

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO

APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO

NUOVE VIABILITA'

Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)

Relazione di smaltimento idraulico

SCALA:

-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

N B 1 R    0 8    D    2 6    R I    N V 0 2 0 0    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Serrau <i>F. Serrau</i>	Marzo 2020	S. Scafa <i>S. Scafa</i>	Marzo 2020	M. Berlingieri <i>M. Berlingieri</i>	Marzo 2020	

File:

n. Elab.:

Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	2 di 31

## Sommario

1	PREMESSA.....	3
1.1	DOCUMENTI CORRELATI.....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA .....	7
3.1	PAI - ADB Po.....	7
3.2	PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO.....	9
3.3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA .....	11
4	VALORI CURVE POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA .....	13
5	DRENAGGIO DI PIATTAFORMA .....	14
5.1	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.....	14
5.2	DIMENSIONAMENTO DEI SINGOLI ELEMENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO .....	17
5.2.1	<i>Stima delle portate di piena.....</i>	<i>17</i>
5.2.2	<i>Collettori e fossi di guardia.....</i>	<i>18</i>
6	TRATTAMENTO DI PRIMA PIOGGIA .....	20
7	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO .....	21
8	INVARIANZA IDRAULICA .....	23
8.1	MANUFATTI DI CONTROLLO.....	24
9	TABULATI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO .....	26
9.1	DRENAGGIO DI PIATTAFORMA STRADALE .....	26
9.2	COMPATIBILITÀ IDRAULICA .....	28
9.2.1	<i>Verifica fosso in terra FT01 .....</i>	<i>28</i>
9.2.2	<i>Dimensionamento area di laminazione .....</i>	<i>30</i>

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	08	D.26 RI	NV_0200.001	A	3 di 31

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione del Progetto Definitivo del corpo stradale ferroviario, planimetrie di tracciato, inquadramento schematico delle opere lungo linea e relative sezioni tipologiche connesso alla realizzazione del raddoppio della ferrovia Ponte San Pietro – Bergamo (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Inquadramento planimetrico.

Scopo della presente relazione è il dimensionamento idraulico dei manufatti atti al collettamento ed allo smaltimento delle acque di drenaggio della viabilità di nuova edificazione denominata NV02 – Nuovo sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello).

La protezione delle viabilità dalle acque meteoriche zenitali e da quelle che nel naturale deflusso superficiale vengono ad interessare il corpo stradale richiede la realizzazione sistematica di manufatti di raccolta e convogliamento verso le canalizzazioni di smaltimento ai lati della viabilità di progetto.

In questa relazione non vengono esposti i criteri che portano alla definizione degli eventi pluviometrici critici considerati per il dimensionamento dei manufatti per la quale si rimanda alla Relazione Idrologica (elaborato NB1R00D26RHID0001001A), ma si tratta solo il dimensionamento idraulico della rete di drenaggio.

La progettazione è stata svolta sulla base del metodo di calcolo scelto per il dimensionamento del sistema di drenaggio e delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI in riferimento alla portata di progetto, le quali recano le seguenti disposizioni:

d) Rete smaltimento acque meteoriche nuova viabilità:

- nuova viabilità  $Tr = 25$  anni.
- Impianti di sollevamento  $Tr = 25$  anni.

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	08	D 26 RI	NV 0200.001	A	4 di 31

## 1.1 DOCUMENTI CORRELATI

I documenti associati alla presente Relazione sono:

IDRAULICA DI SEDE																
	Relazione idrologica	NB1R	0	0	D	26	RH	ID	0	0	0	1	001	A		
	Corografia di bacini	NB1R	0	0	D	26	C4	ID	0	0	0	1	001	A		
	Inquadramento PAI/PRGA	NB1R	0	0	D	26	C4	ID	0	0	0	1	002	A		
	Opere tipologiche smaltimento acque di sede	NB1R	0	0	D	26	BZ	ID	0	0	0	2	001	A		
	Opere tipologiche smaltimento acque - Viabilità	NB1R	0	0	D	26	BZ	ID	0	0	0	2	002	A		
<b>NUOVE VIABILITA'</b>																
<b>NV02</b>	<b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>															
	Relazione tecnica	NB1R	0	8	D	26	RG	NV	0	2	0	0	001	A		
	Planimetria di progetto e tracciamento	NB1R	0	8	D	26	P7	NV	0	2	0	0	001	A		
	Profilo longitudinale	NB1R	0	8	D	26	F7	NV	0	2	0	0	001	A		
	Planimetria di segnaletica e barriere di sicurezza	NB1R	0	8	D	26	P7	NV	0	2	0	0	002	A		
	Sezioni tipo e dettagli	NB1R	0	8	D	26	WB	NV	0	2	0	0	001	A		
	Sezioni trasversali Tav. 1/2	NB1R	0	8	D	26	W9	NV	0	2	0	0	001	A		
	Sezioni trasversali Tav. 2/2	NB1R	0	8	D	26	W9	NV	0	2	0	0	002	A		
	Planimetria di smaltimento idraulico	NB1R	0	8	D	26	P8	NV	0	2	0	0	001	A		

	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	5 di 31

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale;
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato;
- PAI - 1. Relazione Generale;
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni;
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Alpi Orientali (P.G.R.A. 03/03/2016);
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento;
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici;
- Dm Ambiente 6 novembre 2003, n. 367. Dlgs 152/1999 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose;
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue;
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee;
- Dpr 24 maggio 1988, n. 236. Qualità delle acque destinate al consumo umano.

Il progetto in essere considera inoltre:

Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	6 di 31

- “Linee Generali di Assetto Idraulico e idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dell’Adda Sottolacuale” dell’Autorità di bacino del Fiume Po.
- UNI EN 12056-3 “Sistemi di scarico funzionanti a gravità all’interno degli edifici - Sistemi per l’evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo”.
- Regolamento Regionale 19 aprile 2019 , n. 8 Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al 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').

	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	7 di 31

### 3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

L'analisi idraulica deve considerare gli strumenti di pianificazione territoriale ed in particolare i piani di settore di riferimento della zona in esame. Gli strumenti legislativi a cui fare riferimento sono i seguenti:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

Gli interventi in progetto ricadono nel bacino idrografico "Adda sublacuale" ricadente nell'area di giurisdizione del distretto idrografico Padano.

#### 3.1 Pai - AdB Po

I vincoli d'uso del territorio e le direttive in materia di progettazione di opere idrauliche, sono contenute nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla stessa Autorità di Bacino e approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

Il "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" rappresenta l'atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante di due strumenti di pianificazione precedentemente approvati, ovvero il "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione", realizzato a seguito della piena del novembre 1994 e il "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali" (PSFF), relativo alla rete idrografica principale del sottobacino del Po sotteso alla confluenza del Tanaro (territorio della Regione Piemonte e Valle d'Aosta) e, per la restante parte del bacino, all'asta del Po e agli affluenti emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati.

Sulla base del PAI, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo, costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto della seguente articolazione in fasce:

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	08	D.26 RI	NV_0200.001	A	8 di 31

- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Uno schema esplicativo della definizione delle fasce fluviali è riportato in Figura 3.2

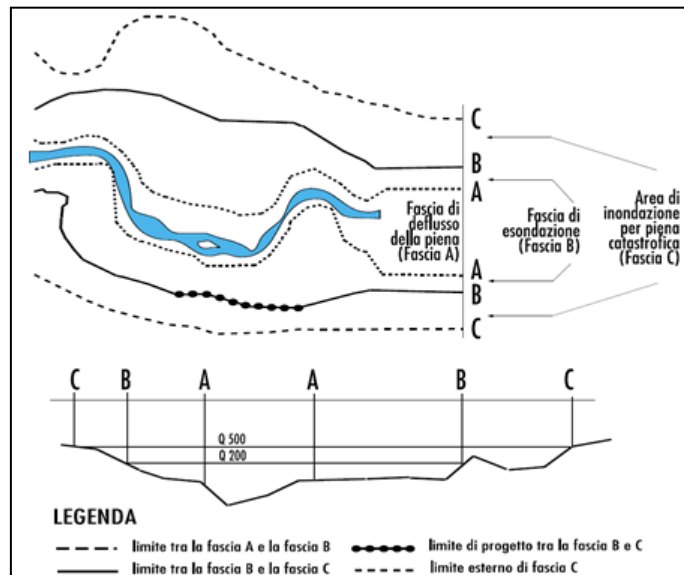


Figura 3.1 - Schema per la delimitazione delle fasce fluviali.

Le fasce fluviali sono state delimitate in funzione dei principali elementi dell'alveo che ne determinano la connotazione fisica: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali e ambientali. L'individuazione delle fasce rappresenta l'assetto di progetto di ciascuno dei corsi d'acqua, determinando i caratteri idraulici dell'alveo in condizioni di piena e le modalità di uso della regione fluviale dalle stesse perimetrata.

In base alla tavola di delimitazione delle fasce fluviali allegata al PAI, di cui in Figura 3.2 si riporta lo stralcio planimetrico delle aree interessate, le viabilità (NV02, NV03) in progetto risultano esterne ai limiti definiti dalle fasce fluviali.





Figura 3.2 - Stralcio planimetrico di delimitazione delle fasce fluviali AdBPo.

### 3.2 Pgra – Distretto Idrografico Padano

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D.Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti, della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. In particolare, il PGRA dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

La rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

- Reticolo principale (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	10 di 31

- Aree costiere marine (ACM);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento, come riportato in Tabella 3.1.

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

Tabella 3.1 - Scenari di inondazione PGRA.

Le condizioni di pericolosità dell'area d'interesse sono riportate nella Figura 3.3, rappresentante un estratto della carta della pericolosità da alluvione dedotta dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) e riportata nell'elaborato NB1R00D26C4ID0001002A, "Inquadramento PAI/PRGA".

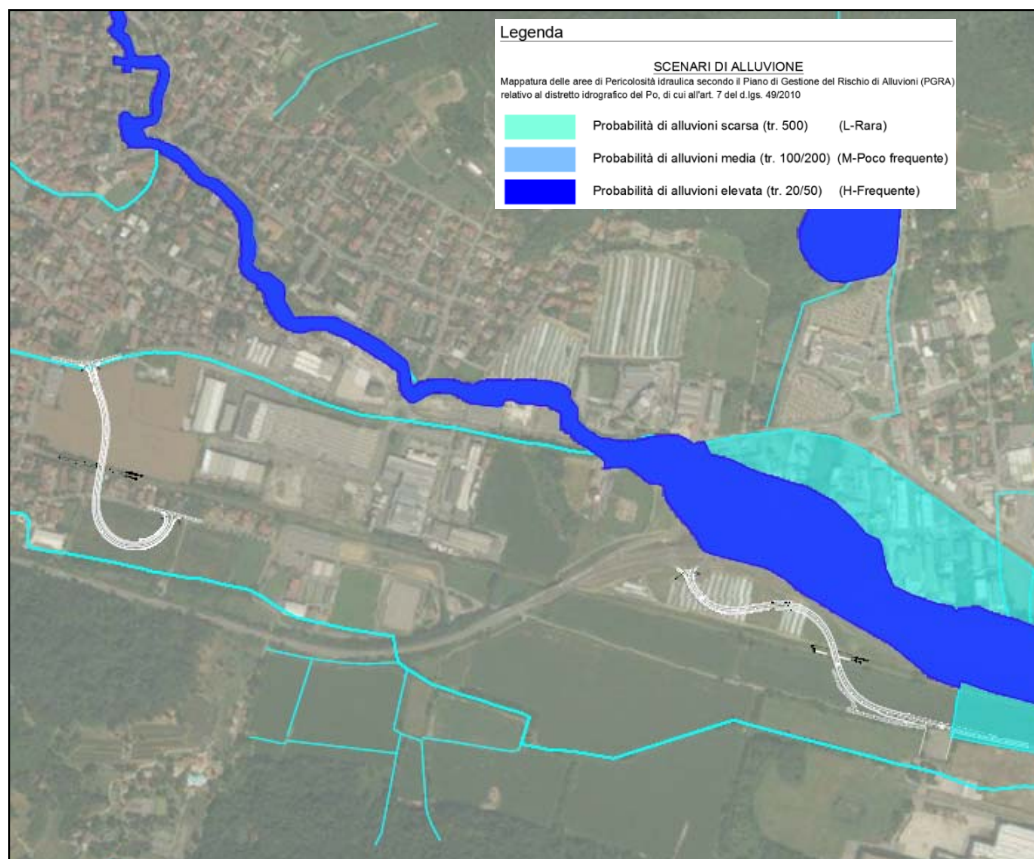


Figura 3.3 - Stralcio planimetria PGRA.

In base alla tavola di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PGRA del Distretto Padano, la viabilità NV02 risulta completamente esterna alle aree di esondazione attualmente in vigore mentre la viabilità NV03 risulta adiacente ad una zona classificata come RSCM con probabilità di alluvione scarsa (P1). Considerando la morfologia del terreno dell'area di interesse e la livelletta stradale in progetto si può affermare che tale area di esondazione non possa influenzare in alcun modo la viabilità NV03.

### 3.3 Compatibilità idraulica

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto non ricade nelle fasce fluviali ai sensi del PAI e nelle aree di esondazione delimitate dal PGRA.

Le viabilità in progetto, inoltre, sono interventi di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Po.

	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>				
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 08	CODIFICA D.26 RI	DOCUMENTO NV_0200.001

**Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico**

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.
3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.

Le opere in progetto sono opere di interesse pubblico che non comportano una riduzione della capacità di invaso e soprattutto sono opere non delocalizzabili.

A valle delle indicazioni da normativa si può affermare che gli interventi in oggetto non costituiscono significativo ostacolo al deflusso, non pregiudicano la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area, assicurano il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e la sicurezza delle opere di difesa esistenti e non producono effetti né in termini di modifica di deflussi idrici, né in termini di squilibrio degli attuali bilanci della risorsa idrica (prelievi e scarichi), risultando interventi idraulicamente compatibili.

#### 4 VALORI CURVE POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Per la definizione delle portate transitanti nei sistemi di drenaggio si utilizza il metodo cinematico, a partire dalle leggi statistiche di possibilità pluviometrica relative ad un tempo di ritorno pari a 25 anni per la piattaforma stradale, 50 anni per il dimensionamento delle opere di laminazione o infiltrazione, 100 anni per la verifica di sicurezza delle opere di laminazione o infiltrazione già dimensionate a 50 anni.

I parametri caratteristici delle curve sono ottenuti seguendo l'analisi riportata nella relazione idrologica annessa (NB1R00D26RHID0001001A).

In tale relazione vengono riportate le leggi di possibilità pluviometrica maggiormente rappresentative dell'area in progetto, valide per tempi di pioggia inferiori l'ora per il drenaggio e superiori all'ora per le analisi di invarianza idraulica.

Per l'area oggetto d'intervento, con riferimento a tempi di ritorno di 25, 50 e 100 anni, secondo lo studio di Arpa Lombardia e con l'applicazione del metodi di Bell, si ottengono i seguenti valori per  $a_1 * w_T$  ed  $n$  e le seguenti leggi di probabilità pluviometrica per precipitazioni di durata superiore all'ora:

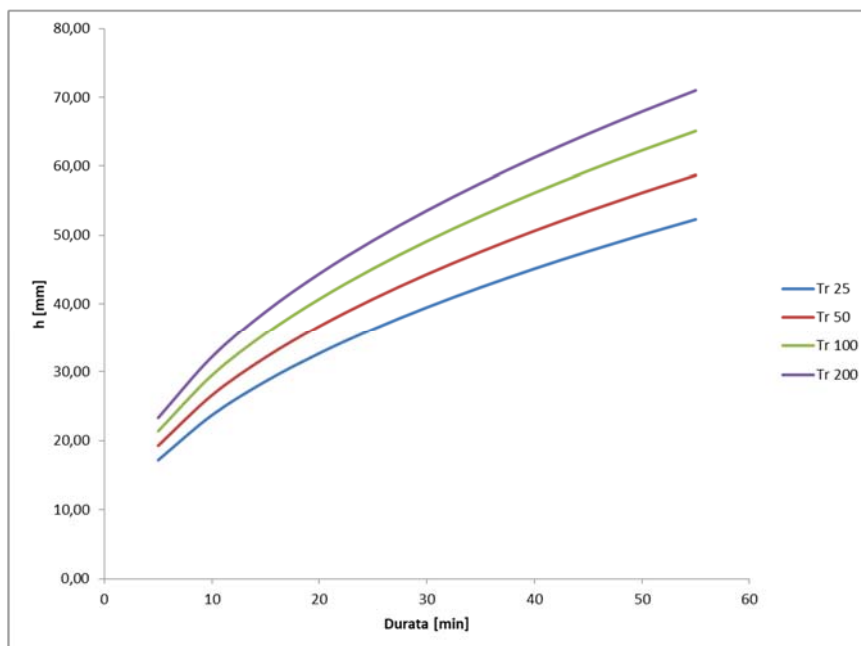


Figura 4.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora.

	t ≤ 1 ora			t > 1ora		
	Tr 25	Tr 50	Tr 100	Tr 25	Tr 50	Tr 100
<b>a1</b>	29.63			29.63		
<b>n</b>	0.464			0.2936		
<b>wT</b>	1.793426	2.010056	2.21575	1.793426	2.010056	2.21575

Tabella 2 - Parametri LSP di progetto viabilità NV02, NV03.

## 5 DRENAGGIO DI PIATTAFORMA

### 5.1 Descrizione del sistema di drenaggio

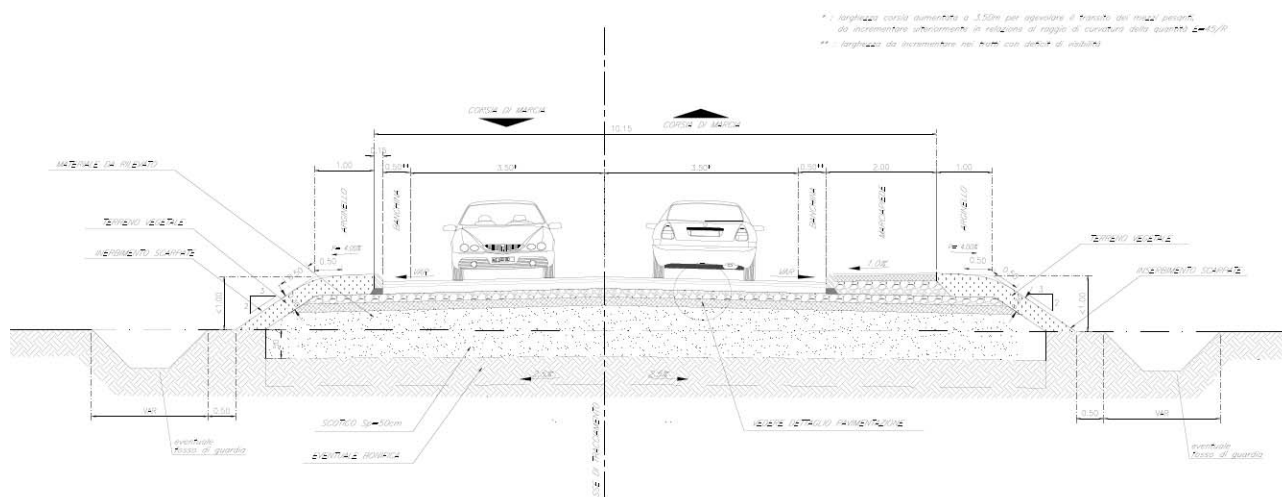
Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito.

La viabilità di progetto è riconducibile alle seguenti tipologie:

- Viabilità in rilevato;
- Viabilità in sottopasso.

#### Viabilità in rilevato

Lo schema di raccolta e smaltimento delle acque defluenti dalla sede stradale verranno raccolte ai margini della piattaforma sulla banchina; a determinati intervalli l'elemento marginale sarà interrotto e tramite l'utilizzo di embrici in CA, passo 15 m, le acque saranno convogliate all'interno dei fossi di guardia che si trovano ai piedi del rilevato, per il lato della carreggiata sprovvisto di marciapiede, mentre saranno raccolte con caditoie con scarico puntuale nel fosso di guardia al piede, nel caso di presenza di marciapiede. I fossi di guardia saranno in terra aventi larghezza del fondo minima pari a 0.5 m e scarpa pari a 1/1; l'altezza minima sarà di 0.5m, e comunque variabile in ragione dell'andamento del terreno circostante. Localmente le dimensioni di tali elementi potranno variare in base alla portata di progetto in arrivo.



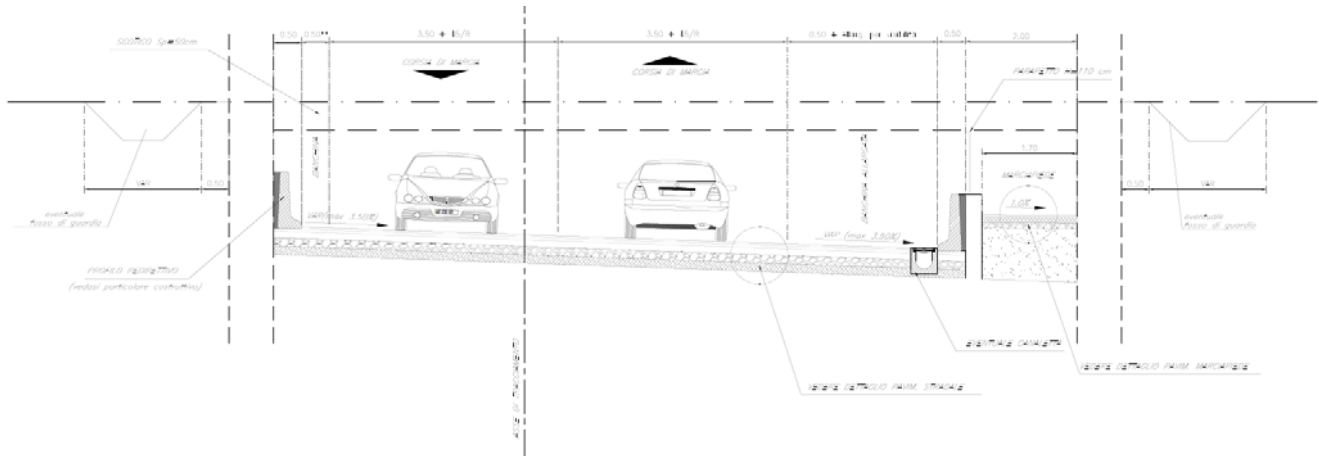
#### Viabilità in trincea

Le sezioni collocate lungo le rampe di convogliamento al sottopasso, con configurazione in trincea tra muri, prevedono un drenaggio con canaletta prefabbricata, posta ai margini della carreggiata, in banchina. Sono previsti inoltre dei fossi di guardia in terra in testa ai muri, con funzione di protezione dell'opera. Essi sono a dispersione, hanno scarpa delle sponde 1/1 e dimensioni variabili da 50x50 cm a 80x80 cm.

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	08	D 26 RI	NV 0200.001	A	15 di 31

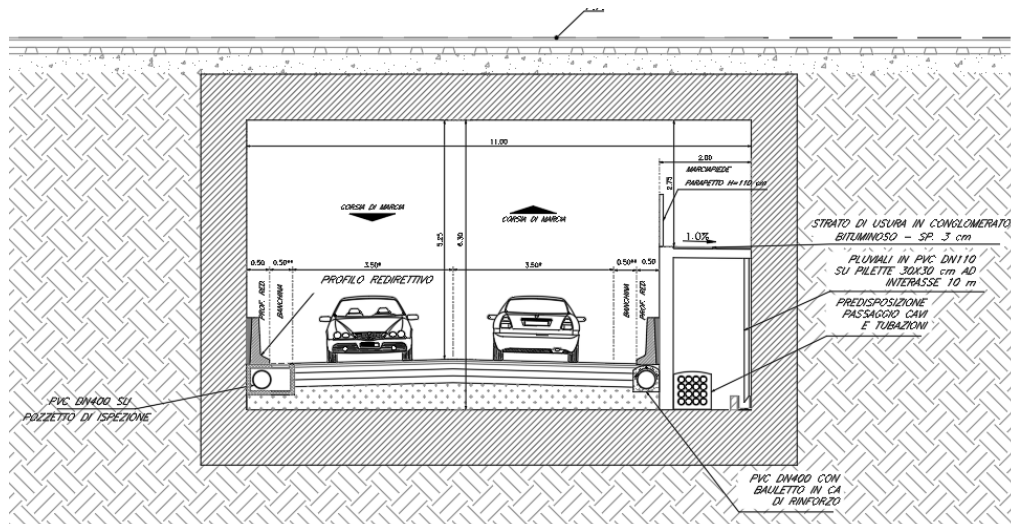
Le sezioni iniziali del tracciato stradale prevedono in destra l'inserimento di un fosso disperdente ai piedi della trincea, con scarico di troppopieno nella pubblica fognatura. Per un maggior approfondimento del sistema e per i calcoli dimensionali si rimanda ai capitoli 8.1 e 9.2.



### Viabilità in sottopasso

Le acque meteoriche defluenti dalla sede stradale verranno raccolte ai margini della piattaforma tramite delle canalette in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale secondo la norma En1563-2004 e classe di carico D400. A protezione della sezione, sulla sommità verrà realizzato un fosso di guardia in terra avente larghezza del fondo minima pari a 0.5 m e scarpa pari a 1/1; l'altezza minima sarà di 0.50m, e comunque variabile in ragione dell'andamento del terreno circostante. Localmente le dimensioni di tali elementi potranno variare in base alla portata di progetto in arrivo.

Una volta raccolte dal sistema di canalette e di collettori le acque di piattaforma saranno portate all'impianto di sollevamento posto in corrispondenza del punto di minimo del sottopasso, ma comunque al suo esterno.



In Figura 5.1 si riporta uno stralcio della planimetria di drenaggio.

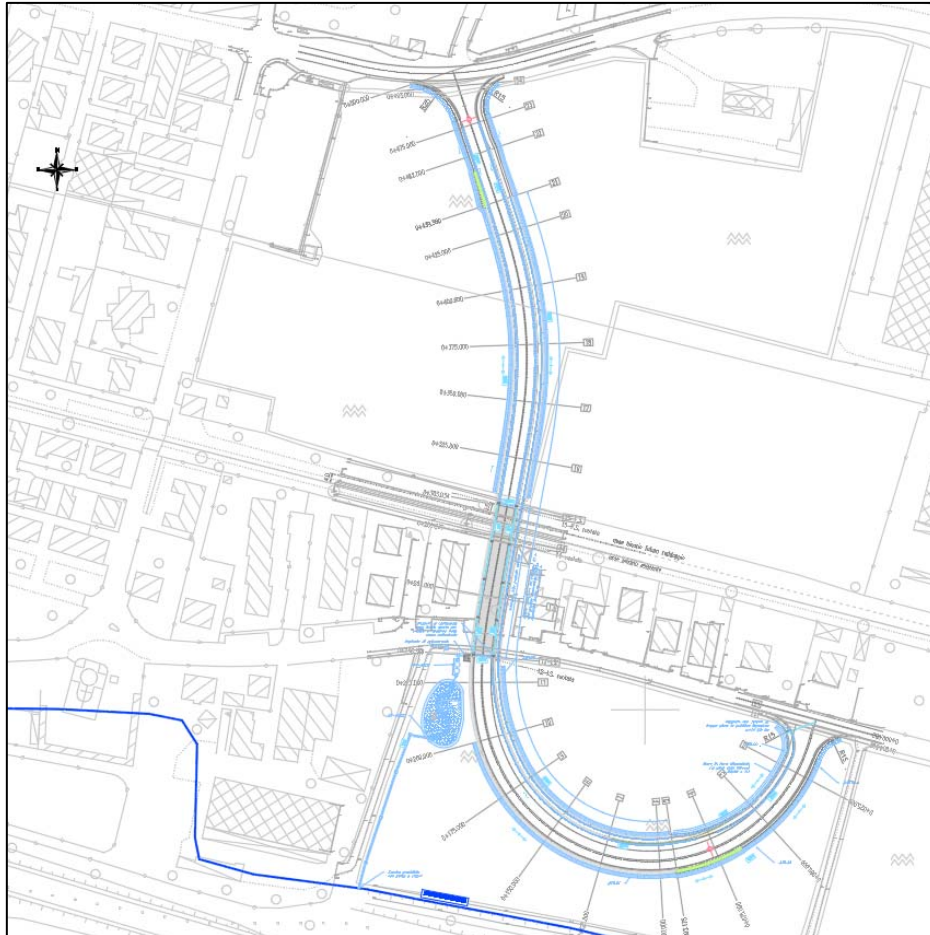


Figura 5.1 - Stralcio planimetrico sistema di drenaggio.



	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 08	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO NV 0200 001	REV. A

## 5.2 Dimensionamento dei singoli elementi del sistema di drenaggio

### 5.2.1 Stima delle portate di piena

Le portate afferenti ai drenaggi di piattaforma sono state valutate con il Metodo Razionale, che tiene conto dei fattori morfologici, pluviometrici e del tempo di corrivazione del bacino ( $T_c$ ), tramite la formula:

$$Q = i \cdot S \cdot \bar{\varphi}$$

nella quale:

- $Q$  = portata di massima piena [l/s];
- $i$  = intensità di pioggia [mm/h] calcolata per  $T_r = 25$  anni in funzione del tempo di corrivazione caratteristico del tratto;
- $\bar{\varphi}$  = coefficiente di deflusso medio.

Per le opere di drenaggio a corredo del corpo stradale sono stati assunti cautelativamente i seguenti coefficienti di deflusso, in linea con quanto indicato nel Manuale di Progettazione e nel Regolamento Regionale 19 aprile, n.8:

Superficie	Coefficiente $\varphi$
Piattaforma stradale	1.00
Piattaforma ferroviaria	0.90
Scarpate rilevato/trincea	0.70
Area esterna a verde	0.30

Il coefficiente di deflusso medio è stato definito con media pesata sulle aree coinvolte nel calcolo, secondo la seguente relazione:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_i \varphi_i \cdot S_i}{S_{tot}}$$

Usufruendo di un rilievo topografico è stato possibile definire le aree sottese ai vari punti di chiusura, quantificate le relative aree e calcolati i valori delle portate massime.

#### Tempo di corrivazione

Il tempo minimo di accesso alla rete drenante viene assunto pari a 3 minuti, ad esso si aggiunge il tempo di percorrenza del flusso d'acqua di tutto il tratto a monte della zona considerata, in funzione della lunghezza ( $L$ ) e della velocità media del flusso d'acqua ( $v$ ) all'interno dell'opera di smaltimento in esame.

Il tempo totale di corrivazione è stato stimato mediante la seguente formulazione:

	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 08	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO NV 0200 001	REV. A

$$T_c = t_a + t_r = t_a + \sum \frac{L}{v}$$

dove.

T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione in secondi;

T<sub>a</sub> = tempo di accesso posto pari a 180 s (3');

L = lunghezza del tratto in esame e dei tratti a monte in (m);

v = velocità (m/s) di percorrenza all'interno dell'elemento di smaltimento preso in esame e dei tratti a monte.

### 5.2.2 Collettori e fossi di guardia

I fossi di guardia posti ai piedi del rilevato o a monte della trincea (vedi Paragrafo 5.1) e le tubazioni di collettamento hanno funzione di intercettare le acque meteoriche e convogliarle al recapito prescelto, definito da incisioni della rete idrografica naturale o da opere idrauliche in progetto (ponti, viadotti e tombini).

I fossi di guardia previsti nel drenaggio delle viabilità in progetto sono rivestiti e non rivestiti, con pendenza delle sponde pari a 1/1 in entrambi i casi.

Per la verifica delle opere di drenaggio proposte sono stati calcolati i massimi livelli idrici in funzione delle portate afferenti, avvalendosi della formula di Manning-Strickler, secondo la quale, il flusso di moto uniforme in condizione di deflusso libero avviene correlando i seguenti elementi:

$$V = K_s \cdot R_i^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

V velocità media del flusso in [m/s];

K<sub>s</sub> coefficiente di scabrezza [m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup>];

R<sub>i</sub> raggio idraulico (rapporto tra luce idraulica (m<sup>2</sup>) e perimetro bagnato (m));

i pendenza longitudinale del tratto (m/m).

Sono stati assunti coefficienti di scabrezza variabili in funzione del materiale di rivestimento. In particolare, per il calcestruzzo si è assunto K<sub>s</sub> = 67 m<sup>1/3</sup>/s in quanto trattasi di elementi prefabbricati, 30 m<sup>1/3</sup>/s per i fossi inerbiti, 90 m<sup>1/3</sup>/s per le condotte in PVC ed in acciaio.

Portata e velocità sono poi legate dalla seguente equazione di continuità:

$$Q = V \cdot A$$

dove:

Q = portata in [m<sup>3</sup>/s];

A = area liquida in [m<sup>2</sup>].

Per la verifica idraulica delle canalizzazioni si confronterà il massimo afflusso con la capacità di portata valutabile, con approssimazione accettabile, mediante la formula di Gauckler-Strickler sopra esposta.

Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	19 di 31

In base alle relazioni di cui sopra, è possibile verificare le differenti opere idrauliche, tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a  $0,5 \div 0,6$  m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento, per le opere idrauliche connesse alla piattaforma ferroviaria, deve essere non superiore al 70% per evitare che la condotta possa andare in pressione; il grado di riempimento per le opere idrauliche deve essere non superiore al 50% per le condotte con DN minore di 500 mm.

	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	20 di 31

## 6 TRATTAMENTO DI PRIMA PIOGGIA

Le acque di prima pioggia, sono trattate ai sensi del Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n.4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26” e conformemente al D. Lgs n.152/2006.

Si definiscono acque di prima pioggia quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm scaricati in 15 minuti, uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche.

L’impianto di trattamento scelto è del tipo in continuo, a servizio di parcheggi, strade, magazzini e depositi scoperti, per installazione interrata, costituito da:

- pozzetto scolmatore in monoblocco liscio di polietilene con tronchetti di entrata, by-pass per scolmare le acque eccedenti la portata di progetto e di uscita in PVC con guarnizione a tenuta e ispezione con chiusino in polipropilene;
- separatore di sabbie e altri sedimenti pesanti corrugato in monoblocco di polietilene, rispondente alle norme UNI EN 1825-1, dotato di tronchetto in PVC con guarnizione a tenuta in entrata con curva 90° per il rallentamento e la distribuzione del flusso e, in uscita, di tronchetto in PVC con guarnizione a tenuta, con deflettore a T e tubazione sommersa;
- vasca di separazione degli oli e idrocarburi in sospensione ed emulsionati, in monoblocco di polietilene, dimensionata secondo la norma UNI-EN 858-1, dotata di tronchetto in PVC con guarnizione a tenuta in entrata con curva 90° per il rallentamento e la distribuzione del flusso e, in uscita, di un percorso idraulico con presenza di filtro a coalescenza in spugna poliuretana alloggiato all'interno di un cestello in acciaio inox estraibile.

Esso è posto a valle dell’impianto di sollevamento, è quindi dimensionato per trattare la portata di 35 l/s. Tale valore soddisfa il limite imposto dalla normativa di 5 mm in 15 minuti di precipitazione, ovvero 23.10 l/s.

	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	21 di 31

## 7 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

La viabilità di risoluzione del PL possiede un punto di minimo in corrispondenza della progressiva 0+236.36 km ed è dimensionato per sollevare tutta la portata in arrivo, calcolata in circa 210 l/s. È necessario, al fine di garantire un ulteriore grado di sicurezza, garantire un minimo volume per l'accumulo delle acque in caso di momentaneo spegnimento delle pompe, fissato a 30 minuti.

Le dimensioni trasversali e l'altezza del vano pompe tengono conto delle esigenze strutturali e del tipo di esercizio idraulico che s'intende adottare. Il volume della vasca di pompaggio viene determinato considerando l'uso di tutte le pompe ad esclusione di quella di riserva. Essa viene messa in funzione nel caso in cui una delle altre due rimanenti presenti un'avaria nel funzionamento o in presenza di un evento meteorico eccezionale.

Il calcolo dei volumi d'esercizio e la scelta delle pompe seguono alcune utili schematizzazioni delle infinite combinazioni possibili di afflusso, accumulo e scarico, variabili istantaneamente per tutta la durata dell'evento meteorico.

Ammettendo la distribuzione uniforme e costante della pioggia di durata  $t$  si potrà assumere che, raggiunto e superato il tempo di corrivazione  $t_c$ , tutto il bacino tributario partecipi alla portata  $Q$  fino al termine della precipitazione, oltre il quale avviene il graduale esaurimento nell'intervallo temporale  $t_c$ .

Ogni pompa ha un tempo minimo necessario ai circuiti interni al fine di non surriscaldarsi, esso si traduce in un numero massimo di avviamenti orari ammissibili. Di norma gli avviamenti variano a 6 a 12, a seconda delle dimensioni della macchina.

Nel caso specifico è stato considerato un tempo di corrivazione di 3 minuti, un evento con  $T_r$  pari a 25 anni e la superficie sottesa di 4160 m<sup>2</sup>, non contando la superficie coperta all'interno del sottopasso, con coefficiente di afflusso  $\varphi=1$  (cfr. 5.2.1).

Nel caso presente si assumono 8 avvii orari e n°3+1 pompe, l'ultima con funzione di riserva, che corrispondono ad un tempo di ciclo di 450 secondi, sommando i volumi singoli si ottiene un valore pari a 23.65 m<sup>3</sup>.

Al volume di pompaggio si somma il volume morto, indicato come la minima quantità per tenere la girante delle pompe sommersa.

Il volume di accumulo per 30' di inefficienza delle macchine per  $T_r$  25 anni è definita 160.3 m<sup>3</sup>, il quale moltiplicato per un coefficiente di sicurezza di 1.3 fornisce un volume di accumulo di 208.3 m<sup>3</sup>. Il volume utile della vasca è dato dalla somma del volume di pompaggio, del volume morto e del volume di accumulo (volume minimo 208.30 m<sup>3</sup>), il volume effettivo della vasca è di 279.46 m<sup>3</sup> per garantire un adeguato franco di sicurezza.

Lo scarico delle canalette e delle tubazioni in arrivo dal sistema di drenaggio avverrà grazie a dei fori localizzati sul solettone della struttura. L'adeguato posizionamento di chiusini di ispezione garantirà l'adeguata

manutenzione della vasca. Si rimanda agli elaborati del Nuovo Sottovia km 7+741 (SL02) per i dettagli sulla vasca di accumulo.

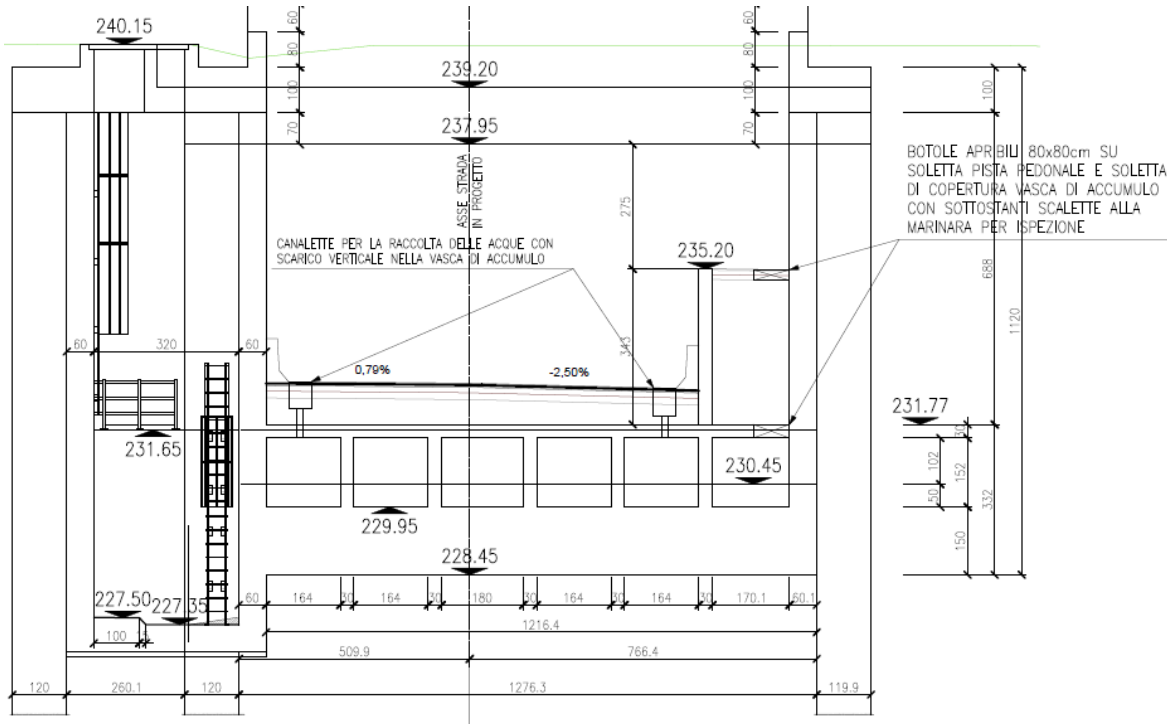


Figura 7.1 - Sezione trasversale vasca di laminazione SL02.

Ai fini della definizione dell'impianto sono da calcolare la prevalenza che la pompa deve fornire, che si ottiene considerando la prevalenza geodetica  $H_g$  e le perdite di carico  $H_c$ :

$$H = H_g + H_c$$

Le perdite di carico  $H_c$  si suddividono in distribuite  $H_{c,d}$  e concentrate  $H_{c,c}$ , le prime sono dovute alle asperità lungo le tubazioni, mentre le seconde sono date dalla somma dei coefficienti di perdita concentrata moltiplicati alla componente cinetica.

Essendo la prevalenza geodetica  $H_g=12.50$  m, e le perdite di carico risultano  $H_c = 3.41$  m, allora la prevalenza totale risulta 15.91 m.

	<b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO</b> <b>APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO</b> <b>Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)</b>					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	23 di 31

## 8 INVARIANZA IDRAULICA

In Lombardia la normativa vigente in materia di invarianza idraulica è il Regolamento Regionale 19 aprile, n.8 “Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al 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”.

Il territorio lombardo è diviso in ambiti territoriali di applicazione, in funzione del grado di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua recettori (Allegato C). In base alla classe di intervento e alla superficie interessata dall'intervento, disciplina le modalità di calcolo. Il comune di Albano sant'Alessandro sul quale insiste la viabilità oggetto d'intervento ricade nell'area omogenea A, che corrisponde ad aree ad alta criticità idraulica, con scarico consentito su corpo idrico recettore di 10 l/s ha di superficie scolante impermeabile.

Nel caso specifico le vasche di laminazione sono inerbite e quindi è possibile considerare il processo di infiltrazione sovrapposto alla laminazione, considerando comunque uno scarico massimo in corpo idrico recettore di 10 l/s ha. L'articolo 11 del sopracitato regolamento tratta anche delle tempistiche di svuotamento delle vasche di laminazione, per tener conto di possibili eventi meteorici ravvicinati il tempo di svuotamento dei volumi calcolati non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume che deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

L'invarianza idraulica per le rampe di accesso al sottopasso viene garantita da un bacino di laminazione in terra, dimensionato considerando anche la dispersione su sponde e fondo, opportunamente sagomato per le portate minori con un fosso in terra 50x50 cm con scarpa 1:1 per contenere le portate minori. Ai fini della sicurezza tale volume non viene considerato nel calcolo dell'invarianza. Il bacino di laminazione scarica 10 l/s ha nella Roggia Passi Albana, presidiata con un manufatto di regolazione con scarico a luce di fondo e stramazzo di sicurezza.

La porzione di rampa compresa tra la sezione iniziale del tracciato ed il punto di massimo, tra la progressiva 0+000 e 0+075 lamina le sue acque in un fosso in terra 80x80 cm che disperderà parte delle acque nel sottosuolo, mentre quando raggiungerà l'80% di riempimento rigurgiterà e andrà a scarico nella pubblica fognatura presente lungo via Don G. Canini, con un coefficiente udometrico di 10 l/s ha di superficie drenata.

Il bacino ed il fosso saranno protetti da georete agugliata e rinverditi mediante idrosemina.

### 8.1 Manufatti di controllo

Al fine di invasare volume all'interno delle due aree di laminazione, risulta necessario prevedere l'utilizzo di sistemi in grado di regolare le portate in uscita.

A tale scopo, prima del recapito nella rete di drenaggio esistente, individuata nella Roggia Passi Albana, verrà inserito un manufatto dotato di una bocca tarata per il controllo delle portate, ovvero un petto sfiorante. Il petto è composto da:

- due muretti gettati in opera, che si innestano sulle sponde del fosso, con sommità sagomata per agevolare lo sfioro delle portate in eccesso;
- un setto centrale fatto con palanconelli amovibili e dotato di bocca tarata sul fondo.

Il manufatto contenuto all'interno del pozzetto consiste in un petto in cls con luce a battente. Questo funzionerà a rigurgito una volta che il fosso raggiungerà il riempimento massimo fissato all'80%, ed il tubo che lavora in entrambe le direzioni sarà posato in modo da non superare il 50 % di riempimento massimo.

L'altezza della soglia, rispetto al piano di scorrimento, viene dimensionata appositamente per garantire l'invaso dei volumi necessari alla laminazione, una volta definita la portata in uscita dalla bocca tarata.

Per il dimensionamento di quest'ultima si è considerato lo scarico funzionante come luce a battente, la portata effluente (espressa in m<sup>3</sup>/s) è data dalla relazione:

$$Q = C_q \cdot A \cdot \sqrt{2 g h_0}$$

dove  $C_q$  è il coefficiente di portata, dipendente dalla contrazione che la vena effluente subisce nell'attraversamento della bocca,  $A$  (m<sup>2</sup>) è l'area della luce,  $h_0$  (m) è il carico idraulico sulla bocca d'efflusso.

Il valore del coefficiente di portata  $C_q$  dipende dal valore del coefficiente di contrazione (nel caso specifico pari a 0,6), dalle dimensioni della luce (di altezza "a" e larghezza "b"), dal carico idraulico  $h_0$  e dal tirante  $y_2$  di valle (quindi dalle caratteristiche dello stesso efflusso, libero o rigurgitato), e può essere desunto dalla seguente figura.

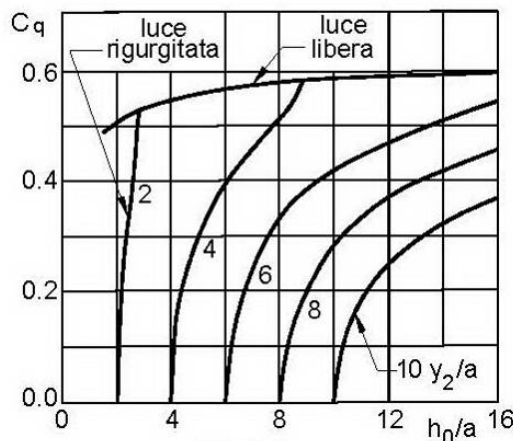


Figura 8.1 - Coefficiente di portata per luce di fondo (Carlo Gregoretti - Idraulica -2008).



Considerando a favore di sicurezza un efflusso a luce libera (nel caso di efflusso rigurgitato, infatti, si otterrebbero luci di dimensioni maggiori) e assumendo un valore di 0,6 per il coefficiente, si può dimensionare l'area della bocca tarata con la relazione:

$$A = \frac{Q}{C_q \cdot \sqrt{2 g h_0}} [m^2]$$

In caso di ostruzione del foro la portata in arrivo attraverserà il manufatto sfiorando la soglia. Per valutare la tracimazione dell'acqua in corrispondenza della soglia di sfioro si calcola l'efflusso a stramazzo con la formula

$$Q = C_l \cdot Lh \cdot \sqrt{2 g h}$$

dove la portata  $Q$  ( $m^3/s$ ), dipende dalla lunghezza  $L$  (m) della soglia sfiorante, dal coefficiente di deflusso  $C_l$  per gli stramazzi in parete grossa, che si approssima a 0.385, e dall'altezza idrometrica  $h$  (m) sulla soglia di sfioro, essendo  $g$  ( $m/s^2$ ) l'accelerazione di gravità.

Considerate le ridotte dimensioni della luce di fondo, per evitare l'intasamento della stessa, è stato previsto il posizionamento di una griglia immediatamente a monte dei panconcelli amovibili. Tuttavia, si ritiene comunque indispensabile programmare un'opportuna attività di manutenzione periodica (ogni sei mesi o in concomitanza di eventi eccezionali) per rimuovere l'eventuale materiale depositato che potrebbe ostruire il foro o la stessa griglia.

il coefficiente udometrico massimo consentito dal consorzio di bonifica Media Pianura Bergamasca è  $u=10$  l/s·ha.

Nelle sottostanti tabelle si riportano i valori risultanti.

Luce a battente	u [l/s ha]	S [ha]	Q [l/s]	h <sub>0</sub> [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Luce di calcolo [m]	Luce di progetto [m]
	10	0.4516	4.52	1.00	0.017	0.04x0.04	0.10x0.10

Luce a stramazzo	L [m]	Q [l/s]	h [m]
	2.00	210.00	0.093

Tabella 3 - Risultati manufatto di regolazione M1-NV02.

Luce a battente	u [l/s ha]	S [ha]	Q [l/s]	h <sub>0</sub> [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Luce di calcolo [m]	Luce di progetto [m]
	10	0.1248	1.25	0.64	0.000587	0.02x0.02	0.10x0.10

Luce a stramazzo	L [m]	Q [l/s]	h [m]
	0.50	60.20	0.067

Tabella 4 - Risultati manufatto di regolazione M2-NV02.





## 9.2 Compatibilità idraulica

### 9.2.1 Verifica fosso in terra FT01

Si riporta la verifica del fosso FT01 in quanto risulta quello nella configurazione più gravosa. Gli altri elementi fungono solo da protezione dei muri (FT02 ed FT03) e da prolungamento delle scoline esistenti, con un piccolo apporto di acque di smaltimento. Pertanto a vantaggio di sicurezza si verifica il fosso a dispersione FT01.

$T_{rit}$ [anni]	$a$ [mm/h]	$n$ [-]	$n' (t<1)$ [-]	$S_{bacino\_tot}$ [m <sup>2</sup> ]	$\psi_{medio}$ [-]	$S_{affrente}$ [m <sup>2</sup> ]	$S_{affrente}$ [ha]
50	59.85	0.294	0.464	1325	0.77	1022.00	0.10220

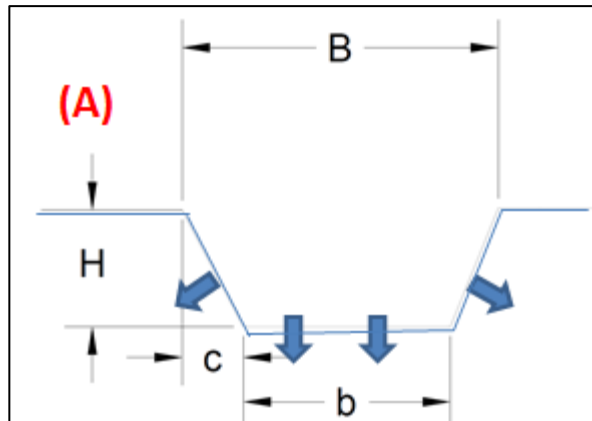
permeabilità	$K$ [m/s]*	$u$ [l/s/ha]	$V$ [m <sup>3</sup> /min]
	0.0000025	10	0.06132

## GEOMETRIA

### A- FOSSO DISPERDENTE in terra

$b$ [m]	$H$ [m]	$s (c/H)$ [-]	$B$ [m]	$A_{fosso}$ [m <sup>2</sup> ]	Lung [m]	$c$ [m]
0.80	0.80	1.00	2.40	1.28	75.00	0.8

## VERIFICA



TIPO		V invaso [m <sup>3</sup> ]	Q filtrazione max [m <sup>3</sup> /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza				
A	Fosso trapezio	99.98	0.0016	OK	1.4408				
<b>Verifiche tempi svuotamento</b>		(inizia dopo la fine dell'evento piovoso di curata critica)							
V max invasato [m <sup>3</sup> ]	$Q_{filt, fosso}$ [m <sup>3</sup> /s]	$t_{svuot}$ [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Verifica secondo evento (Regione Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
69.39	0.001596	12.07	275.83	0.00	99.98	OK	413.75	0	OK



RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLA  
 APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLA  
 Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)

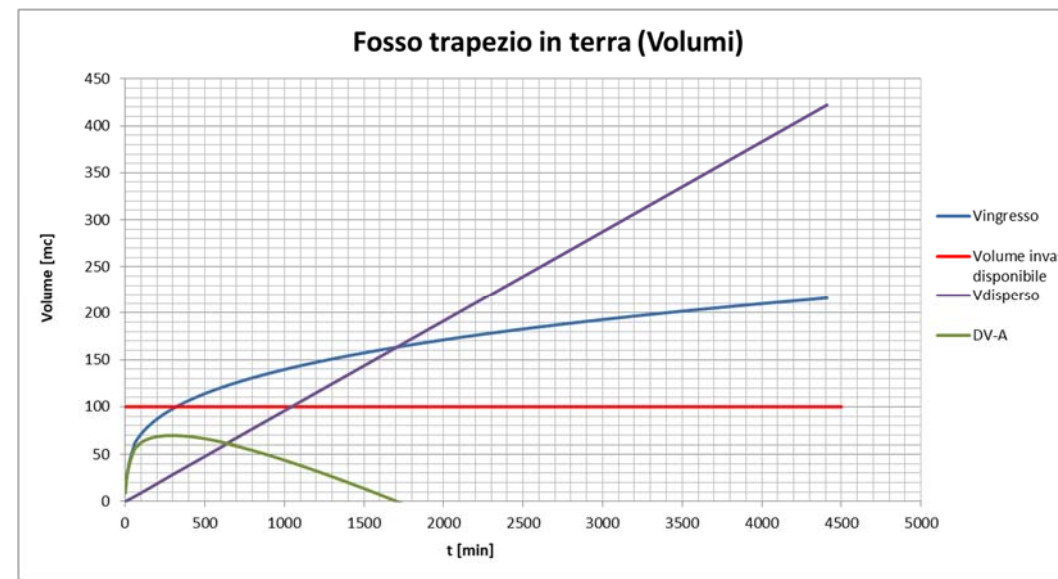
Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	08	D 26 RI	NV 0200 001	A	29 di 31

**VOLUME IN INGRESSO**

t [min]	t [h]	h [mm]	i [mm/h]	i [m/s]	Q <sub>afferrente</sub> [m <sup>3</sup> /s]	V <sub>ingresso</sub> [m <sup>3</sup> ]
1	0.02	8.95	537.26	0.00015	0.153	9.15
5	0.08	18.90	226.74	0.00006	0.064	19.31
10	0.17	26.06	156.38	0.00004	0.044	26.64
15	0.25	31.46	125.83	0.00003	0.036	32.15
30	0.50	43.39	86.79	0.00002	0.025	44.35
45	0.75	52.37	69.83	0.00002	0.020	53.53
60	1.00	59.85	59.85	0.00002	0.017	61.17
90	1.50	67.42	44.95	0.00001	0.013	68.90
120	2.00	73.36	36.68	0.00001	0.010	74.98
150	2.50	78.33	31.33	0.00001	0.009	80.05
180	3.00	82.64	27.55	0.00001	0.008	84.46
210	3.50	86.46	24.70	0.00001	0.007	88.37
240	4.00	89.92	22.48	0.00001	0.006	91.90
250	4.17	91.00	21.84	0.00001	0.006	93.01
260	4.33	92.06	21.24	0.00001	0.006	94.08
270	4.50	93.08	20.69	0.00001	0.006	95.13
280	4.67	94.08	20.16	0.00001	0.006	96.15
290	4.83	95.06	19.67	0.00001	0.006	97.15
300	5.00	96.01	19.20	0.00001	0.005	98.12
301	5.02	96.10	19.16	0.00001	0.005	98.22
330	5.50	98.73	17.95	0.00000	0.005	100.91
360	6.00	101.29	16.88	0.00000	0.005	103.52

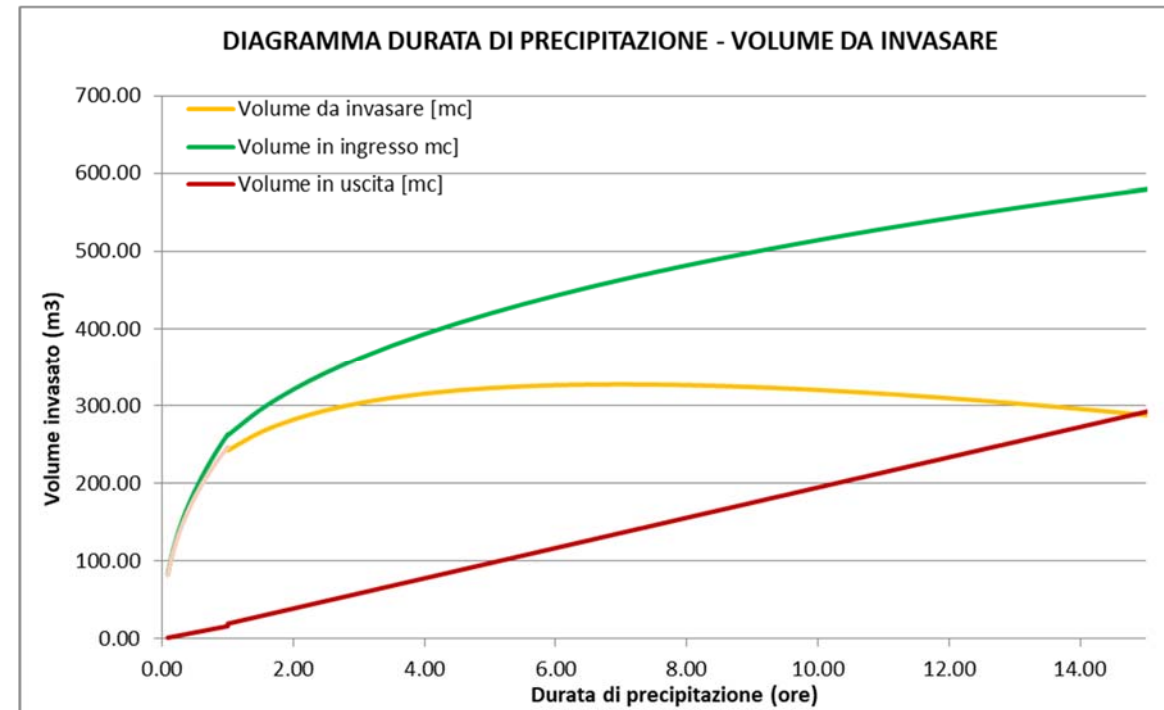
t <sub>critica</sub> (A) [min]	V <sub>disperso</sub> (A) [m <sup>3</sup> ]	h (trapezia) - (A)	Q <sub>filtr</sub> (A)	ΔV (A) [m <sup>3</sup> ]
0	0.07	0.13	0.001242	9.08
0	0.39	0.25	0.001303	18.92
0	0.80	0.32	0.001341	25.83
0	1.23	0.37	0.001367	30.92
0	2.56	0.47	0.001420	41.79
0	3.93	0.53	0.001456	49.60
0	5.34	0.59	0.001484	55.83
0	8.16	0.64	0.001511	60.75
0	11.02	0.68	0.001531	63.95
0	13.93	0.71	0.001547	66.13
0	16.86	0.73	0.001561	67.59
0	19.82	0.76	0.001573	68.54
0	22.81	0.78	0.001584	69.09
0	23.81	0.78	0.001587	69.20
0	24.81	0.79	0.001591	69.27
0	25.82	0.80	0.001594	69.31
0	26.82	0.80	0.001596	69.34
0	27.77	0.80	0.001596	69.37
0	28.73	0.80	0.001596	69.39
0	28.83	0.80	0.001596	69.39
0	31.61	0.80	0.001596	69.30
0	34.48	0.80	0.001596	69.04



### 9.2.2 Dimensionamento area di laminazione

*Tr 50 anni*

Durata di pioggia		Sup. Bacino	Dati dell'equazione pluv.			Coeff. di deflusso	Altezza di pioggia	Volume entrante	Coeff. udometrico	Portata uscente		Volume uscente	Volume da invasare
$t_p$	t		a	n	$\phi$					$V_e$	$Q_u$		
(min)	(ore)	(ha)	(mm)			(mm)	(m <sup>3</sup> )	[l/(s ha)]	(l/s)	(m <sup>3</sup> /ora)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
5	0.08	0.4516	59.854	0.464	0.973	19	83.01	10	4.5	16.26	1.35	81.66	
10	0.17	0.4516	59.854	0.464	0.973	26	114.5	10	4.5	16.26	2.71	111.80	
15	0.25	0.4516	59.854	0.464	0.973	31	138.2	10	4.5	16.26	4.06	134.14	
20	0.33	0.4516	59.854	0.464	0.973	36	157.9	10	4.5	16.26	5.42	152.52	
25	0.42	0.4516	59.854	0.464	0.973	40	175.2	10	4.5	16.26	6.77	168.40	
30	0.50	0.4516	59.854	0.464	0.973	43	190.6	10	4.5	16.26	8.13	182.51	
35	0.58	0.4516	59.854	0.464	0.973	47	204.8	10	4.5	16.26	9.48	195.29	
40	0.67	0.4516	59.854	0.464	0.973	50	217.9	10	4.5	16.26	10.84	207.02	
45	0.75	0.4516	59.854	0.464	0.973	52	230.1	10	4.5	16.26	12.19	217.91	
50	0.83	0.4516	59.854	0.464	0.973	55	241.6	10	4.5	16.26	13.55	228.08	
55	0.92	0.4516	59.854	0.464	0.973	57	252.6	10	4.5	16.26	14.90	237.65	
60	1.00	0.4516	59.558	0.294	0.973	60	261.7	10	5.4	19.45	19.45	242.20	
90	1.50	0.4516	59.558	0.294	0.973	67	294.7	10	5.4	19.45	29.18	265.56	
120	2.00	0.4516	59.558	0.294	0.973	73	320.7	10	5.4	19.45	38.91	281.81	
150	2.50	0.4516	59.558	0.294	0.973	78	342.4	10	5.4	19.45	48.63	293.79	
180	3.00	0.4516	59.558	0.294	0.973	82	361.3	10	5.4	19.45	58.36	302.90	
210	3.50	0.4516	59.558	0.294	0.973	86	378	10	5.4	19.45	68.08	309.90	
240	4.00	0.4516	59.558	0.294	0.973	89	393.1	10	5.4	19.45	77.81	315.28	
270	4.50	0.4516	59.558	0.294	0.973	93	406.9	10	5.4	19.45	87.54	319.39	
300	5.00	0.4516	59.558	0.294	0.973	96	419.7	10	5.4	19.45	97.26	322.45	
330	5.50	0.4516	59.558	0.294	0.973	98	431.6	10	5.4	19.45	106.99	324.63	
360	6.00	0.4516	59.558	0.294	0.973	101	442.8	10	5.4	19.45	116.72	326.07	
390	6.50	0.4516	59.558	0.294	0.973	103	453.3	10	5.4	19.45	126.44	326.88	
<b>420</b>	<b>7.00</b>	<b>0.4516</b>	<b>59.558</b>	<b>0.294</b>	<b>0.973</b>	<b>105</b>	<b>463.3</b>	<b>10</b>	<b>5.4</b>	<b>19.45</b>	<b>136.17</b>	<b>327.12</b>	
425	7.08	0.4516	59.558	0.294	0.973	106	464.9	10	5.4	19.45	137.79	327.11	





RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO  
 APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO  
 Viabilità di accesso al sottovia km 29+660 LS (tratta Bergamo-Montello)

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 NB1R 08 D 26 RI NV 0200 001 A 31 di 31

Tr 100 anni

Durata di pioggia		Sup. Bacino	Dati dell'equazione pluv.			Coeff. di deflusso	Altezza di pioggia	Volume entrante	Coeff. udometrico	Portata uscente	V <sub>min</sub> 375.50	
t <sub>p</sub>	t		a	n	φ						V <sub>e</sub>	u
(min)	(ore)	(ha)	(mm)			(mm)	(m <sup>3</sup> )	[l/(s ha)]	(l/s)	(m <sup>3</sup> /ora)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
5	0.08	0.4516	65.653	0.464	0.973	21	91.05	10	4.5	16.26	1.35	89.70
10	0.17	0.4516	65.653	0.464	0.973	29	125.6	10	4.5	16.26	2.71	122.89
15	0.25	0.4516	65.653	0.464	0.973	35	151.6	10	4.5	16.26	4.06	147.53
20	0.33	0.4516	65.653	0.464	0.973	39	173.2	10	4.5	16.26	5.42	167.83
25	0.42	0.4516	65.653	0.464	0.973	44	192.1	10	4.5	16.26	6.77	185.37
30	0.50	0.4516	65.653	0.464	0.973	48	209.1	10	4.5	16.26	8.13	200.98
35	0.58	0.4516	65.653	0.464	0.973	51	224.6	10	4.5	16.26	9.48	215.13
40	0.67	0.4516	65.653	0.464	0.973	54	239	10	4.5	16.26	10.84	228.13
45	0.75	0.4516	65.653	0.464	0.973	57	252.4	10	4.5	16.26	12.19	240.20
50	0.83	0.4516	65.653	0.464	0.973	60	265	10	4.5	16.26	13.55	251.49
55	0.92	0.4516	65.653	0.464	0.973	63	277	10	4.5	16.26	14.90	262.12
60	1.00	0.4516	65.653	0.294	0.973	66	288.4	10	5.4	19.45	19.45	268.98
90	1.50	0.4516	65.653	0.294	0.973	74	324.9	10	5.4	19.45	29.18	295.72
120	2.00	0.4516	65.653	0.294	0.973	80	353.5	10	5.4	19.45	38.91	314.62
150	2.50	0.4516	65.653	0.294	0.973	86	377.5	10	5.4	19.45	48.63	328.84
180	3.00	0.4516	65.653	0.294	0.973	91	398.2	10	5.4	19.45	58.36	339.86
300	5.00	0.4516	65.653	0.294	0.973	105	462.7	10	5.4	19.45	97.26	365.40
330	5.50	0.4516	65.653	0.294	0.973	108	475.8	10	5.4	19.45	106.99	368.80
360	6.00	0.4516	65.653	0.294	0.973	111	488.1	10	5.4	19.45	116.72	371.38
390	6.50	0.4516	65.653	0.294	0.973	114	499.7	10	5.4	19.45	126.44	373.26
420	7.00	0.4516	65.653	0.294	0.973	116	510.7	10	5.4	19.45	136.17	374.53
425	7.08	0.4516	65.653	0.294	0.973	117	512.5	10	5.4	19.45	137.79	374.69
430	7.17	0.4516	65.653	0.294	0.973	117	514.2	10	5.4	19.45	139.41	374.83
435	7.25	0.4516	65.653	0.294	0.973	117	516	10	5.4	19.45	141.03	374.96
440	7.33	0.4516	65.653	0.294	0.973	118	517.7	10	5.4	19.45	142.65	375.07
445	7.42	0.4516	65.653	0.294	0.973	118	519.4	10	5.4	19.45	144.27	375.17
450	7.50	0.4516	65.653	0.294	0.973	119	521.1	10	5.4	19.45	145.89	375.25
455	7.58	0.4516	65.653	0.294	0.973	119	522.8	10	5.4	19.45	147.52	375.33
460	7.67	0.4516	65.653	0.294	0.973	119	524.5	10	5.4	19.45	149.14	375.39
465	7.75	0.4516	65.653	0.294	0.973	120	526.2	10	5.4	19.45	150.76	375.43
470	7.83	0.4516	65.653	0.294	0.973	120	527.8	10	5.4	19.45	152.38	375.47
475	7.92	0.4516	65.653	0.294	0.973	121	529.5	10	5.4	19.45	154.00	375.49
480	8.00	0.4516	65.653	0.294	0.973	121	531.1	10	5.4	19.45	155.62	375.497
<b>485</b>	<b>8.08</b>	<b>0.4516</b>	<b>65.653</b>	<b>0.294</b>	<b>0.973</b>	<b>121</b>	<b>532.7</b>	<b>10</b>	<b>5.4</b>	<b>19.45</b>	<b>157.24</b>	<b>375.494</b>
490	8.17	0.4516	65.653	0.294	0.973	122	534.3	10	5.4	19.45	158.86	375.479

