



Città
metropolitana
di Milano

Westfield

WESTFIELD MILAN S.p.a.
C.so Giacomo Matteotti, 10
20121 Milano

ACCORDO DI PROGRAMMA
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 22.05.2009 N.5095)
PRIMO ATTO INTEGRATIVO
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 29.03.2010 N.3148)

POTENZIAMENTO DELLA S.P. N.103
"ANTICA DI CASSANO"
1° LOTTO - 2° STRALCIO
TRATTA B

PROGETTO COSTRUTTIVO

TITOLO elaborato :			Cod. Elaborato:
STUDI E INDAGINI GEOLOGIA - IDROGEOLOGIA - GEOTECNICA Ods n°4 Relazione di calcolo idraulica			PC-B.02.01.3
CODICE WM :			Scala: 1:1.000/100
	Redatto	Controllato	Approvato
			Data:



Revisioni	Redatto	Controllato	Approvato	DATA:
A	GIORGETTI	CARLI	GALVANIN	12/09/2023
B				
C				
D				

Progettazione esecutiva <small>Centro operativo: 20090 Trezzano S/N (MI), via Cristoforo Colombo n.23 Tel. 02-48400557 - Fax 02-48400429 - e-mail info@enzovia.com C.F. 01556400154 - P.IVA 12399130154</small>	Progettazione costruttiva ALPINA S.p.A. Via Ripamonti 2 20136 Milano, Italy +39.02.58305010 www.alpina-spa.it	Direzione Lavori 	Impresa appaltatrice: ATI Impresa esecutrice DESMO S.c. a r.l.
---	--	-----------------------------	---

Visto	Visto	Visto
Direzione Lavori Ing. Lavinio Troli	R.U.P. Ing. Francesco Ferrari	Impresa esecutrice Ing. Danilo Chirulli
.....

Sommario

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	documenti di riferimento.....	3
4	DESCRIZIONE SISTEMA DI DRENAGGIO	4
4.1	Svincolo Milano Oltre – Impianto 3 e Vasca VL03.....	4
4.2	Svincolo GABBADERA – Impianto 4 e Vasca VL04.....	6
5	Idrologia.....	8
6	Dimensionamento della rete di drenaggio	9
6.1	Modello di trasformazione afflussi-deflussi.....	9
6.2	Calcolo del velo idrico sulla piattaforma stradale.....	9
6.3	Dimensionamento degli elementi di raccolta	11
6.4	Dimensionamento degli elementi di convogliamento.....	15
6.5	Risultati.....	16
7	Dimensionamento della vasche di laminazione.....	29
7.1	Vasca VL03 – Svincolo Milano Oltre.....	29
7.2	Vasca VL04 – Svincolo Gabbadera.....	30



ALPINA S.p.A.

Via Ripamonti 2
20136 Milano
ITALY

P.IVA 10241540151
C.F./R.I. 01033390392
REA 1337939

Capitale Sociale
€ 1.155.170 i.v.

TEL +39.02.58305010
FAX +39.02.58307388
PEC alpina@legalmail.it
MAIL info@alpina-spa.it
WEB www.alpina-spa.it

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento e la verifica del sistema di raccolta, smaltimento e laminazione delle acque meteoriche di piattaforma a seguito del parere CTV n.62 del 15/02/2021 che ha richiesto l'estensione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di drenaggio della piattaforma stradale di tipo chiuso alle rampe di svincolo in rilevato.

L'ipotesi principale su cui si è basato lo studio ed i risultati riportati nel presente documento prevede che il sistema previsto in PE non viene modificato ma solo integrato per la raccolta, lo smaltimento e la laminazione delle portate meteoriche relative alle tratte evidenziate:

- Svincolo Milano Oltre Rampa A e Rampa B
- Svincolo Gabbadera Rampa C (Viadotto CV02 e rampa di approccio lato Est) e Rampa A.

Di seguito, dopo una breve descrizione del sistema di drenaggio e delle modifiche previste, si riporta la metodologia utilizzata per il dimensionamento dei diversi elementi che compongono il sistema e i risultati ottenuti. Le verifiche di seguito riportate sono state condotte con i medesimi criteri con i quali è stato sviluppato il Progetto Esecutivo, in questo modo si ritengono ancora valide le assunzioni adottate. Eventuali differenze sono state specificate nel dettaglio.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La progettazione del sistema di drenaggio è stata sviluppata sulla base dei riferimenti normativi utilizzati nella precedente fase di progettazione esecutiva:

- T.U. sulle acque D.Lgs. n. 152/2006.
- Legge Regionale della Lombardia n.26 del 12/12/2003.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n° 3 e 4.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Documenti Progetto Esecutivo

B.02.01	Relazione idrologica ed idraulica
B.02.03	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 1/10
B.02.04	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 2/10
B.02.05	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 3/10
B.02.06	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 4/10
B.02.07	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 5/10
B.02.08	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 6/10
B.02.09	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 7/10
B.02.10	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 8/10
B.02.11	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 9/10
B.02.12	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 10/10
B.02.13	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 1/10
B.02.14	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 2/10
B.02.15	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 3/10
B.02.16	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 4/10
B.02.17	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 5/10
B.02.18	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 6/10
B.02.19	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 7/10
B.02.20	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 8/10
B.02.21	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 9/10
B.02.22	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 10/10
B.02.23	Particolari costruttivi Tav. 1/2
B.02.24	Particolari costruttivi Tav. 2/2

PC-B.02.07	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 5/10
PC-B.02.10	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 8/10
PC-B.02.11	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 9/10
PC-B.02.15	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 3/10
PC-B.02.16	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 4/10
PC-B.02.20	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 8/10
PC-B.02.21	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 9/10
PC-B.02.25	Particolari costruttivi Ods n°4

4 DESCRIZIONE SISTEMA DI DRENAGGIO

L'estensione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di drenaggio della piattaforma stradale di tipo chiuso, alle rampe di svincolo in rilevato, prevede la raccolta delle acque defluenti dalla sede stradale ai margini della piattaforma stradale mediante un sistema di caditoie, canalette grigliate e collettori.

Tutte le acque raccolte sono quindi avviate a vasche di laminazione e quindi ad un impianto di sedimentazione e disoleazione con filtri acoalescenza prima del recapito in corsi d'acqua superficiali.

Lo schema di raccolta delle acque meteoriche relativo alle diverse tratte in oggetto è stato sviluppato a partire da quanto previsto in PE per le tratte adiacenti.

4.1 Svincolo Milano Oltre – Impianto 3 e Vasca VL03

La portata meteorica relativa alla **Rampa B (direzione Milano)** viene raccolta tramite un sistema di caditoie con griglia in ghisa 40x40 cm classe D400, poste ad interasse di 15 m e collegate a un collettore in PEAD corrugato DN315, come illustrato nel dettaglio tipologico di Figura 4-1. Il nuovo tratto di collettore in progetto, di lunghezza pari a circa 143.50 m, è connesso al ramo 3C, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 3C-01. Per tale ramo 3C le dimensioni dei collettori in PEAD vengono incrementate da DN315, previsto in PE, a DN400.

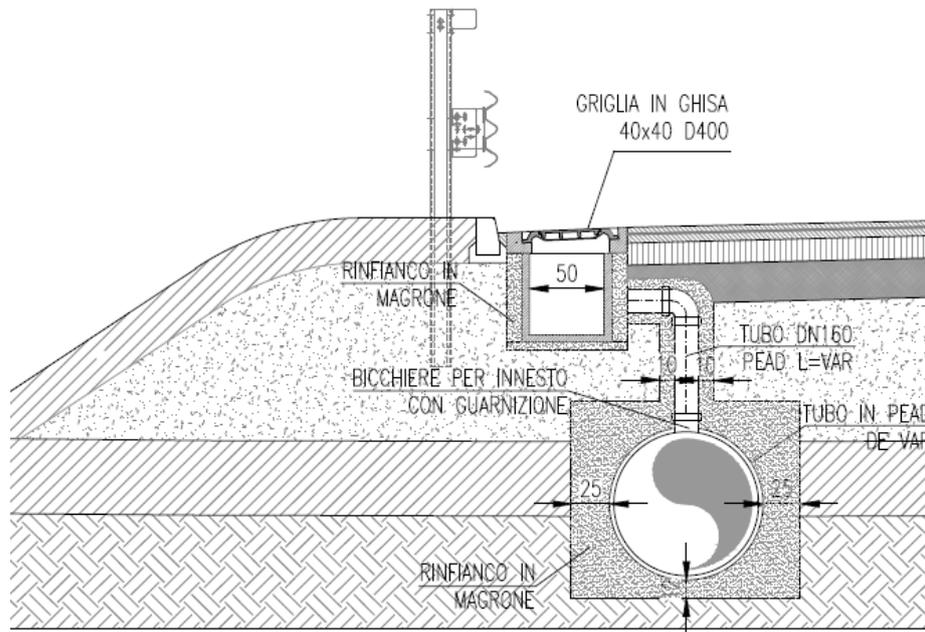


Figura 4-1 – Dettaglio tipologico smaltimento rampe in rilevato

La portata meteorica relativa alla **Rampa A (direzione Melzo)** viene raccolta tramite una canaletta grigliata 20x20 cm in PP con griglia in ghisa classe D400 che, ad interasse di 15 m, scarica in un collettore in PEAD corrugato DN315.

Il dettaglio, riportato in Figura 4-2, è quello presentato in PE in corrispondenza dei profili redirettivi del tracciato principale.

Il nuovo tratto di collettore in progetto, di lunghezza pari a circa 195 m, è connesso al ramo 3E, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 3E-01. Per tale tratto le dimensioni dei collettori in PEAD vengono incrementate da DN315, previsto in PE, a DN400.

Figura 4-2 – Dettaglio tipologico smaltimento con profilo redirettivo e rampa in rilevato tra muri

Al fine di garantire lo smaltimento della portata meteorica totale, considerando quella relativa all'area aggiuntiva delle rampe A e B (+2367 m²), le dimensioni del **Canale scatolare 3A** vengono aumentate come segue, al fine di garantire un grado di riempimento massimo dell'85%:

- tratto da 3A-23 a 3A-24 da 1.00x0.75 m a 1.25x0.75 m;
- tratto da 3A-27 a 3A-36 da 1.50x0.75 m a 1.75x0.75 m;
- tratto da 3A-36 allo scarico nella vasca VL03 da 1.75x0.75 m a 1.75x0.85 m

Tutte le acque raccolte sono quindi avviate alla vasca di laminazione **VL03**. A seguito dell'incremento dell'area drenata è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva. È risultato necessario un volume minimo di invaso pari a 1878 m³, ovvero 209 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 1669 m³.

La carpenteria della vasca è stata studiata in PE in modo tale da comprendere anche il sifone idraulico AT06a, relativo al ripristino del Fontanile Borromeo, all'interno della medesima struttura. Poiché, nell'ambito della revisione del sistema di canali irrigui, previsto nella fase attuale con l'obiettivo di adeguare le opere allo stato effettivo dei luoghi, tale sifone è stato eliminato, il volume attualmente ad esso riservato è stato considerato per la laminazione della portata meteorica aggiuntiva.

Nella seguente immagine si riporta lo stralcio planimetrico di progetto per le due rampe.



Figura 4-3 – Stralcio planimetrico sistema di drenaggio Svincolo Milano Oltre – Rampa A e B

4.2 Svincolo GABBADERA – Impianto 4 e Vasca VL04

La portata meteorica relativa alla **Rampa A** e alla **Rampa C** (Viadotto CV02 e rampa di approccio lato Est) viene raccolta tramite un sistema di caditoie con griglia in ghisa 40x40 cm classe D400, poste ad interasse di 15 m e collegate a un collettore in PEAD corrugato DN315, come illustrato nel dettaglio tipologico di Figura 4-1.

Il nuovo tratto di collettore in progetto lungo la rampa A, di lunghezza pari a circa 60 m, è connesso al ramo 4F, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 4F-01. Per tale ramo 4F le dimensioni dei collettori in PEAD dovranno essere incrementate da DN315/500, previsti in PE, a DN400/630. Nella seguente immagine si riporta lo stralcio planimetrico di progetto.

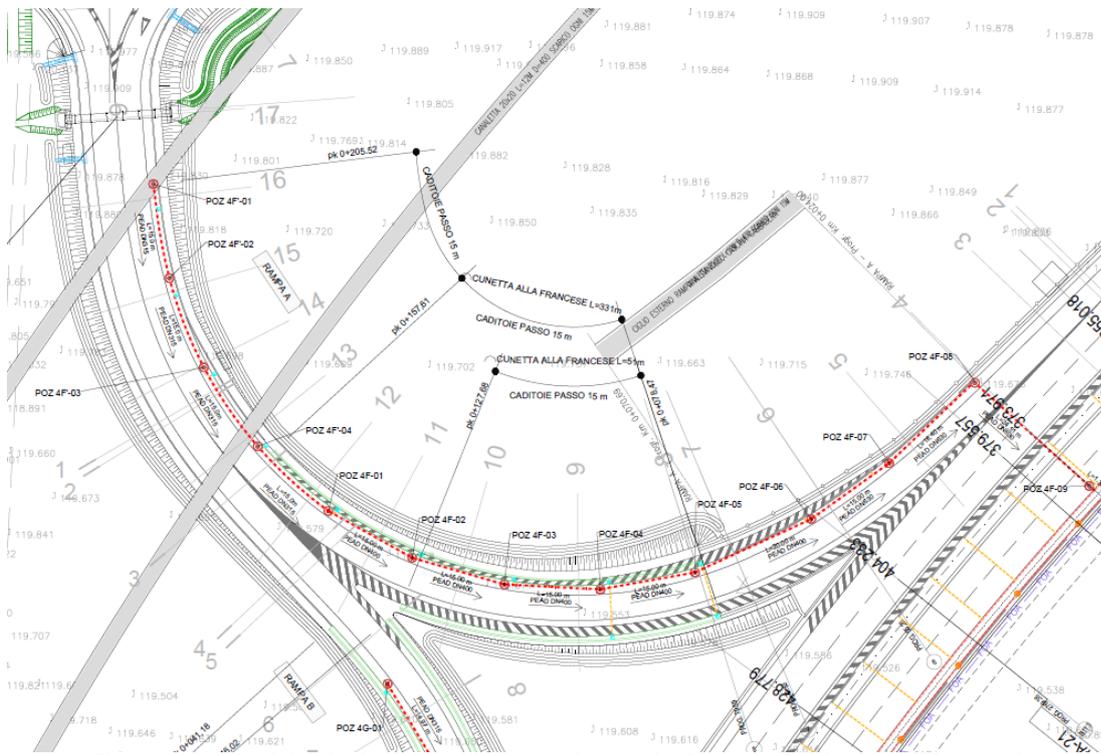


Figura 4-4 – Stralcio planimetrico sistema di drenaggio Svincolo Gabbadera – Rampa A

Il nuovo tratto di collettore in progetto lungo la rampa C, di lunghezza pari a circa 80 m, è connesso al ramo 4E, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 4E-01. Le dimensioni dei collettori del tratto 4E sono confermate come da PE. Nella seguente immagine si riporta lo stralcio planimetrico di progetto.

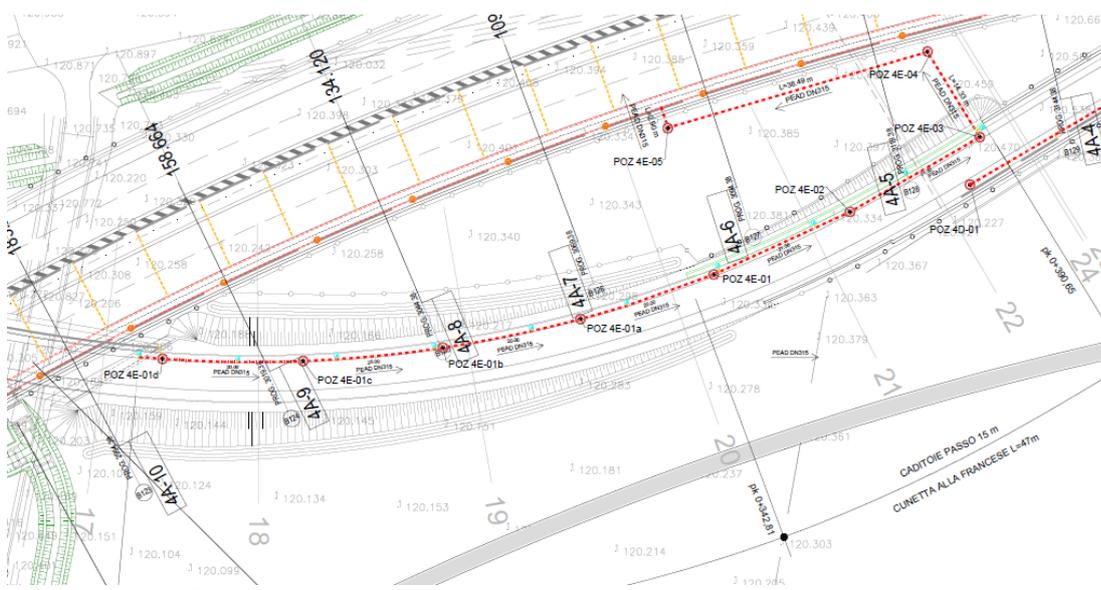


Figura 4-5 – Stralcio planimetrico sistema di drenaggio Svincolo Gabbadera – Rampa C

Le dimensioni previste in PE per il **Canale scatolare 4A** sono state verificate tenendo conto all'area aggiuntiva delle rampe A e C (+1843.5 m²) e sono state confermate, in quanto risultano sufficienti a smaltire l'intero afflusso meteorico.

Tutte le acque raccolte sono quindi avviate alla vasca di laminazione **VL04**. A seguito dell'incremento dell'area drenata è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva. È risultato necessario un volume minimo di invaso pari a 2'181.3 m³, ovvero circa 165 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 2'016 m³. Volendo garantire l'interno volume utile al di sotto della quota di scorrimento dello scatolare in entrata è risultato quindi necessario un abbassamento del fondo della vasca di 40 cm.

5 IDROLOGIA

La previsione quantitativa delle piogge nell'area di interesse è stata realizzata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica individuante la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l'altezza d'acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

nella quale i termini a ed n sono parametri dipendenti dal tempo di ritorno specificato. Il tempo di ritorno utilizzato come riferimento di TR = 25 anni e i parametri sono quelli indicati nell'elaborato di PE B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica e riportati di seguito:

	TR 25	
	t<1h	t>1h
a	62.00	62.00
n	0.51	0.28

6 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO

6.1 Modello di trasformazione afflussi-deflussi

La determinazione delle portate defluite nelle sezioni di chiusura dei sottobacini stradali è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi. L'importanza di tale informazione risiede nella necessità di dimensionare correttamente i manufatti idraulici atti a convogliare le acque, in riferimento alla capacità idraulica dei ricettori finali.

Note le curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed alla successiva determinazione delle onde di piena di progetto.

In questo caso, per la determinazione delle portate di progetto, è stato adottato il modello di corrivazione utilizzando un ietogramma rettangolare depurato delle perdite idrologiche per infiltrazione e per detenzione superficiale mediante l'applicazione di un coefficiente di deflusso (rapporto tra il volume defluito ed il corrispondente volume di afflusso meteorico) assunto costante durante l'evento.

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati in precedenza (infiltrazione e trasformazione afflussi netti - deflussi): il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corrivazione del bacino. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione abbastanza accettabile del fenomeno delle piene.

La portata affluente ($Q_{critica}$) è valutabile attraverso l'applicazione della formula razionale, che restituisce la portata specifica da drenare:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_c \cdot A}{3600 \cdot 1000}$$

dove i_c [mm/h] è l'intensità di pioggia massima per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c [ore], A [m²] è la superficie del bacino scolante e φ è il coefficiente di deflusso che esprime, a meno delle unità di misura, il rapporto tra il volume affluito alla rete e quello complessivamente affluito al bacino, la formula così scritta restituisce il valore di portata Q in m³/s.

Il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 1 come indicato nella relazione B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica.

Alla portata idrologica determinata come definito sopra viene aggiunta una portata pari a 45 l/s che tiene conto del contributo di un possibile sversamento accidentale, come indicato nell'elaborato B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica.

6.2 Calcolo del velo idrico sulla piattaforma stradale

Il processo di deflusso dalla sede stradale agli elementi marginali è da considerare con attenzione, dato i problemi che il velo liquido può porre per il traffico veicolare.

Le precipitazioni che si abbattano sulla sede stradale, soprattutto se brevi ed intense, possono produrre un deflusso superficiale di non trascurabile entità, il quale se non controllato con adatte disposizioni, può causare inconvenienti di rilievo.

Il velo idrico sulla sede stradale deve, infatti, essere contenuto entro prefissati valori (esso non dovrebbe superare i 6 mm [Rooseboom ed altri, 1986]), per non condizionare l'aderenza degli pneumatici, per questo motivo è necessario assegnare un'opportuna pendenza trasversale alla sede stradale.

L'altezza del velo liquido dipende, oltre che dalla pendenza trasversale, dall'intensità di precipitazione, dal percorso che compie l'acqua per raggiungere il bordo della carreggiata e dalla larghezza della strada e dunque dalla circostanza che il tratto stradale sia in rettilineo (in genere scola metà carreggiata per lato) o in curva (scola solo da una parte).

Il valore del velo idrico massimo h_{max} [mm], viene determinato attraverso un'espressione derivata da alcune esperienze condotte in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory nella seguente forma:

$$h_{max} = 0.0474 \cdot \sqrt{L_{eff} \cdot p \cdot i^{-0.2}}$$

Dove:

- L_{eff} : lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata [m], può essere calcolata sulla base della seguente formula:

$$L_{eff} = L_c \left[1 + \left(\frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5}$$

- i : pendenza della strada lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali i_t e i_l :

$$i = (i_l^2 + i_t^2)^{0.5}$$

- L_c : larghezza della carreggiata [m];
- p : intensità di pioggia [mm/h];

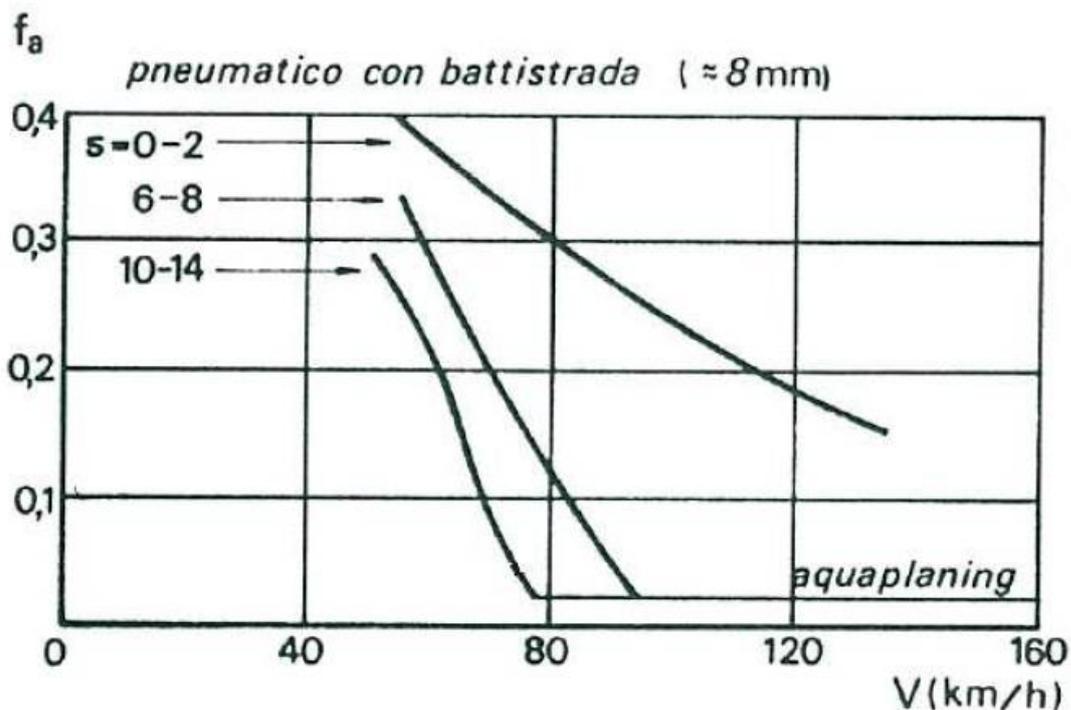


Figura 6-1: Rapporto velo idrico/aderenza

Nella seguente tabella si riportano i valori caratteristici per le singole rampe e i risultati ottenuti. Il valore massimo, raggiunto in corrispondenza della rampa A dello svincolo Gabbadera risulta pari a 4.4 mm, che risulta essere inferiore al valore limite assunto pari a 6 mm.

Tabella 6-1. Verifica velo idrico

			SVINCOLO MILANO OLTRE	SVINCOLO GABBADERA	
Geometria strada:			RAMPA B	RAMPA A	RAMPA C
Larghezza falda stradale	W_F	m	6.5	11	6.5
Pendenza longitudinale	S_L	m/m	0.048	0.0113	0.029
Pendenza trasversale	S_T	m/m	0.0602	0.07	0.0535
Coefficiente di Strickler	K_S	$m^{1/3}/s$	40	40	40
Coefficienti c.p.p.					
	a	mm/h	62.00	62.00	62.00
	n		0.51	0.51	0.51
durata critica t	Θ	min	3	3	3
intensità di pioggia	i	mm/h	269	269	269
Calcolo del percorso del ruscellamento	L_P	m	8.3	11.1	7.4
Calcolo della pendenza fittizia	S_F	m/m	0.077	0.071	0.061
Calcolo del massimo valore del velo liquido:					
- con Road Research Laboratory:	y	mm	3.7	4.4	3.7

6.3 Dimensionamento degli elementi di raccolta

La raccolta dell'acqua di piattaforma è realizzata tramite pozzetti caditoia, ovvero elementi discontinui posti ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene eseguito considerando una sezione di deflusso triangolare, delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato.

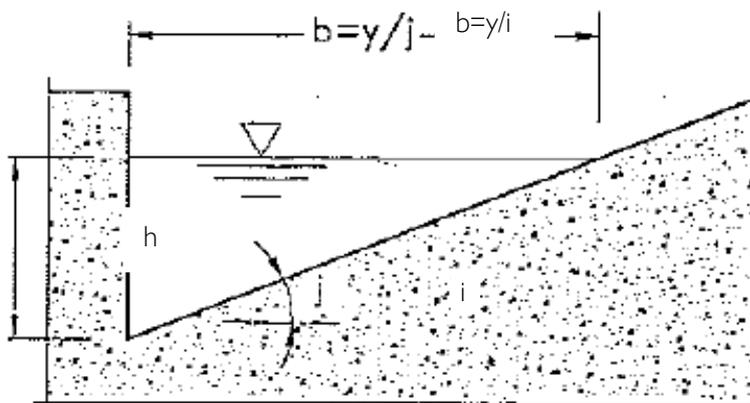


Figura 6-2: Sezione tipica di banchina laterale

Il moto che si instaura viene assimilato a moto uniforme, con riferimento alla portata Q che compete alla sezione terminale del tratto compreso tra due caditoie. Indicando con A e R rispettivamente area e raggio idraulica della sezione, con i la pendenza longitudinale e con K_s il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler assunto pari a $67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ si ha:

$$Q = AK_s R^{2/3} i^{1/2}$$

Considerando la geometria della sede stradale e ipotizzando un allagamento della banchina fino ad 1.00 m, si ottiene quindi la massima portata convogliabile in banchina.

Dividendo il valore della massima portata transitabile in banchina per la portata drenata critica, calcolata con la formula razionale, come illustrato nel precedente paragrafo 6.1 si ottiene l'interasse tra gli scarichi stessi.

Il posizionamento dei pozzetti caditoia dovrà essere tale da garantire la limitazione della lama d'acqua defluente ai margini stradali e l'efficiente evacuazione delle stesse.

Il calcolo della portata Q di smaltimento di una caditoia a griglia è stato condotto secondo la formula di McGhee riportata nel manuale ASCE (ASCEE e WEF,1992):

$$Q = \mu \cdot P \cdot h^{3/2}$$

dove:

- μ è il coefficiente di afflusso pari a 1,66 nel sistema SI
- $P = 2(L+W-n \cdot s)$ è il perimetro idraulicamente attivo (da De Deppo e Datei, 1994) della caditoia munita di n barre di spessore s , dove L è il lato caditoia mentre W è la proiezione lato caditoia.
- h è il tirante idrico.

Sulla base della metodologia ora presentata si verifica quindi il funzionamento della rete di drenaggio per i singoli tratti in cui può essere scomposta l'area di intervento.

È possibile che le caditoie non captino tutta la portata proveniente da monte. Si definisce efficienza di una caditoia il rapporto tra la portata intercettata Q_1 e quella totale Q proveniente da monte. L'efficienza dipende dalle dimensioni e dal tipo di grata, dal valore della portata Q e dalle pendenze trasversali e longitudinali della sede stradale.

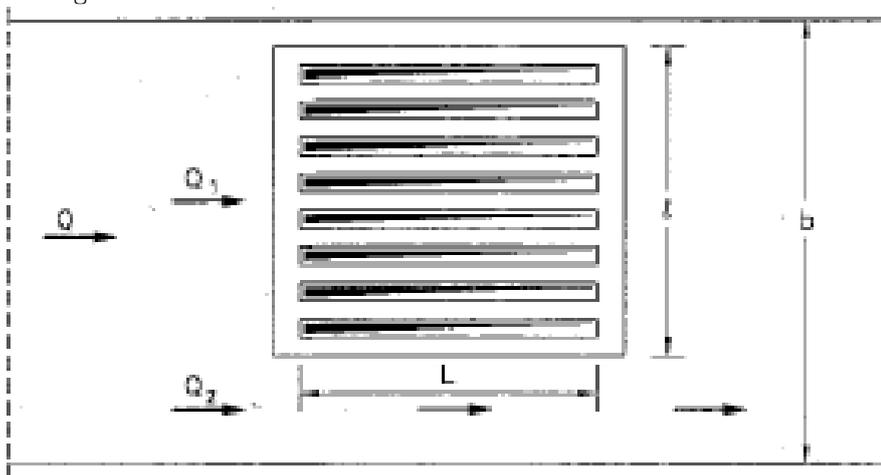


Figura 5.2: Schema di deflusso in prossimità di una caditoia

Indicando con l la larghezza della grata, se si ipotizza che la portata Q_1 fluente nella larghezza l affluisca nella caditoia, mentre quella Q_2 fluente nella larghezza $b-l$ prosegue verso valle, si ottiene:

$$E_0 = \frac{Q_1}{Q} = 1 - \frac{Q_2}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{l}{b}\right)^{8/3}$$

La formula fornisce la misura dell'efficienza nell'ipotesi che la portata Q_1 venga captata integralmente. Questa situazione si verifica quando la velocità di afflusso è minore del valore limite v_0 , al di sopra del quale una parte della corrente oltrepassa la grata. Per grate con barre normali alla direzione della corrente si ha che $v_{0n} = 1,86L^{0,79}$, con L in m e v_0 in m/s. In caso contrario, parte della corrente oltrepassa la grata.

Nel caso in esame si ottiene v_0 pari 0.9 m/s, mentre la velocità di deflusso in banchina è pari a 0.34 m/s nei tratti a maggior pendenza, pertanto la condizione è verificata.

Indicando con Q_1^* la frazione di Q_1 che viene intercettata dalla grata, si definisce efficienza o rendimento della grata il rapporto R_1 :

$$R_1 = \frac{Q_1^*}{Q_1} = 1 - 0.3(v - v_0)$$

Ovviamente, nel caso in esame, poiché $v < v_0$, $R_1 = 1$ e $Q_1^* = Q_1$.

Della portata Q_2 , una porzione può essere intercettata dalla grata, in funzione dei valori di v e L , indicando con Q_2^* la portata derivata, il rendimento R_2 rispetto a Q_2 è definito dalla relazione empirica:

$$R_2 = \frac{Q_2^*}{Q_2} = \left(1 + \frac{0.083v^{1.8}}{jL^{2.3}}\right)^{-1}$$

L'efficienza totale della grata viene, quindi, definita come:

$$E = \frac{Q_1^* + Q_2^*}{Q} = R_1 E_0 + R_2 (1 - E_0)$$

L'efficienza di una caditoia viene considerata accettabile se non risulta essere inferiore a 0,85.

In Tabella 6-2 sono state riportate le tabelle di dimensionamento degli interassi delle caditoie e la relativa efficienza di captazione considerando una grata di dimensioni 40x40cm. Si assume quindi l'interasse di 15 m.

Tabella 6-2. Dimensionamento interasse caditoie

			SVINCOLO MILANO OLTRE			SVINCOLO GABBADERA					
Calcolo deflusso in cunetta			RAMPA B			RAMPA A			RAMPA C		
Sezioni											
Larghezza piattaforma drenata [m]	W		6.5		11		6.5				
Pendenza banchina trasversale [%]	i		0.060		0.070		0.054				
Angolo sulla verticale [grad]	θ		86.555		85.996		86.938				
Larghezza banchina allagata [m]	b		1.000		1.000		1.000				
Altezza d'acqua massima ammissibile [m]	h		0.060		0.070		0.054				
Pendenza stradale longitudinale [%]	p		0.0480		0.0113		0.0290				
Area di deflusso [m ²]	Ad		0.030		0.035		0.027				
Raggio idraulico banchina [m]	R		0.028		0.033		0.025				
Coefficiente di Strickler [m ^{1/2} /s]	Ks		67.000		67.000		67.000				
Portata longitudinale convogliata dalla banchina [l/s]	Q		41.072		25.457		26.343				
Velocità di deflusso in cunetta [m/s]	v		1.365		0.727		0.985				
Calcolo interassi scarico											
	a [mm/h]	62.00									
	n	0.51									
Durata precipitazione [min]	Tc	3									
Coefficiente di laminazione	ε	1.00									
Coefficiente di afflusso	φ	1.00									
Intensità precipitazione [mm/h]	i	269									
Coefficiente odometrico [l/s/ha]	u	748	748.068		748.068		748.068				
Portata critica/m [l/sm]	Q		0.486		0.823		0.486				
	INTERASSE SCARICHI [m]		84.5		30.9		54.2				
Progetto											
	INTERASSE ELEMENTI DI RACCOLTA [m]		15		15		15				
Verifica interasse caditoie											
Coefficiente sistema S.I.	μ	1.66									
Lunghezza caditoia [m]	L	0.4									
Larghezza caditoia [m]	W	0.4									
Numero barre	n	8.000									
Spessore Barre [m]	s	0.025									
Area libera della luce [m ²]	A	0.08									
Battente idrico che insiste sulla caditoia [mm]	h		0.06		0.07		0.05				
Portata intercettata formula di McGhee [l/s]	Q		29.42		36.89		24.65				
Passo delle caditoie [m]	Xc		60.51		44.83		50.70				
Formula empirica per verifica dimensioni caditoia											
Larghezza caditoia sull'orizzontale [m]	I	0.40									
Larghezza caditoia sull'orizzontale [m]	I'		0.40		0.40		0.40				
Lunghezza caditoia [m]	L	0.40									
Velocità limite per grate a barre normali alla corrente [m/s]	v _{bn}	0.90									
Efficienza della caditoia (solo contributo frontale)	E _o		0.64		0.74		0.73				
Portata laterale [l/s]	Q ₂		14.76		6.52		7.23				
Battente a fine caditoia [m]	h ₁		0.04		0.04		0.03				
Larghezza residua [m]	b-l		0.60		0.60		0.60				
Area di deflusso Q ₂ [m ²]	A ₂		0.01		0.01		0.01				
Velocità deflusso Q ₂ [m/s]	V ₂		1.36		0.52		0.75				
Rendimento captazione portata laterale	R ₂		0.05		0.25		0.12				
Efficienza totale della caditoia (con il contributo laterale)	E		0.66		0.81		0.76				

6.4 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento (collettori e canalette) è dato dal confronto tra la portata transitante, ovvero la portata meteorica critica calcolata tramite la formula razionale, e quella massima ammissibile dall'elemento in questione.

Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (pari a 3 minuti) e del tempo di traslazione (t_r) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

dove:

- N = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;
- l_i = lunghezza del tronco i -esimo;
- v_i = velocità nel tronco i -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare, si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\mathfrak{R} j} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

- Q rappresenta la portata di dimensionamento dell'elemento (m^3/s);
- $k = 90$ il coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$) per i collettori in materiale plastico (PEAD) e $k = 67$ per gli elementi in cls;
- A l' area bagnata (m^2);
- C il contorno bagnato (m);
- j la pendenza media della condotta (m/m);
- $\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$ il raggio idraulico (m).

I valori utilizzati per il coefficiente di scabrezza risultano essere a favore di sicurezza rispetto a quello dichiarato nell'elaborato B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica dove vengono assunti pari a $k=95$ per gli elementi in materiale plastico e 70 per quelli in cls.

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata Q per l'area bagnata A .

Per i collettori in materiale plastico è stato considerato un riempimento massimo del 75% e dell'85% per i canali scatolari in cls in modo tale da ridurne quanto più possibile l'ingombro pur assicurando un adeguato franco idraulico.

La velocità deve risultare compresa tra un minimo di 0.5 m/s per evitare sedimentazioni e 5 m/s come indicato nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/19.

6.5 Risultati

Per quanto riguarda lo svincolo Milano Oltre:

- In Tabella 6-3 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa B (Impianto 3C) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 975 m². Il tratto iniziale in PEAD DN315 tra il pozzetto 3Cbis-01 e 3C-01 è stato aggiunto al fine di consentire il drenaggio del tratto in rilevato non previsto in PE. Per il tratto già previsto in PE tra il pozzetto 3C-01 e lo scarico nel canale scatolare 3A risulta necessario un collettore in PEAD DN400.
- In Tabella 6-4 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa A (Impianto 3E) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 1392 m². Il tratto iniziale in PEAD DN315 tra il pozzetto 3Ebis-01 e 3E-01 è stato aggiunto al fine di consentire il drenaggio del tratto in rilevato non previsto in PE. Per il tratto già previsto in PE tra il pozzetto 3E-01 e lo scarico nel canale scatolare 3A risulta necessario un collettore in PEAD DN400.
- In Tabella 6-5 si riportano risultati relativi alla verifica del canale scatolare 3A considerando l'area aggiuntiva totale pari a 2367 m². Sono risultate necessarie le seguenti modifiche rispetto al PE: tratto da 3A-23 a 3A-24 da 1.00x0.75 m a 1.25x0.75 m, tratto da 3A-27 a 3A-36 da 1.50x0.75 m a 1.75x0.75 m e tratto da 3A-36 allo scarico nella vasca VL03 da 1.75x0.75 m a 1.75x0.85 m.
- In Tabella 6-6 si riporta la verifica relativa ai tratti di lunghezza 15 m della canaletta grigliata 20x20 cm in PP.

Per quanto riguarda lo svincolo Gabbadera:

- In Tabella 6-7 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa A (Impianto 4F) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 980.5 m². Il tratto iniziale in PEAD DN315 tra il pozzetto 4F'-01 e 4F-01 è stato aggiunto al fine di consentire il drenaggio del tratto in rilevato non previsto in PE. Per il tratto già previsto in PE tra il pozzetto 4F-01 e lo scarico nel canale scatolare 4A risulta necessario passare dai DN315/500, previsti in PE, a diametri DN400/630.
- In Tabella 6-8 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa C (Impianto 4E) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 863 m². Il riempimento massimo arriva al 75%, le dimensioni previste in PE vengono quindi confermate in quanto risultano sufficienti a smaltire l'intero afflusso meteorico.
- In Tabella 6-9 si riportano risultati relativi alla verifica del canale scatolare 4A considerando l'area aggiuntiva totale pari a 1843.5 m². Il riempimento massimo arriva al

66%, le dimensioni previste in PE vengono quindi confermate in quanto risultano sufficienti a smaltire l'intero afflusso meteorico.

Le aree efficaci cumulate, le pendenze e le lunghezze dei diversi tratti sono quelle riportate nelle tabelle all'interno del paragrafo 4.3 del report B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica.

Per i tratti aggiuntivi previsti al fine di collettare le acque relative ai tratti in rilevato le pendenze sono state assunte pari a quelle dei relativi tratti stradali.

Gli elementi per i quali sono state previste delle modifiche rispetto a quanto previsto nel PE sono evidenziati in giallo.

Tabella 6-3 - Svincolo Milano Oltre Rampa B - Verifica dei collettori dell'impianto 3C e 3Cbis aggiuntivo

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
3Cbis-01	3Cbis-02	325.0	315	0.0100	43.5	3.0	1.50	0.48	3.48	0.068	0.088	0.179	0.66	216.6	0.04	1.66
3Cbis-02	3Cbis-03	650.0	315	0.0480	50.0	3.0	3.29	0.74	3.74	0.089	0.193	0.130	0.48	174.6	0.03	3.22
3Cbis-03	3C-01	975.0	315	0.0480	50.0	3.0	3.29	0.99	3.99	0.108	0.193	0.146	0.54	188.4	0.03	3.39
3C-01	3C-02	1259.0	400	0.0472	32.0	3.0	3.81	1.13	4.13	0.126	0.354	0.141	0.41	159.6	0.04	3.48
3C-02	3C-03	1474.0	400	0.0340	25.6	3.0	3.23	1.26	4.26	0.138	0.301	0.164	0.48	174.4	0.04	3.16
3C-03	3A-39	1474.0	400	0.0340	2.3	3.0	3.23	1.27	4.27	0.138	0.301	0.163	0.48	174.3	0.04	3.16

Tabella 6-4 - Svincolo Milano Oltre Rampa A - Verifica dei collettori dell'impianto 3E e 3Ebis aggiuntivo

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
3Ebis-01	3Ebis-02	278.4	315	0.010	45.0	3.0	1.50	0.50	3.50	0.064	0.088	0.173	0.63	211.3	0.04	1.64
3Ebis-02	3Ebis-03	556.8	315	0.035	50.0	3.0	2.81	0.80	3.80	0.082	0.165	0.136	0.50	179.9	0.03	2.81
3Ebis-03	3Ebis-04	835.2	315	0.035	50.0	3.0	2.81	1.09	4.09	0.099	0.165	0.152	0.56	193.3	0.03	2.94
3Ebis-04	3Ebis-05	1113.6	315	0.035	50.0	3.0	2.81	1.39	4.39	0.114	0.165	0.167	0.61	206.0	0.04	3.04
3Ebis-05	3E-01	1392.0	315	0.035	20.0	3.0	2.81	1.51	4.51	0.130	0.165	0.183	0.67	220.1	0.04	3.12
3E-01	3E-02	1731.0	400	0.025	50.0	3.0	2.76	1.81	4.81	0.148	0.257	0.187	0.54	190.1	0.05	2.86
3E-02	3E-03	1731.0	400	0.053	29.0	3.0	4.04	1.93	4.93	0.147	0.375	0.149	0.43	164.8	0.04	3.79
3E-03	3A-43	1731.0	400	0.053	1.2	3.0	4.04	1.93	4.93	0.146	0.375	0.149	0.43	164.8	0.04	3.79

Tabella 6-5 - Svincolo Milano Oltre - Verifica del canale scatolare 3A

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
3A-1	3A-2	1055.00	1.00	0.75	0.0120	6.99	3.00	3.27	0.04	3.04	0.123	2.455	0.093	0.09	0.12	1.33
3A-2	3A-3	1713.00	1.00	0.75	0.0120	24.69	3.00	3.27	0.16	3.16	0.170	2.455	0.114	0.11	0.15	1.49
3A-3	3A-4	2375.00	1.00	0.75	0.0120	24.72	3.00	3.27	0.29	3.29	0.215	2.455	0.133	0.13	0.18	1.62
3A-4	3A-5	2983.00	1.00	0.75	0.0120	24.76	3.00	3.27	0.41	3.41	0.254	2.455	0.148	0.15	0.20	1.72
3A-5	3A-6	3609.00	1.00	0.75	0.0175	24.82	3.00	3.95	0.52	3.52	0.295	2.964	0.144	0.14	0.19	2.05
3A-6	3A-7	4271.00	1.00	0.75	0.0051	24.95	3.00	2.13	0.71	3.71	0.333	1.600	0.237	0.24	0.32	1.41
3A-7	3A-8	4983.00	1.00	0.75	0.0005	24.84	3.00	0.67	1.33	4.33	0.356	0.501	0.576	0.58	0.77	0.62
3A-8	3A-9	5750.00	1.00	0.75	0.0170	24.87	3.00	3.90	1.44	4.44	0.400	2.922	0.178	0.18	0.24	2.24
3A-9	3A-10	6517.00	1.00	0.75	0.0170	24.95	3.00	3.90	1.55	4.55	0.443	2.922	0.191	0.19	0.25	2.32
3A-10	3A-11	7204.00	1.00	0.75	0.0170	22.32	3.00	3.90	1.64	4.64	0.480	2.922	0.202	0.20	0.27	2.38
3A-11	3A-12	7489.00	1.00	0.75	0.0170	9.66	3.00	3.90	1.68	4.68	0.495	2.922	0.206	0.21	0.27	2.41
3A-12	3A-13	7489.00	1.00	0.75	0.0170	26.90	3.00	3.90	1.80	4.80	0.490	2.922	0.204	0.20	0.27	2.40
3A-13	3A-14	8043.00	1.00	0.75	0.0025	17.98	3.00	1.49	2.00	5.00	0.514	1.120	0.415	0.41	0.55	1.24
3A-14	3A-15	8965.00	1.00	0.75	0.0025	25.02	3.00	1.49	2.28	5.28	0.554	1.120	0.438	0.44	0.58	1.26

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
3A-15	3A-16	9863.00	1.00	0.75	0.0039	25.02	3.00	1.87	2.50	5.50	0.593	1.399	0.392	0.39	0.52	1.51
3A-16	3A-17	10897.00	1.00	0.75	0.0039	24.78	3.00	1.87	2.72	5.72	0.639	1.399	0.414	0.41	0.55	1.55
3A-17	3A-18	10897.00	1.00	0.75	0.0039	8.67	3.00	1.87	2.80	5.80	0.635	1.399	0.412	0.41	0.55	1.54
3A-18	3A-19	11791.00	1.00	0.75	0.0027	21.77	3.00	1.55	3.03	6.03	0.671	1.164	0.491	0.49	0.66	1.37
3A-19	3A-20	13055.00	1.00	0.75	0.0044	3.05	3.00	1.98	3.06	6.06	0.737	1.486	0.439	0.44	0.59	1.68
3A-20	3A-21	13898.00	1.00	0.75	0.0044	24.79	3.00	1.98	3.27	6.27	0.770	1.486	0.454	0.45	0.60	1.70
3A-21	3A-22	14584.00	1.00	0.75	0.0048	24.75	3.00	2.07	3.47	6.47	0.794	1.552	0.449	0.45	0.60	1.77
3A-22	3A-23	15154.00	1.00	0.75	0.0048	20.66	3.00	2.07	3.63	6.63	0.813	1.552	0.458	0.46	0.61	1.78
3A-23	3A-24	15945.00	1.25	0.75	0.0023	28.74	3.00	1.56	3.94	6.94	0.836	1.463	0.494	0.62	0.66	1.35
3A-24	3A-25	16609.00	1.25	0.75	0.0023	24.70	3.00	1.56	4.20	7.20	0.854	1.463	0.501	0.63	0.67	1.36
3A-25	3A-26	17264.00	1.25	0.75	0.0017	24.70	3.00	1.34	4.51	7.51	0.869	1.258	0.568	0.71	0.76	1.22
3A-26	3A-27	17889.00	1.25	0.75	0.0017	24.75	3.00	1.34	4.82	7.82	0.882	1.258	0.574	0.72	0.77	1.23
3A-27	3A-28	18494.00	1.75	0.75	0.0010	24.66	3.00	1.15	5.18	8.18	0.892	1.512	0.513	0.90	0.68	0.99
3A-28	3A-29	19101.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	5.53	8.53	0.901	1.512	0.517	0.90	0.69	1.00
3A-29	3A-30	19715.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	5.89	8.89	0.911	1.512	0.521	0.91	0.69	1.00

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
3A-30	3A-31	20310.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	6.25	9.25	0.920	1.512	0.525	0.92	0.70	1.00
3A-31	3A-32	20927.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	6.60	9.60	0.930	1.512	0.529	0.92	0.70	1.01
3A-32	3A-33	21542.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	6.96	9.96	0.940	1.512	0.532	0.93	0.71	1.01
3A-33	3A-34	22174.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	7.32	10.32	0.950	1.512	0.537	0.94	0.72	1.01
3A-34	3A-35	22810.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	7.68	10.68	0.961	1.512	0.541	0.95	0.72	1.02
3A-35	3A-36	23452.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	8.03	11.03	0.972	1.512	0.545	0.95	0.73	1.02
3A-36	3A-37	23880.00	1.75	0.85	0.0006	16.49	3.00	0.93	8.33	11.33	0.977	1.386	0.657	1.15	0.77	0.85
3A-37	3A-38	24647.00	1.75	0.85	0.0006	8.21	3.00	0.93	8.48	11.48	1.000	1.386	0.668	1.17	0.79	0.86
3A-38	3A-39	25363.00	1.75	0.85	0.0006	21.23	3.00	0.93	8.86	11.86	1.013	1.386	0.674	1.18	0.79	0.86
3A-39	3A-40	26338.00	1.75	0.85	0.0006	8.59	3.00	0.93	9.01	12.01	1.043	1.386	0.689	1.21	0.81	0.87
3A-40	3A-41	26488.00	1.75	0.85	0.0163	3.46	3.00	4.86	9.02	12.02	1.049	7.226	0.223	0.39	0.26	2.69
3A-41	3A-42	27554.00	1.75	0.85	0.0163	24.45	3.00	4.86	9.11	12.11	1.086	7.226	0.228	0.40	0.27	2.72
3A-42	3A-43	28429.00	1.75	0.85	0.0007	24.56	3.00	1.01	9.51	12.51	1.101	1.497	0.678	1.19	0.80	0.93
3A-43	3A-44	30756.00	1.75	0.85	0.0007	24.76	3.00	1.01	9.92	12.92	1.170	1.497	0.708	1.24	0.83	0.94
3A-44	3A-45	31418.00	1.75	0.85	0.0007	18.60	3.00	1.01	10.23	13.23	1.181	1.497	0.713	1.25	0.84	0.95

Tabella 6-6 - Svincolo Milano Oltre - Verifica della canaletta rampa A

	Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	Ks	T ingresso	R pieno riemp.	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
	[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[m ^{1/3} /s]	[min]	[m]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
Tratto canaletta L=15 m	97.50	0.20	0.20	0.0350	15.00	95	3.00	0.07	2.92	0.09	3.09	0.052	0.117	0.106	0.02	0.53	2.46

Tabella 6-7 - Svincolo Gabbadera Rampa A - Verifica dei collettori dell'impianto 4F e 4F' aggiuntivo

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
4F'-01	4F'-02	245.1	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.10	3.10	0.063	0.152	0.122	0.45	168.1	0.03	2.48
4F'-02	4F'-03	490.3	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.19	3.19	0.081	0.152	0.141	0.52	183.9	0.03	2.64
4F'-03	4F'-04	735.4	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.29	3.29	0.098	0.152	0.159	0.58	198.8	0.04	2.76
4F'-04	4F-01	980.5	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.38	3.38	0.114	0.152	0.176	0.65	213.8	0.04	2.86
4F-01	4F-02	1190.5	400	0.0154	15.0	3.0	2.18	0.11	3.11	0.132	0.202	0.203	0.59	200.8	0.06	2.32
4F-02	4F-03	1330.5	400	0.0318	15.0	3.0	3.13	0.19	3.19	0.142	0.291	0.169	0.49	178.2	0.05	3.11
4F-03	4F-04	1467.5	400	0.0318	15.0	3.0	3.13	0.27	3.27	0.150	0.291	0.175	0.51	182.3	0.05	3.15
4F-04	4F-05	1606.5	400	0.0318	15.0	3.0	3.13	0.35	3.35	0.159	0.291	0.181	0.53	186.2	0.05	3.20
4F-05	4F-06	1781.5	400	0.0150	20.0	3.0	2.15	0.51	3.51	0.168	0.200	0.242	0.70	228.2	0.07	2.41
4F-06	4F-07	1908.5	630	0.0034	15.0	3.0	1.37	0.69	3.69	0.174	0.305	0.288	0.54	189.3	0.12	1.41
4F-07	4F-08	2028.5	630	0.0034	18.3	3.0	1.37	0.92	3.92	0.178	0.305	0.292	0.55	191.2	0.13	1.42
4F-08	4F-09	2028.5	630	0.0305	24.1	3.0	4.10	1.01	4.01	0.177	0.915	0.159	0.30	132.3	0.06	3.17
4F-09	4A-19	2028.5	630	0.0700	1.4	3.0	6.21	1.02	4.02	0.177	1.386	0.128	0.24	117.6	0.04	4.26

Tabella 6-8 - Svincolo Gabbadera Rampa C - Verifica dei collettori dell'impianto 4E

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
4E-01	4E-02	1028.0	315	0.0405	21.4	3.0	3.19	0.11	3.00	0.122	0.187	0.161	0.59	200.4	0.04	3.40
4E-02	4E-03	1102.0	315	0.0405	21.4	3.0	3.19	0.22	3.12	0.126	0.187	0.164	0.60	203.3	0.04	3.43
4E-03	4E-04	1102.0	315	0.0208	14.5	3.0	2.29	0.33	3.20	0.125	0.134	0.209	0.76	243.9	0.05	2.60
4E-04	4E-05	1102.0	315	0.0208	39.0	3.0	2.29	0.61	3.50	0.121	0.134	0.204	0.75	239.0	0.05	2.59
4E-05	4A-06b	1102.0	315	0.0208	3.4	3.0	2.29	0.64	3.52	0.121	0.134	0.204	0.75	238.8	0.05	2.59

Tabella 6-9 - Svincolo Gabbadera - Verifica del canale scatolare 4A

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
4A-1	4A-2	254.00	1.00	0.75	0.0080	11.40	3.00	2.68	0.07	3.00	0.064	2.013	0.069	0.07	0.09	0.92
4A-2	4A-3	419.00	1.00	0.75	0.0080	7.37	3.00	2.69	0.12	3.10	0.076	2.014	0.077	0.08	0.10	0.98
4A-3	4A-4	8045.00	1.50	0.75	0.0008	17.18	3.00	0.99	0.41	3.35	0.615	1.109	0.488	0.73	0.65	0.84
4A-4	4A-5	8586.00	1.50	0.75	0.0008	24.54	3.00	0.99	0.82	3.85	0.613	1.109	0.487	0.73	0.65	0.84
4A-5	4A-6	9126.00	1.50	0.75	0.0070	24.54	3.00	2.92	0.96	4.35	0.614	3.279	0.232	0.35	0.31	1.77
4A-6	4A-6b	9276.00	1.50	0.75	0.0070	6.77	3.00	2.92	1.00	4.42	0.619	3.279	0.233	0.35	0.31	1.77
4A-6b	4A-7	10769.00	1.50	0.75	0.0070	17.77	3.00	2.92	1.10	4.60	0.698	3.279	0.252	0.38	0.34	1.84
4A-7	4A-8	11311.00	1.50	0.75	0.0070	24.54	3.00	2.92	1.24	4.85	0.714	3.279	0.256	0.38	0.34	1.86
4A-8	4A-9	11851.00	1.50	0.75	0.0034	24.54	3.00	2.03	1.44	5.08	0.730	2.286	0.332	0.50	0.44	1.47
4A-9	4A-10	12390.00	1.50	0.75	0.0034	24.54	3.00	2.03	1.65	5.38	0.741	2.286	0.336	0.50	0.45	1.47
4A-10	4A-11	12930.00	1.50	0.75	0.0034	24.54	3.00	2.03	1.85	5.68	0.752	2.286	0.339	0.51	0.45	1.48
4A-11	4A-12	13482.00	1.50	0.75	0.0027	24.55	3.00	1.81	2.07	5.98	0.764	2.037	0.371	0.56	0.49	1.37
4A-12	4A-13	14094.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	2.30	6.30	0.778	2.037	0.376	0.56	0.50	1.38
4A-13	4A-14	14447.00	1.50	0.75	0.0027	13.88	3.00	1.81	2.43	6.48	0.786	2.037	0.378	0.57	0.50	1.39

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
4A-14	4A-15	14718.00	1.50	0.75	0.0027	10.67	3.00	1.81	2.52	6.62	0.792	2.037	0.380	0.57	0.51	1.39
4A-15	4A-16	15340.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	2.75	6.93	0.806	2.037	0.385	0.58	0.51	1.40
4A-16	4A-17	15960.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	2.98	7.25	0.820	2.037	0.389	0.58	0.52	1.40
4A-17	4A-18	16588.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	3.20	7.55	0.834	2.037	0.394	0.59	0.53	1.41
4A-18	4A-19	17080.00	1.50	0.75	0.0027	18.95	3.00	1.81	3.38	7.80	0.845	2.037	0.397	0.60	0.53	1.42
4A-19	4A-20	19219.50	1.50	0.75	0.0027	5.59	3.00	1.81	3.43	7.87	0.941	2.037	0.429	0.64	0.57	1.46
4A-20	4A-21	19736.50	1.50	0.75	0.0027	24.68	3.00	1.81	3.66	8.17	0.949	2.037	0.431	0.65	0.57	1.47
4A-21	4A-22	20264.50	1.50	0.75	0.0027	24.55	3.00	1.81	3.88	8.47	0.957	2.037	0.434	0.65	0.58	1.47
4A-22	4A-23	20792.50	1.50	0.75	0.0027	24.55	3.00	1.81	4.11	8.77	0.965	2.037	0.436	0.65	0.58	1.47
4A-23	4A-24	21323.50	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	4.33	9.07	0.973	2.037	0.439	0.66	0.58	1.48
4A-24	4A-25	21852.50	1.50	0.75	0.0023	22.13	3.00	1.67	4.55	9.33	0.982	1.880	0.467	0.70	0.62	1.40
4A-25	4A-26	22214.50	1.50	0.75	0.0023	2.41	3.00	1.67	4.58	9.37	0.996	1.880	0.472	0.71	0.63	1.41
4A-26	4A-27	22403.50	1.50	0.75	0.0023	17.29	3.00	1.67	4.75	9.58	0.994	1.880	0.471	0.71	0.63	1.41
4A-27	4A-28	23788.50	1.50	0.75	0.0023	7.25	3.00	1.67	4.82	9.68	1.047	1.880	0.489	0.73	0.65	1.43
4A-28	4A-29	24404.50	1.50	0.75	0.0023	24.54	3.00	1.67	5.07	9.98	1.058	1.880	0.493	0.74	0.66	1.43

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
4A-29	4A-30	24833.50	1.50	0.75	0.0023	24.54	3.00	1.67	5.31	10.28	1.061	1.880	0.494	0.74	0.66	1.43
4A-30	4A-31	25627.50	1.50	0.75	0.0023	17.14	3.00	1.67	5.48	10.50	1.083	1.880	0.501	0.75	0.67	1.44
4A-31	4A-32	25955.50	1.50	0.75	0.0023	32.10	3.00	1.67	5.80	10.90	1.077	1.880	0.499	0.75	0.67	1.44
4A-32	4A-33	25955.50	1.50	0.75	0.0023	14.42	3.00	1.67	5.95	11.08	1.068	1.880	0.496	0.74	0.66	1.44

7 DIMENSIONAMENTO DELLA VASCHE DI LAMINAZIONE

A seguito dell'incremento dell'area drenata relativa alle vasche VL03 e VL04 è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva.

Per la determinazione del volume massimo di laminazione, nella nuova configurazione si è utilizzato il **metodo delle sole piogge**, di seguito brevemente descritto.

Il volume da invasare V_i , a un certo tempo θ , è dato dalla differenza tra volume entrante V_e e volume uscente V_u :

$$V = V_e - V_u$$

Il volume entrante V_e è determinato dall'afflusso meteorico h (altezza di precipitazione) su di una superficie S , caratterizzata da un coefficiente di deflusso ϕ , in un certo tempo di pioggia θ :

$$V_e = \phi S h(\theta) = \phi S a \theta^n$$

mentre il volume uscente V_u , nell'ipotesi di portata uscente Q_u costante, è dato da:

$$V_u = Q_u \cdot \theta$$

Pertanto, il volume da invasare nel caso di un evento meteorico di durata θ risulta:

$$V_i = \phi S a \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

V_i , pertanto, assumerà il suo valore massimo per θ_p e evento di precipitazione di durata θ_p pari a:

$$V_{i_{max}} = \phi S a \left(\frac{Q_u}{\phi S a n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \left(\frac{Q_u}{\phi S a n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Da cui

La portata in uscita Q_u è assunta pari alla portata su cui è stato dimensionato l'impianto di sollevamento previsto in PE.

Valutata, dunque, la superficie afferente alla vasca e le sue caratteristiche di deflusso (ϕ) è possibile determinare θ_p e, quindi, il valore massimo che può assumere il volume da invasare.

7.1 Vasca VL03 – Svincolo Milano Oltre

A seguito dell'incremento dell'area drenata relativa alla vasca VL03, pari a 2367 m², è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva.

I dati di base utilizzati sono quelli indicati nel report B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica pag 48 per il bacino n°3.

In PE attualmente è prevista una vasca con un'area in pianta utile pari a circa 751 m² per un volume totale utile di circa 2600 m³.

La carpenteria della vasca è stata studiata in PE in modo tale da comprendere anche il sifone idraulico AT06a, relativo al ripristino del Fontanile Borromeo, all'interno della medesima struttura. Poiché, nell'ambito della revisione del sistema di canali irrigui previsto con l'obiettivo di adeguarlo allo stato

effettivo dei luoghi, tale sifone è stato eliminato, si è considerata l'opportunità di utilizzare il volume attualmente ad esso riservato come area aggiuntiva per la laminazione della portata meteorica.

I risultati del calcolo, riportati nella seguente tabella portano ad un valore di $\theta_p = 3.83$ ore, al quale corrisponde un volume minimo di invaso pari a 1878 m³, ovvero 209 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 1669 m³.

Tabella 7-1 - Calcolo del volume di laminazione VL03

Metodo delle sole piogge		
Qu	53	l/s
ϕ	1	
a	62.00	
n	0.28	
S PE	26'500	m ²
S aggiuntiva	2'367	m ²
S tot	28'867	m ²
θ_p	3.83	ore
Vu	730.34	m ³
Ve	2608.35	m ³
V max θ_p	1878.01	m³

Poiché la vasca, considerando anche l'area recuperata a seguito dell'eliminazione del sifone idraulico, ha una sezione libera pari a 898 m² circa, il volume di laminazione si ha con un tirante massimo di circa 2.10 m dal fondo della vasca di accumulo, quindi con un franco di circa 1.20 m rispetto alla quota di scorrimento dello scatolare in ingresso.

Di seguito lo schema riassuntivo con il confronto tra la configurazione di PE e la modifica adottata nell'ambito del presente progetto Costruttivo.

		PE	PC	Δ
Superficie afferente	ha	2.65	2.89	+0.24
Portata sollevata	l/s	53	53	–
Area in pianta utile	m ²	751	898	–
Quota fondo scarico scatolare	m s.l.m.	112.2	112.2	–
Quota fondo vasca	m s.l.m.	108.9	108.9	–
Altezza utile	m	3.31	3.31	–
Volume laminazione	m ³	1669.0	1878.0	+209.0
Tirante idrico per laminazione	m	2.22	2.09	-0.13
Franco rispetto alla quota fondo scarico scatolare	m	1.09	1.22	+0.13

La soluzione adottata consente quindi di garantire il volume di laminazione aggiuntivo con un incremento del franco idraulico di 13 cm tra quota di massimo invaso per la laminazione e quota di scorrimento dello scatolare in ingresso rispetto a quanto previsto in PE.

7.2 Vasca VL04 – Svincolo Gabbadera

A seguito dell'incremento dell'area drenata relativa alla vasca VL04, pari a 1843.5 m², è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva.

I dati di base utilizzati sono quelli indicati nel report B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica pag 49 per il bacino n°4. In PE attualmente è prevista una vasca con un'area in pianta utile pari a circa 858 m² per un volume totale utile di circa 3170 m³.

I risultati del calcolo, riportati nella seguente tabella portano ad un valore di $\theta_p = 3.63$ ore, al quale corrisponde un volume minimo di invaso pari a 2'181.3 m³, ovvero circa 165 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 2'016 m³.

Tabella 0-1 - Calcolo del volume di laminazione VL04

Metodo delle sole piogge		
Qu	65	l/s
ϕ	1	
a	62.00	
n	0.28	
S PE	32'200	m ²
S aggiuntiva	1'843.5	m ²
S tot	34'043.50	m ²
θ_p	3.63	ore
Vu	848.29	m ³
Ve	3'029.60	m ³
V max θ_p	2'181.3	m ³

Volendo garantire l'interno volume utile al di sotto della quota di scorrimento dello scatolare in entrata è risultato quindi necessario un abbassamento del fondo della vasca di 40 cm.

Di seguito lo schema riassuntivo con il confronto tra la configurazione di PE e la modifica adottata nell'ambito del presente progetto Costruttivo.

		PE	PC	Δ
Superficie afferente	ha	3.22	3.40	0.18
Portata sollevata	l/s	65	65	–
Area in pianta utile	m ²	858	858	–
Quota fondo scarico scatolare	m s.l.m.	114.37	114.37	–
Quota fondo vasca	m s.l.m.	110.88	110.48	-0.4
Altezza utile	m	3.5	3.9	+0.4
Volume laminazione	m ³	2016	2181.3	+165
Tirante idrico per laminazione	m	2.35	2.54	+0.19
Franco rispetto alla quota fondo scarico scatolare	m	1.15	1.36	0.21

La soluzione adottata consente quindi di garantire il volume di laminazione aggiuntivo con un incremento del franco idraulico di 21 cm tra quota di massimo invaso per la laminazione e quota di scorrimento dello scatolare in ingresso rispetto a quanto previsto in PE.

Sommario

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	documenti di riferimento.....	3
4	DESCRIZIONE SISTEMA DI DRENAGGIO	4
4.1	Svincolo Milano Oltre – Impianto 3 e Vasca VL03.....	4
4.2	Svincolo GABBADERA – Impianto 4 e Vasca VL04.....	6
5	Idrologia.....	8
6	Dimensionamento della rete di drenaggio	9
6.1	Modello di trasformazione afflussi-deflussi.....	9
6.2	Calcolo del velo idrico sulla piattaforma stradale.....	9
6.3	Dimensionamento degli elementi di raccolta	11
6.4	Dimensionamento degli elementi di convogliamento.....	15
6.5	Risultati.....	16
7	Dimensionamento della vasche di laminazione.....	29
7.1	Vasca VL03 – Svincolo Milano Oltre.....	29
7.2	Vasca VL04 – Svincolo Gabbadera.....	30



ALPINA S.p.A.

Via Ripamonti 2
20136 Milano
ITALY

P.IVA 10241540151
C.F./R.I. 01033390392
REA 1337939

Capitale Sociale
€ 1.155.170 i.v.

TEL +39.02.58305010
FAX +39.02.58307388
PEC alpina@legalmail.it
MAIL info@alpina-spa.it
WEB www.alpina-spa.it

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento e la verifica del sistema di raccolta, smaltimento e laminazione delle acque meteoriche di piattaforma a seguito del parere CTV n.62 del 15/02/2021 che ha richiesto l'estensione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di drenaggio della piattaforma stradale di tipo chiuso alle rampe di svincolo in rilevato.

L'ipotesi principale su cui si è basato lo studio ed i risultati riportati nel presente documento prevede che il sistema previsto in PE non viene modificato ma solo integrato per la raccolta, lo smaltimento e la laminazione delle portate meteoriche relative alle tratte evidenziate:

- Svincolo Milano Oltre Rampa A e Rampa B
- Svincolo Gabbadera Rampa C (Viadotto CV02 e rampa di approccio lato Est) e Rampa A.

Di seguito, dopo una breve descrizione del sistema di drenaggio e delle modifiche previste, si riporta la metodologia utilizzata per il dimensionamento dei diversi elementi che compongono il sistema e i risultati ottenuti. Le verifiche di seguito riportate sono state condotte con i medesimi criteri con i quali è stato sviluppato il Progetto Esecutivo, in questo modo si ritengono ancora valide le assunzioni adottate. Eventuali differenze sono state specificate nel dettaglio.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La progettazione del sistema di drenaggio è stata sviluppata sulla base dei riferimenti normativi utilizzati nella precedente fase di progettazione esecutiva:

- T.U. sulle acque D.Lgs. n. 152/2006.
- Legge Regionale della Lombardia n.26 del 12/12/2003.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n° 3 e 4.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Documenti Progetto Esecutivo

B.02.01	Relazione idrologica ed idraulica
B.02.03	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 1/10
B.02.04	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 2/10
B.02.05	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 3/10
B.02.06	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 4/10
B.02.07	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 5/10
B.02.08	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 6/10
B.02.09	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 7/10
B.02.10	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 8/10
B.02.11	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 9/10
B.02.12	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 10/10
B.02.13	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 1/10
B.02.14	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 2/10
B.02.15	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 3/10
B.02.16	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 4/10
B.02.17	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 5/10
B.02.18	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 6/10
B.02.19	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 7/10
B.02.20	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 8/10
B.02.21	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 9/10
B.02.22	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 10/10
B.02.23	Particolari costruttivi Tav. 1/2
B.02.24	Particolari costruttivi Tav. 2/2

PC-B.02.07	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 5/10
PC-B.02.10	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 8/10
PC-B.02.11	Smaltimento acque di piattaforma - Planimetria Tav. 9/10
PC-B.02.15	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 3/10
PC-B.02.16	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 4/10
PC-B.02.20	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 8/10
PC-B.02.21	Smaltimento acque di piattaforma - Profili longitudinali Tav. 9/10
PC-B.02.25	Particolari costruttivi Ods n°4

4 DESCRIZIONE SISTEMA DI DRENAGGIO

L'estensione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di drenaggio della piattaforma stradale di tipo chiuso, alle rampe di svincolo in rilevato, prevede la raccolta delle acque defluenti dalla sede stradale ai margini della piattaforma stradale mediante un sistema di caditoie, canalette grigliate e collettori.

Tutte le acque raccolte sono quindi avviate a vasche di laminazione e quindi ad un impianto di sedimentazione e disoleazione con filtri acoalescenza prima del recapito in corsi d'acqua superficiali.

Lo schema di raccolta delle acque meteoriche relativo alle diverse tratte in oggetto è stato sviluppato a partire da quanto previsto in PE per le tratte adiacenti.

4.1 Svincolo Milano Oltre – Impianto 3 e Vasca VL03

La portata meteorica relativa alla **Rampa B (direzione Milano)** viene raccolta tramite un sistema di caditoie con griglia in ghisa 40x40 cm classe D400, poste ad interasse di 15 m e collegate a un collettore in PEAD corrugato DN315, come illustrato nel dettaglio tipologico di Figura 4-1. Il nuovo tratto di collettore in progetto, di lunghezza pari a circa 143.50 m, è connesso al ramo 3C, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 3C-01. Per tale ramo 3C le dimensioni dei collettori in PEAD vengono incrementate da DN315, previsto in PE, a DN400.

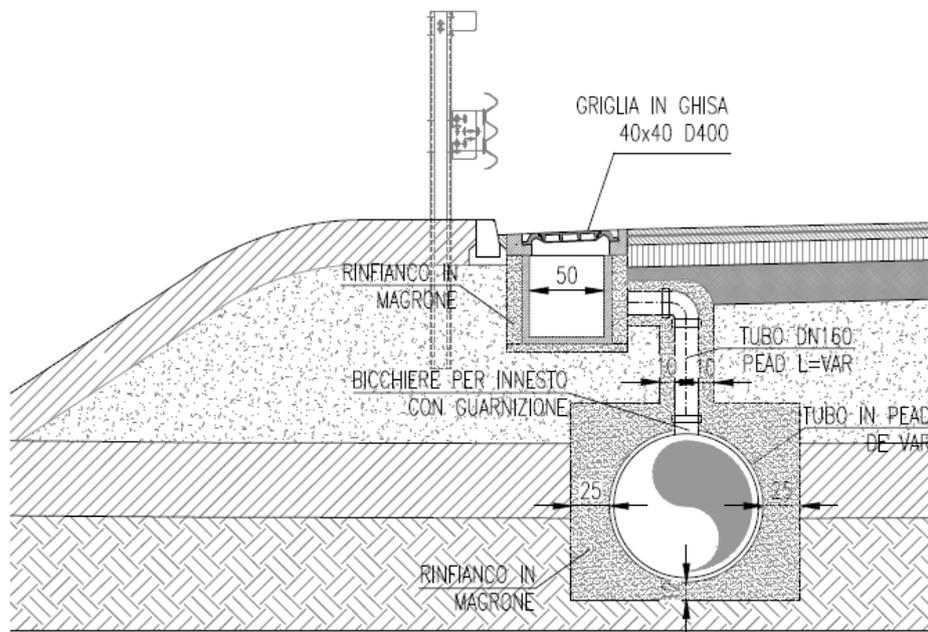


Figura 4-1 – Dettaglio tipologico smaltimento rampe in rilevato

La portata meteorica relativa alla **Rampa A (direzione Melzo)** viene raccolta tramite una canaletta grigliata 20x20 cm in PP con griglia in ghisa classe D400 che, ad interasse di 15 m, scarica in un collettore in PEAD corrugato DN315.

Il dettaglio, riportato in Figura 4-2, è quello presentato in PE in corrispondenza dei profili redirettivi del tracciato principale.

Il nuovo tratto di collettore in progetto, di lunghezza pari a circa 195 m, è connesso al ramo 3E, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 3E-01. Per tale tratto le dimensioni dei collettori in PEAD vengono incrementate da DN315, previsto in PE, a DN400.

Figura 4-2 – Dettaglio tipologico smaltimento con profilo redirettivo e rampa in rilevato tra muri

Al fine di garantire lo smaltimento della portata meteorica totale, considerando quella relativa all'area aggiuntiva delle rampe A e B (+2367 m²), le dimensioni del **Canale scatolare 3A** vengono aumentate come segue, al fine di garantire un grado di riempimento massimo dell'85%:

- tratto da 3A-23 a 3A-24 da 1.00x0.75 m a 1.25x0.75 m;
- tratto da 3A-27 a 3A-36 da 1.50x0.75 m a 1.75x0.75 m;
- tratto da 3A-36 allo scarico nella vasca VL03 da 1.75x0.75 m a 1.75x0.85 m

Tutte le acque raccolte sono quindi avviate alla vasca di laminazione **VL03**. A seguito dell'incremento dell'area drenata è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva. È risultato necessario un volume minimo di invaso pari a 1878 m³, ovvero 209 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 1669 m³.

La carpenteria della vasca è stata studiata in PE in modo tale da comprendere anche il sifone idraulico AT06a, relativo al ripristino del Fontanile Borromeo, all'interno della medesima struttura. Poiché, nell'ambito della revisione del sistema di canali irrigui, previsto nella fase attuale con l'obiettivo di adeguare le opere allo stato effettivo dei luoghi, tale sifone è stato eliminato, il volume attualmente ad esso riservato è stato considerato per la laminazione della portata meteorica aggiuntiva.

Nella seguente immagine si riporta lo stralcio planimetrico di progetto per le due rampe.



Figura 4-3 – Stralcio planimetrico sistema di drenaggio Svincolo Milano Oltre – Rampa A e B

4.2 Svincolo GABBADERA – Impianto 4 e Vasca VL04

La portata meteorica relativa alla **Rampa A** e alla **Rampa C** (Viadotto CV02 e rampa di approccio lato Est) viene raccolta tramite un sistema di caditoie con griglia in ghisa 40x40 cm classe D400, poste ad interasse di 15 m e collegate a un collettore in PEAD corrugato DN315, come illustrato nel dettaglio tipologico di Figura 4-1.

Il nuovo tratto di collettore in progetto lungo la rampa A, di lunghezza pari a circa 60 m, è connesso al ramo 4F, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 4F-01. Per tale ramo 4F le dimensioni dei collettori in PEAD dovranno essere incrementate da DN315/500, previsti in PE, a DN400/630. Nella seguente immagine si riporta lo stralcio planimetrico di progetto.

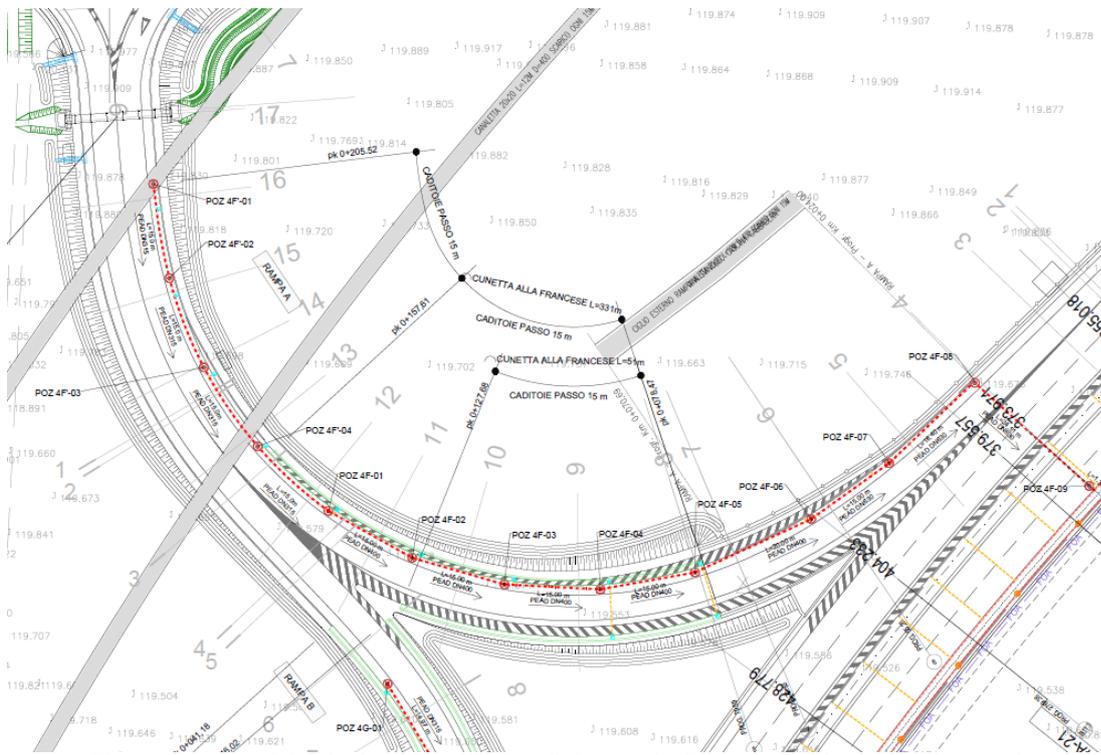


Figura 4-4 – Stralcio planimetrico sistema di drenaggio Svincolo Gabbadera – Rampa A

Il nuovo tratto di collettore in progetto lungo la rampa C, di lunghezza pari a circa 80 m, è connesso al ramo 4E, previsto in PE, in corrispondenza del pozzetto 4E-01. Le dimensioni dei collettori del tratto 4E sono confermate come da PE. Nella seguente immagine si riporta lo stralcio planimetrico di progetto.

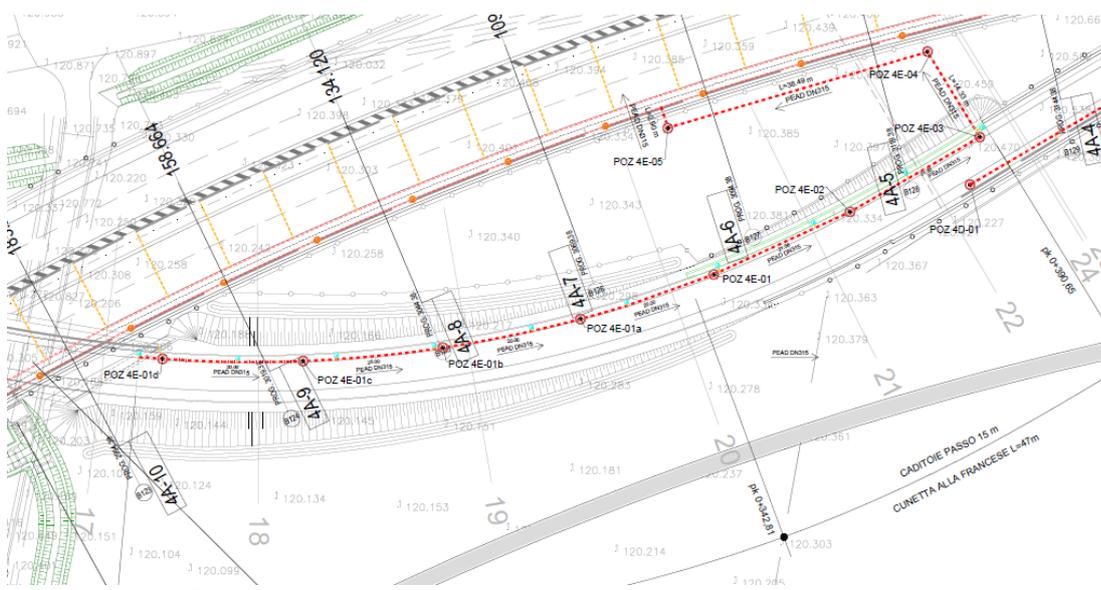


Figura 4-5 – Stralcio planimetrico sistema di drenaggio Svincolo Gabbadera – Rampa C

Le dimensioni previste in PE per il **Canale scatolare 4A** sono state verificate tenendo conto all'area aggiuntiva delle rampe A e C (+1843.5 m²) e sono state confermate, in quanto risultano sufficienti a smaltire l'intero afflusso meteorico.

Tutte le acque raccolte sono quindi avviate alla vasca di laminazione **VL04**. A seguito dell'incremento dell'area drenata è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva. È risultato necessario un volume minimo di invaso pari a 2'181.3 m³, ovvero circa 165 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 2'016 m³. Volendo garantire l'interno volume utile al di sotto della quota di scorrimento dello scatolare in entrata è risultato quindi necessario un abbassamento del fondo della vasca di 40 cm.

5 IDROLOGIA

La previsione quantitativa delle piogge nell'area di interesse è stata realizzata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica individuante la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l'altezza d'acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

nella quale i termini a ed n sono parametri dipendenti dal tempo di ritorno specificato. Il tempo di ritorno utilizzato come riferimento di TR = 25 anni e i parametri sono quelli indicati nell'elaborato di PE B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica e riportati di seguito:

	TR 25	
	t<1h	t>1h
a	62.00	62.00
n	0.51	0.28

6 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO

6.1 Modello di trasformazione afflussi-deflussi

La determinazione delle portate defluite nelle sezioni di chiusura dei sottobacini stradali è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi. L'importanza di tale informazione risiede nella necessità di dimensionare correttamente i manufatti idraulici atti a convogliare le acque, in riferimento alla capacità idraulica dei ricettori finali.

Note le curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed alla successiva determinazione delle onde di piena di progetto.

In questo caso, per la determinazione delle portate di progetto, è stato adottato il modello di corrivazione utilizzando un ietogramma rettangolare depurato delle perdite idrologiche per infiltrazione e per detenzione superficiale mediante l'applicazione di un coefficiente di deflusso (rapporto tra il volume defluito ed il corrispondente volume di afflusso meteorico) assunto costante durante l'evento.

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati in precedenza (infiltrazione e trasformazione afflussi netti - deflussi): il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corrivazione del bacino. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione abbastanza accettabile del fenomeno delle piene.

La portata affluente ($Q_{critica}$) è valutabile attraverso l'applicazione della formula razionale, che restituisce la portata specifica da drenare:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_c \cdot A}{3600 \cdot 1000}$$

dove i_c [mm/h] è l'intensità di pioggia massima per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c [ore], A [m²] è la superficie del bacino scolante e φ è il coefficiente di deflusso che esprime, a meno delle unità di misura, il rapporto tra il volume affluito alla rete e quello complessivamente affluito al bacino, la formula così scritta restituisce il valore di portata Q in m³/s.

Il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 1 come indicato nella relazione B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica.

Alla portata idrologica determinata come definito sopra viene aggiunta una portata pari a 45 l/s che tiene conto del contributo di un possibile sversamento accidentale, come indicato nell'elaborato B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica.

6.2 Calcolo del velo idrico sulla piattaforma stradale

Il processo di deflusso dalla sede stradale agli elementi marginali è da considerare con attenzione, dato i problemi che il velo liquido può porre per il traffico veicolare.

Le precipitazioni che si abbattano sulla sede stradale, soprattutto se brevi ed intense, possono produrre un deflusso superficiale di non trascurabile entità, il quale se non controllato con adatte disposizioni, può causare inconvenienti di rilievo.

Il velo idrico sulla sede stradale deve, infatti, essere contenuto entro prefissati valori (esso non dovrebbe superare i 6 mm [Rooseboom ed altri, 1986]), per non condizionare l'aderenza degli pneumatici, per questo motivo è necessario assegnare un'opportuna pendenza trasversale alla sede stradale.

L'altezza del velo liquido dipende, oltre che dalla pendenza trasversale, dall'intensità di precipitazione, dal percorso che compie l'acqua per raggiungere il bordo della carreggiata e dalla larghezza della strada e dunque dalla circostanza che il tratto stradale sia in rettilineo (in genere scola metà carreggiata per lato) o in curva (scola solo da una parte).

Il valore del velo idrico massimo h_{max} [mm], viene determinato attraverso un'espressione derivata da alcune esperienze condotte in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory nella seguente forma:

$$h_{max} = 0.0474 \cdot \sqrt{L_{eff} \cdot p \cdot i^{-0.2}}$$

Dove:

- L_{eff} : lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata [m], può essere calcolata sulla base della seguente formula:

$$L_{eff} = L_c \left[1 + \left(\frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5}$$

- i : pendenza della strada lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali i_t e i_l :

$$i = (i_l^2 + i_t^2)^{0.5}$$

- L_c : larghezza della carreggiata [m];
- p : intensità di pioggia [mm/h];

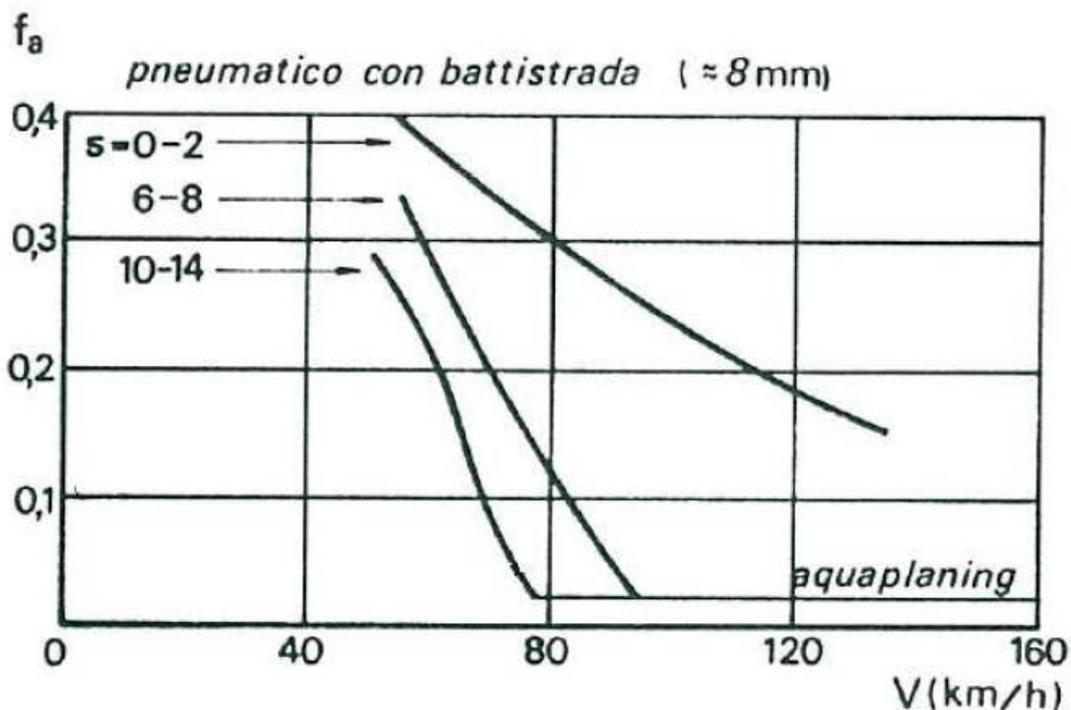


Figura 6-1: Rapporto velo idrico/aderenza

Nella seguente tabella si riportano i valori caratteristici per le singole rampe e i risultati ottenuti. Il valore massimo, raggiunto in corrispondenza della rampa A dello svincolo Gabbadera risulta pari a 4.4 mm, che risulta essere inferiore al valore limite assunto pari a 6 mm.

Tabella 6-1. Verifica velo idrico

			SVINCOLO MILANO OLTRE	SVINCOLO GABBADERA	
Geometria strada:			RAMPA B	RAMPA A	RAMPA C
Larghezza falda stradale	W_F	m	6.5	11	6.5
Pendenza longitudinale	S_L	m/m	0.048	0.0113	0.029
Pendenza trasversale	S_T	m/m	0.0602	0.07	0.0535
Coefficiente di Strickler	K_S	$m^{1/3}/s$	40	40	40
Coefficienti c.p.p.					
	a	mm/h	62.00	62.00	62.00
	n		0.51	0.51	0.51
durata critica t	Θ	min	3	3	3
intensità di pioggia	i	mm/h	269	269	269
Calcolo del percorso del ruscellamento	L_P	m	8.3	11.1	7.4
Calcolo della pendenza fittizia	S_F	m/m	0.077	0.071	0.061
Calcolo del massimo valore del velo liquido:					
- con Road Research Laboratory:	y	mm	3.7	4.4	3.7

6.3 Dimensionamento degli elementi di raccolta

La raccolta dell'acqua di piattaforma è realizzata tramite pozzetti caditoia, ovvero elementi discontinui posti ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene eseguito considerando una sezione di deflusso triangolare, delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato.

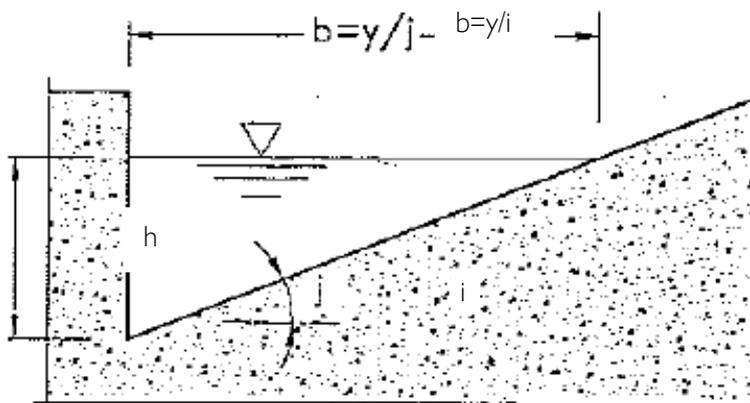


Figura 6-2: Sezione tipica di banchina laterale

Il moto che si instaura viene assimilato a moto uniforme, con riferimento alla portata Q che compete alla sezione terminale del tratto compreso tra due caditoie. Indicando con A e R rispettivamente area e raggio idraulica della sezione, con i la pendenza longitudinale e con K_s il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler assunto pari a $67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ si ha:

$$Q = AK_s R^{2/3} i^{1/2}$$

Considerando la geometria della sede stradale e ipotizzando un allagamento della banchina fino ad 1.00 m, si ottiene quindi la massima portata convogliabile in banchina.

Dividendo il valore della massima portata transitabile in banchina per la portata drenata critica, calcolata con la formula razionale, come illustrato nel precedente paragrafo 6.1 si ottiene l'interasse tra gli scarichi stessi.

Il posizionamento dei pozzetti caditoia dovrà essere tale da garantire la limitazione della lama d'acqua defluente ai margini stradali e l'efficiente evacuazione delle stesse.

Il calcolo della portata Q di smaltimento di una caditoia a griglia è stato condotto secondo la formula di McGhee riportata nel manuale ASCE (ASCEE e WEF,1992):

$$Q = \mu \cdot P \cdot h^{3/2}$$

dove:

- μ è il coefficiente di afflusso pari a 1,66 nel sistema SI
- $P = 2(L+W-n \cdot s)$ è il perimetro idraulicamente attivo (da De Deppo e Datei, 1994) della caditoia munita di n barre di spessore s , dove L è il lato caditoia mentre W è la proiezione lato caditoia.
- h è il tirante idrico.

Sulla base della metodologia ora presentata si verifica quindi il funzionamento della rete di drenaggio per i singoli tratti in cui può essere scomposta l'area di intervento.

È possibile che le caditoie non captino tutta la portata proveniente da monte. Si definisce efficienza di una caditoia il rapporto tra la portata intercettata Q_1 e quella totale Q proveniente da monte. L'efficienza dipende dalle dimensioni e dal tipo di grata, dal valore della portata Q e dalle pendenze trasversali e longitudinali della sede stradale.

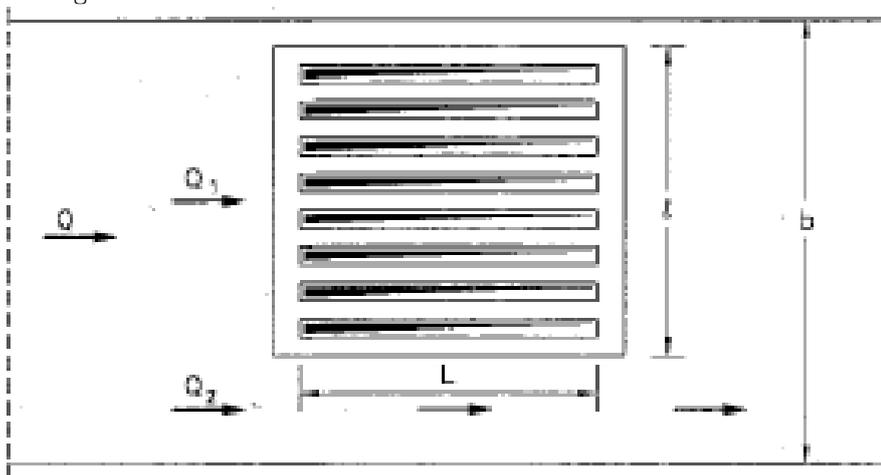


Figura 5.2: Schema di deflusso in prossimità di una caditoia

Indicando con l la larghezza della grata, se si ipotizza che la portata Q_1 fluente nella larghezza l affluisca nella caditoia, mentre quella Q_2 fluente nella larghezza $b-l$ prosegue verso valle, si ottiene:

$$E_0 = \frac{Q_1}{Q} = 1 - \frac{Q_2}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{l}{b}\right)^{8/3}$$

La formula fornisce la misura dell'efficienza nell'ipotesi che la portata Q_1 venga captata integralmente. Questa situazione si verifica quando la velocità di afflusso è minore del valore limite v_0 , al di sopra del quale una parte della corrente oltrepassa la grata. Per grate con barre normali alla direzione della corrente si ha che $v_{0n} = 1,86L^{0,79}$, con L in m e v_0 in m/s. In caso contrario, parte della corrente oltrepassa la grata.

Nel caso in esame si ottiene v_0 pari 0.9 m/s, mentre la velocità di deflusso in banchina è pari a 0.34 m/s nei tratti a maggior pendenza, pertanto la condizione è verificata.

Indicando con Q_1^* la frazione di Q_1 che viene intercettata dalla grata, si definisce efficienza o rendimento della grata il rapporto R_1 :

$$R_1 = \frac{Q_1^*}{Q_1} = 1 - 0.3(v - v_0)$$

Ovviamente, nel caso in esame, poiché $v < v_0$, $R_1 = 1$ e $Q_1^* = Q_1$.

Della portata Q_2 , una porzione può essere intercettata dalla grata, in funzione dei valori di v e L , indicando con Q_2^* la portata derivata, il rendimento R_2 rispetto a Q_2 è definito dalla relazione empirica:

$$R_2 = \frac{Q_2^*}{Q_2} = \left(1 + \frac{0.083v^{1.8}}{jL^{2.3}}\right)^{-1}$$

L'efficienza totale della grata viene, quindi, definita come:

$$E = \frac{Q_1^* + Q_2^*}{Q} = R_1 E_0 + R_2 (1 - E_0)$$

L'efficienza di una caditoia viene considerata accettabile se non risulta essere inferiore a 0,85.

In Tabella 6-2 sono state riportate le tabelle di dimensionamento degli interassi delle caditoie e la relativa efficienza di captazione considerando una grata di dimensioni 40x40cm. Si assume quindi l'interasse di 15 m.

Tabella 6-2. Dimensionamento interasse caditoie

			SVINCOLO MILANO OLTRE		SVINCOLO GABBADERA	
Calcolo deflusso in cunetta			RAMPA B	RAMPA A	RAMPA C	
Sezioni						
Larghezza piattaforma drenata [m]	W		6.5	11	6.5	
Pendenza banchina trasversale [%]	i		0.060	0.070	0.054	
Angolo sulla verticale [grad]	θ		86.555	85.996	86.938	
Larghezza banchina allagata [m]	b		1.000	1.000	1.000	
Altezza d'acqua massima ammissibile [m]	h		0.060	0.070	0.054	
Pendenza stradale longitudinale [%]	p		0.0480	0.0113	0.0290	
Area di deflusso [m ²]	Ad		0.030	0.035	0.027	
Raggio idraulico banchina [m]	R		0.028	0.033	0.025	
Coefficiente di Strickler [m ^{1/2} /s]	Ks		67.000	67.000	67.000	
Portata longitudinale convogliata dalla banchina [l/s]	Q		41.072	25.457	26.343	
Velocità di deflusso in cunetta [m/s]	v		1.365	0.727	0.985	
Calcolo interassi scarico						
	a [mm/h]	62.00				
	n	0.51				
Durata precipitazione [min]	Tc	3				
Coefficiente di laminazione	ε	1.00				
Coefficiente di afflusso	φ	1.00				
Intensità precipitazione [mm/h]	i	269				
Coefficiente odometrico [l/s/ha]	u	748	748.068	748.068	748.068	
Portata critica/m [l/sm]	Q		0.486	0.823	0.486	
	INTERASSE SCARICHI [m]		84.5	30.9	54.2	
Progetto						
	INTERASSE ELEMENTI DI RACCOLTA [m]		15	15	15	
Verifica interasse caditoie						
Coefficiente sistema S.I.	μ	1.66				
Lunghezza caditoia [m]	L	0.4				
Larghezza caditoia [m]	W	0.4				
Numero barre	n	8.000				
Spessore Barre [m]	s	0.025				
Area libera della luce [m ²]	A	0.08				
Battente idrico che insiste sulla caditoia [mm]	h		0.06	0.07	0.05	
Portata intercettata formula di McGhee [l/s]	Q		29.42	36.89	24.65	
Passo delle caditoie [m]	Xc		60.51	44.83	50.70	
Formula empirica per verifica dimensioni caditoia						
Larghezza caditoia sull'orizzontale [m]	l	0.40				
Larghezza caditoia sull'orizzontale [m]	l'		0.40	0.40	0.40	
Lunghezza caditoia [m]	L	0.40				
Velocità limite per grate a barre normali alla corrente [m/s]	v _{bn}	0.90				
Efficienza della caditoia (solo contributo frontale)	E _o		0.64	0.74	0.73	
Portata laterale [l/s]	Q ₂		14.76	6.52	7.23	
Battente a fine caditoia [m]	h ₁		0.04	0.04	0.03	
Larghezza residua [m]	b-l		0.60	0.60	0.60	
Area di deflusso Q ₂ [m ²]	A ₂		0.01	0.01	0.01	
Velocità deflusso Q ₂ [m/s]	V ₂		1.36	0.52	0.75	
Rendimento captazione portata laterale	R ₂		0.05	0.25	0.12	
Efficienza totale della caditoia (con il contributo laterale)	E		0.66	0.81	0.76	

6.4 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento (collettori e canalette) è dato dal confronto tra la portata transitante, ovvero la portata meteorica critica calcolata tramite la formula razionale, e quella massima ammissibile dall'elemento in questione.

Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (pari a 3 minuti) e del tempo di traslazione (t_r) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

dove:

- N = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;
- l_i = lunghezza del tronco i -esimo;
- v_i = velocità nel tronco i -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare, si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\mathfrak{R} j} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

- Q rappresenta la portata di dimensionamento dell'elemento (m^3/s);
- $k = 90$ il coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$) per i collettori in materiale plastico (PEAD) e $k = 67$ per gli elementi in cls;
- A l' area bagnata (m^2);
- C il contorno bagnato (m);
- j la pendenza media della condotta (m/m);
- $\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$ il raggio idraulico (m).

I valori utilizzati per il coefficiente di scabrezza risultano essere a favore di sicurezza rispetto a quello dichiarato nell'elaborato B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica dove vengono assunti pari a $k=95$ per gli elementi in materiale plastico e 70 per quelli in cls.

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata Q per l'area bagnata A .

Per i collettori in materiale plastico è stato considerato un riempimento massimo del 75% e dell'85% per i canali scatolari in cls in modo tale da ridurne quanto più possibile l'ingombro pur assicurando un adeguato franco idraulico.

La velocità deve risultare compresa tra un minimo di 0.5 m/s per evitare sedimentazioni e 5 m/s come indicato nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/19.

6.5 Risultati

Per quanto riguarda lo svincolo Milano Oltre:

- In Tabella 6-3 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa B (Impianto 3C) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 975 m². Il tratto iniziale in PEAD DN315 tra il pozzetto 3Cbis-01 e 3C-01 è stato aggiunto al fine di consentire il drenaggio del tratto in rilevato non previsto in PE. Per il tratto già previsto in PE tra il pozzetto 3C-01 e lo scarico nel canale scatolare 3A risulta necessario un collettore in PEAD DN400.
- In Tabella 6-4 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa A (Impianto 3E) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 1392 m². Il tratto iniziale in PEAD DN315 tra il pozzetto 3Ebis-01 e 3E-01 è stato aggiunto al fine di consentire il drenaggio del tratto in rilevato non previsto in PE. Per il tratto già previsto in PE tra il pozzetto 3E-01 e lo scarico nel canale scatolare 3A risulta necessario un collettore in PEAD DN400.
- In Tabella 6-5 si riportano risultati relativi alla verifica del canale scatolare 3A considerando l'area aggiuntiva totale pari a 2367 m². Sono risultate necessarie le seguenti modifiche rispetto al PE: tratto da 3A-23 a 3A-24 da 1.00x0.75 m a 1.25x0.75 m, tratto da 3A-27 a 3A-36 da 1.50x0.75 m a 1.75x0.75 m e tratto da 3A-36 allo scarico nella vasca VL03 da 1.75x0.75 m a 1.75x0.85 m.
- In Tabella 6-6 si riporta la verifica relativa ai tratti di lunghezza 15 m della canaletta grigliata 20x20 cm in PP.

Per quanto riguarda lo svincolo Gabbadera:

- In Tabella 6-7 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa A (Impianto 4F) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 980.5 m². Il tratto iniziale in PEAD DN315 tra il pozzetto 4F'-01 e 4F-01 è stato aggiunto al fine di consentire il drenaggio del tratto in rilevato non previsto in PE. Per il tratto già previsto in PE tra il pozzetto 4F-01 e lo scarico nel canale scatolare 4A risulta necessario passare dai DN315/500, previsti in PE, a diametri DN400/630.
- In Tabella 6-8 si riportano risultati relativi alla verifica dei collettori per il drenaggio della Rampa C (Impianto 4E) considerando l'area aggiuntiva del tratto in rilevato pari a 863 m². Il riempimento massimo arriva al 75%, le dimensioni previste in PE vengono quindi confermate in quanto risultano sufficienti a smaltire l'intero afflusso meteorico.
- In Tabella 6-9 si riportano risultati relativi alla verifica del canale scatolare 4A considerando l'area aggiuntiva totale pari a 1843.5 m². Il riempimento massimo arriva al

66%, le dimensioni previste in PE vengono quindi confermate in quanto risultano sufficienti a smaltire l'intero afflusso meteorico.

Le aree efficaci cumulate, le pendenze e le lunghezze dei diversi tratti sono quelle riportate nelle tabelle all'interno del paragrafo 4.3 del report B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica.

Per i tratti aggiuntivi previsti al fine di collettare le acque relative ai tratti in rilevato le pendenze sono state assunte pari a quelle dei relativi tratti stradali.

Gli elementi per i quali sono state previste delle modifiche rispetto a quanto previsto nel PE sono evidenziati in giallo.

Tabella 6-3 - Svincolo Milano Oltre Rampa B - Verifica dei collettori dell'impianto 3C e 3Cbis aggiuntivo

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
3Cbis-01	3Cbis-02	325.0	315	0.0100	43.5	3.0	1.50	0.48	3.48	0.068	0.088	0.179	0.66	216.6	0.04	1.66
3Cbis-02	3Cbis-03	650.0	315	0.0480	50.0	3.0	3.29	0.74	3.74	0.089	0.193	0.130	0.48	174.6	0.03	3.22
3Cbis-03	3C-01	975.0	315	0.0480	50.0	3.0	3.29	0.99	3.99	0.108	0.193	0.146	0.54	188.4	0.03	3.39
3C-01	3C-02	1259.0	400	0.0472	32.0	3.0	3.81	1.13	4.13	0.126	0.354	0.141	0.41	159.6	0.04	3.48
3C-02	3C-03	1474.0	400	0.0340	25.6	3.0	3.23	1.26	4.26	0.138	0.301	0.164	0.48	174.4	0.04	3.16
3C-03	3A-39	1474.0	400	0.0340	2.3	3.0	3.23	1.27	4.27	0.138	0.301	0.163	0.48	174.3	0.04	3.16

Tabella 6-4 - Svincolo Milano Oltre Rampa A - Verifica dei collettori dell'impianto 3E e 3Ebis aggiuntivo

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
3Ebis-01	3Ebis-02	278.4	315	0.010	45.0	3.0	1.50	0.50	3.50	0.064	0.088	0.173	0.63	211.3	0.04	1.64
3Ebis-02	3Ebis-03	556.8	315	0.035	50.0	3.0	2.81	0.80	3.80	0.082	0.165	0.136	0.50	179.9	0.03	2.81
3Ebis-03	3Ebis-04	835.2	315	0.035	50.0	3.0	2.81	1.09	4.09	0.099	0.165	0.152	0.56	193.3	0.03	2.94
3Ebis-04	3Ebis-05	1113.6	315	0.035	50.0	3.0	2.81	1.39	4.39	0.114	0.165	0.167	0.61	206.0	0.04	3.04
3Ebis-05	3E-01	1392.0	315	0.035	20.0	3.0	2.81	1.51	4.51	0.130	0.165	0.183	0.67	220.1	0.04	3.12
3E-01	3E-02	1731.0	400	0.025	50.0	3.0	2.76	1.81	4.81	0.148	0.257	0.187	0.54	190.1	0.05	2.86
3E-02	3E-03	1731.0	400	0.053	29.0	3.0	4.04	1.93	4.93	0.147	0.375	0.149	0.43	164.8	0.04	3.79
3E-03	3A-43	1731.0	400	0.053	1.2	3.0	4.04	1.93	4.93	0.146	0.375	0.149	0.43	164.8	0.04	3.79

Tabella 6-5 - Svincolo Milano Oltre - Verifica del canale scatolare 3A

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
3A-1	3A-2	1055.00	1.00	0.75	0.0120	6.99	3.00	3.27	0.04	3.04	0.123	2.455	0.093	0.09	0.12	1.33
3A-2	3A-3	1713.00	1.00	0.75	0.0120	24.69	3.00	3.27	0.16	3.16	0.170	2.455	0.114	0.11	0.15	1.49
3A-3	3A-4	2375.00	1.00	0.75	0.0120	24.72	3.00	3.27	0.29	3.29	0.215	2.455	0.133	0.13	0.18	1.62
3A-4	3A-5	2983.00	1.00	0.75	0.0120	24.76	3.00	3.27	0.41	3.41	0.254	2.455	0.148	0.15	0.20	1.72
3A-5	3A-6	3609.00	1.00	0.75	0.0175	24.82	3.00	3.95	0.52	3.52	0.295	2.964	0.144	0.14	0.19	2.05
3A-6	3A-7	4271.00	1.00	0.75	0.0051	24.95	3.00	2.13	0.71	3.71	0.333	1.600	0.237	0.24	0.32	1.41
3A-7	3A-8	4983.00	1.00	0.75	0.0005	24.84	3.00	0.67	1.33	4.33	0.356	0.501	0.576	0.58	0.77	0.62
3A-8	3A-9	5750.00	1.00	0.75	0.0170	24.87	3.00	3.90	1.44	4.44	0.400	2.922	0.178	0.18	0.24	2.24
3A-9	3A-10	6517.00	1.00	0.75	0.0170	24.95	3.00	3.90	1.55	4.55	0.443	2.922	0.191	0.19	0.25	2.32
3A-10	3A-11	7204.00	1.00	0.75	0.0170	22.32	3.00	3.90	1.64	4.64	0.480	2.922	0.202	0.20	0.27	2.38
3A-11	3A-12	7489.00	1.00	0.75	0.0170	9.66	3.00	3.90	1.68	4.68	0.495	2.922	0.206	0.21	0.27	2.41
3A-12	3A-13	7489.00	1.00	0.75	0.0170	26.90	3.00	3.90	1.80	4.80	0.490	2.922	0.204	0.20	0.27	2.40
3A-13	3A-14	8043.00	1.00	0.75	0.0025	17.98	3.00	1.49	2.00	5.00	0.514	1.120	0.415	0.41	0.55	1.24
3A-14	3A-15	8965.00	1.00	0.75	0.0025	25.02	3.00	1.49	2.28	5.28	0.554	1.120	0.438	0.44	0.58	1.26

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
3A-15	3A-16	9863.00	1.00	0.75	0.0039	25.02	3.00	1.87	2.50	5.50	0.593	1.399	0.392	0.39	0.52	1.51
3A-16	3A-17	10897.00	1.00	0.75	0.0039	24.78	3.00	1.87	2.72	5.72	0.639	1.399	0.414	0.41	0.55	1.55
3A-17	3A-18	10897.00	1.00	0.75	0.0039	8.67	3.00	1.87	2.80	5.80	0.635	1.399	0.412	0.41	0.55	1.54
3A-18	3A-19	11791.00	1.00	0.75	0.0027	21.77	3.00	1.55	3.03	6.03	0.671	1.164	0.491	0.49	0.66	1.37
3A-19	3A-20	13055.00	1.00	0.75	0.0044	3.05	3.00	1.98	3.06	6.06	0.737	1.486	0.439	0.44	0.59	1.68
3A-20	3A-21	13898.00	1.00	0.75	0.0044	24.79	3.00	1.98	3.27	6.27	0.770	1.486	0.454	0.45	0.60	1.70
3A-21	3A-22	14584.00	1.00	0.75	0.0048	24.75	3.00	2.07	3.47	6.47	0.794	1.552	0.449	0.45	0.60	1.77
3A-22	3A-23	15154.00	1.00	0.75	0.0048	20.66	3.00	2.07	3.63	6.63	0.813	1.552	0.458	0.46	0.61	1.78
3A-23	3A-24	15945.00	1.25	0.75	0.0023	28.74	3.00	1.56	3.94	6.94	0.836	1.463	0.494	0.62	0.66	1.35
3A-24	3A-25	16609.00	1.25	0.75	0.0023	24.70	3.00	1.56	4.20	7.20	0.854	1.463	0.501	0.63	0.67	1.36
3A-25	3A-26	17264.00	1.25	0.75	0.0017	24.70	3.00	1.34	4.51	7.51	0.869	1.258	0.568	0.71	0.76	1.22
3A-26	3A-27	17889.00	1.25	0.75	0.0017	24.75	3.00	1.34	4.82	7.82	0.882	1.258	0.574	0.72	0.77	1.23
3A-27	3A-28	18494.00	1.75	0.75	0.0010	24.66	3.00	1.15	5.18	8.18	0.892	1.512	0.513	0.90	0.68	0.99
3A-28	3A-29	19101.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	5.53	8.53	0.901	1.512	0.517	0.90	0.69	1.00
3A-29	3A-30	19715.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	5.89	8.89	0.911	1.512	0.521	0.91	0.69	1.00

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
3A-30	3A-31	20310.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	6.25	9.25	0.920	1.512	0.525	0.92	0.70	1.00
3A-31	3A-32	20927.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	6.60	9.60	0.930	1.512	0.529	0.92	0.70	1.01
3A-32	3A-33	21542.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	6.96	9.96	0.940	1.512	0.532	0.93	0.71	1.01
3A-33	3A-34	22174.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	7.32	10.32	0.950	1.512	0.537	0.94	0.72	1.01
3A-34	3A-35	22810.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	7.68	10.68	0.961	1.512	0.541	0.95	0.72	1.02
3A-35	3A-36	23452.00	1.75	0.75	0.0010	24.70	3.00	1.15	8.03	11.03	0.972	1.512	0.545	0.95	0.73	1.02
3A-36	3A-37	23880.00	1.75	0.85	0.0006	16.49	3.00	0.93	8.33	11.33	0.977	1.386	0.657	1.15	0.77	0.85
3A-37	3A-38	24647.00	1.75	0.85	0.0006	8.21	3.00	0.93	8.48	11.48	1.000	1.386	0.668	1.17	0.79	0.86
3A-38	3A-39	25363.00	1.75	0.85	0.0006	21.23	3.00	0.93	8.86	11.86	1.013	1.386	0.674	1.18	0.79	0.86
3A-39	3A-40	26338.00	1.75	0.85	0.0006	8.59	3.00	0.93	9.01	12.01	1.043	1.386	0.689	1.21	0.81	0.87
3A-40	3A-41	26488.00	1.75	0.85	0.0163	3.46	3.00	4.86	9.02	12.02	1.049	7.226	0.223	0.39	0.26	2.69
3A-41	3A-42	27554.00	1.75	0.85	0.0163	24.45	3.00	4.86	9.11	12.11	1.086	7.226	0.228	0.40	0.27	2.72
3A-42	3A-43	28429.00	1.75	0.85	0.0007	24.56	3.00	1.01	9.51	12.51	1.101	1.497	0.678	1.19	0.80	0.93
3A-43	3A-44	30756.00	1.75	0.85	0.0007	24.76	3.00	1.01	9.92	12.92	1.170	1.497	0.708	1.24	0.83	0.94
3A-44	3A-45	31418.00	1.75	0.85	0.0007	18.60	3.00	1.01	10.23	13.23	1.181	1.497	0.713	1.25	0.84	0.95

Tabella 6-6 - Svincolo Milano Oltre - Verifica della canaletta rampa A

	Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	Ks	T ingresso	R pieno riemp.	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
	[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[m ^{1/3} /s]	[min]	[m]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
Tratto canaletta L=15 m	97.50	0.20	0.20	0.0350	15.00	95	3.00	0.07	2.92	0.09	3.09	0.052	0.117	0.106	0.02	0.53	2.46

Tabella 6-7 - Svincolo Gabbadera Rampa A - Verifica dei collettori dell'impianto 4F e 4F' aggiuntivo

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
4F'-01	4F'-02	245.1	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.10	3.10	0.063	0.152	0.122	0.45	168.1	0.03	2.48
4F'-02	4F'-03	490.3	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.19	3.19	0.081	0.152	0.141	0.52	183.9	0.03	2.64
4F'-03	4F'-04	735.4	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.29	3.29	0.098	0.152	0.159	0.58	198.8	0.04	2.76
4F'-04	4F-01	980.5	315	0.0300	15.0	3.0	2.60	0.38	3.38	0.114	0.152	0.176	0.65	213.8	0.04	2.86
4F-01	4F-02	1190.5	400	0.0154	15.0	3.0	2.18	0.11	3.11	0.132	0.202	0.203	0.59	200.8	0.06	2.32
4F-02	4F-03	1330.5	400	0.0318	15.0	3.0	3.13	0.19	3.19	0.142	0.291	0.169	0.49	178.2	0.05	3.11
4F-03	4F-04	1467.5	400	0.0318	15.0	3.0	3.13	0.27	3.27	0.150	0.291	0.175	0.51	182.3	0.05	3.15
4F-04	4F-05	1606.5	400	0.0318	15.0	3.0	3.13	0.35	3.35	0.159	0.291	0.181	0.53	186.2	0.05	3.20
4F-05	4F-06	1781.5	400	0.0150	20.0	3.0	2.15	0.51	3.51	0.168	0.200	0.242	0.70	228.2	0.07	2.41
4F-06	4F-07	1908.5	630	0.0034	15.0	3.0	1.37	0.69	3.69	0.174	0.305	0.288	0.54	189.3	0.12	1.41
4F-07	4F-08	2028.5	630	0.0034	18.3	3.0	1.37	0.92	3.92	0.178	0.305	0.292	0.55	191.2	0.13	1.42
4F-08	4F-09	2028.5	630	0.0305	24.1	3.0	4.10	1.01	4.01	0.177	0.915	0.159	0.30	132.3	0.06	3.17
4F-09	4A-19	2028.5	630	0.0700	1.4	3.0	6.21	1.02	4.02	0.177	1.386	0.128	0.24	117.6	0.04	4.26

Tabella 6-8 - Svincolo Gabbadera Rampa C - Verifica dei collettori dell'impianto 4E

Sez monte	Sez valle	Area efficace cumulata	Diametro	Pendenza	Lunghezza	T ingresso	V pieno riemp.	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
		[m ²]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[grad]	[m ²]	[m/s]
4E-01	4E-02	1028.0	315	0.0405	21.4	3.0	3.19	0.11	3.00	0.122	0.187	0.161	0.59	200.4	0.04	3.40
4E-02	4E-03	1102.0	315	0.0405	21.4	3.0	3.19	0.22	3.12	0.126	0.187	0.164	0.60	203.3	0.04	3.43
4E-03	4E-04	1102.0	315	0.0208	14.5	3.0	2.29	0.33	3.20	0.125	0.134	0.209	0.76	243.9	0.05	2.60
4E-04	4E-05	1102.0	315	0.0208	39.0	3.0	2.29	0.61	3.50	0.121	0.134	0.204	0.75	239.0	0.05	2.59
4E-05	4A-06b	1102.0	315	0.0208	3.4	3.0	2.29	0.64	3.52	0.121	0.134	0.204	0.75	238.8	0.05	2.59

Tabella 6-9 - Svincolo Gabbadera - Verifica del canale scatolare 4A

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
4A-1	4A-2	254.00	1.00	0.75	0.0080	11.40	3.00	2.68	0.07	3.00	0.064	2.013	0.069	0.07	0.09	0.92
4A-2	4A-3	419.00	1.00	0.75	0.0080	7.37	3.00	2.69	0.12	3.10	0.076	2.014	0.077	0.08	0.10	0.98
4A-3	4A-4	8045.00	1.50	0.75	0.0008	17.18	3.00	0.99	0.41	3.35	0.615	1.109	0.488	0.73	0.65	0.84
4A-4	4A-5	8586.00	1.50	0.75	0.0008	24.54	3.00	0.99	0.82	3.85	0.613	1.109	0.487	0.73	0.65	0.84
4A-5	4A-6	9126.00	1.50	0.75	0.0070	24.54	3.00	2.92	0.96	4.35	0.614	3.279	0.232	0.35	0.31	1.77
4A-6	4A-6b	9276.00	1.50	0.75	0.0070	6.77	3.00	2.92	1.00	4.42	0.619	3.279	0.233	0.35	0.31	1.77
4A-6b	4A-7	10769.00	1.50	0.75	0.0070	17.77	3.00	2.92	1.10	4.60	0.698	3.279	0.252	0.38	0.34	1.84
4A-7	4A-8	11311.00	1.50	0.75	0.0070	24.54	3.00	2.92	1.24	4.85	0.714	3.279	0.256	0.38	0.34	1.86
4A-8	4A-9	11851.00	1.50	0.75	0.0034	24.54	3.00	2.03	1.44	5.08	0.730	2.286	0.332	0.50	0.44	1.47
4A-9	4A-10	12390.00	1.50	0.75	0.0034	24.54	3.00	2.03	1.65	5.38	0.741	2.286	0.336	0.50	0.45	1.47
4A-10	4A-11	12930.00	1.50	0.75	0.0034	24.54	3.00	2.03	1.85	5.68	0.752	2.286	0.339	0.51	0.45	1.48
4A-11	4A-12	13482.00	1.50	0.75	0.0027	24.55	3.00	1.81	2.07	5.98	0.764	2.037	0.371	0.56	0.49	1.37
4A-12	4A-13	14094.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	2.30	6.30	0.778	2.037	0.376	0.56	0.50	1.38
4A-13	4A-14	14447.00	1.50	0.75	0.0027	13.88	3.00	1.81	2.43	6.48	0.786	2.037	0.378	0.57	0.50	1.39

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
4A-14	4A-15	14718.00	1.50	0.75	0.0027	10.67	3.00	1.81	2.52	6.62	0.792	2.037	0.380	0.57	0.51	1.39
4A-15	4A-16	15340.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	2.75	6.93	0.806	2.037	0.385	0.58	0.51	1.40
4A-16	4A-17	15960.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	2.98	7.25	0.820	2.037	0.389	0.58	0.52	1.40
4A-17	4A-18	16588.00	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	3.20	7.55	0.834	2.037	0.394	0.59	0.53	1.41
4A-18	4A-19	17080.00	1.50	0.75	0.0027	18.95	3.00	1.81	3.38	7.80	0.845	2.037	0.397	0.60	0.53	1.42
4A-19	4A-20	19219.50	1.50	0.75	0.0027	5.59	3.00	1.81	3.43	7.87	0.941	2.037	0.429	0.64	0.57	1.46
4A-20	4A-21	19736.50	1.50	0.75	0.0027	24.68	3.00	1.81	3.66	8.17	0.949	2.037	0.431	0.65	0.57	1.47
4A-21	4A-22	20264.50	1.50	0.75	0.0027	24.55	3.00	1.81	3.88	8.47	0.957	2.037	0.434	0.65	0.58	1.47
4A-22	4A-23	20792.50	1.50	0.75	0.0027	24.55	3.00	1.81	4.11	8.77	0.965	2.037	0.436	0.65	0.58	1.47
4A-23	4A-24	21323.50	1.50	0.75	0.0027	24.54	3.00	1.81	4.33	9.07	0.973	2.037	0.439	0.66	0.58	1.48
4A-24	4A-25	21852.50	1.50	0.75	0.0023	22.13	3.00	1.67	4.55	9.33	0.982	1.880	0.467	0.70	0.62	1.40
4A-25	4A-26	22214.50	1.50	0.75	0.0023	2.41	3.00	1.67	4.58	9.37	0.996	1.880	0.472	0.71	0.63	1.41
4A-26	4A-27	22403.50	1.50	0.75	0.0023	17.29	3.00	1.67	4.75	9.58	0.994	1.880	0.471	0.71	0.63	1.41
4A-27	4A-28	23788.50	1.50	0.75	0.0023	7.25	3.00	1.67	4.82	9.68	1.047	1.880	0.489	0.73	0.65	1.43
4A-28	4A-29	24404.50	1.50	0.75	0.0023	24.54	3.00	1.67	5.07	9.98	1.058	1.880	0.493	0.74	0.66	1.43

		Area efficace cumulata	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	v pieno riemp.	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q _{critica}	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
		[m ²]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[-]	[m/s]
4A-29	4A-30	24833.50	1.50	0.75	0.0023	24.54	3.00	1.67	5.31	10.28	1.061	1.880	0.494	0.74	0.66	1.43
4A-30	4A-31	25627.50	1.50	0.75	0.0023	17.14	3.00	1.67	5.48	10.50	1.083	1.880	0.501	0.75	0.67	1.44
4A-31	4A-32	25955.50	1.50	0.75	0.0023	32.10	3.00	1.67	5.80	10.90	1.077	1.880	0.499	0.75	0.67	1.44
4A-32	4A-33	25955.50	1.50	0.75	0.0023	14.42	3.00	1.67	5.95	11.08	1.068	1.880	0.496	0.74	0.66	1.44

7 DIMENSIONAMENTO DELLA VASCHE DI LAMINAZIONE

A seguito dell'incremento dell'area drenata relativa alle vasche VL03 e VL04 è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva.

Per la determinazione del volume massimo di laminazione, nella nuova configurazione si è utilizzato il **metodo delle sole piogge**, di seguito brevemente descritto.

Il volume da invasare V_i , a un certo tempo θ , è dato dalla differenza tra volume entrante V_e e volume uscente V_u :

$$V = V_e - V_u$$

Il volume entrante V_e è determinato dall'afflusso meteorico h (altezza di precipitazione) su di una superficie S , caratterizzata da un coefficiente di deflusso ϕ , in un certo tempo di pioggia θ :

$$V_e = \phi S h(\theta) = \phi S a \theta^n$$

mentre il volume uscente V_u , nell'ipotesi di portata uscente Q_u costante, è dato da:

$$V_u = Q_u \cdot \theta$$

Pertanto, il volume da invasare nel caso di un evento meteorico di durata θ risulta:

$$V_i = \phi S a \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

V_i , pertanto, assumerà il suo valore massimo per un evento di precipitazione di durata θ_p pari a:

$$V_{i_{max}} = \phi S a \left(\frac{Q_u}{\phi S a n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \left(\frac{Q_u}{\phi S a n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Da cui

La portata in uscita Q_u è assunta pari alla portata su cui è stato dimensionato l'impianto di sollevamento previsto in PE.

Valutata, dunque, la superficie afferente alla vasca e le sue caratteristiche di deflusso (ϕ) è possibile determinare θ_p e, quindi, il valore massimo che può assumere il volume da invasare.

7.1 Vasca VL03 – Svincolo Milano Oltre

A seguito dell'incremento dell'area drenata relativa alla vasca VL03, pari a 2367 m², è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva.

I dati di base utilizzati sono quelli indicati nel report B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica pag 48 per il bacino n°3.

In PE attualmente è prevista una vasca con un'area in pianta utile pari a circa 751 m² per un volume totale utile di circa 2600 m³.

La carpenteria della vasca è stata studiata in PE in modo tale da comprendere anche il sifone idraulico AT06a, relativo al ripristino del Fontanile Borromeo, all'interno della medesima struttura. Poiché, nell'ambito della revisione del sistema di canali irrigui previsto con l'obiettivo di adeguarlo allo stato

effettivo dei luoghi, tale sifone è stato eliminato, si è considerata l'opportunità di utilizzare il volume attualmente ad esso riservato come area aggiuntiva per la laminazione della portata meteorica.

I risultati del calcolo, riportati nella seguente tabella portano ad un valore di $\theta_p = 3.83$ ore, al quale corrisponde un volume minimo di invaso pari a 1878 m³, ovvero 209 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 1669 m³.

Tabella 7-1 - Calcolo del volume di laminazione VL03

Metodo delle sole piogge		
Qu	53	l/s
ϕ	1	
a	62.00	
n	0.28	
S PE	26'500	m ²
S aggiuntiva	2'367	m ²
S tot	28'867	m ²
θ_p	3.83	ore
Vu	730.34	m ³
Ve	2608.35	m ³
V max θ_p	1878.01	m³

Poiché la vasca, considerando anche l'area recuperata a seguito dell'eliminazione del sifone idraulico, ha una sezione libera pari a 898 m² circa, il volume di laminazione si ha con un tirante massimo di circa 2.10 m dal fondo della vasca di accumulo, quindi con un franco di circa 1.20 m rispetto alla quota di scorrimento dello scatolare in ingresso.

Di seguito lo schema riassuntivo con il confronto tra la configurazione di PE e la modifica adottata nell'ambito del presente progetto Costruttivo.

		PE	PC	Δ
Superficie afferente	ha	2.65	2.89	+0.24
Portata sollevata	l/s	53	53	–
Area in pianta utile	m ²	751	898	–
Quota fondo scarico scatolare	m s.l.m.	112.2	112.2	–
Quota fondo vasca	m s.l.m.	108.9	108.9	–
Altezza utile	m	3.31	3.31	–
Volume laminazione	m ³	1669.0	1878.0	+209.0
Tirante idrico per laminazione	m	2.22	2.09	-0.13
Franco rispetto alla quota fondo scarico scatolare	m	1.09	1.22	+0.13

La soluzione adottata consente quindi di garantire il volume di laminazione aggiuntivo con un incremento del franco idraulico di 13 cm tra quota di massimo invaso per la laminazione e quota di scorrimento dello scatolare in ingresso rispetto a quanto previsto in PE.

7.2 Vasca VL04 – Svincolo Gabbadera

A seguito dell'incremento dell'area drenata relativa alla vasca VL04, pari a 1843.5 m², è stato rivalutato il volume necessario per la laminazione della portata meteorica complessiva.

I dati di base utilizzati sono quelli indicati nel report B.02.01 – Relazione idrologica e idraulica pag 49 per il bacino n°4. In PE attualmente è prevista una vasca con un'area in pianta utile pari a circa 858 m² per un volume totale utile di circa 3170 m³.

I risultati del calcolo, riportati nella seguente tabella portano ad un valore di $\theta_p = 3.63$ ore, al quale corrisponde un volume minimo di invaso pari a 2'181.3 m³, ovvero circa 165 m³ in più rispetto al volume di laminazione calcolato in PE pari a 2'016 m³.

Tabella 0-1 - Calcolo del volume di laminazione VL04

Metodo delle sole piogge		
Qu	65	l/s
ϕ	1	
a	62.00	
n	0.28	
S PE	32'200	m ²
S aggiuntiva	1'843.5	m ²
S tot	34'043.50	m ²
θ_p	3.63	ore
Vu	848.29	m ³
Ve	3'029.60	m ³
V max θ_p	2'181.3	m ³

Volendo garantire l'interno volume utile al di sotto della quota di scorrimento dello scatolare in entrata è risultato quindi necessario un abbassamento del fondo della vasca di 40 cm.

Di seguito lo schema riassuntivo con il confronto tra la configurazione di PE e la modifica adottata nell'ambito del presente progetto Costruttivo.

		PE	PC	Δ
Superficie afferente	ha	3.22	3.40	0.18
Portata sollevata	l/s	65	65	–
Area in pianta utile	m ²	858	858	–
Quota fondo scarico scatolare	m s.l.m.	114.37	114.37	–
Quota fondo vasca	m s.l.m.	110.88	110.48	-0.4
Altezza utile	m	3.5	3.9	+0.4
Volume laminazione	m ³	2016	2181.3	+165
Tirante idrico per laminazione	m	2.35	2.54	+0.19
Franco rispetto alla quota fondo scarico scatolare	m	1.15	1.36	0.21

La soluzione adottata consente quindi di garantire il volume di laminazione aggiuntivo con un incremento del franco idraulico di 21 cm tra quota di massimo invaso per la laminazione e quota di scorrimento dello scatolare in ingresso rispetto a quanto previsto in PE.