



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E MECCANICA  
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

## RELAZIONE IDRAULICA

*Rete di drenaggio acque meteoriche  
Quartiere “Le Albere” – Ex Parco Michelin (Trento)*

### DOCENTI

Alberto Bellin  
Maria Grazia Zanoni

### STUDENTI

Nicola Meoli 225077  
Luca Zorzi 185098

---

Anno accademico 2020/21

# Indice

<b>Elenco delle tabelle</b>	<b>3</b>
<b>Elenco delle figure</b>	<b>3</b>
<b>1   nome capitulo 1</b>	<b>4</b>
<b>2   Verifiche alle condotte</b>	<b>8</b>
<b>3   vasche belle belle</b>	<b>10</b>

## Elenco delle tabelle

2.1	Parametri per il progetto della vasca di laminazione . . . . .	9
3.1	Parametri per il progetto della vasca di laminazione . . . . .	10
3.2	Iterazioni dell'Altezza dell'orifizio e dell'Area della vasca per avere il massimo riempimento della vasca e mantenere la portata inferiore a quella massima. In grassetto sono indicate le scelte . . . . .	12

## Elenco delle figure

1.1	Inquadramento dell'area di lavoro . . . . .	5
1.2	Deflusso del bacino . . . . .	6
1.3	Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell'altezza . . . . .	7
3.1	Attenuazione del deflusso nelle tre condotte con l'introduzione delle vasche a monte delle condotte . . . . .	11
3.2	Confronto del deflusso allo sbocco della rete pre e post l'installazione delle vasche e andamento del volume d'acqua all'interno delle stesse . . . . .	13

# nome capitolo 1

$$i = a t_p^{n-1} \quad (1.1)$$

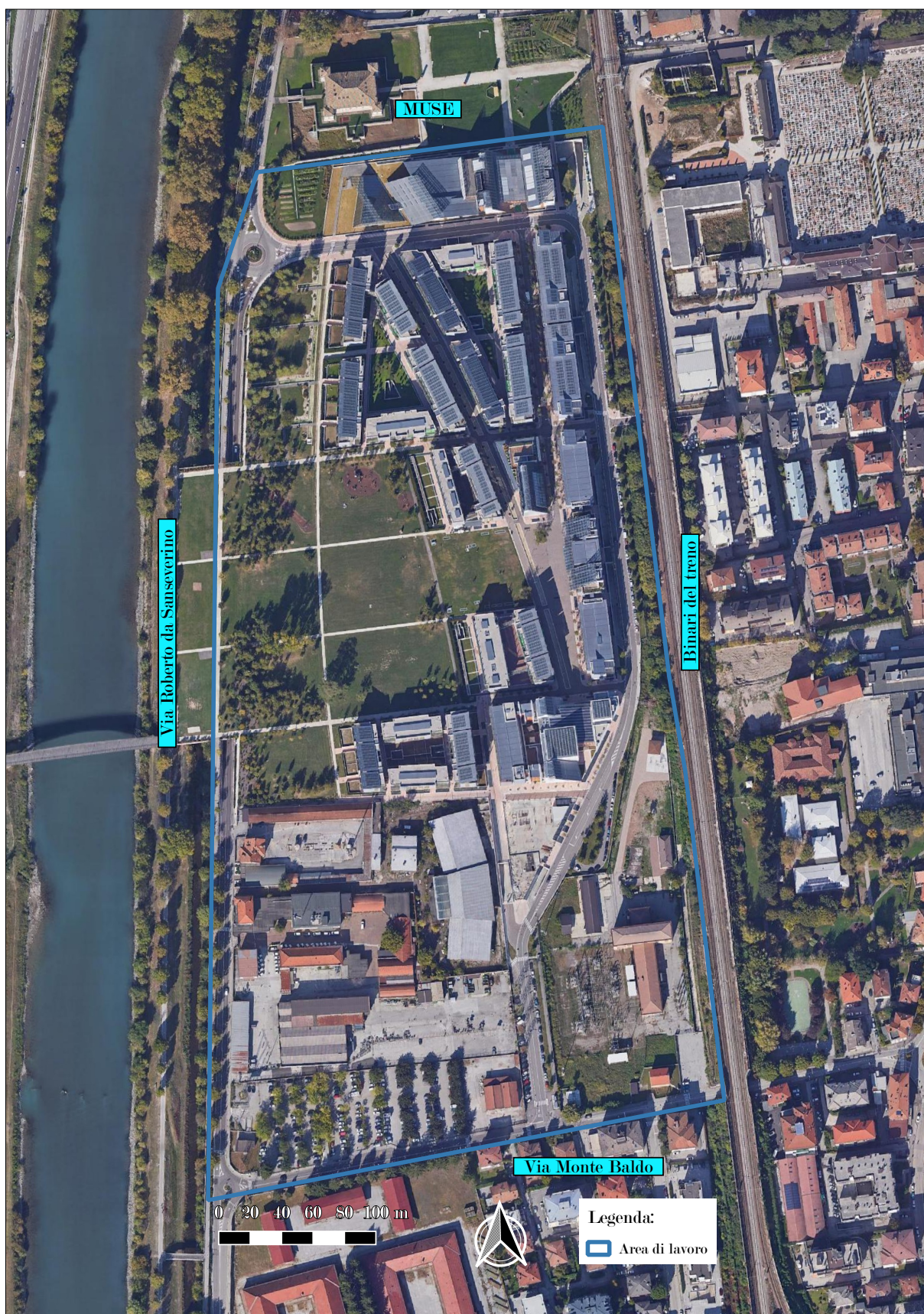
$$CN = \frac{25\,400}{254 + S} \quad (1.2)$$

$$T_{\text{dry}} = \frac{3.125}{\sqrt{K_s}} \quad (1.3)$$

Dove  $T_{\text{dry}}$  sono i giorni che impiega il suolo completamente saturo a tornare secco e  $K_s$  è la conduttività idraulica espressa in inch/h.

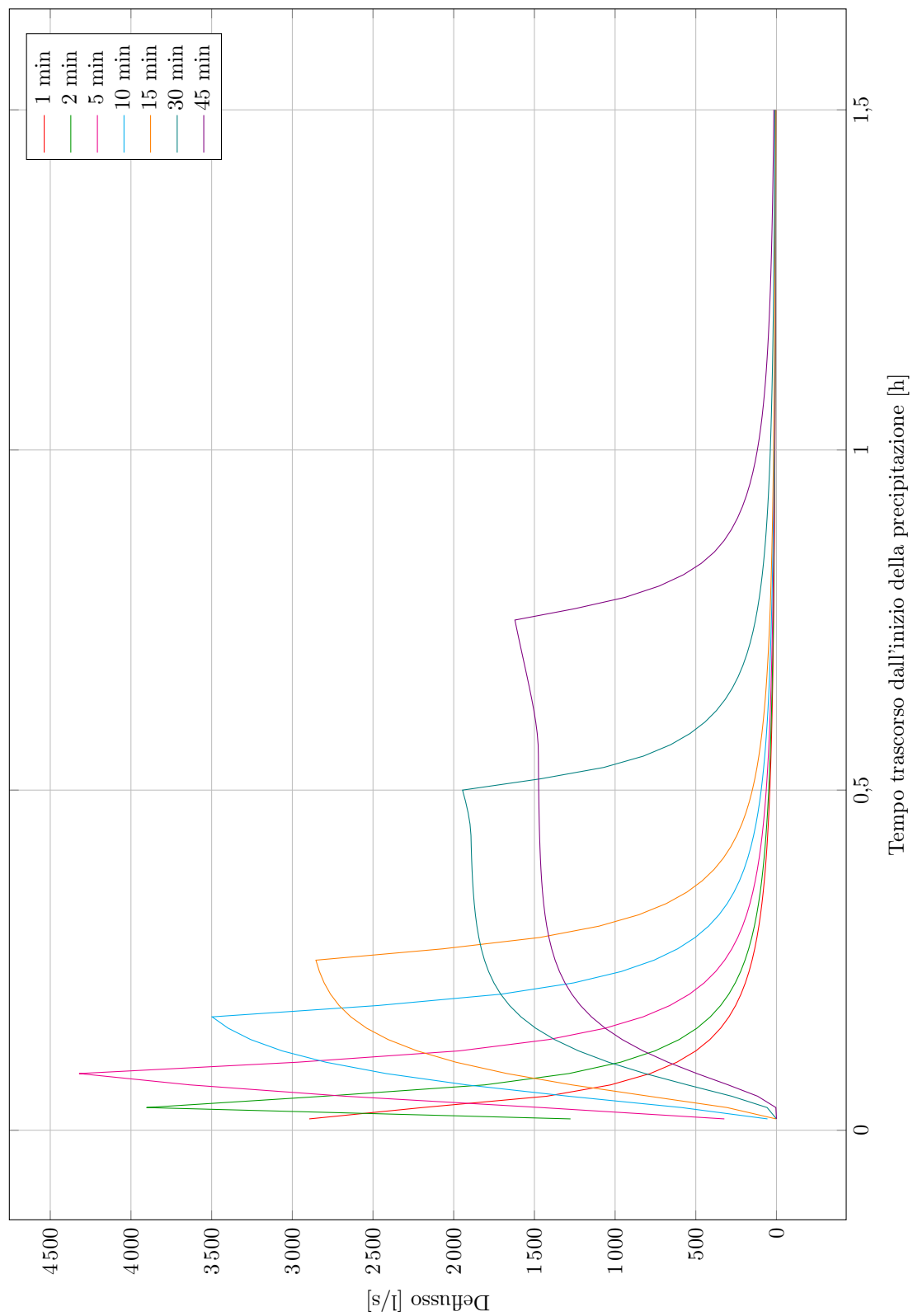
$$i_m = \frac{h(t_{\text{fin}}) - h(t_{\text{in}})}{\Delta t} \quad (1.4)$$

$$h(t) = \begin{cases} r a \left[ \left( \frac{t_p}{r} \right)^n - \left( \frac{t_p - t}{r} \right)^n \right] & \text{se } t < t_p \\ a \left[ r \left( \frac{t_p}{r} \right)^n + (1 - r) \left( \frac{t_p - t}{1 - r} \right)^n \right] & \text{se } t > t_p \end{cases} \quad (1.5)$$

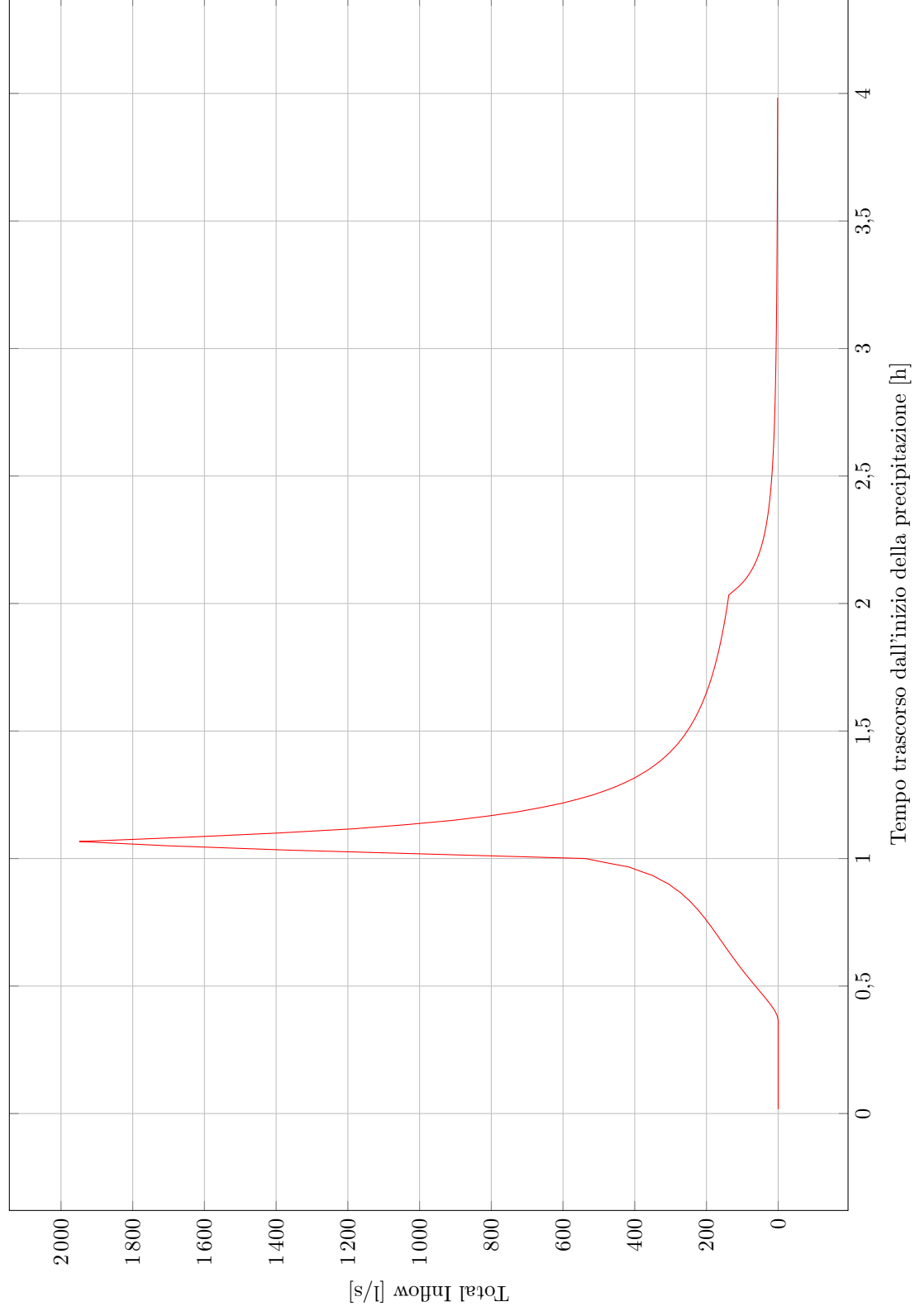


**Figura 1.1:** Inquadramento dell'area di lavoro





**Figura 1.2:** Deflusso del bacino



**Figura 1.3:** Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell'altezza

# Verifiche alle condotte

Il riempimento della condotta  $G_{\text{cond.}}$  deve risultare

$$50 \% \lesssim G_{\text{cond.}} \lesssim 75 \% \quad (2.1)$$

$$0,5 \text{ m s}^{-1} < V < 5 \text{ m s}^{-1} \quad (2.2)$$

Criterio di autopulizia

$$\tau = \gamma R_H i_f > 2 \text{ Pa} \quad (2.3)$$

dove  $\gamma$  è il peso specifico dell'acqua pari a  $1000 \text{ N m}^{-3}$ ,  $R_H$  è il raggio idraulico calcolato con la formula di BOH NUM e  $i_f$  è la pendenza del fondo vista prima TAB.

$$R_H = \frac{D}{4} \frac{1 - \sin(\vartheta)}{\vartheta} \quad (2.4)$$

$$\vartheta = 2 \arccos(1 - G_{\text{cond.}}) \quad (2.5)$$



**Tabella 2.1:** Parametri per il progetto della vasca di laminazione

Condotta	Diametro [m]	Flusso massimo [l s <sup>-1</sup> ]	Ora max flusso [h]	Massima velocità [m s <sup>-1</sup> ]	Riempimento massimo $G$ [%]	NOME $\vartheta$ a	Raggio idraulico $R_H$ a	Pend. fondo $i_F$ a	Pend. geometrica $i_G$ a	Tensione tangenziale $\tau$ [Pa]
01	0,3	67,8	01:04	1,19	75	2,6362	0,0612	0,0033	0,005	3,06
02	0,3	62,35	01:04	1,19	69	2,5112	0,0574	0,0035	0,005	2,87
03	0,4	83,03	01:04	1,17	56	2,2304	0,0646	0,0031	0,005	3,23
04	0,5	224,52	01:04	1,62	66	2,4478	0,0923	0,0022	0,005	4,62
05	0,4	107,78	01:04	1,48	56	2,2304	0,0646	0,0031	0,01	6,46
06	0,4	158,99	01:04	1,89	64	2,4051	0,0721	0,0028	0,01	7,21
07	0,5	251,02	01:04	2,07	60	2,3186	0,0855	0,0023	0,01	8,55
08	0,5	276,46	01:04	2,17	62	2,3620	0,0878	0,0023	0,01	8,78
09	0,6	378,37	01:04	2,24	58	2,2747	0,0997	0,0020	0,01	9,97
10	0,6	434,66	01:04	2,43	60	2,3186	0,1026	0,0019	0,01	10,26
11	0,7	670,91	01:04	2,69	62	2,3620	0,1229	0,0016	0,01	12,29
14	0,4	94,42	01:04	1,3	56	2,2304	0,0646	0,0031	0,005	3,23
15	0,3	60,14	01:04	1,17	68	2,4901	0,0567	0,0035	0,005	2,84
16	0,5	153,62	01:04	1,24	61	2,3403	0,0866	0,0023	0,005	4,33
17	0,5	187,79	01:04	1,81	52	2,1403	0,0758	0,0026	0,005	3,79
18	0,5	189,88	01:05	2,89	37	1,7785	0,0562	0,0036	0,03	16,87
21	0,5	204,73	01:05	3,03	38	1,8041	0,0576	0,0035	0,03	17,28
22	0,4	121,83	01:04	1,39	66	2,4478	0,0739	0,0027	0,005	3,69
23	0,6	259,95	01:04	1,65	54	2,1856	0,0939	0,0021	0,005	4,70
24	0,6	256,24	01:05	1,66	54	2,1856	0,0939	0,0021	0,005	4,70
25	0,6	252,44	01:05	1,64	54	2,1856	0,0939	0,0021	0,005	4,70
26	0,6	250,22	01:06	1,63	53	2,1630	0,0925	0,0022	0,005	4,62
27	0,6	249,62	01:06	1,58	55	2,2081	0,0954	0,0021	0,005	4,77
28	0,7	486,35	01:06	1,92	63	2,3836	0,1245	0,0016	0,005	6,23
29	0,8	535,79	01:06	1,98	53	2,1630	0,1233	0,0016	0,005	6,16

# vasche belle belle

Al progetto della rete di drenaggio vengono ora aggiunte tre vasche di laminazione in corrispondenza dei tre sbocchi della rete e chiamate rispettivamente: *Nord*, *Centro* e *Sud*. Lo scopo di tali vasche è quello di fungere da ammortizzatore idraulico venendo dimensionate in modo da contenere la portata massima scaricata nel corpo idrico recettore.

Il predimensionamento delle vasche si articola in un metodo iterativo per far sì di avere il maggior riempimento di esse (prossimo al 100%) e parallelamente un *Maximum Outflow* minore della massima portata da mantenere come da progetto. Tale portata è calcolata tenendo conto delle prescrizioni legislative per il coefficiente udometrico, che per Trento è pari a  $C_{udo} = 20 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , fissando così la portata massima in uscita da scaricare.

La portata massima da mantenere pertanto diviene:

$$Q_{max} = C_{udo} \cdot A_{\text{sottobacino}} \quad , \quad (3.1)$$

dove con  $A_{\text{sottobacino}}$  si intende l'area di pertinenza di ciascuna vasca, ovvero la somma delle aree dei sottobacini confluenti in essa.

I parametri da variare nell'iterazione (in fase non esecutiva del progetto) sono l'area della vasca e il diametro dell'orifizio della stessa (o analogamente l'area dell'orifizio – essendo di sezione cilindrica).

Come prima iterazione l'area dell'orifizio è calcolata invertendo la formula della forometria della portata uscente e ponendola uguale alla  $Q_{max}$ :

$$Q = C_{eff} A_{\text{orifizio}} \sqrt{2gh} \stackrel{!}{=} Q_{max} \quad . \quad (3.2)$$

Si è scelto un coefficiente di efflusso  $C_{eff} = 0,65$ , avendo una bocca a battente a luce fissa e verticale. Mentre l'area della vasca è calcolata dividendo il volume totale da invasare per la profondità della vasca di progetto  $h = 1,50 \text{ m}$ .

Il volume totale da invasare è stato calcolato come sommatoria dell'area compresa tra le due curve (visibili in figura 3.1) corrispondenti al deflusso nella condotta senza vasca e al deflusso attenuato dalla presenza della vasca. Le funzioni delle curve sono state discretizzate con un intervallo di 60 secondi e la parte compresa tra loro è stata calcolata come differenza delle due aree sottese e ottenute tramite il metodo dei trapezi. L'attenuazione del deflusso è stata calcolata partendo dalla  $Q_{max}$  trovata nella formula 3.1 ed utilizzando la seguente legge

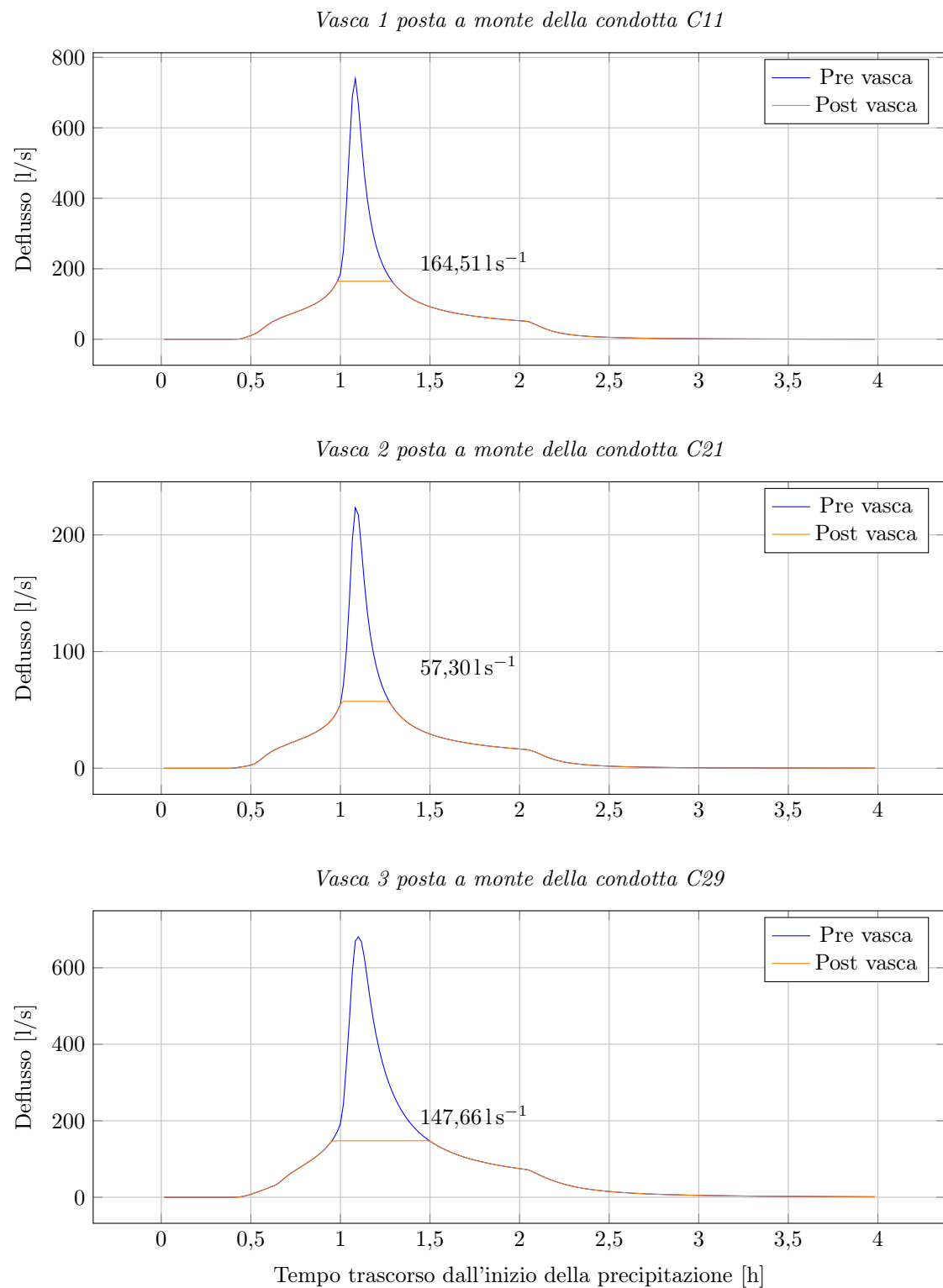
$$Q_{OUTflow} = \begin{cases} Q_{INflow} & \text{se } Q_{INflow} \leq Q_{max} \\ Q_{max} & \text{se } Q_{INflow} > Q_{max} \end{cases} \quad (3.3)$$

I dati progettuali ottenuti con le considerazioni appena viste sono riportati in tabella 3.1.

**Tabella 3.1:** Parametri per il progetto della vasca di laminazione

	Nord	Centro	Sud
Area pertinenza vasca [ha]	7,89	3,20	7,38
$Q_{max}$ [l/s]	157,89	63,92	147,66
Volume da invasare[m <sup>3</sup> ]	232,92	63,48	366,33
Area vasca [m <sup>2</sup> ]	155,28	42,32	244,22
Area orifizio [m <sup>2</sup> ]	0,04	0,02	0,04
Diametro orifizio [m]	0,24	0,15	0,23

In tabella 3.2 sono riportate le varie iterazioni per ciascuna vasca e con il grassetto si intende il valore di fine iterazione scelto. Per questi sono inoltre riportati i restanti parametri della vasca ovvero il volume medio e il volume massimo di riempimento.

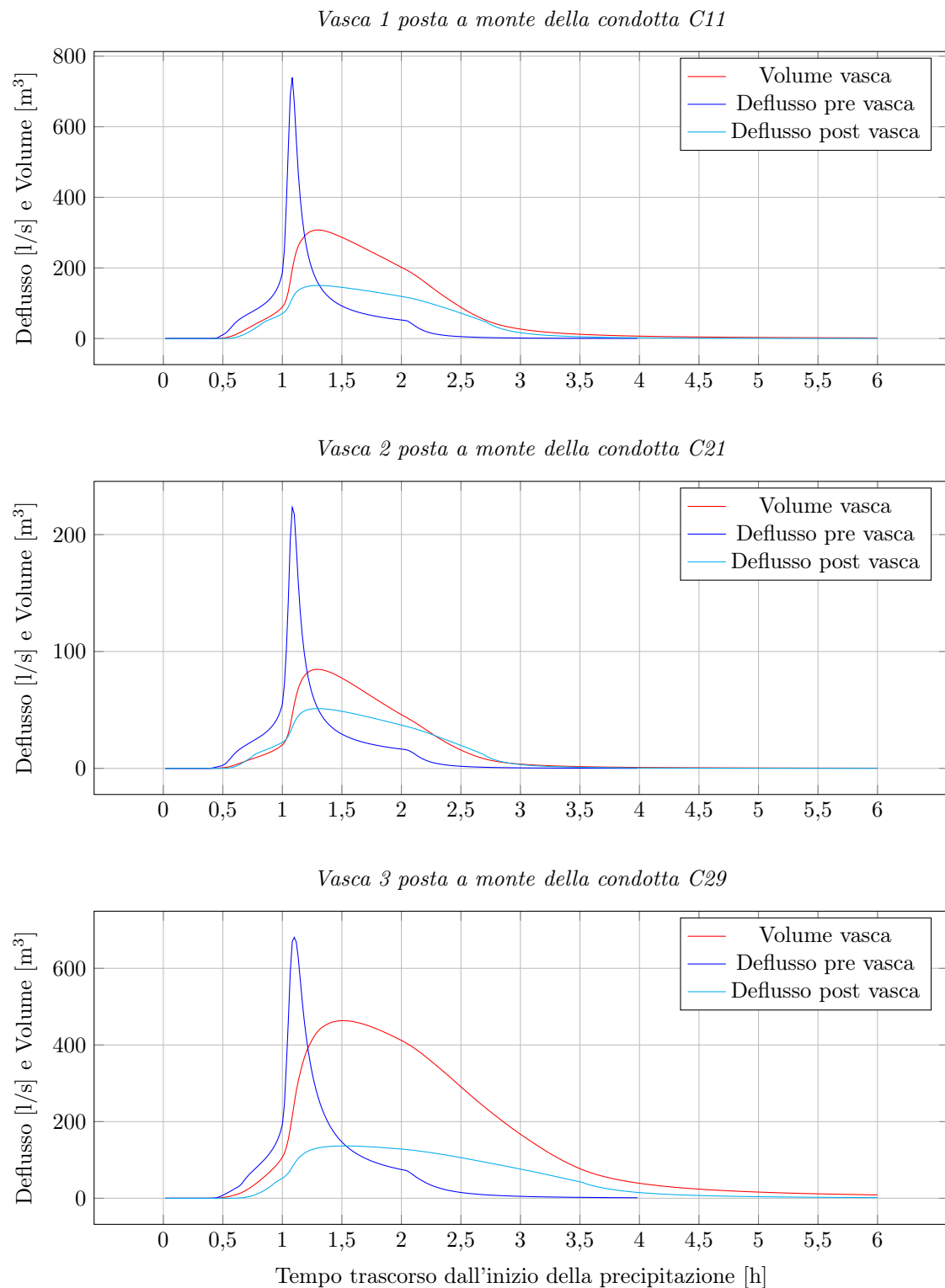


**Figura 3.1:** Attenuazione del deflusso nelle tre condotte con l'introduzione delle vasche a monte delle condotte

**Tabella 3.2:** Iterazioni dell'Altezza dell'orifizio e dell'Area della vasca per avere il massimo riempimento della vasca e mantenere la portata inferiore a quella massima. In grassetto sono indicate le scelte

	Altezza [m]	Area vasca [m <sup>2</sup> ]	% riempimento max	Deflusso max [l/s]
Nord	0,24	155	100	152,4
	0,24	180	100	152,4
	0,24	200	99	151,69
	<b>0.24</b>	<b>210</b>	96	148,98
	0,25	210	93	158,4
Centro	0,15	45	100	60,49
	0,15	60	88	56,53
	<b>0.15</b>	<b>50</b>	97	59,53
Sud	0,23	245	100	140,22
	0,23	260	100	140,22
	0,23	300	100	140,22
	0,23	350	91	132,99
	<b>0.23</b>	<b>325</b>	95	136,45

In figura 3.2 si confronta il deflusso allo sbocco delle tre reti di drenaggio con e senza vasca di laminazione, graficando l'andamento del volume d'acqua all'interno della vasca. Si può notare come nel caso di presenza della vasca, l'accumolo di acqua in essa contenuta faccia sì che diminuisca la portata defluita allo sbocco, ritardando inoltre il tempo di massimo deflusso.



**Figura 3.2:** Confronto del deflusso allo sbocco della rete pre e post l'installazione delle vasche e andamento del volume d'acqua all'interno delle stesse