



**COMUNE DI TOVO DI SANT'AGATA**  
**(Provincia di Sondrio)**

Titolo

**INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDRICO MINORE, LE  
RELATIVE FASCE DI RISPETTO E LA DEFINIZIONE DELLE  
ATTIVITA' VIETATE O SOGGETTE AD AUTORIZZAZIONE  
COMUNALE, IN BASE AI CRITERI ESPOSTI NELLA D.G.R  
7/7868 DEL 25/01/2002 PER L'ESERCIZIO DI POLIZIA  
IDRAULICA DI COMPETENZA COMUNALE**

Committente

**Comune di Tovo di Sant'Agata, Via Retta 6**

Progettista

**DOTT. Ing. Colotti Nicola**  
**STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA**  
Dott. Ing. Colotti Nicola  
Via Nazionale 123 - 23030 Villa di Tirano (SO)  
tel. 0342.719790 - cell. 393.7657614  
Cod. fisc. CLTNCL78E27L175N - P. IVA 00826840142

Timbro

**ALLEGATO N. 1**  
**Relazioni Tecniche**  
**Relazione Idrologica - Idraulica**

N. tavola

**1.2**

**Agg. settembre 2012**

**Agg. maggio 2011**

Scala del disegno

# **INDICE**

<b>1. ASPETTI IDROLOGICI .....</b>	<b>3</b>
1.1 PREMESSA .....	3
1.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME.....	4
1.3 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA.....	5
1.3.1 PREMESSA .....	5
1.3.2 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ.....	5
1.3.3 METODI DI STIMA DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA .....	7
1.3.4 IL MODELLO CINEMATICO.....	8
1.3.5 IL MODELLO DEL CURVE NUMBER (CN).....	10
1.3.6 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....	14
1.4 LE PORTATE DI PIENA.....	14
1.5 CONCLUSIONI.....	17
<b>2. ASPETTI IDRAULICI.....</b>	<b>18</b>
2.1 PREMESSA .....	18
2.1.1 VERSANTE OROBICO .....	18
2.2 INQUADRAMENTO IDRAULICO.....	20
<b>3. METODOLOGIA DI VERIFICA .....</b>	<b>22</b>
3.1 PREMESSA .....	22
3.2 METODOLOGIA .....	23
3.2.1 Caratteristiche geometriche dell'alveo .....	23
3.2.2 Coefficiente di scabrezza .....	23
3.2.3 Calcoli idraulici.....	25
<b>4. VERIFICHE IDRAULICHE – VERSANTE OROBICO .....</b>	<b>28</b>
4.1 VALLE CAMPACCIO – SO/TO/003 .....	28
4.1.1 SEZIONE 2 .....	29
4.1.2 CONCLUSIONI .....	29
4.2 VALLE MAURINA – SO/TO/005.....	30
4.2.1 SEZIONE 2 .....	30

4.2.2	<i>CONCLUSIONI</i> .....	30
4.3	VALLE DEI CANI – SO/TO/010.....	31
4.4	VAL GRADERA – SO/TO/015 .....	32
4.5	VALLE STADERA – SO/TO/018 .....	33
4.6	VALLE DELLE VIGNE – SO/TO/019.....	35
4.7	ROGGIA DEI MULINI – SO-14034-B000-B005-001 E ROGGE DI FONDO VALLE .....	36

# 1. ASPETTI IDROLOGICI

## 1.1 PREMESSA

La presente relazione idrologica idraulica si riferisce all'individuazione ed allo studio del reticolo minore del Comune di Tovo di Sant'Agata.

In particolare per individuare le criticità idrauliche presenti sul territorio si è seguita una metodologia messa a punto ad hoc per i piccoli corsi d'acqua a carattere torrentizio che caratterizzano il reticolo minore dell'area oggetto di studio, e della quale si riporta nel seguito una sintetica descrizione.

L'individuazione delle criticità nella rete idrografica minore ha comportato lo svolgimento di studi specifici sul regime idrologico della zona di intervento. Tali studi hanno lo scopo di stimare i valori di portata al colmo di piena corrispondenti a preassegnati valori del tempo di ritorno a cui riferirsi per la verifica della capacità idraulica dei corsi d'acqua costituenti il reticolo minore.

Il regime idrologico di quest'area è già stato inquadrato da parte dell'autorità di bacino nella redazione del PAI dove vi sono i parametri pluviometrici 'a' ed 'n' per le principali stazioni di misura della zona stimati per diversi tempi di ritorno (20, 100, 200 e 500 anni). Nei pressi della zona d'interesse sono riportati i parametri relativi alla stazione di Tirano ed alla stazione di Bormio. In mancanza di sufficienti dati per effettuare un'analisi idrologica attendibile specifica sul comune di Tovo si è deciso di effettuare un'interpolazione lineare dei parametri forniti dal PAI.

Nella presente relazione viene presentata la metodologia seguita per ricostruire la formazione dei deflussi prodotti da precipitazioni atmosferiche di prefissate caratteristiche.

La stima dei valori di portata al colmo ha richiesto valutazioni di carattere geomorfologico e di uso dei suoli per l'approntamento dei modelli di trasformazione afflussi-deflussi.

## 1.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME

Dal punto di vista fisico, il territorio in esame si identifica sostanzialmente con l'area prealpina della Lombardia ed in particolare col versante orobico; la struttura orografica fondamentale è quindi rappresentata dalla catena delle prealpi Orobiche a Sud del solco vallivo della Valtellina.

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza di corsi d'acqua di varie dimensioni ed estensione con foce nell'Adda.

Tali corsi d'acqua presentano un decorso in direzione prevalente nord-ovest – sud-est e sono caratterizzati da alvei che, nel primo tratto hanno il tipico profilo di torrente di alta montagna fortemente pendente ed incanalato in valli profondamente incise; mentre nel secondo tratto hanno un profilo con pendenza minore, più o meno rapidamente raccordato al primo, che si sviluppa mediamente intorno a quota 500 – 600 m s.l.m. all'interno di estesi coni di deiezione.

Oltre a questo reticolo idrografico principale è presente nel territorio un fitto reticolo minore costituito da impluvi, naturali ed artificiali, talvolta anche poco incisi, che drenano superfici in genere di estensione minore di 2–4 Km<sup>2</sup>.

Questi ultimi corsi d'acqua rivestono un ruolo molto importante per la stabilità del territorio e, pertanto, costituiscono un importante oggetto delle attività di studio.

Una volta individuati i corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore, si sono individuati, all'interno dell'area in studio, le più significative sezioni

di interesse, in corrispondenza delle quali sono state determinate l'estensione del bacino e le caratteristiche morfologiche necessarie per procedere al calcolo delle portate di piena. Nella tavola A sono rappresentati i limiti dei bacini idrografici individuati, chiusi nelle sezioni di interesse.

Occorre precisare che per queste valutazioni è trascurabile il fenomeno del glacialismo, sia per la sua estensione che per la debole ripercussione che esso ha sulla stima delle portate di piena dei corsi d'acqua in studio. Le superfici ricoperte di ghiaccio sono infatti presenti in maniera significativa solo sui bacini più grandi e situati a quote molto elevate i cui corsi d'acqua appartengono quasi esclusivamente al reticolo principale.

Similmente priva di interesse per gli scopi del presente studio è la considerazione della presenza di laghi alpini alcuni naturali ed altri di carattere artificiale.

## 1.3 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA

### 1.3.1 PREMESSA

Data la modesta estensione dei bacini oggetto del presente progetto, si è scartata l'adozione di modelli regionali e ci si è riferiti a modelli afflussi - deflussi che, come è noto, stimano la portata al colmo di piena a partire dalle precipitazioni meteoriche riassunte nelle curve di possibilità pluviometrica aventi lo stesso tempo di ritorno della portata che si vuole stimare.

### 1.3.2 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ

La stima indiretta delle portate di piena tramite l'utilizzazione di modelli di trasformazione afflussi deflussi, ha reso necessaria la definizione

del regime delle piogge di breve durata e forte intensità. L'area oggetto di studio è caratterizzata da un regime di precipitazione pressoché costante sull'intero territorio comunale.

Il PAI fornisce dei parametri  $a$  ed  $n$  relativi alla curva di possibilità pluviometrica, ricavati sulla base di serie storiche, sono indicativi di eventi piovosi più lunghi di un'ora, che purtroppo è maggiore (nella quasi totalità dei casi) delle durate critiche dei bacini considerati. Tuttavia utilizzando questi parametri per la stima delle portate al colmo di piena relative a bacini con tempi critici inferiori all'ora, gli eventuali errori che si commettono sono a favore di sicurezza in quanto, come è noto, per  $d > 1$  ora l'esponente  $n$  della curva di possibilità pluviometrica è maggiore di quello relativo a durate superiori.

In mancanza di sufficienti dati per effettuare un'analisi idrologica attendibile specifica sul comune di Tovo di Sant'Agata si è deciso di effettuare un'interpolazione lineare dei parametri forniti dal PAI.

I dati qui di seguito riportati sono, come precedentemente segnalato, sono relativi a stazioni di misura nei pressi della zona d'interesse ovvero si riportano i parametri relativi alla stazione di Tirano ed alla stazione di Bormio. Sono stati giudicati realistici i dati ricavati applicando tale procedura dopo un'attenta analisi dei risultati ottenuti in diversi studi idrologici precedentemente redatti sulla Valtellina medio-alta che evidenziano una variazione graduale delle precipitazioni tra Tirano e Bormio.

Nelle tabella 1, di seguito riportata, sono raccolti i valori assunti dai parametri  $a$  ed  $n$  per fissati tempi di ritorno relativi alla stazione di Tirano.

	$a$ [mm]	$n$
20	34.96	0.225
100	45.31	0.206
200	49.73	0.200
500	55.56	0.193

Tab. 1. Parametri della curva di possibilità pluviometrica della stazione di Tirano.

Anche per la stazione di Bormio si fa riferimento ai valori dei parametri  $a$  ed  $n$  forniti dal PAI e relativi alla suddetta stazione e riportati qui di seguito.

T [anni]	a [mm]	N
20	15.81	0.527
100	19.42	0.533
200	20.93	0.535
500	22.97	0.537

Tab. 2. Parametri della curva di possibilità pluviometrica della stazione di Bormio.

### 1.3.3 METODI DI STIMA DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA

Il territorio in esame presenta una morfologia molto variegata; nella fascia bassa del versante interessato si hanno pendenze piccole, alvei poco incisi e rappresenta la porzione di territorio dove sono localizzate le attività antropiche (agricole, produttive e residenziali) e sono state realizzate la maggior parte delle opere di regimazione idrogeologica. Sui versanti si ha una situazione opposta ovvero le pendenze sono elevate, gli alvei generalmente ben incisi e le attività antropiche quasi nulle (territorio boschivo) con la presenza sporadica di opere di regimazione idrogeologica.

Il metodo di calcolo della portate di piena e la scelta dei valori da assegnare ai parametri dei modelli idrologici utilizzati, sono fortemente influenzati dalle caratteristiche morfologiche e di uso del territorio.

Sono state pertanto eseguite accurate indagini ambientali e mirati sopralluoghi, volti ad affinare le conoscenze del territorio oggetto dello studio.

Per la determinazione delle portate al colmo di piena alla sezione di chiusura dei bacini si sono analizzate diverse metodologie.

Una prima, che ben schematizza i bacini caratterizzati da elevate pendenze e da una copertura vegetale spontanea a carattere di bosco, basa il calcolo della portata corrispondente ai tempi di ritorno assegnati applicando il modello cinematico, come descritto al paragrafo 1.3.4., attribuendo un valore di 0.5 al coefficiente di afflusso.

Un'altra modellazione possibile si basa sul metodo del Curve Number (CN) proposto dal Soil Conservation Service [SCS, 1972], che, come è noto, è particolarmente adatto a situazioni in cui i fenomeni dell'infiltrazione di acqua nel terreno e di laminazione del bacino assumono maggiore importanza. Si ricorda che tale metodo introduce il parametro  $I_a$ , la cosiddetta perdita iniziale, che tiene conto di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il deflusso superficiale.

La scelta del valore da assegnare ai parametri dei modelli idrologici utilizzati nei diversi casi è stata guidata sia dalle indagini ambientali effettuate sia da una sorta di taratura nel valutare la capacità di portata di alcuni tratti di alveo, (tratti di controllo), dei quali si avevano informazioni in merito alle portate realmente transitanti.

#### 1.3.4 IL MODELLO CINEMATICO

Lo schema di calcolo utilizzato per la stima delle portate di piena è basato sulla formula razionale:

$$q(T) = \phi A i_c(T),$$

dove  $q(T)$ ,  $A$  e  $i_c(T)$  indicano rispettivamente la portata al colmo di piena di tempo di ritorno  $T$ , l'area del bacino e l'intensità della precipitazione relativa al centro di scroscio di durata pari al tempo  $\tau_c$  critico del bacino;  $\Phi = \Phi_1 \Phi_2 \Phi_3$  è il coefficiente di deflusso minore di 1 (posto pari a 0,5 nella nostra analisi) che tiene conto delle perdite per infiltrazione ( $\Phi_1$ ), del ragguaglio delle piogge all'area ( $\Phi_2$ ) e dell'effetto di laminazione del bacino ( $\Phi_3$ ).

La relazione può essere giustificata concettualmente assumendo uniforme nello spazio e nel tempo l'intensità di precipitazione e schematizzando il fenomeno di trasformazione afflussi - deflussi con un particolare modello detto cinematico.

In un modello di questo tipo, l'evento critico di un corso d'acqua coincide con un evento piovoso di durata pari al tempo di corrivazione del bacino sotteso ed intensità  $i$  di pioggia  $i = \frac{h}{t_c}$  costante.

Il tempo di corrivazione, funzione delle caratteristiche morfologiche dell'area, è stato valutato attraverso la ben nota formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H}}$$

dove  $A$  è la superficie del bacino espressa in  $\text{km}^2$ ,  $L$  la lunghezza in km del percorso idraulicamente più lungo del bacino e  $H$  è l'altezza media rispetto alla sezione di chiusura del bacino in m.

Nella stima delle portate di piena i bacini, al fine di semplificare i calcoli, sono stati suddivisi in quattro classi caratterizzate dai seguenti valori di tempi di corrivazione:

$$t_c = 0,25 \text{ h}$$

$$t_c = 0.5 \text{ h}$$

$$t_c = 0.75 \text{ h}$$

$$t_c = 1 \text{ h}$$

Questa suddivisione in classi porta a stimare le portate dei corsi d'acqua con un leggero arrotondamento per eccesso, quindi una stima a favore di sicurezza.

### 1.3.5 IL MODELLO DEL CURVE NUMBER (CN)

Il metodo del Curve Number, introdotto dal Soil Conservation Service (SCS), è particolarmente diffuso negli Stati Uniti d'America, soprattutto grazie alla grande mole di dati forniti dallo stesso SCS per la taratura del modello sul territorio federale.

Secondo tale modello, il volume specifico (altezza) di pioggia netta  $P_{net}$ , dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico  $t$ , risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$ , caduta nel medesimo intervallo temporale, dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione ed  $I_a$  è la perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno, senza che si abbia produzione di deflusso. Questa relazione è valida solo per  $P > I_a$ , mentre nel caso in cui la l'altezza di pioggia risulti minore della perdita iniziale si ha  $P_{net} = 0$ .

I due parametri che compaiono nella relazione,  $S$  e  $I_a$ , possono essere determinati attraverso la seguente espressione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$
$$S = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Nell'ultima formula l'indice CN è un numero adimensionale, compreso tra 0 e 100, funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione e si trova tabulato nella letteratura tecnica.

In fase di taratura, noti i volumi affluiti e defluiti, è possibile risalire al valore del parametro CN. Se la procedura viene poi applicata passo – passo anche ai volumi parziali di precipitazione, è possibile risalire alla distribuzione nel tempo delle piogge nette e non soltanto al loro volume complessivo. Tuttavia la totale mancanza di osservazioni sistematiche, che consentirebbero di potere effettuare tale tipo di taratura, ha indotto ad assumere valori di CN costanti nel tempo.

I valori del parametro "CN" sono ampiamente tabulati in letteratura in funzione dei diversi tipi di suolo, divisi in quattro categorie e riportati nella tabella 3, e secondo il tipo di copertura e le condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento di pioggia. Questi valori per una condizione standard di umidità del terreno ("AMC", Antecedent Moisture Condition, di classe II) sono riportati nella tabella 4.

Tipo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno del gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tab. 3. Classificazione della permeabilità dei suoli secondo il Soil Conservation Service.

Copertura (uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Suolo coltivato:				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con trattamenti di conservazione	62	71	78	81
Suolo da pascolo:				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni	30	58	71	78
Suoli boscosi o forestali:				
suolo sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:				
buone condizioni con almeno 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa attorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con permeabilità media:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade:				
pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tab. 4. Valori del parametro CN per i diversi tipi di suolo A,B,C,D (Tab. 3) e per AMC di classe II.

Per condizioni antecedenti l'evento molto umide (AMC di classe III) o molto asciutte (AMC di classe I) i valori del parametro "CN" vanno modificati, secondo il Soil Conservation Service, in relazione alle curve riportate nella seguente figura:

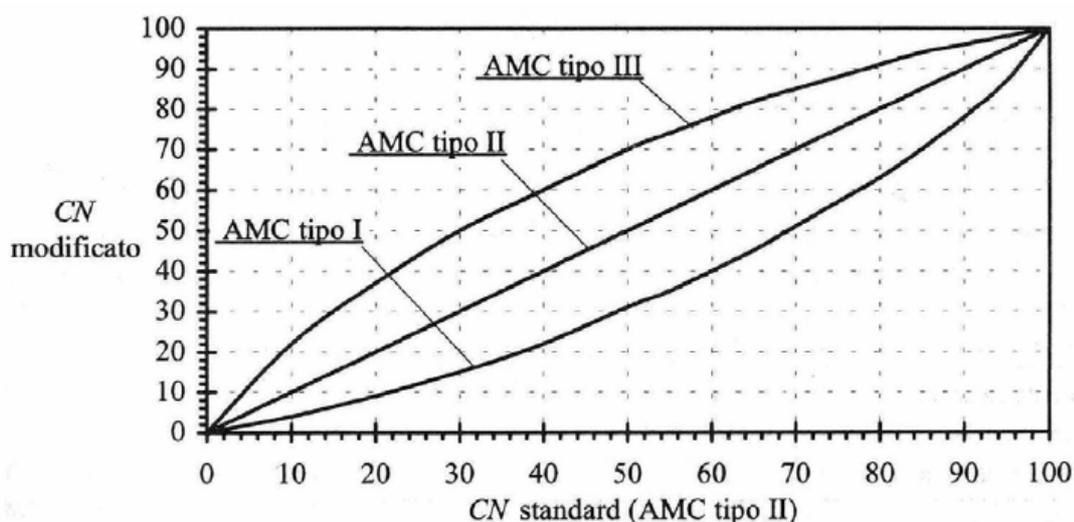


Fig. 5. Curva per la definizione del CN in funzione dell'umidità del suolo antecedente l'evento.

Le condizioni di umidità antecedenti l'evento, secondo il Soil Conservation Service, possono essere ricavate sulla base della precipitazione complessivamente caduta nei 5 giorni precedenti l'evento considerato, secondo quanto riportato nella tabella 6.

Classe di AMC	Precipitazione totale nei 5 giorni precedenti l'evento [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<12,7	<35,5
II	12,7÷28	35,5÷53,3
III	>28	>53,3

Tab. 6. Definizione della classe di Antecedent Moisture Condition (AMC) in funzione della pioggia complessivamente caduta nei 5 giorni precedenti l'evento.

Per i bacini in esame tenuto conto delle caratteristiche geomorfologiche e di utilizzazione del suolo per CN è stato assunto il valore 78.

### 1.3.6 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

Il valore del tempo di ritorno cui fare riferimento per le verifiche idrauliche e quindi per l'individuazione delle criticità del sistema idrografico minore è stato assunto pari a 100 anni in quanto si ritiene sufficientemente cautelativo oltre che richiesto dalla Comunità Montana Valtellina di Tirano.

Per quanto riguarda i parametri della curva di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno di 100 anni ricavati per interpolazione dei dati forniti dal PAI per la stazione di Tirano e quella di Bormio risultanti pari a:

$$a = 40,13 \quad n = 0.271$$

### 1.4 LE PORTATE DI PIENA

Dopo aver analizzato il territorio in esame e tarato il modello idrologico sui valori di portata reperibili da rilevazioni precedentemente effettuate si è deciso di applicare sia un modello afflussi-deflussi di tipo cinematico per la determinazione delle precipitazioni spaziali e conseguentemente delle portate al colmo di piena sia il metodo del Curve Number del Soil Conservation Service che stimando le perdite idrologiche permette di ottenere le portate al colmo di piena per tutti i bacini analizzati. Per le analisi successive si è deciso di utilizzare le portate

calcolate con il metodo cinematica in quanto i risultati così ottenuti sembrano ben adattarsi alla realtà fisica del territorio in esame.

Nella tabella 7, di seguito riportata, sono mostrati i valori di portata al colmo corrispondenti ad un tempo di ritorno di 100 anni, ricavati con la metodologia definita nei precedenti paragrafi.

Per ogni corso d'acqua sono riportati, in corrispondenza delle sezioni di chiusura di interesse anche il tempo di corrivazione e la superficie del bacino idrografico.

Nella prima colonna (Sezione) è mostrato il numero progressivo della sezione di chiusura a cui si fa riferimento, rappresentata sulla tavola A dallo stesso indice.

Tab. 7 Valori di portata al colmo di piena per  $T = 100$  anni

<b>TOPONOMASTICA</b>	<b>DISLIVELLO</b> [m]	<b>SEZIONE</b>	<b>AREA</b> [kmq]	<b>LUNGHEZZA</b> [m]	<b>CODICE</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>tc</b> [min]	<b>Q</b> [mc/s]
<b>VERSANTE OROBICO</b>									
Valle Maurina	1897	1	2.030	4076	SO-14068-B006-b000-001	36.03	0.337	55.8	10.661
Valle di Campaccio	1983	2	1.548	4672	SO-14068-B007-b000-001	36.03	0.337	49.5	8.793
Valle dei Cani	1641	3	0.887	3636	SO-14068-B005-b000-001	36.03	0.337	45.1	5.360
Valle delle Vigne	1544	4	0.833	3363	SO-14068-B002-b000-001	36.03	0.337	44.5	5.086
Valle Brozza	1065	5	0.811	2054	SO-14068-B001-b002-001	36.03	0.337	42.7	5.085
Torrente Ruinaccio	1015	6	1.561	2197	SO-14068-B001-b001-001	36.03	0.337	48.6	8.983
Valle delle Vigne	1357	7	0.706	2541	SO-14068-B002-b000-001	36.03	0.337	41.7	4.501
Val Stadera	932	8	0.531	2154	SO-14068-B003-b001-001	36.03	0.337	42.4	3.349
Val Gradera	544	9	0.072	1260	SO-14068-B004-b000-001	36.03	0.337	38.3	0.416
Val Stadera	919	10	0.431	1894	SO-14068-B003-b001-001	36.03	0.337	40.1	2.817
Roggia dei Mulini	1349	11	5.444	4370	SO-14034-B000-b005-001	36.03	0.337	66.9	25.350

I limiti dei bacini idrografici sono stati tracciati tenendo conto anche dell'effetto di drenaggio delle principali reti viarie.

## 1.5 CONCLUSIONI

Dall'analisi della tabella 7, ma ancor più da un'attenta osservazione delle carte allegate è possibile notare come l'area in studio possa essere considerata omogenea. Infatti all'interno del versante in oggetto sono presenti caratteristiche sia geomorfologiche che ideologiche omogenee. Essa presenta un'estensione pari a circa 2-3 km di larghezza ed è caratterizzata dalla presenza di valli che nascono a quote elevate ed il cui bacino idrografico è principalmente compreso all'interno dell'area montana aventi però una estensione significativa nella Fascia Valliva. Le pendenze sono generalmente molto elevate, la direzione dell'asta ortogonale al versante ed un regime idrologico di tipo torrentizio.

Oltre a questi corsi d'acqua montani si ha la presenza di una roggia di fondo valle che scorre parallelamente al Fiume Adda lungo tutto il territorio comunale (proviene dal comune di Mazzo di Valtellina) e viene alimentata dalle valli del versante orobico che vi confluiscono, con tutte le relative problematiche idrauliche.

## **2. ASPETTI IDRAULICI**

### **2.1 PREMESSA**

La zona di studio comprende quel tratto di Valtellina che si sviluppa in direzione Nord est – sud ovest tra la Val Rovinaccio e la Valle di Campaccio sul versante Orobico. L'area in oggetto è il territorio del comune di Tovo di Sant'Agata.

Il versante Orobico, sia per le sue caratteristiche geomorfologiche ed agronomiche, che per l'uso del suolo, può essere idealmente diviso in due fasce: Fascia Montana e Fascia Valliva. E' evidente che le linee immaginarie di separazione delle fasce danno un ritratto approssimato della realtà.

#### **2.1.1 VERSANTE OROBICO**

Il reticolo minore del versante Orobico di competenza dell'amministrazione comunale di Tovo di Sant'Agata risulta essere costituito da varie valli con le rispettive diramazioni secondarie parallele alla linea di massima pendenza del versante ed una roggia di fondo valle (ex Roggia dei Mulini) ortogonale che attraversa tutto il territorio comunale, e dei comuni limitrofi, che ne raccoglie le acque. Le caratteristiche geomorfologiche naturali di questi corsi d'acqua sono simili: presentano un alveo incassato nel versante, forti pendenze all'interno della Fascia Montana mentre nella parte di asta terminale, ovvero dove attraversa l'area coltivata di fondo valle (Fascia Valliva), dove la pendenza risulta pari al 2-4% e l'alveo si trova a raso rispetto al piano campagna.

### Fascia Montana

Si estende al di sopra del fondo valle con la presenza di alcuni edifici isolati e sparsi sul versante (Baite di montagna) e può superare i 2000 m s.l.m.. In quest'area sono stati individuati i corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore e si è tenuto conto dell'apporto dei bacini idrografici sulle sezioni di chiusura all'altezza del passaggio dalla Fascia Montana a quella Valliva o alla confluenza con i corsi d'acqua principali. I torrenti appartenenti a questa fascia presentano un alveo molto inciso e ben delimitato, i quali, a fronte di questa osservazione, possono dar luogo a fenomeni di esondazione di limitata entità ed estensione mentre possono essere più importanti i fenomeni di trasporto solido. In quest'area non vi sono rilievi di dettaglio delle aste torrentizie e si può osservare come l'area interessata non presenta problemi di natura tale da poter interferire con le aree urbanizzate.

### Fascia Valliva

Ha origine subito a valle della Fascia Montana e rappresenta l'area su cui si concentra maggiormente la presenza di attività antropiche con conseguente aumento dell'indice di danno in caso di esondazioni. Si segnala come attualmente vi è un corso d'acqua che attraversa questa fascia ortogonalmente a tutte le altre valli raccogliendone mano a mano le acque.

Si trova circa a quota 550-600 m s.l.m. ed inizia, procedendo da monte verso valle, nel punto in cui vi è una evidente diminuzione della pendenza passando dal regime idrico torrentizio a quello di roggia. In essa non vi sono ostacoli al naturale deflusso delle acque di versante verso il corpo idrico ricettore di fondovalle: la Roggia dei mulini che convoglia le acque verso il comune limitrofo di Lovero Valtellino.

## 2.2 INQUADRAMENTO IDRAULICO

Nel territorio comunale di Tovo di Sant'Agata le porzioni di territorio geomorfologicamente simili precedentemente individuate presentano problematiche di tipo idrogeologico differenti che è necessario affrontare con un approccio d'insieme. I corsi d'acqua, infatti, sono sistemi continui che hanno la prerogativa di "traslare" verso valle le criticità idrauliche che si verificano lungo il loro sviluppo.

Nella Tavola A – Cartografia dei bacini idrografici – scala 1:10.000 sono stati illustrati gli elementi meritevoli di interesse, che costituiscono il reticolo idrografico minore. La simbologia utilizzata per la loro identificazione è già stata presentata nei paragrafi precedenti e riportata in legenda.

L'analisi del territorio esaminato permette di individuare delle caratteristiche idrauliche comuni all'interno della stessa fascia, precedentemente descritte.

Infatti, all'interno della Fascia Montana, le aste torrentizie si presentano molto incassate e ne risulta conseguentemente un rischio di esondazione molto basso e comunque sia di limitata estensione.

Nella Fascia Valliva ci si trova in una situazione praticamente opposta, ovvero si verifica il deposito del materiale eroso a monte con conseguente innalzamento del letto del corso d'acqua ed in caso di esondazione le aree interessate possono anche essere di notevole estensione anche se il rischio che l'esondazione provochi danni risulta basso. Le aree su cui si è intensificata l'analisi delle criticità del reticolo minore sono rappresentate dalle aree antropizzate in quanto sono quelle che hanno un rischio di danno maggiore e sono le zone che, normalmente, racchiudono il maggior numero di criticità.

Uno degli aspetti fondamentali, comune all'intero territorio esaminato, è lo stato di manutenzione spesso precario delle aste costituenti il reticolo minore che, non solo contribuisce ad aggravare la

situazione, ma rende più complicata l'individuazione delle soluzioni progettuali. Occorre osservarne le ragioni: la principale è il progressivo abbandono dell'attività agricola nei fondi, soprattutto quelli terrazzati ed i pascoli sia in alpeggio che a mezza costa. Esso ha avuto come conseguenza il deterioramento dei muretti a secco a sostegno dei gradoni, delle arginature degli alvei, dei cunettoni drenanti, e non ultimo lo sviluppo di una folta vegetazione nei corsi d'acqua fino a trovare a veri e propri alberi a rapida crescita negli alvei. Di questa situazione di riduzione della sezione utile dei corsi d'acqua, associata alla forte erosione ed alla disponibilità di materiale mobilizzabile.

### **3. METODOLOGIA DI VERIFICA**

#### **3.1 PREMESSA**

Come già detto precedentemente, le verifiche idrauliche sono state effettuate in relazione ai valori di portata al colmo di piena ricavati con le metodologie esposte in precedenza in corrispondenza di un tempo di ritorno di 100 anni, così come indicati dal responsabile dell'ufficio tecnico della Comunità Montana di Tirano Ing. Corradini Mauro.

Data la complessità della geometria dei corsi d'acqua in studio, bruschi cambi di pendenza, attraversamenti, salti di fondo di altezza molto variabile, alternanza tra tratti tombinati e altri a cielo libero, si è ritenuto di non utilizzare modelli matematici di calcolo che permettono di determinare l'andamento dei profili idraulici in funzione della portata di ingresso e delle condizioni al contorno che vengono imposte. Si è ritenuto invece maggiormente adatto alle problematiche in studio un approccio diverso, di volta in volta adatto alla singola problematica esaminata, di cui si esporrà nel corso della presente relazione.

La fase di verifiche idrauliche è stata accompagnata da ulteriori sopralluoghi, che hanno permesso di stabilire la reale pericolosità delle aree circostanti alle sezioni esaminate e di valutare lo stato di manutenzione degli alvei e dei manufatti particolari.

Particolarmente importante infatti, nella fase di individuazione delle criticità del reticolo idrografico minore della zona, è stata l'individuazione dei tratti che "a tavolino" risultavano idraulicamente sufficienti, ma che invece, a causa delle cattive condizioni in cui vertono (alvei sporchi, difese spondali in cattivo stato, manufatti di attraversamento e dissabbiatori pieni di materiale depositato), potrebbero essere causa di dissesti idrogeologici.

La verifica delle sezioni di chiusura dei bacini è stata fatta considerando il 70% del riempimento, cioè con un franco di sicurezza del

30% di  $h$ , dove  $h$  è l'altezza del pelo libero (altezza di moto uniforme o altezza critica, nei casi maggiormente pericolosi). Il franco di sicurezza scelto, pari al 30% dell'altezza della lama d'acqua, è stato giudicato sufficiente in relazione anche alla scelta cautelativa della portata di piena, avente un tempo di ritorno di 100 anni (evento raro).

## 3.2 METODOLOGIA

### 3.2.1 Caratteristiche geometriche dell'alveo

Per una corretta caratterizzazione geometrica degli alvei analizzati mancano, in quanto non oggetto dell'incarico, i rilievi longitudinali delle aste del reticolo minore e le relative sezioni trasversali. I rilievi effettuati, eseguiti manualmente, consistono nella definizione geometrica delle sezioni di alveo di volta in volta esaminate.

In mancanza di rilievi topografici dettagliati eseguiti con strumentazione elettronico-digitale si estrapolano dalla cartografia esistente (CTR, Fotogrammetrico della C.M. ecc) le informazioni necessarie alla corretta definizione dei parametri idraulici utilizzati per le verifiche. Tale situazione costituisce un limite, data l'elevata incertezza delle misurazioni, all'applicazione di modelli di calcolo sofisticati, i quali permetterebbero una quantificazione migliore delle eventuali esondazioni dei corsi d'acqua analizzati.

### 3.2.2 Coefficiente di scabrezza

Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza, a seconda delle caratteristiche del fondo e delle sponde sono stati assunti valori differenti, riassunti nella tabella 8 riportata di seguito.

In particolare si è fatto riferimento alle indicazioni fornite da "U.S. Department of Agricoltura - Technical Bulletin n° 129, Novembre 1929, e

n° 652, Febbraio 1934 e dalle indicazioni fornite dalle tabelle del testo "Ven Te Chow, Ph. D - Open - Channel Hydraulics Mc Graw - Hill International Editions - 1986".

I valori così ricavati sono stati verificati attraverso la consultazione di studi idrologici-idraulici esistenti i quali si basano su rilievi topografici di "tratti di controllo", di cui si era a conoscenza del comportamento durante eventi di piena.

Sulla base delle osservazioni di campagna, confrontate con i dati reperibili in letteratura, per il coefficiente  $n$  di Manning si sono adottati i valori riportati nella successiva tabella ed elencati a partire dalle tipologie con scabrezza superiore e di conseguenza si sono calcolati i valori di scabrezza di Strickler  $K_s$  legati dalla relazione  $K_s = 1 / n$ . Nel calcolo dei profili di moto permanente si utilizza il coefficiente di Strickler in quanto di più semplice implementazione nel codice di calcolo.

<b>TIPOLOGIA</b>	<b>Valore di <math>n</math></b>	<b>Valore di <math>K_s</math></b>
Alberatura fitta, detriti, roccia	0.050	20
Alveo di magra con grossi massi	0.040÷0.050	25-20
Scarpata in terra vegetale, arbusti, alberatura rada	0.040	20
Prato, pascolo	0.040	20
Alveo di magra senza grossi massi	0.025÷0.035	40-30
Alveo rivestito in pietrame cementato	0.025	40
Alveo in calcestruzzo	0.015	70
Alveo in roccia	0.015	70

Tab. 8 Valori di  $K_s$  assunti nei calcoli idraulici

### 3.2.3 Calcoli idraulici

Tutti i corsi d'acqua esaminati in corrispondenza delle portate di riferimento sui versanti sono risultati a forte pendenza (pendenze spesso superiori a 30 ÷ 35 %). La corrente è pertanto sempre caratterizzata da un numero di Froude molto maggiore di 1.

Trattandosi di corrente veloce, si è ritenuto sufficientemente cautelativo considerare come tirante d'acqua rappresentativo per le verifiche idrauliche e per il successivo dimensionamento delle opere di progetto l'altezza di moto uniforme, ricavata dalla formula di Chezy di seguito riportata:

$$Q = A \cdot K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove A è l'area bagnata della sezione,  $k_s$  il coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler, R il raggio idraulico, definito come il rapporto tra l'area bagnata ed il perimetro bagnato e  $i$  è la pendenza del fondo.

Nelle rogge di fondovalle la corrente è lenta, ma i tracciati sono sufficientemente regolari da poter considerare l'instaurarsi del moto uniforme.

In alcuni casi si è scelta, come grandezza di riferimento, l'altezza critica  $k$  (maggiore dell'altezza di moto uniforme, nel caso di correnti veloci), calcolabile con la seguente relazione:

$$k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot B^2}}$$

Questa scelta, maggiormente cautelativa di quella di considerare l'altezza di moto uniforme, è stata adottata nei casi maggiormente critici in cui non era possibile ipotizzare l'instaurarsi del moto uniforme, o nei casi in cui la geometria dell'alveo non era perfettamente nota per oggettive difficoltà incontrate nelle fasi di rilievo. Ipotizzare un tirante idrico pari all'altezza critica ha significato infatti imporre la massima altezza d'acqua

possibile, nel caso di alvei a forte pendenza e questo ha permesso sicuramente di operare con un buon grado di sicurezza.

In fase di verifica in presenza di salti di fondo di qualsiasi entità si è verificato che il getto di acqua stramazzone dal salto sia o meno contenuto nel tratto compreso tra due salti successivi.

Per eseguire tale verifica, nel caso di correnti veloci caratterizzate da un elevato numero di Froude (comunque  $\leq 5$ ), sono stati utilizzati i risultati di una ricerca sperimentale eseguita da A. Paoletti nel 1979, che ha dato modo di fissare le seguenti relazioni interpolari:

$$\frac{y_p}{\Delta_z} = (1,236 - 0,136 \cdot F) \cdot \left( \frac{y_c}{\Delta_z} \right)^{0,765 - 0,051 \cdot F}$$

$$\frac{y_1}{\Delta_z} = (0,566 - 0,021 \cdot F) \cdot \left( \frac{y_c}{\Delta_z} \right)^{1,314 - 0,015 \cdot F}$$

$$\frac{y_2}{\Delta_z} = (1,61 + 0,04 \cdot F) \cdot \left( \frac{y_c}{\Delta_z} \right)^{0,813 + 0,006 \cdot F}$$

$$\frac{L_1}{\Delta_z} = (3,44 + 0,21 \cdot F) \cdot \left( \frac{y_c}{\Delta_z} \right)^{0,753 - 0,048 \cdot F}$$

$$L_2 = 6 \cdot y_2$$

dove  $F$  è il numero di Froude della corrente indisturbata,  $y_c$  l'altezza critica,  $\Delta_z$  il salto di fondo; le altre grandezze sono rappresentate nella figura 2.

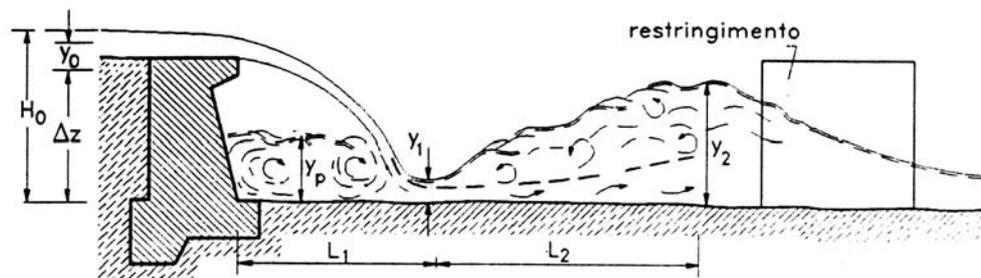


Fig.2 Grandezze significative del salto di fondo con getto libero e corrente veloce a monte

I punti critici individuati durante le verifiche idrauliche e le descrizioni dei tratti oggetto degli interventi vengono riportate nei prossimi paragrafi.

## **4. VERIFICHE IDRAULICHE – VERSANTE OROBICO**

Il territorio oggetto di verifica può essere suddiviso in due fasce, già precedentemente individuate e descritte, che presentano caratteristiche comuni.

Infatti, all'interno della Fascia Montana, le aste torrentizie si presentano molto incassate nei versanti e ne risulta conseguentemente un rischio di esondazione molto basso e di limitata estensione tale da rendere sufficiente la fascia di rispetto pari a 10 m dalle aste torrentizie del reticolo minore già prevista dalla normativa vigente.

Nella Fascia Valliva, ovvero nel fondo valle, i corsi d'acqua del reticolo secondario la attraversano e confluiscono nel reticolo principale interessando aree artigianali ed agricole. In questa fascia è inoltre presente la delimitazione delle fasce di rispetto imposte dal P.A.I. relative al Fiume Adda come riportato nella Tavola A.

Qui di seguito si riporta una descrizione dell'asta dei torrenti più rilevanti sia in termini di bacino idrologico che per la loro interazione con le attività antropiche presenti sul versante presi in esame, le eventuali verifiche idrauliche di sezioni ritenute critiche e le conseguenti deduzioni sulla pericolosità del corso d'acqua in oggetto. Per una descrizione più ampia dei bacini e delle relative aste del reticolo minore si rimanda al Cap. 5 della relazione tecnica-geologica. Le sezioni di chiusura dei bacini idrologici sono state precedentemente individuate e riportate nella Tavola A.

### **4.1 VALLE CAMPACCIO – SO/TO/003**

Il corso d'acqua in oggetto nasce attorno ai 1750-1850 m di quota s.l.m.m. sul versante orobico ed arriva all'altezza della Fascia Valliva a

quota 600 m s.l.m.m. per poi confluire nella Valle Maurina. Il torrente in esame scorre all'interno di un alveo incassato ed arriva in prossimità di un'area agricola. Nel tratto terminale sulla valle in esame sono presenti delle arginature realizzate in pietrame ammorsate nel cls.

#### 4.1.1 SEZIONE 2

Il valgello in esame si presenta con una sezione caratteristica di questo tratto, la cui regimazione è stata eseguita recentemente, di forma trapezia con base minore pari a 110 cm, base maggiore pari a 180 cm, altezza pari a 100 cm e coefficiente  $K_s$  di 30. La sezione individuata consente il passaggio, con il franco di sicurezza assegnato, di una portata pari a 3,69 mc/s e di una portata pari a 7,32 mc/s senza garantire alcun franco di sicurezza. La portata di verifica, corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni, risulta dall'analisi idrologica essere pari a 9,918 mc/s che, come si può notare, non può essere smaltita dalla sezione attuale.

#### 4.1.2 CONCLUSIONI

La sezione 2 non risulta verificata in seguito ad un'onda di piena con tempo di ritorno di 100 anni e, di conseguenza, non si ritiene di dover ridurre al di sotto dei 10 m la fascia di rispetto già prevista dalla normativa vigente.

Va inoltre sottolineato, soprattutto per i tratti non regimati dell'asta o regimata con muri a secco e precari, che le situazioni di pericolo aumentano in caso di mancanza di manutenzione e pulizia idraulica dell'alveo (situazione attuale) secondo i canoni che dovranno essere stabiliti dell'amministrazione comunale. Per una determinazione delle possibili aree esondabili all'interno della fascia Valliva, necessarie in questa situazione, sono necessari rilievi topografici longitudinali dell'asta della valle da effettuarsi in altri incarichi in quanto non previsti in questo.

## 4.2 VALLE MAURINA – SO/TO/005

Il corso d'acqua in oggetto nasce attorno ai 1750-1850 m di quota s.l.m.m. sul versante orobico ed arriva all'altezza della Fascia Valliva a quota 600 m s.l.m.m. per poi confluire nella Valle Maurina. Il torrente in esame scorre all'interno di un alveo incassato ed arriva in prossimità di un'area agricola. Nel tratto terminale sulla valle in esame sono presenti delle arginature realizzate in pietrame ammorsate nel cls.

### 4.2.1 SEZIONE 2

Il valgello in esame si presenta con una sezione caratteristica di questo tratto, la cui regimazione è stata eseguita recentemente, di forma rettangolare con base pari a 140 cm, altezza dell'argine in destra orografica pari a 100 cm ed in sinistra pari a 160 cm e coefficiente  $K_s$  di 30. La sezione individuata consente il passaggio, con il franco di sicurezza assegnato, di una portata pari a 3,04 mc/s e di una portata pari a 5,13 mc/s senza garantire alcun franco di sicurezza. La portata di verifica, corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni, risulta dall'analisi idrologica essere pari a 15,229 mc/s che, come si può notare, non può essere smaltita dalla sezione attuale.

### 4.2.2 CONCLUSIONI

La sezione 2 non risulta verificata in seguito ad un'onda di piena con tempo di ritorno di 100 anni e, di conseguenza, non si ritiene di dover ridurre al di sotto dei 10 m la fascia di rispetto già prevista dalla normativa vigente. I muri arginali sono stati realizzati asimmetrici in modo tale che eventuali esondazione si verificheranno in destra orografica dove è presente un'ampia zona agricola che può fungere da cassa d'espansione con dei danni conseguenti di limitata entità.

Va inoltre sottolineato, soprattutto per i tratti non regimati dell'asta o regimata con muri a secco e precari, che le situazioni di pericolo aumentano in caso di mancanza di manutenzione e pulizia idraulica dell'alveo (situazione attuale) secondo i canoni che dovranno essere stabiliti dell'amministrazione comunale. Per una determinazione delle possibili aree esondabili all'interno della fascia Valliva, necessarie in questa situazione, sono necessari rilievi topografici longitudinali dell'asta della valle da effettuarsi in altri incarichi in quanto non previsti in questo.

### 4.3 VALLE DEI CANI – SO/TO/010

Il corso d'acqua in oggetto nasce attorno ai 1400-1500 m di quota s.l.m.m. sul versante Orobico ed arriva alla quota di circa 500 m s.l.m.m. a confluire in Adda. La pendenza media risulta molto elevata in quanto si tratta di un bacino montuoso a carattere torrentizio e comunque non inferiore al 20-30%. Delle pendenze così elevate garantiscono sul comportamento torrentizio della portata liquida del corso d'acqua.

Il nodo più critico di quest'asta è l'imbocco del tratto tombinato, all'inizio del centro abitato, in quanto l'asta analizzata presenta una sezione molto piccola (circa 30x40 cm) sicuramente non sufficiente a smaltire l'onda di piena centenaria e si hanno seri dubbi sulla capacità di smaltire tale quantità di acqua da parte del tombotto presente. Tale situazione diventa critica già per portate del torrente in esame di eventi anche non troppo rari, ovvero con tempi di ritorno dell'ordine dei 20-40 anni. Le acque in eccesso ruscellano nella strada comunale sottostante attraversando così il centro abitato per poi disperdersi nei prati sottostanti.

Il torrente in esame si presenta su tutta la sua estensione a cielo libero con un'alveo incassato ed inciso nel versante. Tale situazione rende idraulicamente sufficiente l'estensione della fascia di rispetto pari a 10 m dalle aste torrentizie del reticolo minore come già prevista dalla normativa vigente. Si ritiene altresì di poter ridurre la fascia di rispetto per il tratto

tombinato nonostante sia ritenuto insufficiente per smaltire la portata di piena centenaria.

Va sottolineato, soprattutto per i tratti non regimati dell'asta, che le situazioni di pericolo aumentano in caso di mancanza di manutenzione e pulizia idraulica dell'alveo secondo i canoni che dovranno essere stabiliti dell'amministrazione comunale. L'analisi puntuale delle sezioni critiche dell'intera asta ed il conseguente tracciamento dei profili di moto permanente della corrente idrica, necessari per uno studio completo dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.

dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.

#### 4.4 VAL GRADERA – SO/TO/015

Il corso d'acqua in oggetto nasce attorno ai 600-700 m di quota s.l.m.m. sul versante Orobico ed arriva alla quota di circa 500 m s.l.m.m. a confluire in Adda. La pendenza media risulta molto elevata in quanto si tratta di un bacino montuoso a carattere torrentizio e comunque non inferiore al 20-30%. Delle pendenze così elevate garantiscono sul comportamento torrentizio della portata liquida del corso d'acqua.

Il nodo più critico di quest'asta è la porzione di asta all'interno del nucleo edificato immediatamente a monte del tratto tombinato, in quanto, vi è la possibilità che, a causa dell'alveo quasi inesistente, le acque si disperdano lungo le strade comunali. In questo tratto non si ritiene di poter ridurre la fascia di rispetto fino a quando non saranno eseguiti i lavori, già in fase di progettazione, di adeguamento del tratto in oggetto. Successivamente all'esecuzione dei lavori in oggetto si ritiene più che sufficiente l'estensione della fascia di rispetto a 5 metri.

Il tratto tombinato dell'asta in oggetto è costituito da un tubo in pvc di diametro pari a 350 mm. Le informazioni relative alla sezione del tratto tombinato sono state raccolte di concerto con l'amministrazione comunale in quanto risulta impossibile effettuare un controllo senza liberare il tubo al di sotto delle strade comunali. Tale sezione risulta in grado di smaltire una portata d'acqua pari a 0,423 mc/s con un fracco di sicurezza adeguato, ovvero pari a metà del tirante idrico. In questo tratto si ritiene sufficiente l'estensione di una fascia di rispetto pari a 5 metri.

Il torrente in esame si presenta sulla restante parte a cielo libero con un'alveo incassato ed inciso nel versante. Tale situazione rende idraulicamente sufficiente, vista anche la limitata portata che è stata stimata in 0,416 mc/s, l'estensione della fascia di rispetto pari a 10 m dalle aste torrentizie del reticolo minore come già prevista dalla normativa vigente.

Va sottolineato, soprattutto per i tratti non regimati dell'asta, che le situazioni di pericolo aumentano in caso di mancanza di manutenzione e pulizia idraulica dell'alveo secondo i canoni che dovranno essere stabiliti dall'amministrazione comunale. L'analisi puntuale delle sezioni critiche dell'intera asta ed il conseguente tracciamento dei profili di moto permanente della corrente idrica, necessari per uno studio completo dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.

dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.

#### 4.5 VALLE STADERA – SO/TO/018

Il corso d'acqua in oggetto nasce attorno ai 1000-1100 m di quota s.l.m.m. sul versante Orobico ed arriva alla quota di circa 500 m s.l.m.m. a confluire in Adda. La pendenza media risulta molto elevata in quanto si

tratta di un bacino montuoso a carattere torrentizio e comunque non inferiore al 20-30%. Delle pendenze così elevate garantiscono sul comportamento torrentizio della portata liquida del corso d'acqua.

Il nodo più critico di quest'asta e dei suoi rami sono gli imbocchi nei tratti tombinati, a monte del centro abitato, in quanto vi è la possibilità che, a causa di materiale trasportato, si verifichi l'occlusione del tubo che ne raccoglie le acque. Le eventuali acque in eccesso si disperdono nei prati o nel centro abitato sottostante. I tratti combinati dell'asta cominciano immediatamente a monte della Fascia Valliva. Tale situazione implica che i tratti a cielo libero di questa asta sono solo quelli con un regime di tipo torrentizio ed incassato nel versante. Tale situazione rende idraulicamente sufficiente l'estensione della fascia di rispetto pari a 10 m dalle aste torrentizie del reticolo minore come già prevista dalla normativa vigente. Si ritiene altresì di poter ridurre la fascia di rispetto per il tratto tombinato nonostante sia abbiano dei seri dubbi sulla capacità di smaltire la portata di piena centenaria.

Va sottolineato, soprattutto per i tratti non regimati dell'asta, che le situazioni di pericolo aumentano in caso di mancanza di manutenzione e pulizia idraulica dell'alveo secondo i canoni che dovranno essere stabiliti dell'amministrazione comunale. L'analisi puntuale delle sezioni critiche dell'intera asta ed il conseguente tracciamento dei profili di moto permanente della corrente idrica, necessari per uno studio completo dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.

dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.

## 4.6 VALLE DELLE VIGNE – SO/TO/019

Il corso d'acqua in oggetto nasce attorno alla quota di 1600 m s.l.m.m. sul versante orobico e confluisce nella Roggia dei Mulini alla quota di circa 520 m s.l.m.m.. Questo torrente scorre principalmente nella Fascia Montana con pendenze dell'ordine del 30-40% e comunque non inferiore al 20-25%. Delle pendenze così elevate garantiscono sul comportamento torrentizio della portata liquida del corso d'acqua.

Il torrente in esame si presenta su tutta la sua estensione con un'alveo molto incassato ed inciso nel versante. Il tratto di asta che scorre nella Fascia Valliva si presenta con una sezione in terra variabile da tratto a tratto ma in pessimo stato di manutenzione soprattutto il manufatto per l'attraversamento della strada provinciale.

In questa situazione si ritiene idraulicamente sufficiente l'estensione della fascia di rispetto pari a 10 m previsti dalla normativa vigente.

Va sottolineato, soprattutto per i tratti non regimati dell'asta non citati precedentemente, che le situazioni di pericolo aumentano in caso di mancanza di manutenzione e pulizia idraulica dell'alveo secondo i canoni che dovranno essere stabiliti dell'amministrazione comunale. L'analisi puntuale delle sezioni critiche dell'intera asta ed il conseguente tracciamento dei profili di moto permanente della corrente idrica, necessari per uno studio completo dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.

## 4.7 ROGGIA DEI MULINI – SO-14034-B000-b005-001 E ROGGE DI FONDO VALLE

La Roggia dei Mulini nasce in comune di Mazzo di Valtellina raccogliendo le acque della valle di Buglio e scorre sul fondovalle parallelamente all'organo recettore principale, il Fiume Adda. Questa roggia veniva utilizzata per far ruotare le apparecchiature dei mulini ed altre attività produttive nel secolo scorso. Oggi, questo corso d'acqua, non riveste più il ruolo di fornire energia motrice alle attività produttive ma funge solo da canale scolmatore delle valli presenti su questo versante nei comuni di Mazzo di Valtellina, Tovo S. Agata e Lovero Valtellino. Alcune valli, che venivano convogliate nella roggia, sono già state collegate direttamente con il Fiume Adda per cercare di limitare le periodiche esondazioni. Nella Fascia Valliva sono presenti anche altre rogge, caratterizzate da un'andamento planimetrico parallela al Fiume Adda, che hanno le medesime caratteristiche geomorfologiche.

La definizione delle fasce di rispetto da imporre su queste rogge è di difficile determinazione in quanto ci si trova su un terreno pianeggiante che attraversa longitudinalmente il tessuto urbano dell'abitato. Ciò comporta degli allagamenti che possono raggiungere delle ampie estensioni ma con rischi di danno bassi.

Sul territorio dell'amministrazione comunale di Tovo di Sant'Agata sono presenti vari tratti che non verificano le condizioni di deflusso adeguate. Si sottolinea però come tutte queste rogge presentano un'altezza arginale, e delle aree limitrofe, asimmetrica con l'argine in destra orografica (ovvero verso valle) più basso rispetto a quello a monte. Tale situazione rende compatibile una riduzione della fascia di rispetto a 5m in sinistra orografica mentre resta inalterata l'attuale fascia di rispetto, pari a 10m, in destra orografica.

Va sottolineato, soprattutto per i tratti non regimati dell'asta, che le situazioni di pericolo aumentano in caso di mancanza di manutenzione e pulizia idraulica dell'alveo secondo i canoni che dovranno essere stabiliti dell'amministrazione comunale. L'analisi puntuale delle sezioni critiche dell'intera asta ed il conseguente tracciamento dei profili di moto permanente della corrente idrica, necessari per uno studio completo dell'asta, non sono effettuabili in quanto necessitano di rilievi topografici longitudinali dell'asta del valgello non oggetto di questo incarico.