

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO**

**Adeguamento S.P. 160 di Val Lemme**

**Relazione Idrologica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R G	N V 1 5 0 X	0 0 3	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	ITEC engineering <i>[Signature]</i>	17/09/2012	Ing. F. Colla <i>[Signature]</i>	19/09/2012	E. Pagani <i>[Signature]</i>	21/09/2012	Ing. E. Ghislandi

n. Elab.: \_\_\_\_\_ File: IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC



## INDICE

INDICE.....	3
1. PREMESSA .....	4
2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONE CIPE.....	4
3. ANALISI IDROLOGICA.....	4
4. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI .....	5
5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA.....	6
5.1. Analisi statistica .....	6
5.2. Regionalizzazione dei dati di pioggia .....	8
5.3. Metodo razionale .....	8
6. CORSI D'ACQUA INTERFERENTI: SINTESI DEI RISULTATI.....	10

ALLEGATO A 1 – PORTATE DI PROGETTO

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC
	Foglio 4 di 11

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è l'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate di assegnato tempo di ritorno per il dimensionamento idraulico degli attraversamenti dei corsi d'acqua naturali od artificiali interferenti con la strada provinciale S.P. 160 della Val Lemme di cui si prevede l'adeguamento e del nuovo ponte in località Maddalena nel comune di Gavi (AL) nell'ambito del progetto esecutivo del Terzo Valico dei Giovi – tratta A.V. /A.C. Milano-Genova.

Lo studio è stato svolto secondo la metodologia e le indicazioni contenute nei Piani di bacino, redatti a cura dell'Autorità di bacino del fiume Po. Le descrizioni delle metodologie adottate sono riportate nel capitolo 5.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po* con DPCM del 24/5/01, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

## 2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONE CIPE

In fase di approvazione del Progetto Definitivo del Terzo valico dei Giovi – linea AV/AC Milano-Genova – con delibera CIPE 80/2006 sono state indicate nella parte 1° dell'allegato 1le prescrizioni del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

In particolare facendo riferimento al capitolo 6 – Integrazioni progettuali – Idraulica ed idrologia al capo k viene prescritto: "Rivedere l'analisi idrologica del Torrente Lemme sulla base di dati pluviometrici recenti al fine di una migliore rappresentazione e dimensionamento delle opere. In particolare in relazione al Progetto di rifacimento del Ponte della Maddalena e il prolungamento del tombino sul rio Frascio dovranno essere recepite le osservazioni della regione Piemonte – Direzione OOPP".

Nel dettaglio per il ponte della Maddalena vengono fatte le seguenti prescrizioni:

- Verifica idraulica aggiornata con nuovi calcoli idrologici per accertare l'esistenza del franco di sicurezza con portata di piena centennale

Per quanto concerne il torrente Lemme, e più in particolare la verifica del nuovo ponte della Maddalena, vista la mancanza di serie di dati pluviometrici recenti a disposizione, si è proceduto, come concordato con i tecnici dell'ufficio OO.PP. della regione Piemonte, con l'aggiornamento dell'analisi idrologica utilizzando i valori di pioggia provenienti dalla media pesata delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, indicate nelle Norme di attuazione dei PAI, ricadenti all'interno del bacino del torrente Lemme alla sezione di chiusura.

Per il bacino oggetto di studio la curva di probabilità pluviometrica, per un periodo di ritorno pari a 200 anni, è espressa nella forma  $h = 84.14 \cdot t^{0.437}$ , cui corrisponde una portata alla sezione di chiusura di 608 m<sup>3</sup>/s, valutata mantenendo essenzialmente le stesse ipotesi fatte nel progetto definitivo (vedi capitolo 6). Il nuovo valore di portata è inferiore a quello utilizzato per le verifiche del ponte della Maddalena nell'ambito del progetto definitivo 628 m<sup>3</sup>/s.

Inoltre quest'ultimo valore di portata di piena duecentennale (628 m<sup>3</sup>/s) risulta superiore di circa il 13% del valore di portata di piena centennale (553 m<sup>3</sup>/s), cui fa riferimento la prescrizione della direzione OO.PP. della regione Piemonte, valutata a partire dalla media pesata delle curve di probabilità pluviometrica delle celle di regionalizzazione del PAI.

Al fine della progettazione del nuovo ponte della Maddalena sono stati mantenuti i valori di piena duecentennale valutati nell'ambito del progetto definitivo del Terzo Valico dei Giovi in quanto tale scelta permette di operare a favore di sicurezza.

## 3. ANALISI IDROLOGICA

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 5 di 11</span>

Scopo dello studio è la definizione, per ciascuno dei corsi d'acqua interessati, della portata di piena con assegnato tempo di ritorno, in corrispondenza delle sezioni di intersezione con le opere previste in progetto.

Tali valori saranno assunti come dati di partenza per le successive verifiche idrauliche e per il dimensionamento delle necessarie sistemazioni in progetto.

Lo studio è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- individuazione delle interferenze delle opere previste a progetto con corsi d'acqua naturali ed artificiali;
- schematizzazione e ricerca delle caratteristiche morfologiche e fisiografiche (superficie, lunghezza dell'asta principale, acclività, copertura vegetale, uso del suolo, ecc.) dei bacini idrografici dei corsi d'acqua intercettati dalle opere previste a progetto;
- determinazione delle portate di piena, per tutti i corsi d'acqua intercettati, attraverso l'applicazione di diverse metodologie di calcolo relative ai corsi d'acqua di interesse.

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali (idrometria), nella valutazione delle portate massime probabili dei corsi d'acqua intercettati, e in particolare per quelli minori, si è fatto necessariamente riferimento a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, a partire dalle curve di possibilità climatica caratteristiche dei rispettivi bacini.

#### 4. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI

##### Attraversamenti minori

Il tratto della SP 160 oggetto di verifica, compreso tra gli abitati di Voltaggio (AL) e la località La Maddalena in Comune di Gavi (AL), ha una lunghezza complessiva pari a circa 7 Km e si sviluppa in direzione N-S lungo il versante sinistro del torrente Lemme con andamento a mezza costa.

Il tracciato stradale, a partire dall'abitato di Voltaggio, è caratterizzato dalla presenza di 25 interferenze con il reticolo idrografico minore e relativi manufatti di attraversamento.

I bacini sottesi di tali rivi minori variano tra 0.2 ha e 70 ha circa, con l'esclusione del Rio Frascio e del Rio Pomaiolo che hanno una superficie drenante rispettivamente pari a 150 e 145 ha.

Il bacino del rio Frascio presenta una forma arrotondata, mentre gli altri compreso il bacino del rio Pomaiolo, presentano una forma allungata con direzione prevalente E-O, con quote comprese tra 260 m s.l.m. e 600 m s.l.m.

Il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato da aste principali con lunghezza variabile tra 100 m e 1.9 Km circa e pendenze medie pari al 20%.

La pendenza media dei versanti è del 30 % circa.

L'area comprendente i bacini oggetto di verifica non risulta urbanizzata.

Tutti i corsi d'acqua, con l'esclusione del rio Frascio o Brigna, non risultano inseriti nell'elenco della acque pubbliche e l'indagine catastale ha evidenziato che si tratta di corsi d'acqua "privati".

##### Ponte sul Torrente Lemme in località Maddalena di Gavi (AL)

La SP160 attraversa il t. Lemme in località Maddalena nel comune di Gavi alla confluenza con il t. Ardana.

Il torrente Lemme alla confluenza con il torrente Ardana, alla quota di 220 m s.l.m., sottende un bacino di 68.1 km<sup>2</sup> e il suo territorio appartiene amministrativamente ai Comuni di Voltaggio, Carrosio e Gavi, mentre il t. Ardana ha un bacino pari a 12.2 km<sup>2</sup> ricadente nel Comune di Bosio e Gavi.

Entrambi i bacini presentano una forma allargata con direzione prevalente N-S.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 6 di 11</span>

Il bacino del torrente Lemme è delimitato ad O dal bacino del torrente Ardana, ad E dal bacino del torrente Scrivia e a S dal bacino del torrente Verde, appartenente al versante tirrenico.

Il bacino del torrente Ardana è delimitato ad E dal bacino del torrente Lemme, ad O dal bacino del torrente Orba e a S dal bacino del lago della Lavagnina.

La cima più alta del bacino del torrente Lemme è rappresentata dal Monte delle Figne, a quota 1172 m s.l.m., all'estremità meridionale del bacino; la quota media del bacino risulta essere pari a 594 m s.l.m..

La cima più alta del bacino del torrente Ardana è rappresentata dal Monte Lanzone, a quota 804 m s.l.m., all'estremità meridionale del bacino; la quota media del bacino risulta essere pari a 459 m s.l.m..

Il reticolo idrografico di superficie del t. Lemme è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale e da una serie di affluenti minori su entrambe le sponde fra cui si distingue, per importanza, il rio Carbonasca (superficie 9.3 km<sup>2</sup>); l'asta principale ha una lunghezza di circa 15 km, con una pendenza media pari al 5 % circa; la pendenza media dei versanti è pari al 40 % circa.

I reticolo idrografico di superficie del t. Ardana è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale e da una serie di affluenti minori su entrambe le sponde; l'asta principale ha una lunghezza di circa 7 km, con una pendenza media pari al 4% circa; la pendenza media dei versanti è pari al 40 % circa.

Il fondovalle dei due bacini risulta urbanizzato: si distinguono gli abitati di Voltaggio e Carrosio sul t. Lemme e di Bosio sul t. Ardana. I versanti risultano scarsamente urbanizzati.

Nel tratto indagato, in corrispondenza della confluenza dei due corsi d'acqua, le sezioni risultano di forma regolare con larghezze al fondo variabili tra 50 m e 60 m circa per il torrente Lemme e di circa 30 m per il torrente Ardana.

La pendenza media del fondo alveo è pari allo 0.8 % circa per il torrente Lemme nel tratto di monte, 0.3 % circa nel tratto di valle e di 1 % circa per il torrente Ardana.

Il fondo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni e risulta sgombero da grossi depositi e con scarsa vegetazione arborea e arbustiva.

## 5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali, nella valutazione delle portate massime probabili dei corsi d'acqua intercettati, e in particolare per quelli minori, si è fatto necessariamente riferimento a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, a partire dalle curve di possibilità climatica caratteristiche dei rispettivi bacini.

### 5.1. Analisi statistica

Nelle aree interessate dal tracciato ferroviario sono state individuate 11 stazioni idrometriche del Servizio Idrografico Nazionale, in tabella 1 se ne riporta l'elenco con le principali caratteristiche.

Codice stazione	Denominazione	Bacino idrografico	Periodo di misura		Numero dati di osservazione	Coordinate UTM	
			Anno inizio	Anno fine		Est	Nord
1564	Alessandria	Tanaro	1950	1985	23	467349	4974054
1602	Lavezze-Lago	Tanaro	1951	1986	34	488321	4931399
1604	Lavagnina C.Le	Tanaro	1950	1986	35	481721	4938819
1605	Gavi C.Le	Tanaro	1932	1968	32	484389	4948069

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC		Foglio 7 di 11

1617	Val Noci Diga	Scivia	1956	1986	28	502890	4927686
1621	Scoffera	Scivia	1953	1989	27	509517	4925841
1629	Isola Del Cantone	Scivia	1952	1986	31	496274	4944349
1642	Tortona	Scivia	1943	1986	32	489711	4972128
1649	Montemarzino	Curone	1952	1986	29	498921	4966565
1655	Varzi	Staffora	1953	1986	29	516048	4964733
1661	Voghera	Staffora	1951	1986	35	500238	4981377

Tabella 1 - Caratteristiche delle stazioni pluviometriche considerate per la parte di territorio compresa nel bacino padano.

Per la quasi totalità delle stazioni si hanno dati di misura a partire dagli anni 50 fino ad oltre la metà degli anni 80, con un campione significativo dal punto di vista statistico, in termini di estensione.

Le serie storiche dei dati di pioggia per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore sono state sottoposte a regolarizzazione determinando i valori di precipitazione corrispondenti a tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

Il programma utilizzato per le elaborazioni statistiche, HCH\PMAX, determina per ogni singola stazione pluviometrica la curva di massima possibilità climatica nella forma  $h=a*tn$ , per assegnati tempi di ritorno, utilizzando diversi metodi probabilistici di regolarizzazione.

Alle serie storiche delle osservazioni vengono adattati diversi tipi di distribuzione probabilistica:

distribuzione log-normale (Galton)

$$f(y)dy = \frac{.3989}{s} \exp\left\{-\left(\ln y - m\right)^2 / 2s^2\right\} dy$$

con parametri: s,m

distribuzione di Pearson Type III (funz. gamma)

$$f(y)dy = \frac{1}{sgamma(p)} \left(\frac{y-a}{s}\right)^{p-1} \exp\left\{-\left(\frac{y-a}{s}\right)\right\} dy$$

con parametri: s,p,a

distribuzione di Fisher-Tippet Type I (Gumbel)

$$f(y)dy = \frac{1}{a} \exp\left\{-\left(\frac{y-z}{a}\right) - \exp\left[-\left(\frac{y-z}{a}\right)\right]\right\} dy$$

con parametri: a,z

La stima dei parametri avviene utilizzando il metodo della massima verosimiglianza (maximum likelihood).

Noti i parametri per i diversi tipi di distribuzione, i valori richiesti di Y (altezza massima di pioggia di data durata per un assegnato tempo di ritorno TR) soddisfano la condizione per cui l'integrale, esteso tra Y e infinito di  $f(y)dy$  è uguale a  $1/TR$ , valore che rappresenta la probabilità che in un anno l'altezza massima di pioggia, di data durata, superi Y.

Per indirizzare la scelta del tipo di distribuzione, che meglio si adatta alla serie storica delle osservazioni, vengono calcolati i valori SQM e PROB.

Il primo rappresenta lo scarto quadratico medio degli scostamenti tra le distribuzioni teoriche e quelle osservate delle frequenze di non superamento (FCi - FC0).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC		Foglio 8 di 11

Il secondo rappresenta la probabilità, secondo il test di Kolmogorov-Smirnov, che la distribuzione teorica rappresenti adeguatamente quella osservata.

In particolare i valori  $Y_{mp}$  rappresentano le massime altezze di pioggia di diversa durata soddisfacenti la condizione di massima verosimiglianza.

I valori di  $a$  e  $n$  caratterizzanti la curva di possibilità climatica su ogni singola stazione di misura, funzione della durata per assegnato tempo di ritorno, sono riportati tabella 2.

Codice stazione	Denominazione	a_10	n_10	a_20	n_20	a_50	n_50	a_100	n_100	a_200	n_200	a_500	n_500
1564	ALESSANDRIA	28.59	0.293	32.80	0.290	38.12	0.285	42.18	0.282	46.23	0.279	51.57	0.276
1602	LAVEZZE-LAGO	57.42	0.453	65.55	0.453	76.08	0.454	83.96	0.454	91.81	0.454	102.18	0.454
1604	LAVAGNINA C.le	49.03	0.483	55.45	0.486	63.76	0.493	70.04	0.498	76.20	0.502	84.41	0.506
1605	GAVI C.LE	53.68	0.402	63.48	0.401	76.16	0.399	85.67	0.397	95.13	0.396	107.64	0.394
1617	VAL NOCI DIGA	56.00	0.406	62.83	0.408	71.68	0.413	78.31	0.415	84.89	0.417	93.63	0.420
1621	SCOFFERA	66.98	0.345	76.64	0.341	89.13	0.331	98.50	0.326	107.84	0.321	120.15	0.316
1629	ISOLA DEL CANTONE	45.08	0.393	52.05	0.391	61.08	0.387	67.84	0.384	74.56	0.382	83.46	0.380
1642	TORTONA	43.89	0.272	50.52	0.272	59.11	0.272	65.55	0.272	71.96	0.272	80.42	0.272
1649	MONTEMARZINO	32.38	0.331	37.53	0.331	44.19	0.331	49.20	0.331	54.18	0.331	60.74	0.331
1655	VARZI	37.30	0.285	42.57	0.284	49.39	0.282	54.50	0.281	59.58	0.280	66.31	0.278
1661	VOGHERA	38.84	0.233	44.91	0.231	52.89	0.222	58.87	0.217	64.83	0.213	72.45	0.211

Tabella 2 - Curve di possibilità climatica per piogge intense di durate superiori all'ora per tempi di ritorno 10,20,50,100,200,500 anni.

## 5.2. Regionalizzazione dei dati di pioggia

Le curve di possibilità climatica, definite sulla singola stazione di misura, danno una rappresentazione puntuale della legge caratteristica di pioggia; per ottenere la distribuzione della precipitazione sulla porzione di territorio ricompresa tra le stazioni strumentate considerate, si è operata una regionalizzazione dell'informazione intensa pluviometrica, mediante ragguaglio alla superficie dei parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di possibilità climatica, secondo una maglia costituita da un'area di dimensioni pari a 4 km<sup>2</sup>; l'operazione è stata eseguita utilizzando il metodo "KRIGING".

Tale procedura permette di definire in una qualsiasi area omogenea una altezza di pioggia per assegnati tempi di ritorno e durate.

## 5.3. Metodo razionale

La caratterizzazione idrologica di piena per un bacino idrografico viene eseguita ragguagliando il valore di pioggia intensa per prefissato tempo di ritorno assegnato allo stesso bacino e successivamente attraverso un metodo di correlazione afflussi - deflussi si calcola il valore della portata. In tali casi vengono attribuiti alle piene gli stessi tempi di ritorno delle precipitazioni che le hanno generate.

Tale metodo di correlazione afflussi-deflussi è basato sull'ipotesi che la portata massima in un bacino, dovuta a precipitazioni di intensità costante nel tempo, si ha per eventi di durata pari al tempo di corruzione  $t_c$  del bacino stesso e si verifica dopo il tempo  $t_c$  dall'inizio del fenomeno.

Il calcolo della portata avviene mediante l'applicazione della formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 9 di 11</span>

- S = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);  
 c = coefficiente di deflusso valutato in base a considerazioni di tipo generale;  
 h = altezza massima di precipitazione per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);  
 tc = tempo di corrivazione del bacino (ore).

#### Determinazione del tempo di corrivazione

Si è precedentemente osservata la necessità di valutare il tempo di corrivazione dei bacini in esame allo scopo di definire la durata critica dell'evento di pioggia da considerare nell'applicazione del metodo razionale, considerando come tempo minimo di corrivazione 10 minuti.

Le formule normalmente adottate per la stima di tale valore sono le seguenti:

- formula di Giandotti;
- formula di Pezzoli;
- formula di Ventura;
- formula di Horton-Viparelli;
- formula di Kirpich;
- formula di Pasini.

Esse necessitano, come dati di input, di alcuni valori relativi alle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche dei bacini definiti alle rispettive sezioni di chiusura, e più precisamente:

- |                                   |      |                     |
|-----------------------------------|------|---------------------|
| • superficie                      | S    | (km <sup>2</sup> ); |
| • altitudine massima              | Hmax | (m s.m.);           |
| • altitudine media                | Hmed | (m s.m.);           |
| • quota della sezione di chiusura | Hsez | (m s.m.);           |
| • lunghezza dell'asta principale  | L    | (km);               |
| • pendenza dell'asta principale   | i    | (m/m);              |
| • velocità di scorrimento         | v    | (m/s).              |

La pendenza dell'asta principale è stata determinata utilizzando la relazione del Fornari che permette la determinazione di tale parametro dal valore della pendenza dei singoli tratti, utilizzando la media pesata:

$$1i = (\sum_{k=1}^n \frac{L_k}{\sqrt{i_k}}) - 1 \cdot L$$

dove L<sub>k</sub> ed i<sub>k</sub> sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza dei singoli tratti omogenei in cui l'asta principale si considera divisa.

Vengono di seguito esposte le formule di calcolo del tempo di corrivazione (espresso in ore), per ognuno dei metodi adottati. I simboli indicati rappresentano le grandezze precedentemente elencate.

#### Formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot S^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_m - H_{sez})^{0.5}};$$

#### Formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055 \cdot \frac{L}{i^{0.5}};$$

#### Formula di Kirpich:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 10 di 11</span>

$$t_c = 0.066 \cdot L^{0.77} \cdot (1000 \cdot L / (H_{max} - H_{sez}))^{0.385} ;$$

Formula di Ventura:

$$t_c = 0.1272 \cdot (S / i)^{0.5} ;$$

Formula di Horton - Viparelli:

$$t_c = L / (v \cdot 3.6);$$

Formula di Pasini:

$$t_c = 0.108 \cdot (S \cdot L)^{1/3} / i^{0.5};$$

#### Determinazione del coefficiente di deflusso

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente delicata e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Esso ha un significato "sintetico", essendo mediato su tutto il comprensorio in esame: esprime globalmente il rapporto fra i deflussi, che attraversano la sezione di chiusura in un intervallo definito nel tempo, e gli afflussi meteorici.

Tale parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, adattandoli alle effettive caratteristiche del bacino in studio, anche in base all'esperienza.

Per la stima di tale parametro si devono tenere in conto i diversi fattori che influiscono sulla formazione dei deflussi, fra cui la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino e l'effetto di laminazione dell'intera rete idrica superficiale, la dimensione del bacino, la presenza di zone urbanizzate, ecc...

Il ruolo del tipo di suolo e della copertura vegetale nella formazione del deflusso superficiale per gli stati idrologici di piena, che si identificano con eventi di piovosità intensa, è duplice: riguarda, infatti, sia la funzione di trattenuta o intercettazione (coefficiente di deflusso), sia il controllo del tempo di concentrazione delle portate superficiali.

Gli studi disponibili, per altro in numero piuttosto limitato, indicano tutti che il valore di c in un dato bacino varia in misura elevata da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti. E' possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili. In qualche caso si assume che il valore di c cresca in funzione del tempo di ritorno dell'evento, supponendo in tal modo una risposta non lineare del bacino.

## **6. CORSI D'ACQUA INTERFERENTI: SINTESI DEI RISULTATI**

### Attraversamenti minori

La portata dei singoli attraversamenti è stata calcolata, con la formula razionale, di cui al par.5.3, utilizzando la curva di probabilità pluviometrica del pluviometro di Gavi, riportata dal PAI, per un periodo di ritorno pari a 200 anni, espressa nella forma  $h = 95.16 \cdot t^{0.395}$

I risultati del calcolo delle portate di progetto sono riportati sinteticamente in tabella dell'allegato A1 dove i corsi d'acqua sono riportati a partire da Voltaggio verso Gavi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC
	Foglio 11 di 11

Ponte sul Torrente Lemme in località Maddalena nel Comune di Gavi.

La portata di progetto da assumere nelle verifiche idrauliche è quella corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni.

La portata del t. Lemme e del t. Ardana in corrispondenza della loro confluenza sono state calcolate con la formula razionale utilizzando la curva di probabilità pluviometrica del pluviometro di Gavi, esplicitata al punto precedente.

Le caratteristiche dei due bacini sono:

- per il Torrente Lemme:
  - Superficie 68.1 km<sup>2</sup>
  - Lunghezza asta principale 15 km
  - Quota massima 1121 m slm
  - Quota media 594 m slm
  - Quota alla chiusura 220 m slm

da tali parametri il tempo di corrivazione risulta pertanto pari a 4.2 ore;

- per il Torrente Ardana:
  - Superficie 12.2 km<sup>2</sup>
  - Lunghezza asta principale 7 km
  - Quota massima 785 m slm
  - Quota media 459 m slm
  - Quota alla chiusura 220 m slm

da tali parametri il tempo di corrivazione risulta pertanto pari a 1.9 ore.

Le portate di progetto risultano pertanto pari a:

- t. Lemme a valle della confluenza con il t. Ardana      Q= 741 m<sup>3</sup>/s
- t. Lemme a monte della confluenza con il t. Ardana      Q= 628 m<sup>3</sup>/s
- t. Ardana a monte della confluenza con il t. Lemme      Q= 171 m<sup>3</sup>/s.

Le verifiche idrauliche globali sono state effettuate nella condizione più significativa di piena sul t. Lemme a valle della confluenza, con i seguenti valori di portata:

- t. Lemme a valle della confluenza con il t. Ardana      Q= 741 m<sup>3</sup>/s
- t. Lemme a monte della confluenza con il t. Ardana      Q= 628 m<sup>3</sup>/s
- t. Ardana a monte della confluenza con il t. Lemme      Q= 113 m<sup>3</sup>/s.

Per quanto concerne le verifiche idrauliche relative alle fasi di cantiere che prevedono lavorazioni in alveo sono stati determinati i valori di portata 20-ennale determinati con riferimento al pluviometro di Gavi (h = 63.48-t0.401) ottenendo i seguenti valori:

- t. Lemme a valle della confluenza con il t. Ardana      Q= 498 m<sup>3</sup>/s
- t. Lemme a monte della confluenza con il t. Ardana      Q= 422 m<sup>3</sup>/s
- t. Ardana a monte della confluenza con il t. Lemme      Q= 115 m<sup>3</sup>/s.

Anche in questo caso le verifiche idrauliche globali sono state effettuate nella condizione più significativa di piena sul t. Lemme a valle della confluenza, cui corrispondono i seguenti valori di portata 20-ennale:

- t. Lemme a valle della confluenza con il t. Ardana      Q= 498 m<sup>3</sup>/s
- t. Lemme a monte della confluenza con il t. Ardana      Q= 422 m<sup>3</sup>/s
- t. Ardana a monte della confluenza con il t. Lemme      Q= 76 m<sup>3</sup>/s.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC

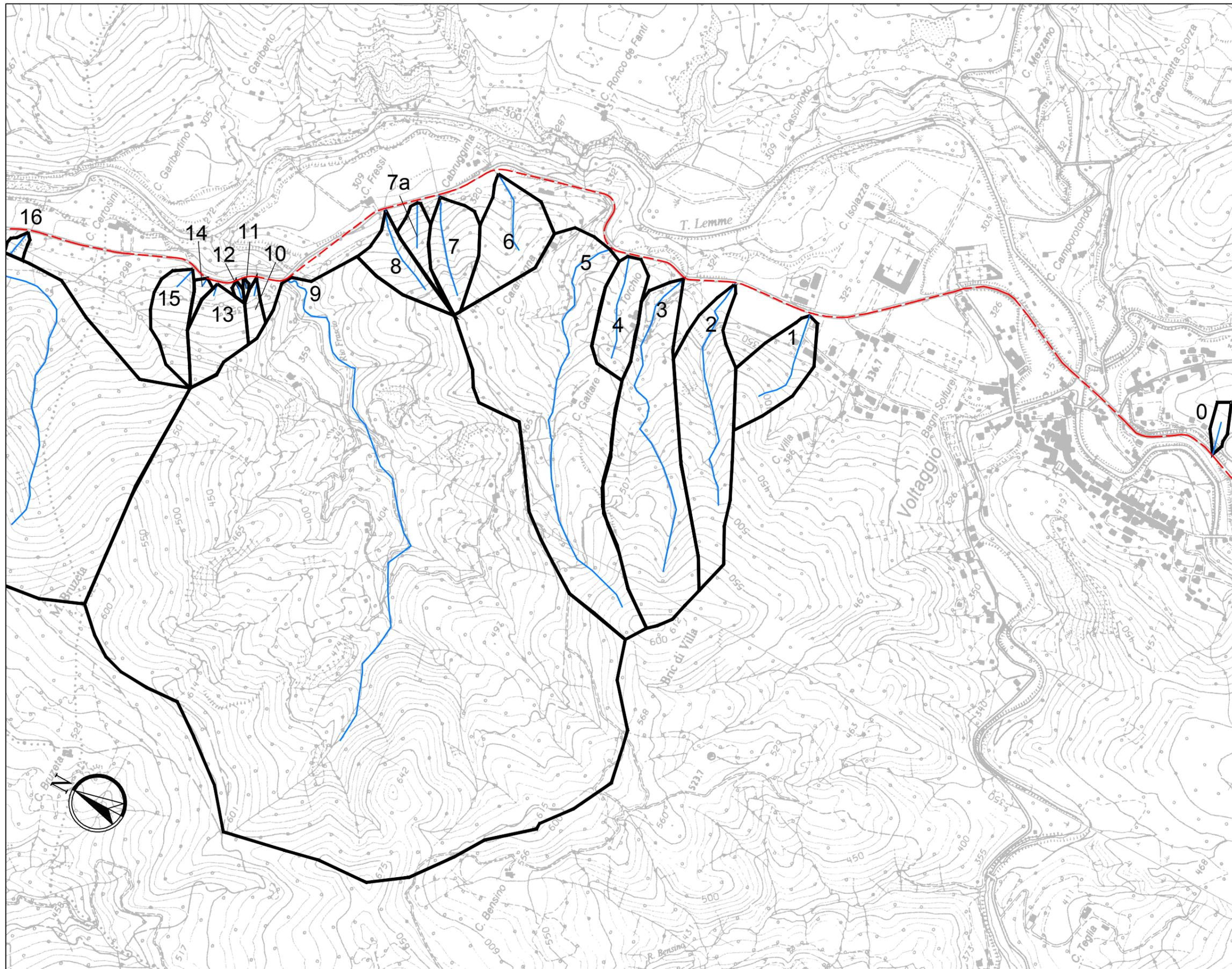
Foglio

**ALLEGATO A1**  
**PORTATE DI PROGETTO**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RG-NV15-0X-003-A00.DOC	Foglio

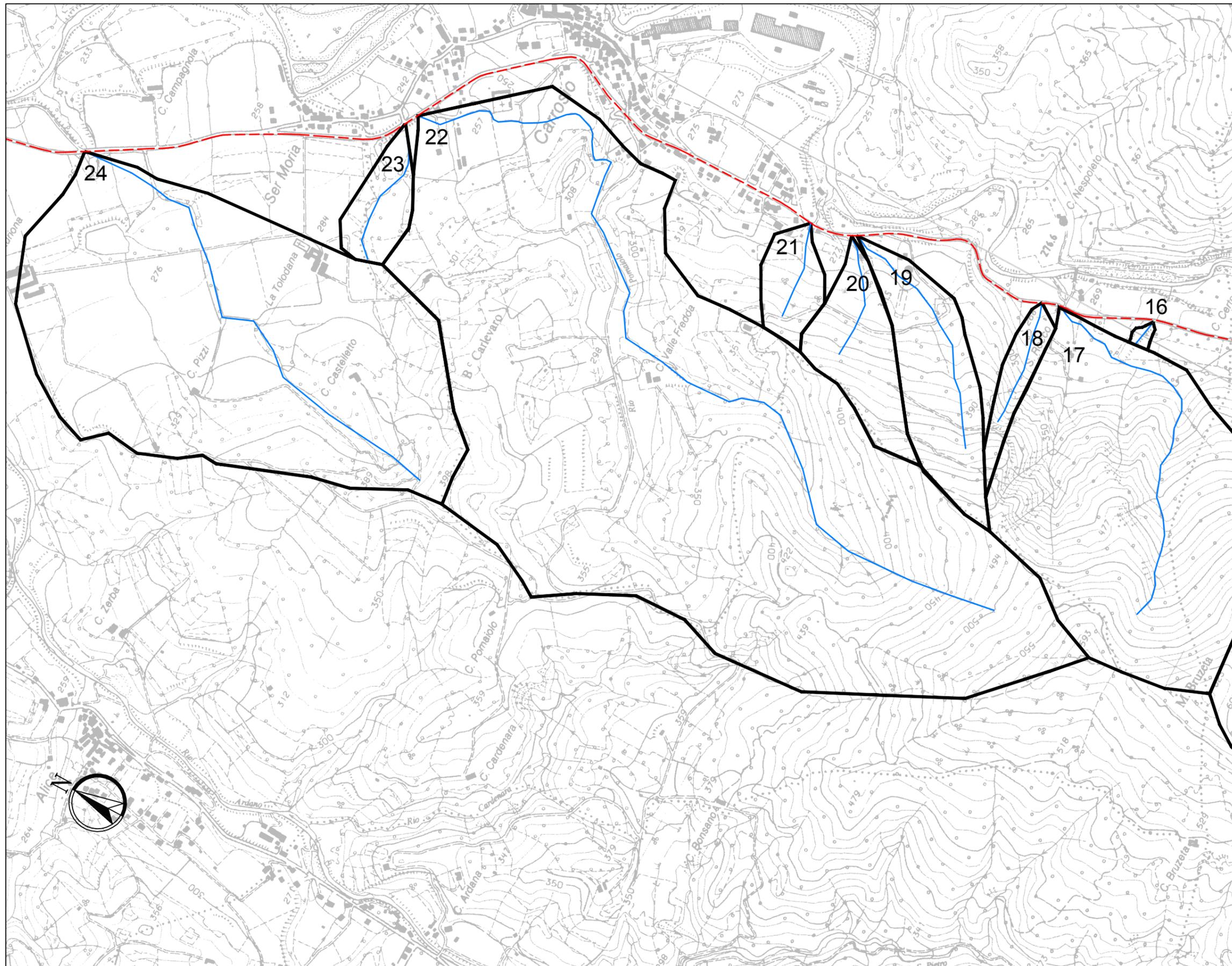
### ELENCO ELABORATI

- Corografia con indicazione dei bacini sottesi
- Portate di progetto



BACINO	AREA
0 (Privato)	0.50 ha
1 (Privato)	3.70 ha
2 (Privato)	8.50 ha
3 (Privato)	14.3 ha
4 (Privato)	3.0 ha
5 (Privato)	25.5 ha
6 (Privato)	4.2 ha
7 (Privato)	2.9 ha
7a (Privato)	1.2 ha
8 (Privato)	2.2 ha
9 Rio Frascio (Demaniale)	150.0 ha
10 (Privato)	0.5 ha
11 (Privato)	0.2 ha
12 (Privato)	0.2 ha
13 (Privato)	2.8 ha
14 (Privato)	0.3 ha
15 (Privato)	2.3 ha
16 (Privato)	0.3 ha
17 (Privato)	51.4 ha
18 (Privato)	3.0 ha
19 (Privato)	12.0 ha
20 (Privato)	8.3 ha
21 (Privato)	4.0 ha
22 Rio Pomaiolo (Privato)	145.0 ha
23 (Privato)	4.0 ha
24 (Privato)	71.0 ha

ADEGUAMENTO S.P.160 DI VAL LEMME  
 COROGRAFIA CON INDICAZIONE  
 BACINI SOTTESI 1/2  
 Scala 1:10000



BACINO	AREA
0 (Privato)	0.50 ha
1 (Privato)	3.70 ha
2 (Privato)	8.50 ha
3 (Privato)	14.3 ha
4 (Privato)	3.0 ha
5 (Privato)	25.5 ha
6 (Privato)	4.2 ha
7 (Privato)	2.9 ha
7a (Privato)	1.2 ha
8 (Privato)	2.2 ha
9 Rio Frascio (Demaniale)	150.0 ha
10 (Privato)	0.5 ha
11 (Privato)	0.2 ha
12 (Privato)	0.2 ha
13 (Privato)	2.8 ha
14 (Privato)	0.3 ha
15 (Privato)	2.3 ha
16 (Privato)	0.3 ha
17 (Privato)	51.4 ha
18 (Privato)	3.0 ha
19 (Privato)	12.0 ha
20 (Privato)	8.3 ha
21 (Privato)	4.0 ha
22 Rio Pomaiolo (Privato)	145.0 ha
23 (Privato)	4.0 ha
24 (Privato)	71.0 ha

ADEGUAMENTO S.P.160 DI VAL LEMME  
 COROGRAFIA CON INDICAZIONE  
 BACINI SOTTESI 2/2  
 Scala 1:10000

**Adeguamento SP 160 di Val Lemme**

**Tabella:**

**Portate di progetto attraversamenti minori**

Pluviometro di GAVI  
LSP

$h=a \cdot t^n$   
per T=200 anni a=95.16 n=0.395

Numero Attraversamento	Codifica Stradale	Sezione Stradale	Superficie drenata S [ha]	Lunghezza asta l [Km]	Tempo corrivazione tc [ore]	Portata progetto Q [m³/s]
0.0 Privato	M21	2A	0.5	0.1	0.25	0.25
1.0 Privato		2 - 3	3.7	0.3	0.25	1.82
2.0 Privato	T01	8	8.5	0.6	0.25	4.19
3.0 Privato		14	14.3	0.92	0.26	6.94
4.0 Privato	T02	21	3.0	0.3	0.25	1.48
5.0 Privato		22 - 23	25.5	1.15	0.32	10.83
6.0 Privato		38	4.2	1	0.28	1.94
7.0 Privato		43	2.9	0.2	0.25	1.43
7a Privato		45 - 46	1.2	0.3	0.25	0.59
8.0 Privato		46	2.2	0.3	0.25	1.08
9 - Rio Frascio Demaniale	P01	56	150.0	1.84	0.51	47.96
10.0 Privato		59	0.5	0.1	0.25	0.25
11.0 Privato	T03	61	0.2	0.1	0.25	0.10
12.0 Privato		62	0.2	0.1	0.25	0.10
13.0 Privato		66	2.8	0.1	0.25	1.38
14.0 Privato		67 - 68	0.3	0.1	0.25	0.15
15.0 Privato		69	2.3	0.1	0.25	1.13
16.0 Privato		80	0.3	0.1	0.25	0.15
17.0 Privato		86 - 87	51.4	1.2	0.33	21.27
18.0 Privato		88 - 89	3.0	0.35	0.25	1.48
19.0 Privato		109 - 110	12.0	0.67	0.25	5.91
20.0 Privato	P02	112	8.3	0.35	0.25	4.09
21.0 Privato		114 - 115	4.0	0.26	0.25	1.97
22 - Rio Pomaiolo Privato		150	145.0	2.4	0.67	39.49
23.0 Privato		152	4.0	0.5	0.25	1.97
24.0 Privato		173	71.0	1.3	0.36	28.00