagenesi subiti nel tempo. Sono inoltre coperti da uno strato di suolo vegetale di almeno 30 cm e solitamente adibiti a prati o coltivi.

I *depositi di detrito* sono rappresentati sia da coni che da accumuli e falde. I primi sono formati da frammenti lapidei precipitati dalle pareti rocciose o rimobilizzati dalla falde di detrito. Gli accumuli a cono e le falde, pur con geometria diversa, presentano caratteristiche analoghe. Si tratta infatti dei materiali di frane o comunque derivanti dall’alterazione del substrato roccioso da parte degli agenti atmosferici che, a causa delle pendenze elevate delle porzioni di versante ove gli stessi si formano, precipitano lungo il versante e si raccolgono ove le inclinazioni diminuiscono leggermente. Sono quindi costituiti da frammenti lapidei sciolti o poco addensati, di dimensioni eterogenee: dai grossi blocchi alla ghiaia, con frazione fine (sabbia) assente o subordinata e comunque concentrata nelle porzioni meno superficiali dei depositi. Negli stessi si riconosce inoltre la caratteristica selezione legata alla gravità con un aumento delle dimensioni dall’alto al basso dell’accumulo. Sono sia attivi e quindi soggetti alla continua caduta di massi sia inattivi e colonizzati da vegetazione spontanea che tende a stabilizzarli. Nel territorio del Comune di Tovo Sant’Agata i depositi detritici sono localizzati in prevalenza nel settore altimetricamente più elevato, dove sono organizzati in falde di modesta entità, caratterizzati, anche in funzione della quota, da assenza di vegetazione o con vegetazione erbacea dei piani culminali. Altri piccoli depositi, colonizzati da vegetazione arborea sono presenti sul basso versante, in corrispondenza di modesti affioramenti del substrato roccioso che originano però pareti subverticali.

Anche le *coltri eluvio-colluviali* derivano dalla disgregazione delle rocce del substrato, ma rispetto ai precedenti depositi subiscono diverse trasformazioni ad opera delle gravità. Occupano infatti le porzioni di versante ad inclinazione poco significativa dove i materiali risultanti dall’alterazione del bed-rock rimangono in posto (eluvio) o subiscono solo un modesto rimaneggiamento ad opera delle acque superficiali (colluvio) e proteggono quindi le rocce

sottostanti (sciolte e/o lapidee) dall'ulteriore disfacimento. Le loro caratteristiche dipendono da quelle della roccia di origine e, derivando da litotipi gneissici e micascistosi, sono costituiti da sabbie con limo più o meno abbondante, ghiaia e frammenti lapidei spigolosi e subarrotondati delle dimensioni dei ciottoli. Gli accumuli eluvio-colluviali, mediamente addensati, sono colonizzati da boschi e sono presenti un po' su tutto il territorio comunale pur non avendo una distribuzione areale significativa; hanno inoltre uno spessore limitato che permette piuttosto estesamente l'affioramento del substrato roccioso.

I *depositi alluvionali* occupano quasi per intero la piana di fondovalle essendo i conoidi realmente limitati alla zona di raccordo con il versante. Si tratta dei materiali depositati dal Fiume Adda e costituiti da sedimenti intercalati in stati poco potenti a granulometria grossolana (ghiaie con ciottoli) e medio-fine (sabbie grossolane e sabbie) con presenza di lenti e/o stati di sabbie fini e/o limose; sono infatti frequenti variazioni sia in senso verticale che in senso orizzontale delle caratteristiche granulometriche e del grado di addensamento e assestamento dei materiali. Si distinguono in alluvioni attuali (che occupano l'alveo attivo del corso d'acqua) e alluvioni terrazzate (che interessano l'ampia piana di fondovalle). Queste ultime possono a loro volta essere distinte in alluvioni recenti (tra la Strada Provinciale e l'alveo dell'Adda) e alluvioni antiche (tra la Strada Provinciale e il piede del versante), separate da un orlo di terrazzo (scarpata morfologica) che raggiunge i 4-6 m di altezza.

I *conoidi di deiezione* si trovano allo sbocco sul fondovalle dei tributari del Fiume Adda (Torrente Ruinasc, Valle dei Cani, Valle Maurina e Valle Campaccio). Sono rappresentati da materiali di origine fluvio-torrentizia, erosi nel bacino di alimentazione dei corsi d'acqua laterali, presi in carico essenzialmente dalle acque di ruscellamento (e solo limitatamente da altri agenti di trasporto quali le valanghe o le colate detritico-fangose), trasportati verso valle e qui depositi con una tipica forma a ventaglio che, in corrispondenza della piana alluvionale dove si ha una riduzione delle pendenze, si allarga lateralmente rispetto all'alveo del tributario. Tali accumuli, prevalentemente costituiti da granulometrie tipiche degli ambiti fluvio-torrentizi (sabbie e ghiaie) presentano per altro variazioni di facies senza alcuna continuità laterale e/o verticale (intercalazioni lenticolari di limi) dovute alla sovrapposizione nel tempo di diversi eventi con differente energia di trasporto. Va per altro tenuto conto che quest'ultima diminuisce dall'apice al piede del conoide ed in tal senso si assiste quindi ad una riduzione delle dimensioni dei materiali che costituiscono i depositi. Lo spessore complessivo dei medesimi, il cui grado di addensamento è moderato, è inoltre dell'ordine delle decine di metri. Gli stessi possono infine essere considerati inattivi, cioè non più soggetti ai fenomeni di trasporto e deposizione che li

hanno originati (ad esclusione delle porzioni più prossime all'alveo attuale e all'apice del cono); sono infatti addensati e diagenizzati, nonché coperti da uno strato di suolo vegetale di almeno 50 cm che ne permette la coltivazione ed in parte colonizzati dall'abitato di Tovo Sant'Agata e dalle sue frazioni.

7.2. Geomorfologia

Anche dal punto di vista geomorfologico, il territorio del Comune di Tovo Sant'Agata può essere distinto nell'ambito della piana di fondovalle e nell'ambito di versante.

Entrambi testimoniano comunque, anzitutto, l'antica morfologia glaciale della Valle dell'Adda che presenta profilo trasversale tipicamente a U, con fondo largo e piatto e ripidi versanti, interrotti localmente da terrazzi morfologici con inclinazioni inferiori a quelle medie, occupati da accumuli morenici.

Mentre sul fondovalle, all'azione glaciale si è però unicamente sovrimposta quella legata alle acque superficiali (con la formazione di forme di accumulo – depositi alluvionali e di erosione – orli di terrazzo fluviale sia attivi, lungo l'alveo, che inattivi), sul versante, oltre a questa che ha dato luogo alle incisioni vallive che lo solcano, si è esplicitata anche l'azione della gravità (con la formazione di forme di accumulo, quali depositi detritici ed eluvio-colluviali e di forme di erosione – scarpate, nicchie di frana). Sempre legate alla gravità sono le trincee, scarpate e contropendenze diffuse sul pendio, legate all'area di deformazione gravitativa profonda di versante che interessa praticamente tutto il territorio comunale di Tovo Sant'Agata. Si tratta di un'area che va dal Monte Padrio al Monte Varadega, soggetta ad una deformazione legata soprattutto al rilascio tensionale del versante a seguito della decompressione conseguente il ritiro dei ghiacciai. Il fenomeno, da ritenere relitto, si esplica appunto nella formazione di morfostrutture lineari nella parte più prossima al crinale e, localmente, con un rigonfiamento della porzione mediana ed inferiore del versante.

Da sottolineare infine che la rilevante estensione superficiale dei depositi morenici, oltre a testimoniare un consistente passato modellamento glaciale è verosimilmente ascrivibile alla relativamente modesta competenza dei litotipi della ex Formazione della Punta di Pietra Rossa (che rappresenta il bed-rock della porzione medio-inferiore del versante) che determina una maggiore sensibilità nei confronti degli agenti modellatori. Tale situazione si evidenzia appunto con una consistente presenza della coltre quaternaria morenica che solo in corrispondenza delle incisioni torrentizie maggiori, dei due risalti morfologici posti immediatamente a monte

dell'abitato o di limitati fenomeni erosivi lascia affiorare, tramite scarpate superficiali ridotte porzioni lapidee.

7.3. *Dissesti*

Vengono di seguito individuate, per il territorio comunale di Tovo Sant'Agata, le aree sottoposte a dissesto idrogeologico con le relative aree di influenza, nonché definita la pericolosità, considerando tre fasce omogenee (una zona sommitale, una zona mediana e una zona inferiore).

Zona sommitale: si tratta della porzione-di territorio comunale posto a monte della strada che collega la località Trivigno al Passo del Mortirolo, a quote generalmente superiori a 1900 m s.l.m. tranne che all'interno del bacino del T. Ruinasc dove i fenomeni descritti nel prosieguo si estendono sino alla quota di circa 1100 m s.m. Prevalgono le forme di dissesto connesse alla presenza dei ripidi canali con formazione di zone potenzialmente dissestabili per l'azione erosiva dei torrenti per l'innescamento di fenomeni di trasporto in massa o per diffusi fenomeni di crollo provenienti dalle sponde. Inoltre è da segnalare la presenza di numerosi fenomeni valanghivi che possono interessare il suddetto bacino del T. Ruinasc o, a partire dalla zona delle cime di Verda e di Cadi o del contrafforte posto poco a Nord del Motto Alto, rispettivamente le zone di il Fornello-Lot basso, Il Boschetto, Segn-Pradasc. Sono infine da segnalare alcune aree interessate storicamente da fenomeni di valanga; tali aree interessano essenzialmente le porzioni sommitali degli impluvi ed in particolare modo il bacino del T. Ruinasc, la porzione sommitale del bacino della V. dei Cani, della V. Maurina e della Valle di Campaccio, interessando quest'ultima la sorgente dell'acquedotto del Comune.

Zona mediana: si tratta della parte di territorio comunale posta per lo più al di fuori del bacino del T. Ruinasc nella fascia altimetrica compresa tra 1900 e 550 m s.m.. In questa zona le principali situazioni di dissesto in atto e potenziali sono legate alla vulnerabilità idrogeologica connessa alla presenza di una cospicua falda di idrica sotterranea di versante, flusso lento delle coperture e localizzata predisposizione all'innescamento di smottamenti a carattere stagionale che presentano alvei in parte naturali in cattivo stato di manutenzione e in parte regimati di recente. In corrispondenza delle incisioni maggiori sono presenti zone potenzialmente dissestabili per l'azione erosiva dei torrenti per l'innescamento di fenomeni di trasporto in massa o per diffusi fenomeni di crollo provenienti dalle sponde. In corrispondenza dei salti morfologici presenti sul versante

nella fascia altimetricamente compresa tra 790 e 550 m s.l.m. sono presenti zone sottoposte a pendii rocciosi con localizzati crolli potenzialmente raggiungibili da massi.

Zona inferiore: si tratta della parte di territorio comunale posta nel fondovalle del F. Adda. In questa zona, in corrispondenza delle aree urbanizzate lungo i conoidi, i corsi d'acqua principali rappresentati dalle valli Ruinasc, Dei Cani, Maurina e di Campaccio sono presenti più o meno complete ed efficienti opere di regimazione idraulica. Tali situazioni che verranno analizzate singolarmente nei capitoli successivi determinano la presenza di numerose zone soggette a potenziale allagamento e di limitate porzioni di territorio potenzialmente dissestabili per l'azione erosiva dei torrenti per l'innescò di fenomeni di trasporto in massa o per diffusi fenomeni di crollo provenienti dalle sponde. Le zone di fondovalle poste sulla piana alluvionale ai margini dei conoidi possono potenzialmente essere sede di alluvionamenti provocati dall'esondazione dei fossi colatori e dalla risalita fino al piano campagna della falda freatica.

8. ASPETTI METEOCLIMATICI

Per la caratterizzazione climatica del territorio comunale di Tovo Sant'Agata, vengono di seguito riportati i dati, relativi a diversi periodi di tempo, sulle precipitazioni (piovose e nevose) e sulle temperature delle stazioni di rilevamento più vicina al territorio in esame, i cui dati sono riportati ed utilizzati anche nel PTUA della Regione Lombardia.

8.1. Precipitazioni

I valori delle precipitazioni medie mensili e annuali (in mm) a Tovo Sant'Agata sono riferiti alle stazioni di Grosio (per un periodo di 30 anni, 1971-2000), Grosotto (per un periodo di 22 anni, 1980-2001) e Sernio (per un quarantennio, 1963-2003) e sono riassunti nelle tabelle di seguito riportate.

Come si può chiaramente osservare dai dati riportati, l'area presenta una piovosità medio-bassa, che si aggira intorno ai 900-1000 mm l'anno. Inoltre, i mesi più piovosi sono mediamente quelli estivi.

P Medie Sernio	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot anno
	41,0	26,7	54,0	69,5	114,1	101,3	111,1	107,4	92,2	97,3	88,4	41,8	944,6

P Medie Grosio	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot anno
	39,5	25,2	42,8	72,5	106,0	106,8	106,2	94,0	73,05	101,6	63,15	46,85	885,3

P Medie Grosio	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot anno
	35,03	20,71	39,91	64,19	91,42	94,42	85,29	85,01	84,88	91,97	54,25	41,42	788,51

Tali dati sono confermati anche dal PTUA della Regione Lombardia, del quale si riporta stralcio della carta delle precipitazioni medie annue.

8.2. *Precipitazioni di breve durata e forte intensità*

Le piogge di breve durata (compresa tra 1 e 24 ore) e forte intensità per il territorio comunale in esame sono state ottenute dall'elaborazione dei dati ricavati dagli annali idrologici.

L'altezza delle precipitazioni della durata di 1 ora (con tempo di ritorno di 100 anni) è pari a 42 mm, mentre per la durata di 24 ore con lo stesso tempo di ritorno si ha un valore pari a 112,60 mm.

Per il medesimo sito i parametri della curva di possibilità pluviometrica (a ed n), relazione che lega l'altezza delle precipitazioni (h in mm) alla relativa durata (t):

$$h = a * t^n$$

sono uguali rispettivamente a 45,31 e 0,206 (secondo quanto riportato dalla tabella 1 della "Direttiva sulla piena di progetto" del PAI)

8.3. *Temperature*

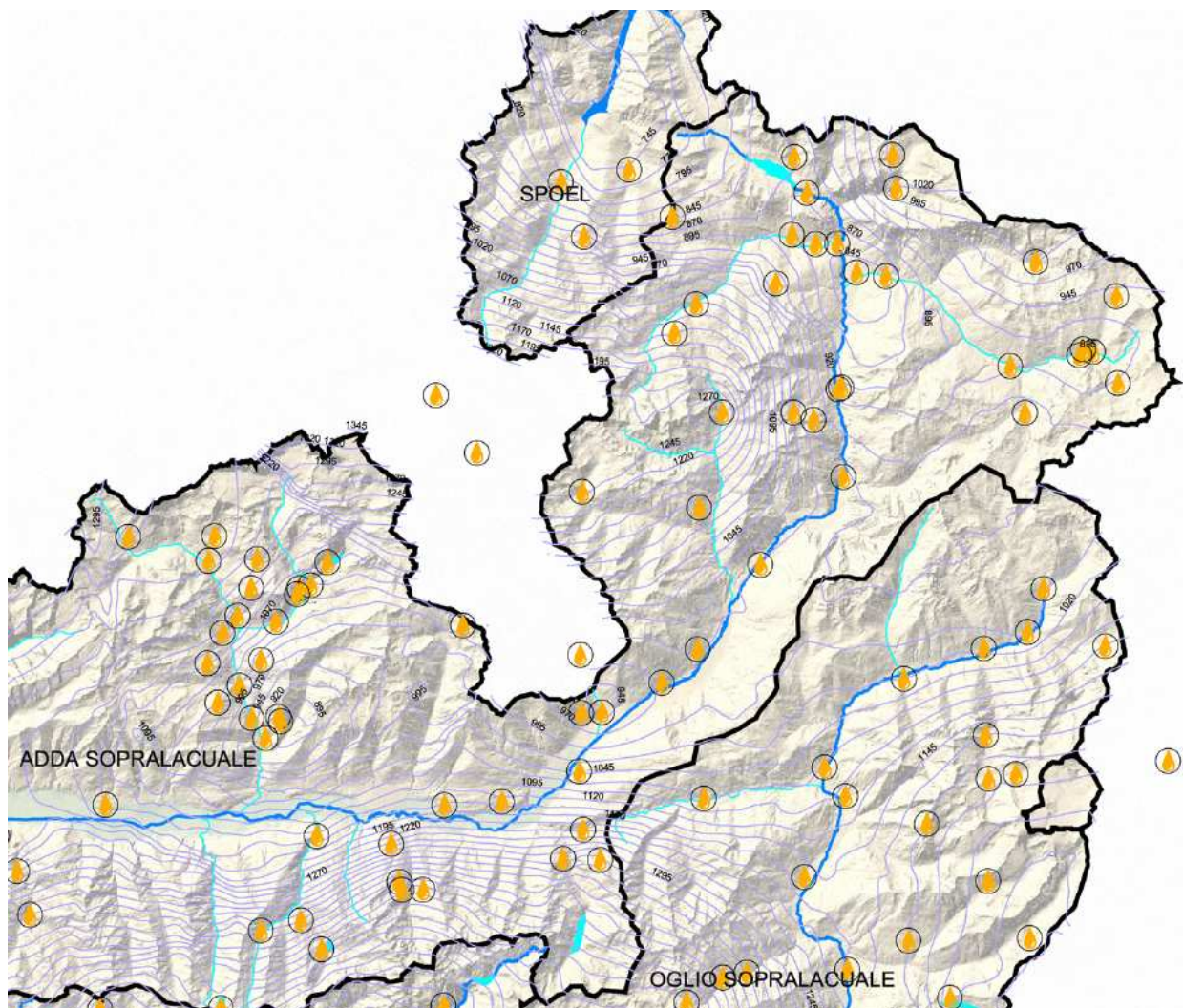
I dati sulle temperature sono riferiti alle stazioni di Sernio (per un periodo di 15 anni, 1898-2003), di Vione (per un periodo di 12 anni, 1990-2001), di Grosotto e di Grosio (per un periodo di 9 anni, 1992-2000) e sono riassunti nelle seguenti tabelle, dalle quali si evince che le temperature massime si registrano nei periodi estivi e quindi in concomitanza con i periodi di massima piovosità.

T med Sernio	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNUE
	0,4	2,7	6,9	9,6	14,5	17,3	19,4	19,8	14,8	10,1	4,7	0,7	10,1

T med Vione	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNUE
	1,83	4,12	8,05	10,28	15,20	16,96	19,24	19,71	14,95	10,48	5,05	1,72	10,63

T med Grosio	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNUE
	2,68	4,54	8,91	11,96	16,96	19,73	22,05	22,54	17,47	12,86	6,64	2,78	12,43

T med Grosotto	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNUE
	2,05	3,67	7,47	10,57	15,23	17,94	20,14	20,41	15,50	10,59	5,56	2,29	10,95



8.4. *Precipitazioni nevose*

Sempre in riferimento alle stazioni di rilevamento più vicine al territorio comunale di Tovo Sant'Agata e cioè Grosio e Grosotto, rispettivamente per un periodo di 25 anni (1971-1995) e 14 anni (1982-1995) si riportano i dati relativi alle precipitazioni nevose annue in cm.

Le stesse variano da un minimo di 1 cm (anno 1972) ad un massimo di 29 cm (anno 1986), per la stazione di Grosio nella quale si registra un'unica annata (1975) priva di precipitazioni nevose.

Per la stazione di Grosotto si hanno invece cinque anni privi di precipitazioni nevose (dal 1984 al 1987 e nel 1992) e per le altre annate l'altezza di neve al suolo varia da 2 cm (1983, 1989 e 1993) a 10 cm (1995).

9. ASPETTI RELATIVI AI CORSI D'ACQUA

Nel territorio del comune di Tovo S. Agata oltre al Fiume Adda gli elementi idrografici principali sono costituiti dal T. Ruinasc, dalla Valle dei Cani, dalla Valle Maurina e dalla Valle di Campaccio.

Sono inoltre presenti sul versante alcuni altri riali minori, con caratteristiche sensibilmente diverse dai sopra menzionati torrenti.

Sul fondovalle sono da segnalare canali irrigui e/o colatori, i quali ricalcano verosimilmente almeno in parte il tracciato di paleoalvei del Fiume Adda.

9.1. *Fiume Adda*

Il Fiume Adda, appartenente al reticolo idrico principale (SO041) interessa il territorio per un tratto lungo circa 1700 m nella sua zona di - fondovalle. In questo tratto il fiume è regimato sia in sponda destra che in sponda sinistra mediante argini in terra sopraelevati rispetto al piano campagna. La quota del pelo libero del fiume è in diretta connessione con la quota della superficie piezometrica della falda freatica superficiale presente nella piana di fondovalle. In tale

situazione, durante eventi di piena anche non particolarmente intensi, che comportano comunque un innalzamento del livello dell'acqua nell'alveo, si possono verificare innalzamenti della quota della falda freatica.

E' verosimile che in concomitanza con periodi prolungati di intensa piovosità nelle zone della piana di fondovalle in parte urbanizzata e in parte agricola, la falda freatica possa subire innalzamenti sino al piano di campagna

La quota del pelo libero del Fiume Adda influisce ovviamente anche sulle condizioni di deflusso del fosso irriguo presente in sponda sinistra del Fiume Adda connesso direttamente e che dal fiume suddetto riceve anche acque di derivazione.

9.2. *Torrente Ruinasc*

Il Torrente Ruinasc, appartenente in parte al reticolo principale (SO/141) - dallo sbocco alla biforcazione a quota 1150 m s.m.. ed in parte al reticolo idrico minore (SO/TO/024) ha un bacino di alimentazione pari a 3,1 kmq che si estende a monte fino al crinale pianeggiante del Dosso S. Giacomo, Motto della Scala, Motto alto.

Si sviluppa da quota 1868 m s.m. sino al fondovalle dell'Adda, dove viene recapitato nella Roggia dei Mulini (SO/TO/001), la quale a sua volta, al di fuori del territorio comunale di Tovo sbocca in Adda.

Il corso d'acqua presenta l'asta principale biforcata verso l'alto ed è poi ramificato in un reticolo piuttosto sviluppato, in particolare in destra idrografica, dove si hanno: un piccolo tributario (SO/TO/022) che copre un percorso dai 1184 m s.m. sino a 1007 m s.m.; la Valle della Brozza (SO/TO/023) che si sviluppa da 1893 m s.m. sino a 1162 m s.m. e riceve a sua volta le acque della Valle Luinate (SO/TO/025) localizzata tra 1894 m s.m. e 1283 m s.m.; una vallecchia (SO/TO/026) a quote comprese tra 2132 m s.m. e 1699 m s.m., la quale si disperse sul versante prima di confluire nel Rovinaccio e presenta a sua volta un tributario di sinistra (SO/TO/027) il cui percorso va da 2059 m s.m. sino a 1826 m s.m.

In sinistra si ha invece un'unica sta secondaria tra 1872 m s.m. e 1624 m s.m.

Nella parte sommitale e medio-alta del bacino il corso d'acqua e i suoi riali minori scorrono in alvei impostati prevalentemente in roccia e caratterizzati da elevate pendenze dei profili di fondo. In tale porzione di bacino sono presenti alcune opere di regimazione che consentono il passaggio della strada Trivigno - Mortirolo.

Nella parte medio inferiore del bacino il torrente scorre in una forra rocciosa caratterizzata da elevate pendenze e da diversi piccoli salti in roccia.

Lungo il tratto terminale sul conoide e al di sotto dell'ex S.S. 38 il torrente è stato regimato di recente mediante argini in cls e rivestimento del fondo a partire da una quota di circa 580 m s.m., dove è stata realizzata una piccola vasca di sedimentazione attualmente piena per circa metà della sua capienza

La porzione di conoide facente parte del territorio del comune di Tovo S. Agata è destinato prevalentemente alla coltivazione del frutteto e non vi sono abitazioni.

9.3. Valle delle Vigne

Si tratta di un'incisione secondaria rispetto al Torrente Ruinasc descritto in precedenza, ubicata nel settore apicale del conoide di quest'ultimo.

Si tratta della Valle delle Vigne, appartenente al reticolo idrico secondario (SO/TO/019), che drena la porzione di versante comprendente l'Alpe Moluna alta e bassa e presenta un percorso che va da 1243 m s.m. a 516 m s.m..

Presenta due tributari, uno in sinistra la Valle delle Foghe (SO/TO/021) tra 1571 m s.m. e 805 m s.m. e uno in destra la Valle Riscitan (SO/TO/020) tra 917 m s.m. e 757 m s.m.

Sul conoide è ben visibile l'alveo del riale principale che termina in corrispondenza del limite del bosco ad una quota di circa 540 m s.l.m. all'interno di una piccola roggia parzialmente ostruita dalla vegetazione sino alla confluenza all'interno della Roggia dei Mulini.

9.4. Valle Giumella (e parallela)

Il medio basso-versante del territorio comunale di Tovo Sant'Agata è solcato da due incisioni vallive subparallele appartenenti al reticolo idrico minore.

Si tratta della Valle Giumella (SO/TO/017), da 1094 m s.m. a 580 m s.m. – e di una vallecchia (SO/TO/018) che si origina a 1036 m s.m., ma chiaramente osservabile solo sino a circa 780 m s.m. che drena la sola porzione basale del versante e spaglia sul versante senza alcuna confluenza con i corsi d'acqua e/o i canali di fondovalle.

Appaiono prive di particolari opere di regimazione se non alcuni sottopassi alla viabilità secondaria, ma – data l'assenza di un vero e proprio bacino di alimentazione (poiché derivano da

emergenze che testimoniano la presenza di una falda di versante piuttosto continua e poco profonda) – danno luogo ad un medio-basso livello di pericolosità e/o vulnerabilità.

Non si hanno infatti notizie storiche di fenomeni alluvionali e/o di trasporto legati a tali vallecole che sono inoltre prive di conoide .

9.5. Valle Stadera

Appartiene al reticolo idrico minore (SO/TO/016), si origina a 589 m s.m. (dove vi confluisce la sovrastante Valle Giumella) e sbocca sul fondovalle, attraversandolo intubata al di sotto della viabilità secondaria, in una vallecola di fondovalle (SO/TO/014) a 529 m s.m.

Sul versante non presenta invece alcuna opera di regimazione, ma – data l'assenza di un vero e proprio bacino di alimentazione (poiché derivano da emergenze che testimoniano la presenza di una falda di versante piuttosto continua e poco profonda) – dà luogo ad un medio-basso livello di pericolosità e/o vulnerabilità.

Non si hanno infatti notizie storiche di fenomeni alluvionali e/o di trasporto legati a tale vallecola che appare inoltre priva di conoide.

In corrispondenza della prima intersezione con la rete viari a è presente una piccola vasca con griglia che convoglia le acque all'interno di un ramo delle acque bianche; attualmente all'interno della valletta viene recapitata anche l'acqua idropotabile in esubero proveniente da un bacino di accumulo posto all'interno dell'impluvio ad una quota 590 m s.l.m.

Procedendo ancora in direzione Sud lungo la strada pedemontana a partire dall' incrocio con la via proveniente dal cimitero per circa 200 è rilevabile la presenza di un piccolo canaletto parzialmente ostruito dalla vegetazione infestante che raccoglie le acque di un bacino esteso verso monte sino ad una quota approssimativa di 1250 m s.m.; il suddetto canaletto scende poi sino alla confluenza all'interno del fosso pedemontano.

9.6. Valle Gradera

Appartiene al reticolo idrico minore (SO/TO/015), si origina a 581 m s.m. e deriva da una zona di riemersione sorgentizia posta immediatamente a monte del centro storico del paese un tempo in parte sfruttata per l'approvvigionamento idropotabile del paese.

Sbocca sul fondovalle, attraversandolo intubata al di sotto della viabilità secondaria, in una vallecole di fondovalle (SO/TO/014) a 523 m s.m.

Sul versante non presenta invece alcuna opera di regimazione, ma – data l'assenza di un vero e proprio bacino di alimentazione (poiché derivano da emergenze che testimoniano la presenza di una falda di versante piuttosto continua e poco profonda) – dà luogo ad un medio-basso livello di pericolosità e/o vulnerabilità.

Non si hanno infatti notizie storiche di fenomeni alluvionali e/o di trasporto legati a tale vallecola che appare inoltre priva di conoide.

Poco a monte del centro abitato è presente una vasca di raccolta con caditoia che convoglia le acque all'interno di un ramo delle acque bianche.

9.7. Vallecola minore di fondovalle

Appartiene al reticolo idrico minore (SO/TO/014) e attraversa il fondovalle dell'Adda per circa un quarto della larghezza del territorio comunale di Tovo Sant'Agata in senso NE-SW e ha un percorso compreso tra 524 m s.m. e 516 m s.m. dopo il quale confluisce nella Roggia dei Mulini. Si tratta per intero di un percorso artificiale e come tale appare regimato per tutta la sua lunghezza; non si esclude per altro che possa originare modesti fenomeni di sovralluvionamento, circoscritti alle immediate vicinanze dell'alveo.

9.8. Valle dei Cani

Appartiene al reticolo idrico minore (SO/TO/010) e copre un percorso che va da 1027 m s.m. a 527 m s.m. sino alla confluenza con una vallecole di fondovalle; sottende un bacino di alimentazione pari a 0,96 kmq ed è ramificata in una serie di tributari di destra: Valle Minitol (SO/TO/013) da 1323 m s.m. a 930 m s.m.; una vallecola (SO/TO/011) che solca il versante da 1329 m s.m. a 840 m s.m. ed una secondaria (SO/TO/012) che confluisce nella precedente e ha un percorso che va da 1111 m s.m. a 983 m s.m.

I deflussi traggono origine, a partire dal limite di valle del terrazzo morfologico di Pradasc ad una quota di circa 1350-1400 m s.m. da sorgenti perenni e semiperenni e da numerose piccole venute d'acqua diffuse in corrispondenza dei tratti a maggior pendenza o in corrispondenza di affioramenti rocciosi.

La presenza di una così cospicua riserva d'acqua sotterranea è da ricercarsi oltre che nella mancanza di un alveo vero e proprio nel settore sommitale del bacino anche nella presenza immediatamente a valle della Linea del Mortirolo marcata all'interno del bacino da modeste contropendenze.

I deflussi superficiali a carattere semiperenne sono osservabili solo sino ad una quota di circa 1050 m s.l.m. dove si ri-infiltrano all'interno della potente coltre quaternaria andando ad alimentare altre piccole sorgenti poste ad una quota di circa 850 m s.m, e più in basso nei dintorni del Santuario posto ad una quota di 580 m s.m, numerose sorgenti perenni responsabili dei fenomeni d'impaludamento osservabili ed in parte captate ed utilizzate in passato per l'alimentazione dell'acquedotto idropotabile.

L'asse vallivo, sempre caratterizzato dall'assenza di deflussi superficiali perenni, è interessato dalla presenza di antichi terrazzamenti in buono stato di conservazione che uniti alle numerose mulattiere lastricate che intersecano l'asse vallivo medesimo consentono alle acque di ruscellamento un corretto deflusso verso valle impedendo o limitando i fenomeni di erosione e trasporto. Da rilevare per quanto riguarda la situazione sul conoide che l'incisione valliva termina immediatamente a monte del paese ad una quota di 560 m s.l.m. all'interno di una zona caratterizzata da ristagno idrico, da fenomeni di impaludamento e dalla presenza di numerose sorgenti anche a carattere perenne.

Nel tratto posto più a valle i deflussi avvengono dapprima all'interno di un piccolo canaletto non regimato decorrente al di sopra di una strada di accesso a fondi privati che viene convogliato in seguito, mediante una caditoia con griglia posta all'intersezione dell'alveo con la rete viaria che collega la loc. Prestino al centro storico, all'interno di una tubazione di diametro = 0,6 m.

Quest' ultima posizionata verosimilmente al di sotto della sede viaria e che raccoglie anche le acque bianche della zona recapita le acque, a partire immediatamente a valle della sede stradale della Strada Provinciale all'interno di una canaletta in cls che si immette 80 m più a valle all'interno di un fosso colatore-irriguo.

Tale situazione, attualmente stabile essendo anche il prodotto di modificazioni antropiche antiche e recenti del territorio è suscettibile, in caso di modificazioni dello stato attuale o di abbandono della manutenzione delle opere esistenti, di fenomeni di degrado che potrebbero diminuire il livello di sicurezza, per quanto riguarda fenomeni di allagamento e/o alluvionamento delle abitazioni poste in corrispondenza dello sbocco sul fondovalle.

9.9. Vallecola maggiore di fondovalle

Si tratta di un corso d'acqua appartenente al reticolo idrico minore (SO/TO/009) che raccoglie, sul fondovalle, le acque delle Valli dei Cani, Maurina e Campascio. Decorre in senso NE-SW sul fondovalle dell'Adda da 533 m s.m. a 518 m s.m. per circa la metà della larghezza del territorio del comune di Tovo Sant'Agata e confluisce poi nella suddetta vallecole di fondovalle minore.

Si tratta per intero di un percorso artificiale e come tale appare regimato per tutta la sua lunghezza; non si esclude per altro che possa originare modesti fenomeni di sovralluvionamento, circoscritti alle immediate vicinanze dell'alveo.

9.10. Valle Maurina

La Valle Maurina é un corso d'acqua appartenente al reticolo idrico minore (SO/TO/005) che solca il versante da 1803 m s.m. a 533 m s.m. e confluisce poi nella vallecole maggiore di fondovalle.

Sottende un bacino di dimensioni considerevoli pari a circa 2,4 kmq; proprio nella limitata organizzazione del reticolo di drenaggio (costituito unicamente da due biforcazione principali e una secondaria, sempre in sinistra idrografica) è da ricercare il considerevole grado di perennità delle portate di questo corso d'acqua.

Si hanno infatti, ovviamente appartenenti tutti al reticolo idrico minore: un piccolo tributario (SO/TO/006) da 1801 m s.m. a 1638 m s.m. e la Valle Campaccio (SO/TO/007) da 1390 m s.m. a 1250 m s.m., nella quale confluisce a sua volta una piccola asta (SO/TO/008) che va da 1355 m s.m. a 1307 m s.m.

Il bacino della valle Maurina è caratterizzato da una conformazione geomorfologica ed idrogeologica che si può essenzialmente suddividere idealmente in quattro porzioni: - porzione sommitale del bacino compresa nella fascia altimetrica 2400-1800 m s.m. che comprende quasi metà dell'estensione del bacino, caratterizzata dalla presenza di una potente coltre quaternaria, substrato roccioso con permeabilità da media a ridotta, ampie zone topograficamente subpianeggianti, presenza di laghetti perenni e mancanza di deflussi permanenti; - porzione mediana localizzata nella fascia altimetrica 1800-1370 m s.m., caratterizzata dalla presenza di deflussi permanenti, alveo viepiù inciso e pendente al diminuire della quota; in corrispondenza del bordo di valle del terrazzo morfologico su cui è presente l'alpeggio di Segn, presenza di un

numero considerevole di sorgenti perenni che alimentano in modo cospicuo le portate defluenti in alveo; tali scaturigini sono da ricollegare al passaggio nella zona della Linea del Mortirolo già descritta in precedenza; - porzione medio-inferiore localizzata nella fascia altimetrica 1370-570 m s.m., caratterizzata dalla presenza di deflussi permanenti, alveo notevolmente inciso perlopiù all'interno del substrato roccioso. in tale porzione sono state rilevate alcune situazioni caratteristiche delle incisioni che raggiungono il substrato roccioso con presenza di fenomeni di crollo isolati lungo le numerose pareti e scarpate che delimitano l'asse vallivo; - porzione inferiore localizzata nella fascia altimetrica 570-530 m s.m., tratto d'alveo su conoide con presenza di opere di regimazione antiche. Lungo tale tratto si realizza una consistente diminuzione di pendenza del profilo di fondo.

Il torrente in oggetto risente in modo poco impulsivo delle precipitazioni. Tale situazione trova conferma parziale nell'esame dei caratteri geomorfologici del bacino, nella presenza di edifici risalenti ai secoli scorsi posizionati sul conoide alluvionale e nelle caratteristiche costruttive e dimensionali delle opere di regimazione presenti lungo l'asta torrentizia sul conoide. In particolare è da sottolineare che durante gli eventi alluvionali del 1987 seguiti da quelli del 1993 non si sono avuti fenomeni di esondazione neanche in corrispondenza della diminuzione consistente della sezione di deflusso che si realizza in corrispondenza dell' attraversamento della sede stradale in località Prestino.

A migliorare ulteriormente la situazione sono stati realizzati lavori di sistemazione consistenti in una capiente vasca di accumulo in corrispondenza dell'apice del conoide, nella pulizia dell'alveo dalla vegetazione infestante e nella sistemazione di eventuali piccole situazioni di dissesto rilevate nel tratto che va dall' apice del conoide sino all'intersezione con la rete viaria esistente (strada di collegamento Prestino-Sparso), formazione di nuovo canale a sezione maggiore sino alla confluenza, in corrispondenza della ex S.S. 38 all'interno di una vasca di accumulo in cls, con la valle di Campaccio; le opere da realizzare sono state dimensionate asimmetricamente in modo tale da garantire che eventuali fuoriuscite idriche interessino esclusivamente la porzione di territorio situata a N sul conoide attualmente destinata ad esclusivo uso agricolo, preservando in tal modo la sede stradale.

Ulteriori opere di canalizzazione sono state realizzate sul successivo tratto dell' asta valliva da immediatamente a valle della ex S. S. 38 sino alla via dei Mulini. Queste ultime, hanno risolto la permanente mensilità dell'alveo rispetto ai terreni circostante e sono state dimensionate asimmetricamente in modo tale da garantire che eventuali fuoriuscite idriche interessino esclusivamente la porzione di territorio situata a NO sulla piana di fondovalle attualmente

destinata ad esclusivo uso agricolo, preservando nel contempo la porzione di territorio posta a SO sempre sulla piano di fondovalle che ha subito nel corso dell'ultimo ventennio una pressoché completa urbanizzazione.

9.11. Valle di Campascio

La Valle di Campascio è un corso d'acqua appartenete al reticolo idrico minore (SO/TO/003) che va da 1641 m s.m. a 533 m s.m., dove confluisce nella vallecole maggiore di fondovalle; sottende un bacino di alimentazione pari a circa 1,6 kmq e presenta un unico tributario di sinistra (SO/TO/004) da 1450 m s.m. a 1329 m s.m..

Per quanto attiene alla conformazione geomorfologica ed idrogeologica i tratti essenziali rispecchiano grosso modo quelli della Valle Maurina; da rilevare però che la minore estensione della zona pianeggiante - permeabile nella zona sommitale e la minore estensione del bacino conferiscono all'asta torrentizia una maggiore impulsività nella risposta ad eventuali precipitazioni o periodi siccitosi.

Durante gli eventi alluvionali del 1993 si sono infatti avuti fenomeni di esondazioni nella zona di Sparso ad una quota di circa 550. Anche dopo la realizzazione delle prime opere di regimazione avvenuta nel 1994 si sono susseguiti modesti fenomeni di esondazione che hanno indotto alla regimazione completa mediante realizzazione di vasca di accumulo e canalizzazione in pietrame e malta sino alla confluenza con la Valle Maurina immediatamente a monte della ex S.S. 38

9.12. Parametri morfometrici dei corsi d'acqua maggiori

I parametri morfologici che caratterizzano i corsi d'acqua maggiori del Comune di Tovo Sant'Agata forniscono alcune indicazioni utili allo scopo di evidenziare ed interpretare le relazioni intercorrenti fra le condizioni geo-strutturali dei bacini idrografici e le caratteristiche dei relativi reticoli di drenaggio. Inoltre alcuni di questi parametri vengono utilizzati direttamente nella modellizzazione idrologica, ad esempio per la stima del tempo di corrivazione. I dati caratteristici dei bacini dei cinque torrenti maggiori sono riportati nelle tabelle successive.

	T. Ruinasc	V. delle Vigne	V. dei Cani	V. Maurina	V. di Campascio
Superficie- [km2]	3,06	0,78	0,96	2,42	1,58

Perimetro [km]	9,5	5,7	6,5	9,9	8,6
Lunghezza [km]	4,0	2,7	3,1	4,1	3,7

	T. Ruinasc	V. delle Vigne	V. dei Cani	V. Maurina	V. di Campascio
Densità di drenaggio [km ⁻¹]	2.61	3.72	5.1	1.24	2.22
Costante di permanenza [km]	0.38	0.27	0.2	0.81	0.45
Frequenza dei fiumi [n°/km]	3.92	2.56	6.25	1,65	1.9
Rapporto di circolarità	0.43	0.3	0.29	0.31	0.27
Rapporto di allungamento	0.49	0.37	0.36	0.43	0.38
Indice di Melton	1,03	1.53	1.58	1.19	1.43

I valori dei rapporti di allungamento (rapporto tra il diametro del cerchio avente la stessa area del bacino e la lunghezza dell'asta fluviale principale), e di circolarità (rapporto tra l'area del bacino e l'area del cerchio di uguale perimetro) forniscono indicazioni utili al fine di valutare l'effetto di concentrazione del ruscellamento dovuto alla forma dei diversi bacini: quanto più tali parametri si avvicinano all'unità tanto è maggiore la tendenza all'interno del bacino all'innescare di fenomeni concentrazione dei deflussi e quindi alle onde di piena.

I valori calcolati indicano per tutti i bacini esaminati una forma molto allungata e sostanzialmente parallela all'andamento del reticolo di drenaggio superficiale.

Esiste una nomenclatura di classificazione dell'idrografia superficiale in base alla conformazione, alla densità e al tipo di confluenza nelle linee d'impluvio, Nei bacini esaminati si riconosce un pattern di drenaggio del tipo Parallelo, costituito da collettori subparalleli fra loro tipico di versanti inclinati con terreni impermeabili (prevalenza del substrato roccioso affiorante e subaffiorante) con un controllo strutturale determinato da fratture subparallele.

I valori della densità di drenaggio, della costante di permanenza e della frequenza dei fiumi aumentano all'aumentare dello sviluppo del reticolo superficiale delle acque incanalate fornendo indicazioni sulla permeabilità del bacino.

I valori calcolati indicano un' elevata densità di drenaggio nel caso del bacino della Val dei Cani, mentre nel caso della Val Maurina i valori si riducono sensibilmente evidenziando un limitato sviluppo del reticolo di drenaggio superficiale.

9.13. Portate di piena dei corsi d'acqua maggiori

Le condizioni climatiche giocano un ruolo essenziale nell'evoluzione morfologica di un bacino imbrifero e nello studio del suo regime idraulico. Inoltre la valutazione dei deflussi sulla base delle precipitazioni è abbastanza critica a causa dei numerosi fattori che influenzano il regime idraulico di un torrente: estensione areale del bacino, lunghezza dei corsi d'acqua, acclività dei versanti, pendenza dell'alveo, capacità di ritenzione del terreno, ecc .. D'altro canto nel caso di piccoli bacini montani raramente sono disponibili misure di deflusso per cui la stima delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno si deve giocoforza basare su relazioni di tipo empirico o su opportuni modelli di trasformazione afflussi-deflussi. In quest'ultimo caso le condizioni climatiche ed in particolare le precipitazioni costituiscono un elemento determinante per l'analisi delle portate e di conseguenza, una base essenziale per la soluzione pratica dei problemi concernenti il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche.

Come è ben noto in generale la taratura dei parametri dei modelli di trasformazione afflussi-deflussi può risultare particolarmente delicata ove non siano presenti studi specifici che leghino i loro valori alle caratteristiche geomorfologiche dei bacini in esame.

Mancando dati pluviometrici relativi al bacino in esame per stabilire le altezze di pioggia critiche da utilizzare per il calcolo delle portate di piena sono stati utilizzati i dati forniti dal PAI (tabella 1 della direttiva sulla Piena di Progetto)

All'interno del bacino in esame non sono presenti sezioni di verifica delle portate dei corsi d'acqua e stazioni di rilevamento dei dati pluviometrici. Per tale motivo per il calcolo delle portate di piena utilizzate per le successive verifiche idrauliche è stato utilizzato un modello di trasformazione afflussi-deflussi di tipo analitico, denominato "Metodo Razionale", che si basa sia sui dati morfometrici del bacino in esame e sia sul bilancio idrologico durante l'evento di piena.

L'ipotesi fondamentale sulla quale si basano questo tipo di relazioni è infatti quella che la frequenza probabile delle portate di piena sia pari a quella delle precipitazioni che la causano, mentre nella realtà la probabilità di accadimento degli eventi di piena è una probabilità composta funzione del valore di precipitazione e del grado di saturazione del terreno.

Per la stima degli afflussi meteorologici sui bacini i valori assegnati ai parametri a e n sono stati ricavati dal PAI. I valori utilizzati per tutti i bacini del territorio Comunale, relativi alla stazione di Tirano, sono i seguenti:

parametro a (mm/h) 45,31
parametro n 0,206

La metodologia di calcolo utilizzata prevede di inserire nella formula un coefficiente adimensionale C (coeff. di deflusso) che tiene conto della riduzione della portata meteorica per effetto dell'infiltrazione. Nella nostra situazione nella quantificazione di tale coefficiente si sono considerate le diverse caratteristiche geologiche dei bacini in esame.

Nella tabella seguente vengono indicati i valori di portata al colmo con tempo di ritorno di 100 anni (Q100) e di portata media annuale (Qmed) relativi ai corsi d'acqua che interessano il territorio comunale, calcolate alle sezioni di chiusura indicate.

	T. Ruinasc	V. delle Vigne	V. dei Cani	V. Maurina	V. di Campascio
Quota sezione di chiusura (m s.m.)	550	570	600	600	550
Tempo di corrivazione Tc (ore)	0,51	0,36	0,39	0,47	0,40
Pioggia critica hc (mm)	25,18	22,23	22,7	24,3	23,05
Portata di piena centenaria Q100 (mc/s)	20,8	3,9	3,1	10,5	5
Portata specifica centenaria Qs (mc/s/kmq)	6,8	5,1	3,3	4,3	3,2
Portata media annuale potenziale Qmed (mc/s)	0,2	0,06	0,07	0,15	0,11

Le portate al colmo sopra stimate rappresentano unicamente l'effetto dello scorrimento superficiale e non tengono quindi conto di eventuali punte indotte dalla rottura di sbarramenti temporanei legati a frane e scoscendimenti difficilmente prevedibili in termini quantitativi.

10. ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA

Viene di seguito riportato un inquadramento schematico del sistema idrogeologico del Comune di Tovo Sant'Agata, con particolare riferimento alle sorgenti captate per l'approvvigionamento idrico-potabile (sorgenti di versante) e alla falda freatica di fondovalle.

10.1. Sorgenti

L'acquedotto comunale di Tovo S. Agata è alimentato attualmente da una sola sorgente di recente captazione posta ad una quota di circa 1625 m s.l.m. all'interno del bacino della Valle di Campaccio. Tale sorgente presenta buone caratteristiche strutturali; la portata osservata in data 04/05/1998 corrispondeva a circa 4 - 5 l/s.

All'interno del bacino superficiale, dove affiora prevalentemente la coltre morenico-detritica quaternaria; non sono stati osservati fenomeni di ruscellamento o tracce di alvei veri e propri.

Da segnalare che il bacino esteso sino al crinale sommitale posto a quote superiori di 2250 m s.m. è attraversato dalla S.P. Trivigno - Mortirolo.

Nella porzione inferiore del versante, poco al di sopra del centro del paese, sono presenti tre opere di captazione, attualmente non utilizzate, le quali fornivano in passato l'acquedotto idropotabile del Comune. Tali sorgenti sono il punto di emergenza inferiore della cospicua falda freatica di versante presente all'interno della coltre quaternaria morenica

10.2. Falda freatica di fondovalle

Nella parte di fondovalle valtellinese interessata dal territorio Comunale è presente una falda freatica la cui quota piezometrica è strettamente legata al livello del Fiume Adda e all'andamento delle piene.

In corrispondenza delle aree di conoide la superficie piezometrica principale è posta ad una profondità rispetto al piano campagna stimata in circa 15 m nella zona apicale.

In corrispondenza delle aree di fondo valle, poste a valle della ex S.S. 38, la superficie piezometrica si avvicina sensibilmente al p.c. ponendosi, rispetto a quest'ultimo, ad una profondità mai superiore ai 4-:-5 m.

11. OPERE IDROGEOLOGICHE ESISTENTI

Come riportato nella descrizione di dettaglio sui corsi d'acqua, alla quale si rimanda per i dettagli, le opere esistenti sul territorio del Comune di Tovo Sant'Agata sono sostanzialmente quelle di regimazione idraulica delle aste, sia su versante che sul fondovalle.

Ad esclusione di localizzate opere di contenimento e di sostegno non si hanno invece opere di sistemazione dei versanti, né di difesa attiva e/o passiva dalle valanghe.

(.....omissis.....)

Grosotto, luglio 2008



Dott. Geol. Da Prada Tiziana