

## SS38 "dello Stelvio" - Tangenziale Sud di Sondrio

**Nuovo attraversamento in viadotto della linea ferroviaria Sondrio-Tirano e nuove connessioni alla viabilità locale tra le Pk 40+000 e la Pk 40+700 nei Comuni di Sondrio e Montagna in Valtellina**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**COD. MI634**

PROGETTAZIONE:



PROGETTISTI:

*Ing. Stefano Monni*  
*Ordine Ing. Prato n. 155*

*Ing. Carlo Mazzetti*  
*Ordine Ing. Siena n. 1177*

*Dott. Luciano Luciani*  
*Dott. Sc. Forestali*

*Dott. Giulio Tona*  
*Ordine Agronomi e Forestali Firenze n. 1045*

*Ing. Michele Frizzarin*  
*Ordine Ing. Verona n. A4547*

**Il responsabile dell'integrazione tra le varie discipline specialistiche:**

*Ing. Stefano Monni*  
*Ordine Ing. Prato n. 155*

**Il coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:**

*Arch. Giorgio Salimbene*  
*Ordine Arch. Firenze n. 3997*

**Il geologo:**

*Dott. Geol. Pier Paolo Binazzi*  
*Ordine Geologi Toscana n. 130*

**VISTO Il responsabile del procedimento:**

*Ing. Giancarlo Luongo*

### IDROLOGIA E IDRAULICA

#### RETICOLO IDROGRAFICO

#### RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00ID01IDRRE01B.DOC			
DPMI0634	D 23	CODICE ELAB.	T00ID01IDRRE01	B	—
B	EMISSIONE PER INTEGRAZIONI VIA	GENNAIO 2024	E. LUCCHESI	S. MONNI	S. MONNI
A	EMISSIONE	AGOSTO 2023	E. LUCCHESI	C. MAZZETTI	S. MONNI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## Indice

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
3	ANALISI IDROLOGICA .....	5
3.1.1	Curve di probabilità pluviometrica.....	6
3.1.1.1	Torrente Davaglione .....	6
3.1.1.2	Idraulica di piattaforma.....	9
3.1.2	Determinazione della pioggia netta .....	12
3.1.3	Determinazione della portata liquida .....	14
3.1.4	Determinazione della portata solida .....	15

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato, nell’ambito della trattazione degli aspetti idrologico-idraulici del progetto in oggetto, affronta le tematiche idrologiche dell’opera in progetto. Verrà quindi trattata la determinazione delle altezze di pioggia alla base dei valori di portata che verranno poi adottati per la verifica degli elementi idraulici, affrontata negli altri elaborati di tipo idraulico.

In particolare, gli aspetti che vengono trattati sono la compatibilità idraulica dell’intervento nei confronti del reticolo idrografico principale e lo smaltimento delle acque di piattaforma, al fine di garantire l’ufficiosità delle strade in caso di eventi piovosi.

Si riporta in Figura 1 una pianta dell’attuale configurazione dello svincolo mentre in Figura 2 la configurazione di progetto.

Sono stati utilizzati i valori di pioggia estratti dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia mentre per la caratterizzazione idrologica del Bacino del Torrente Davaglione i dati riportati nel Sistema Informativo Bacini e Corsi d’Acqua (SIBCA) della Regione Lombardia.

In linea con le indicazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) è stata adottata la portata con tempo di ritorno duecentennale.

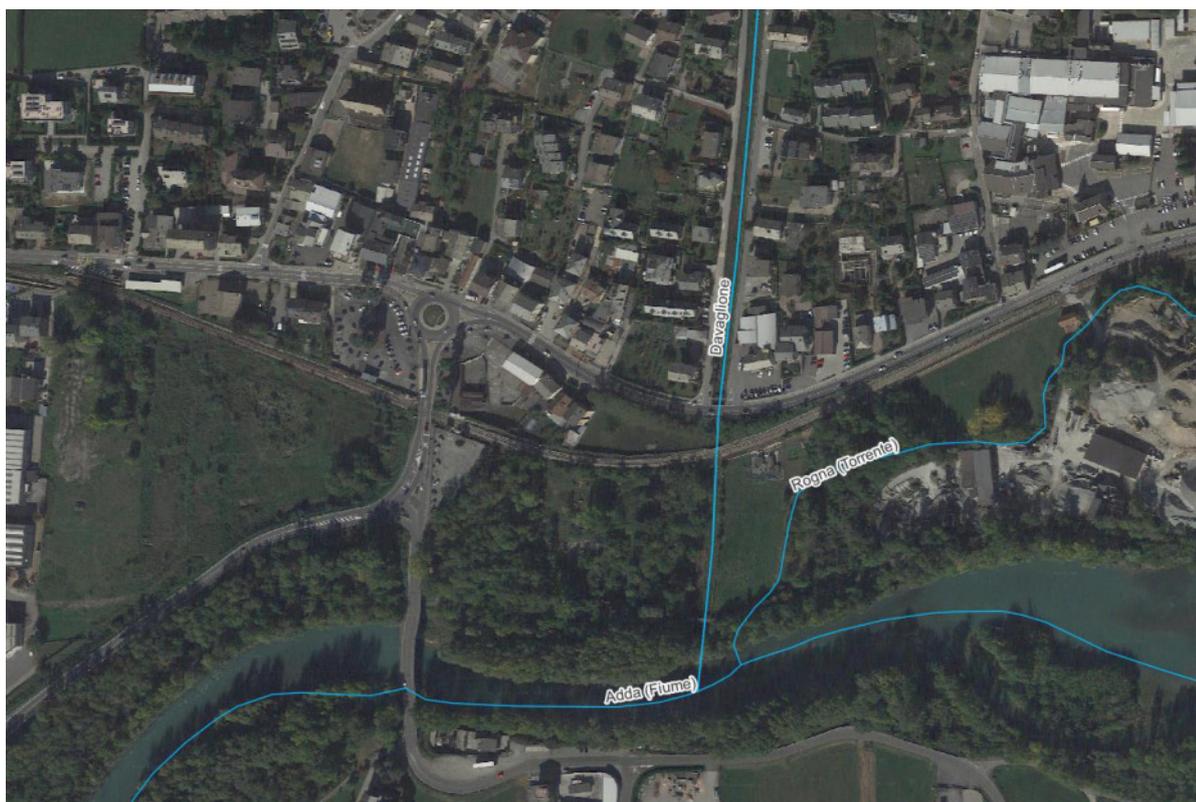


Figura 1 – SS 38 – Stato Attuale

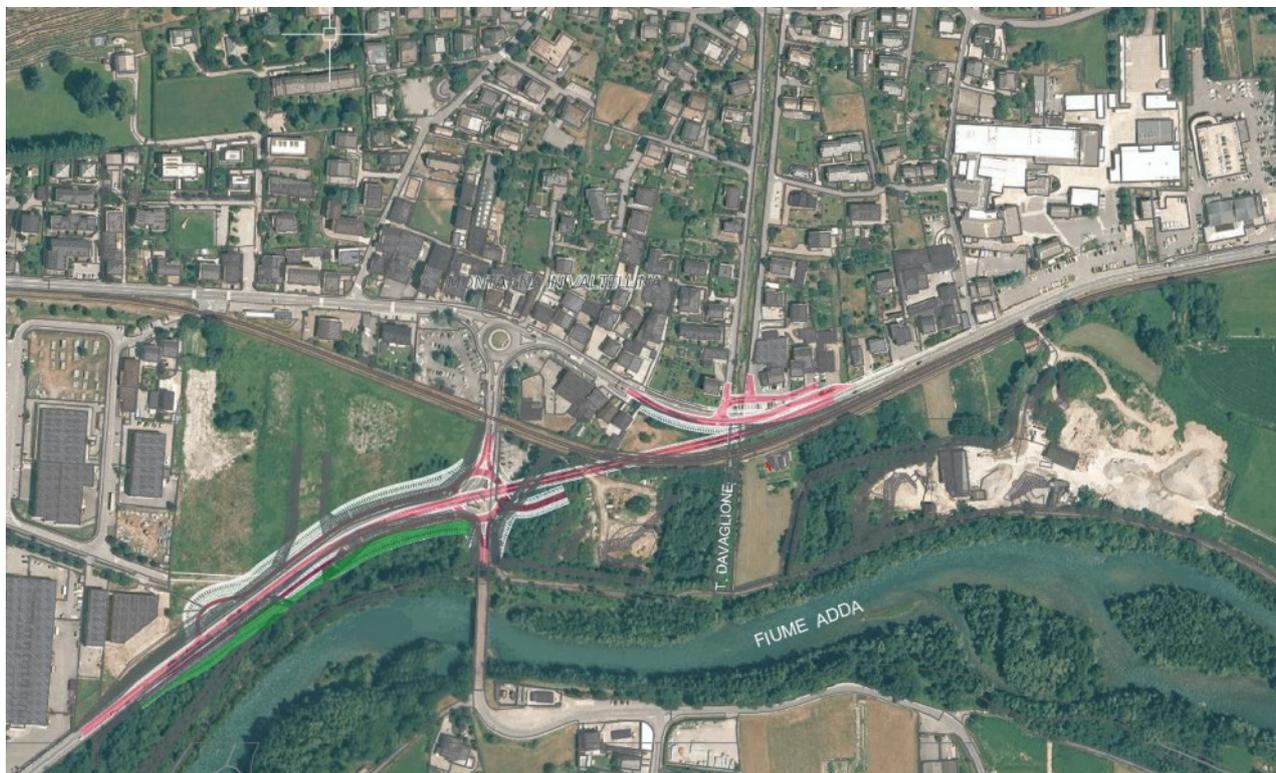


Figura 2 – SS 38 – Stato di Progetto

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riportano di seguito i riferimenti normativi alla base delle trattazioni successive:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC) e Circolare 21.01.2019 – “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni”;
- Deliberazione n. 5/2021 dell’Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po – “Il ciclo Piani di Gestione Rischio Alluvioni. I aggiornamento – Art. 14, comma 3 Direttiva 2007/60/CE. Adozione dell’aggiornamento del PGRI ai sensi del artt. 65 e 66 del D. Lgs. 2006”;
- Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007 relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni;
- Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 – “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”;
- Regio Decreto 25 luglio 1904, n.523 – “Testo unico sulle opere idrauliche”;
- Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della Legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”.

L’osservanza di tali riferimenti normativi è fondamentale all’ottenimento delle autorizzazioni al fine della compatibilità idraulica dell’opera e dell’invarianza idraulica dell’opera.

Gli Enti interessati sono la Regione Lombardia, il comune di Montagna di Valtellina e l’Autorità di Bacino del Fiume Po.

### 3 ANALISI IDROLOGICA

Il torrente Davaglione è un affluente destro del F. Adda il cui bacino si sviluppa interamente all'interno del territorio comunale di Montagna in Valtellina.

Si riporta in Figura 3 il bacino del Torrente, come individuato nel portale SIBCA con sezione di chiusura coincidente con l'apice del conoide. Infatti, nell'ultimo tratto il torrente è arginato quindi non riceve più contributi idrici a valle della sezione individuata.

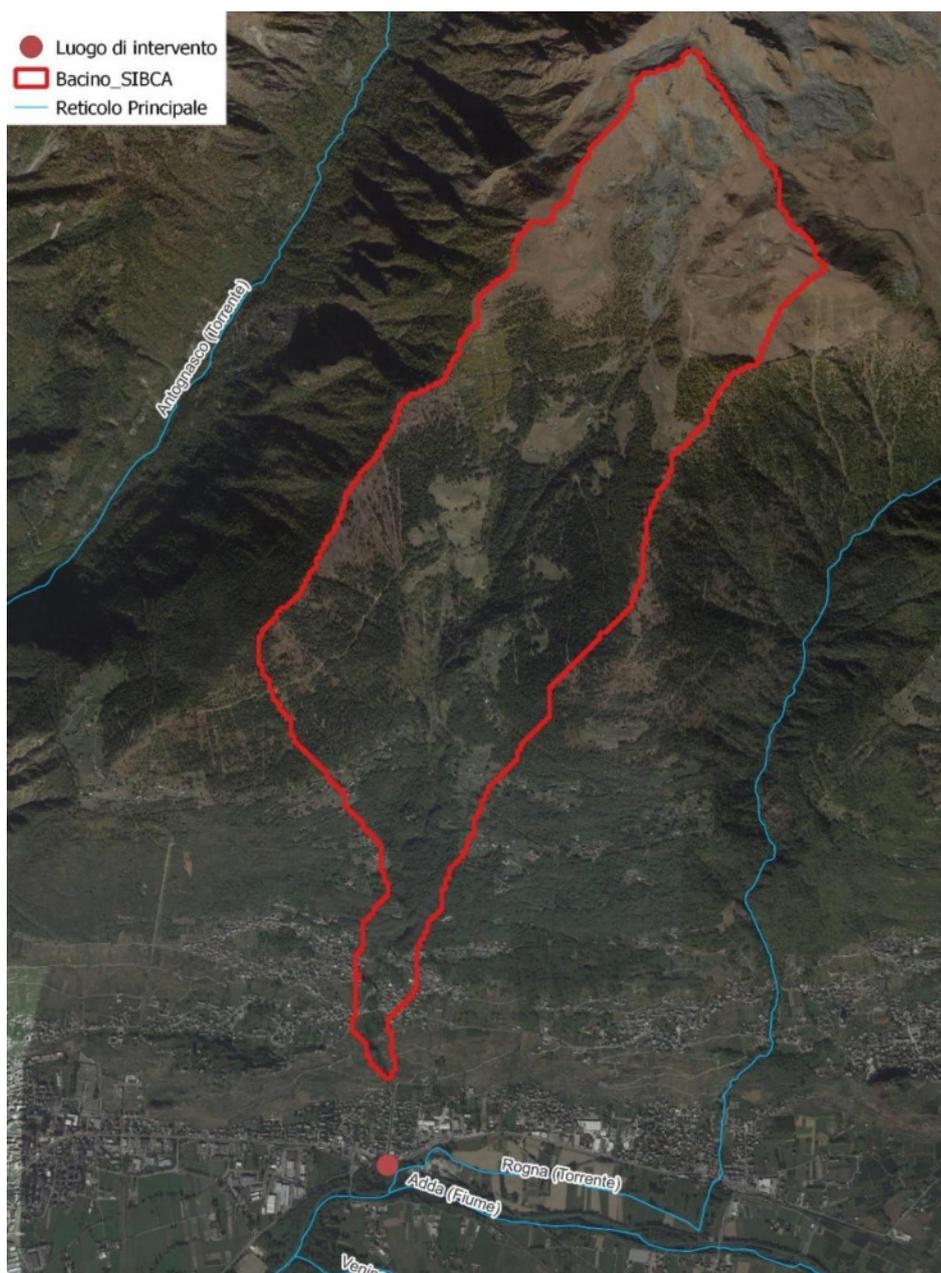


Figura 3 – Bacino del Torrente Davaglione

La sezione di chiusura si trova a quota 325 m s.l.m. e sottende un bacino di circa 6,5 km<sup>2</sup>, con spartiacque che raggiunge la quota massima di 2640 m s.l.m.

L'asta principale del torrente è caratterizzata da uno sviluppo di circa 6 km e da una pendenza media del 32%, mentre nel tratto di conoide è pari al 7% ridotta al 5% per la presenza di briglie distribuite lungo tutto il tratto regimato. A valle dell'attraversamento ferroviario si riscontra una diminuzione fino a circa il 4%.

### 3.1.1 CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

#### 3.1.1.1 Torrente Davaglione

Per la determinazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) si è fatto riferimento ai valori del Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia.

Le CPP della Regione Lombardia sono state schematizzate secondo la distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri (GEV) e ciascuno di questi 3 parametri è stato stimato mediante la tecnica operativa degli L-moments.

I valori dei parametri sono stati elaborati nell'ambito del progetto INTERREG IV/A STRADA operativo nel periodo 2007-2013 integrata con osservazioni recenti fino al 2011.

L'espressione valida a descrivere l'altezza di pioggia è la seguente:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

Dove:

- $a_1$  è il coefficiente pluviometrico orario;
- $T$  è il tempo di ritorno espresso in anni;
- $n$  è il coefficiente di scala;
- $D$  è la durata di pioggia espressa in ore.

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Nella quale  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  e  $K$  sono i parametri della distribuzione.

Per quanto riguarda i valori dei parametri caratteristici della distribuzione sono rese disponibili maglie di 1kmx1km con i valori puntuali. Pertanto, con l'utilizzo del software Qgis 3.26 è stato possibile determinare la media di ciascuno di questi valori per il bacino del Torrente Davaglione.

I valori ricavati e le altezze di pioggia per diverse durate e tempi di ritorno sono riportati in Figura 4, mentre in Figura 5 sono riportate le linee segnalatrici.

Per durate di pioggia minori dell'ora si è fatto riferimento, similmente a quanto indicato per lo smaltimento delle acque di piattaforma, ai coefficienti riduttivi delle piogge di durata minore dell'ora ricavati dall'elaborazione dei dati della stazione Milano – Monviso, riportati in Tabella 1.

Per lo svolgimento delle verifiche idrauliche del Torrente si è adottato l'evento con tempo di ritorno di 200 anni.



## Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Montagna in Valtellina

Coordinate: .....

Linea segnalatrice

Tempo di ritorno (anni)

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 19.897

N - Coefficiente di scala 0.432

GEV - parametro alpha 0.27

GEV - parametro kappa -0.168

GEV - parametro epsilon 0.761

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

[http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf)

### Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	200
wT	0.86307	1.22158	1.49941	1.80092	2.24946	2.63473	3.06627	<b>3.06627054</b>
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 200 anni
1	17.2	24.3	29.8	35.8	44.8	52.4	61.0	<b>61.0095848</b>
2	23.2	32.8	40.2	48.3	60.4	70.7	82.3	<b>82.3081855</b>
3	27.6	39.1	48.0	57.6	71.9	84.3	98.1	<b>98.0650946</b>
4	31.3	44.2	54.3	65.2	81.5	95.4	111.0	<b>111.042182</b>
5	34.4	48.7	59.8	71.8	89.7	105.1	122.3	<b>122.279347</b>
6	37.2	52.7	64.7	77.7	97.1	113.7	132.3	<b>132.299868</b>
7	39.8	56.3	69.1	83.1	103.7	121.5	141.4	<b>141.410098</b>
8	42.2	59.7	73.3	88.0	109.9	128.7	149.8	<b>149.807289</b>
9	44.4	62.8	77.1	92.6	115.6	135.4	157.6	<b>157.627081</b>
10	46.4	65.7	80.7	96.9	121.0	141.8	165.0	<b>164.967377</b>
11	48.4	68.5	84.1	101.0	126.1	147.7	171.9	<b>171.901517</b>
12	50.2	71.1	87.3	104.8	130.9	153.4	178.5	<b>178.486087</b>
13	52.0	73.6	90.4	108.5	135.5	158.8	184.8	<b>184.765805</b>
14	53.7	76.0	93.3	112.0	140.0	163.9	190.8	<b>190.776721</b>
15	55.3	78.3	96.1	115.4	144.2	168.9	196.5	<b>196.548391</b>
16	56.9	80.5	98.8	118.7	148.3	173.7	202.1	<b>202.105393</b>
17	58.4	82.7	101.5	121.9	152.2	178.3	207.5	<b>207.468422</b>
18	59.9	84.7	104.0	124.9	156.0	182.7	212.7	<b>212.655095</b>
19	61.3	86.7	106.4	127.9	159.7	187.0	217.7	<b>217.68055</b>
20	62.6	88.7	108.8	130.7	163.3	191.2	222.6	<b>222.557907</b>
21	64.0	90.6	111.1	133.5	166.7	195.3	227.3	<b>227.298623</b>
22	65.3	92.4	113.4	136.2	170.1	199.3	231.9	<b>231.912772</b>
23	66.5	94.2	115.6	138.9	173.4	203.1	236.4	<b>236.409266</b>
24	67.8	95.9	117.7	141.4	176.7	206.9	240.8	<b>240.796032</b>

Figura 4 – Valori delle piogge sul bacino del Torrente Davaglione

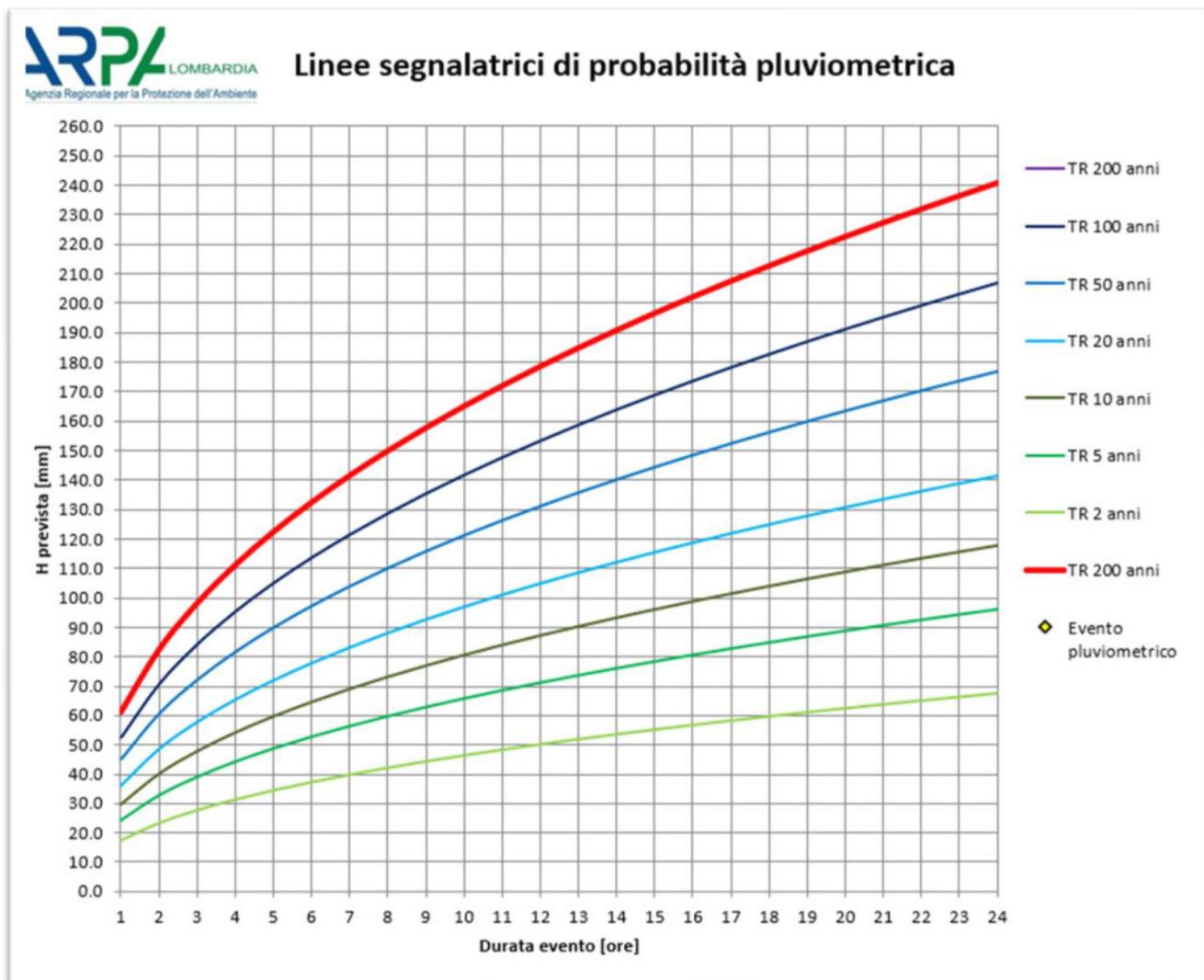


Figura 5 – Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Durata pioggia [min]	1	2	3	4	5	10	15	30	45
coefficiente	0.155	0.178	0.215	0.241	0.304	0.449	0.568	0.7	0.799

Tabella 1 – Coefficienti riduttivi delle piogge minori di un'ora del pluviografo Milano-Monviso

### 3.1.1.2 Idraulica di piattaforma

Per quanto riguarda la definizione delle CPP nei confronti del drenaggio delle acque di piattaforma è stato seguito lo stesso metodo utilizzato per il Torrente Davaglione, ma considerando come area di studio non il bacino del torrente ma la superficie interessata dal nuovo intervento.

I valori ricavati e le altezze di pioggia per diverse durate e tempi di ritorno sono riportati in Figura 6 , mentre in Figura 7 sono riportate le curve di probabilità pluviometrica per l'evento in progetto.

Visto che le durate di pioggia utili per questo tipo di verifica sono dell'ordine dei 5-10 minuti, per durate di pioggia minori dell'ora si è fatto riferimento, similmente a quanto indicato per lo smaltimento delle acque di piattaforma, ai coefficienti riduttivi delle piogge di durata minore dell'ora ricavati dall'elaborazione dei dati della stazione Milano – Monviso, riportati in Tabella 1.

Per lo svolgimento delle verifiche di smaltimento delle acque di piattaforma si è adottato l'evento con tempo di ritorno di 25 anni.



### Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Montagna in Valtellina*

Coordinate: .....

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni)

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 23.29

N - Coefficiente di scala 0.37

GEV - parametro alpha 0.3

GEV - parametro kappa -0.136

GEV - parametro epsilon 0.773

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

[http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf)

#### Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	25
wT	0.88574	1.27217	1.56282	1.87092	2.31725	2.69081	3.10000	1.97512664
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 25 anni
1	20.6	29.6	36.4	43.6	54.0	62.7	72.2	46.0006995
2	26.7	38.3	47.0	56.3	69.7	81.0	93.3	59.4491342
3	31.0	44.5	54.7	65.4	81.0	94.1	108.4	69.0715656
4	34.5	49.5	60.8	72.8	90.1	104.7	120.6	76.8292569
5	37.4	53.7	66.0	79.0	97.9	113.7	131.0	83.4417372
6	40.0	57.5	70.6	84.6	104.7	121.6	140.1	89.2648333
7	42.4	60.9	74.8	89.5	110.9	128.7	148.3	94.5041131
8	44.5	64.0	78.6	94.1	116.5	135.3	155.8	99.2905076
9	46.5	66.8	82.1	98.2	121.7	141.3	162.8	103.713231
10	48.4	69.5	85.3	102.1	126.5	146.9	169.3	107.836165
11	50.1	71.9	88.4	105.8	131.1	152.2	175.3	111.70683
12	51.7	74.3	91.3	109.3	135.3	157.2	181.1	115.36166
13	53.3	76.5	94.0	112.6	139.4	161.9	186.5	118.829283
14	54.8	78.7	96.6	115.7	143.3	166.4	191.7	122.132658
15	56.2	80.7	99.1	118.7	147.0	170.7	196.6	125.290517
16	57.5	82.6	101.5	121.5	150.5	174.8	201.4	128.318369
17	58.8	84.5	103.8	124.3	154.0	178.8	206.0	131.229217
18	60.1	86.3	106.1	127.0	157.3	182.6	210.4	134.034088
19	61.3	88.1	108.2	129.5	160.4	186.3	214.6	136.742422
20	62.5	89.8	110.3	132.0	163.5	189.9	218.7	139.362373
21	63.6	91.4	112.3	134.4	166.5	193.3	222.7	141.901039
22	64.7	93.0	114.2	136.7	169.4	196.7	226.6	144.364638
23	65.8	94.5	116.1	139.0	172.2	199.9	230.3	146.758659
24	66.9	96.0	118.0	141.2	174.9	203.1	234.0	149.087968

Figura 6 – Valori delle piogge sull'area di intervento



### Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

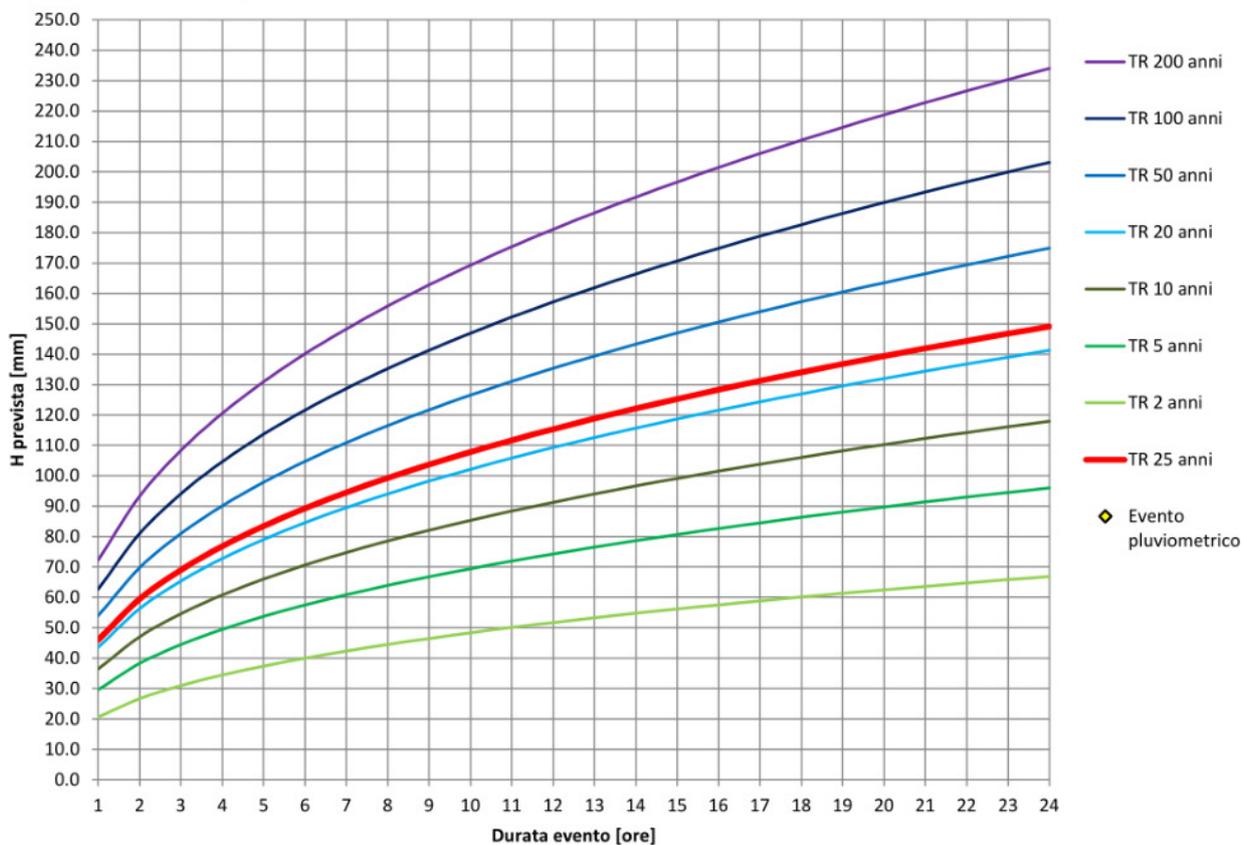


Figura 7 - Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per drenaggio di piattaforma

### 3.1.2 DETERMINAZIONE DELLA PIOGGIA NETTA

Per la determinazione della pioggia netta è stato adottato il metodo del Curve Number.

Il metodo Curve Number (CN) introdotto dal Soil Conservation Service (SCS), calcola istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre deflusso superficiale, in funzione del tipo di suolo, del suo uso e del suo grado di imbibizione.

Sotto l'aspetto litologico i suoli sono distinti in 4 gruppi indicati in Tabella 3-2.

In funzione quindi del tipo di utilizzazione del suolo, si deducono, per i terreni dei suddetti 4 gruppi, i valori dei parametri CN. Sulla base della litologia e dell'uso del suolo viene quindi ricavato il parametro CN nelle condizioni di media saturazione.

I valori del CN adottati sono quelli ricavabili dallo shapefile disponibile sul Geoportale di Arpa Lombardia redatto specificatamente per la zona della Valtellina. Lo shapefile ritagliato sul bacino, con i valori del CN per le varie zone è riportato in Figura 8. Il valore medio ottenuto per il CN a scala di bacino vale 79.

Il parametro CN consente quindi di calcolare l'altezza di pioggia netta  $h_n$  corrispondente a un'altezza di pioggia  $h$  mediante la seguente espressione:

$$h_n = \frac{(h - i_a)^2}{h - i_a + S}$$

dove:

- $S$  = capacità di imbibimento massima stimata per il bacino in [mm], la cui espressione è  $S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$ .
- $i_a$  = perdita iniziale [mm], posta pari a  $0.1 S$ ;

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di 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 che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

Tabella 3-2: Classificazione litologica dei suoli secondo il Soil Conservation Service (SCS)

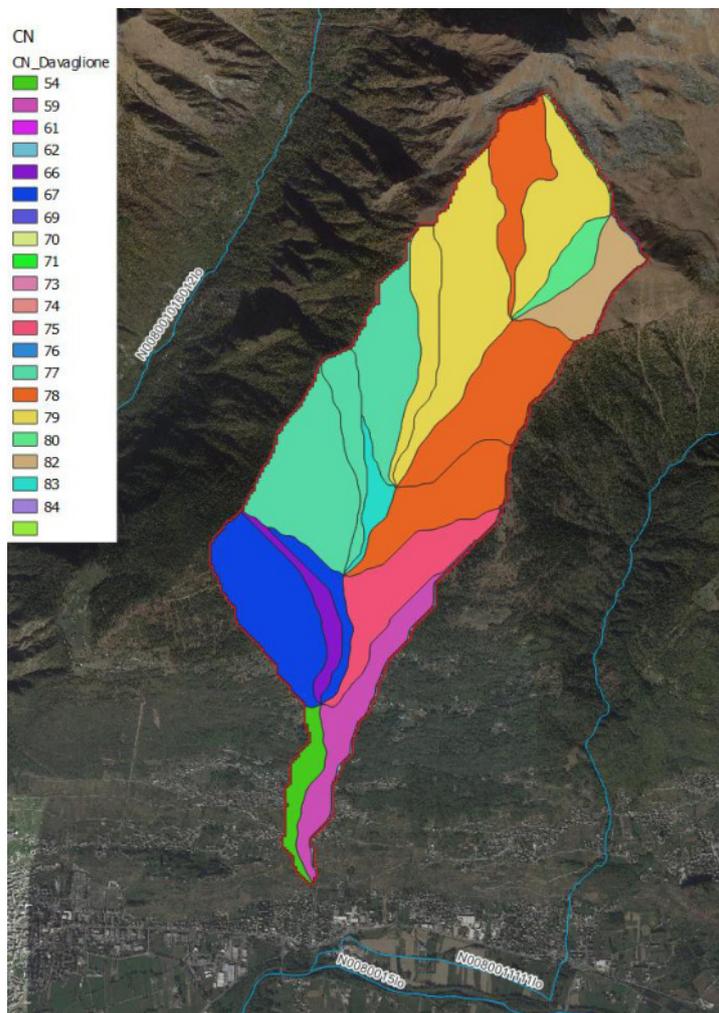


Figura 8 – Mappa del CN per il bacino del Torrente Davaglione

### 3.1.3 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA LIQUIDA

Per la determinazione della portata di piena è stato adottato il metodo razionale, vale a dire che si assume che la massima portata alla sezione di chiusura sia generata da un evento piovoso di durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

Questa assunzione è valida nel caso in cui l'intensità di pioggia sia costante nel tempo e nello spazio e le perdite costanti nel tempo.

La portata al colmo di un idrogramma di piena generato da una pioggia di intensità  $i$  (mm/ora) e di durata pari al tempo di corrivazione  $T_C$  del bacino, è data dalla relazione:

$$Q_l = h_n \cdot \left(\frac{A}{T_C}\right) / 3,6$$

Dove  $h_n$  è l'altezza di pioggia duecentennale riferita al tempo di corrivazione espressa in mm, A è l'area del bacino espressa in km<sup>2</sup> e  $T_C$  è il tempo di corrivazione espresso in ore.

Per quanto riguarda invece la stima del tempo di corrivazione, tale valore è stato ricavato dalle informazioni riportate nello shapefile del bacino del Davaglione, fornito dal SIBCA, e pari a 0.668 ore vale a dire 40 minuti circa.

Per il calcolo dell'altezza di pioggia riferita a questa durata si è fatto riferimento ai valori dei coefficienti riduttivi per piogge di durata minori dell'ora del pluviografo Milano-Monviso, da cui si è ricavato un coefficiente pari a 0.733 riferito alla pioggia oraria.

Questo valore è stato determinato attraverso un'interpolazione logaritmica dei valori del coefficiente corrispondenti alle diverse durate di pioggia.

Si riportano in Tabella 3 i valori dei parametri determinanti la portata.

$T_C$ (min)	h [mm]	$h_n$ [mm]	A [kmQ]	$Q_l$ (m <sup>3</sup> /s)
40	44.75	13.68	6.59	37.52

Tabella 3 – Dati riepilogativi della Portata

Con questi dati si ottiene un valore di portata **liquida** pari a **37.52** mc/s.

### 3.1.4 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA SOLIDA

In aggiunta alla portata liquida, è stata elaborata una stima di quella solida in modo da considerare l'aumento della portata durante l'evento di piena dovuto al trasporto di particelle solide. La portata determinata in questo paragrafo è stata utilizzata, aggiungendola a quella liquida determinata nel paragrafo precedente, per effettuare le verifiche di compatibilità.

In base alle risultanze delle campagne di indagini effettuate nella zona è stato riscontrato un diametro medio dei grani ( $D_{50}$ ) per lo strato superficiale del conoide del Davaglione pari a 0.01 m, quindi 1 cm.

Per la stima della portata solida è stata utilizzata l'espressione di Shields:

$$\frac{q_s}{q} = 10 \frac{\tau - \tau_c}{\tau_c} \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_s - \gamma_w} \cdot i \cdot \phi(Re^*)$$

Nella quale:

- $Q_s$  è la portata solida in kg/s;
- $Q$  è la portata liquida in kg/s;
- $\tau$  la tensione tangenziale della corrente nella sezione di riferimento in N/mq;
- $\tau_c$  la tensione tangenziale critica nella sezione di riferimento in N/mq;
- $\gamma_w$  la densità dell'acqua, vale a dire 10 000 N/mc;
- $\gamma_s$  la densità del materiale trasportato, vale a dire 26 000 N/mc;
- $i$  la pendenza nel tratto interessato (vale a dire 4.5%);
- $\Phi$  coefficiente di Shields, dipendente dal Reynolds relativo alla velocità di attrito, come riportato in Figura 9.

L'espressione adottata per  $\tau$  è la seguente:

$$\tau = \gamma_w \cdot R_H \cdot i$$

In cui  $R_H$  è il raggio idraulico della sezione.

Infine, l'espressione di  $\tau_c$  è la seguente:

$$\tau_c = 0.06 \cdot (\gamma_w - \gamma) d_{50}$$

Si riportano, in Tabella 4 i risultati ottenuti applicando questa metodologia. In particolare, risulta che, il trasporto solido della portata con tempo di ritorno pari a 200 anni è di 7.76 mc/s. Pertanto, sommando questo valore con la portata liquida, si ottiene una portata totale pari a 45.26 mc/s. Tale portata, per tempo di ritorno pari a 200 anni, tiene quindi conto del trasporto solido che viene convogliato dal Davaglione ed è il valore considerato nella verifica di compatibilità dell'opera.

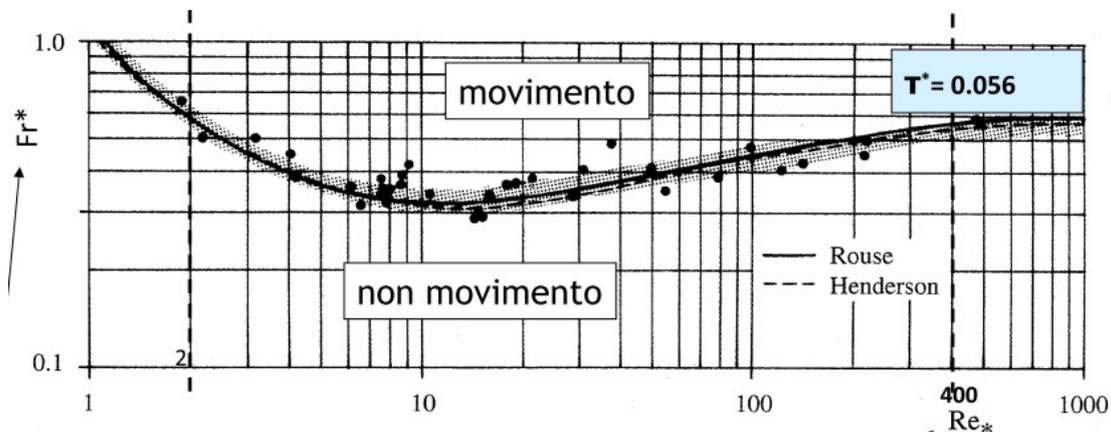


Figura 9 – Curva di Shields

$\gamma_w$	10000	N/mc
$\gamma_s$	26000	N/mc
d	0.0100	m
base minore	7.5	m
altezza	1	m
b/h	7.5	-
Pendenza sponde	0.0	-
B	7.50	m
Atr.	7.50	mq
PBtr	7.50	m
Rh	0.75	m
i	0.045	m/m
$\tau_0$	337.50	N/m <sup>2</sup>
$\tau_{cr}$	9.60	N/m <sup>2</sup>
$v^*$	0.10	
Re	979.80	
$\phi'$	0.056	
q	37.5	mc/s
Portata liquida q	37500	kg/s
qs/q	0.54	kg/kg
qs	20173.54	ks/s
Portata solida qs	7.76	mc/s

Tabella 4: Calcoli per la portata solida nella sezione di chiusura