



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

Elenco delle tabelle	3
Elenco delle figure	3
1 nome capitolo 1	4
2 Rete di smaltimento delle acque meteoriche allo stato di progetto (con presenza della rete di drenaggio)	9
2.1 Procedimento per il progetto e verifica	9
2.1.1 Diametro	9
2.1.2 Riporto in SWMM	9
2.1.3 Verifiche alle condotte	9
2.2 Progetto	9
2.3 Progetto con vasche	12
2.4 Progetto con vasche e lid	15
A Rete di smaltimento delle acque meteoriche allo stato di progetto (con presenza della rete di drenaggio) - tutti i mancanti	17
A.1 Progetto sbagliato	17
A.2 Progetto con solo i LID	17
A.3 Progetto con vasche e lid rifatto dopo i lid	20
A.4 Progetto con vasche e lid sistemato	20

Elenco delle tabelle

2.1	Diametri progetti conduct-mod	10
2.2	Progetto – Verifiche di massima velocità, riempimento condotta e del criterio di autopulizia	11
2.3	Parametri per il progetto della vasca di laminazione	12
2.4	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	15
2.5	Diametri progetti conduct2	16
A.1	Diametri progetti conduct-mod LID. In verde sono indicati i valori che hanno subito una modifica rispetto al progetto senza LID	18
A.2	Progetto con aggiunta dei soli LID – Verifiche di massima velocità, riempimento condotta e del criterio di autopulizia	19

Elenco delle figure

1.1	Inquadramento dell’area di lavoro TANTE BELLE COSE	5
1.2	Inquadramento dell’area di lavoro TROPPE COSE BELLE	6
1.3	Deflusso del bacino	7
1.4	Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell’altezza	8
2.1	Attenuazione del deflusso nelle tre condotte con l’introduzione delle vasche a monte delle condotte	13
2.2	Confronto del deflusso allo sbocco della rete pre e post l’installazione delle vasche e andamento del volume d’acqua all’interno delle stesse	14

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_{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 TANTE BELLE COSE

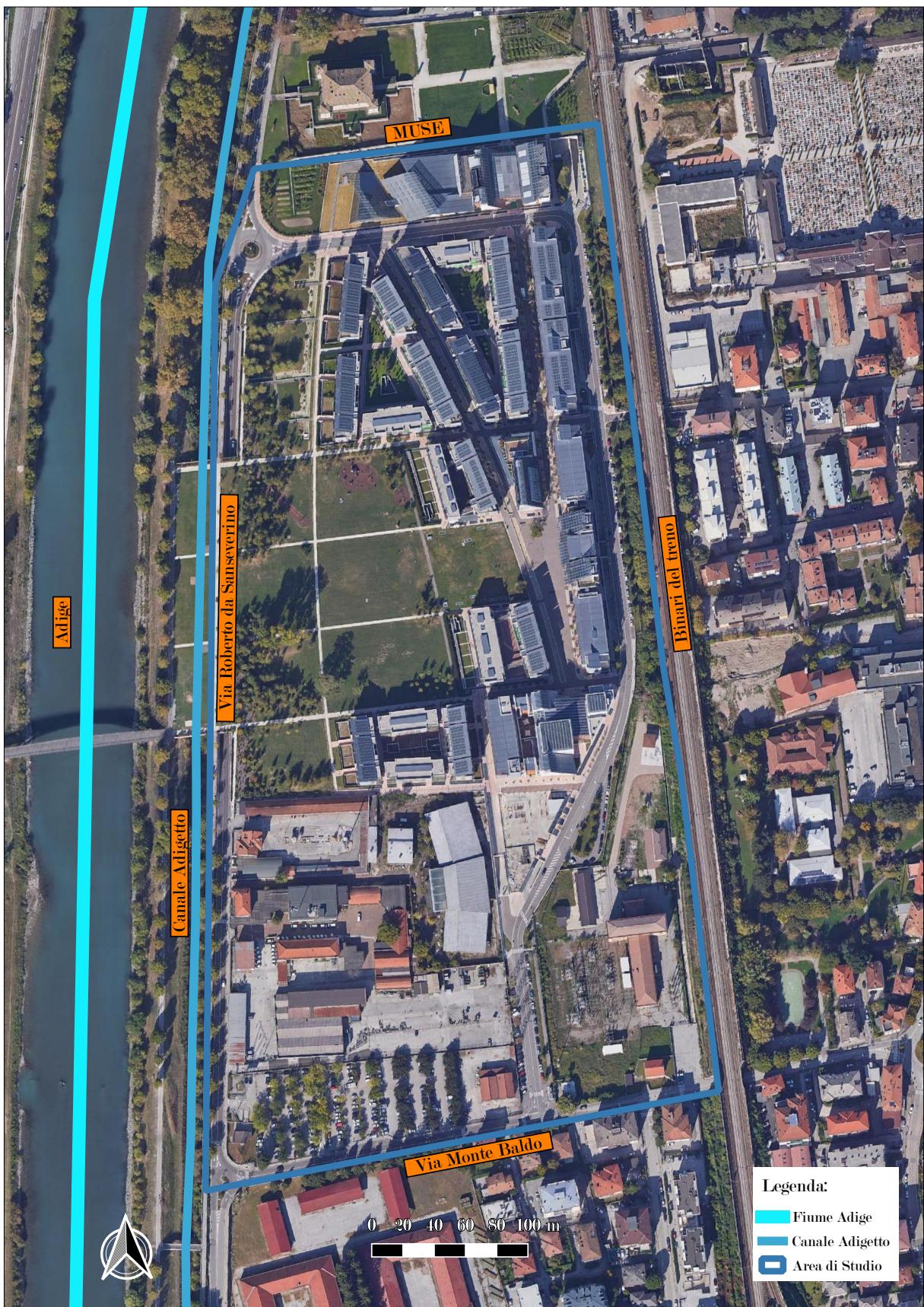


Figura 1.2: Inquadramento dell'area di lavoro TROPPE COSE BELLE

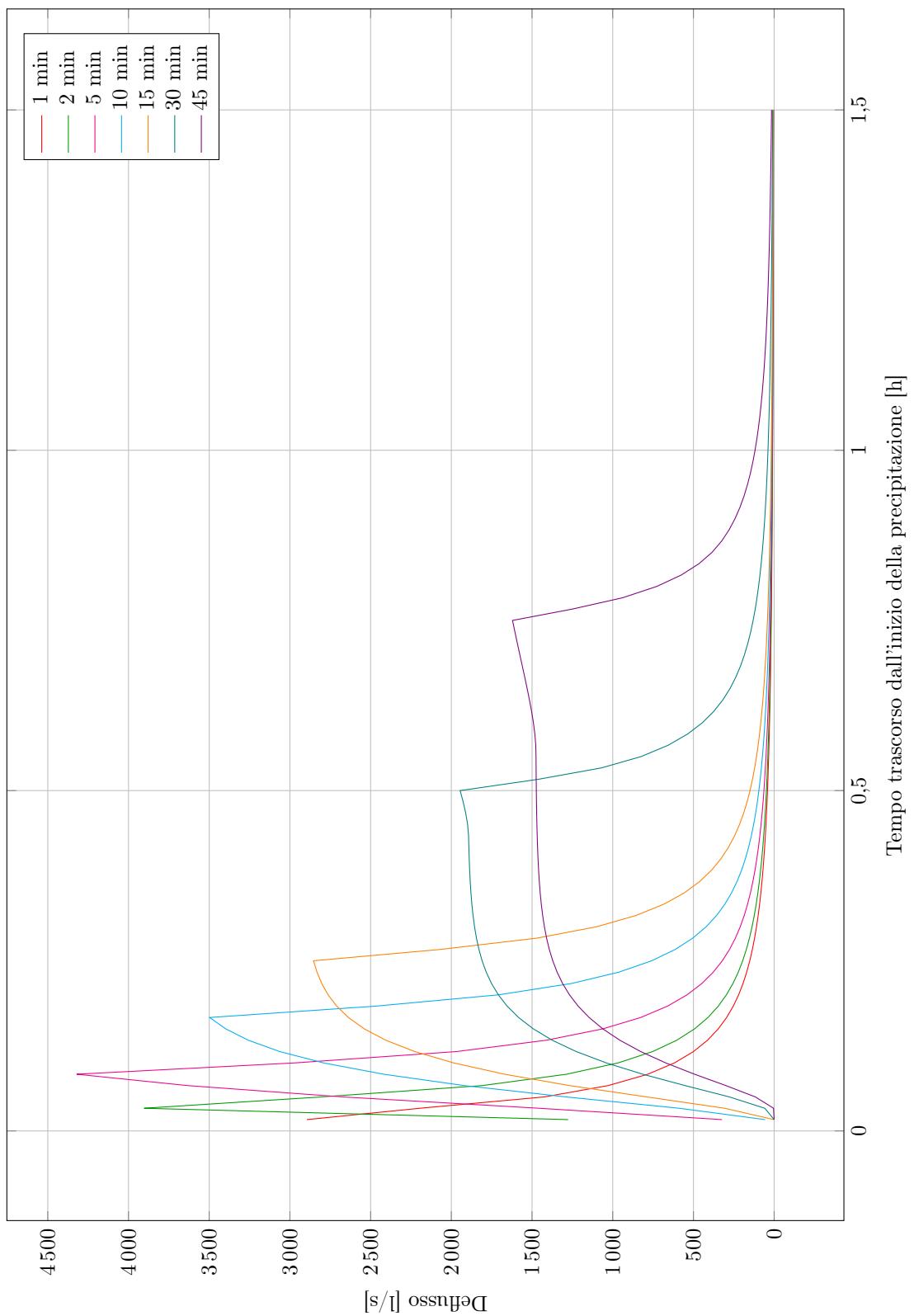


Figura 1.3: Deflusso del bacino

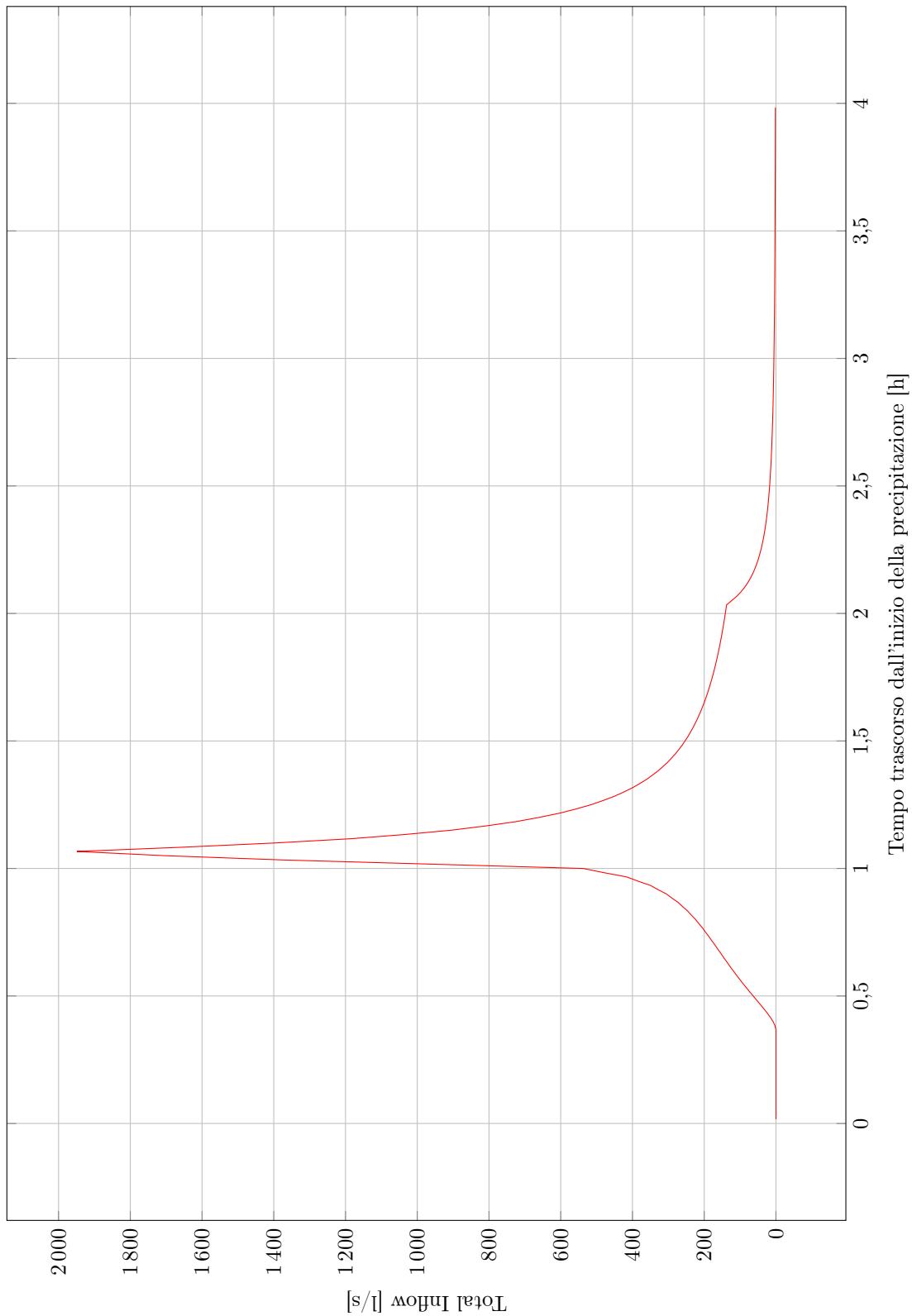


Figura 1.4: Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell'altezza

Rete di smaltimento delle acque meteoriche allo stato di progetto (con presenza della rete di drenaggio)

BLA BLA BLA su cosa ci sarà in questo capitolo e rimando all'appendice

2.1 Procedimento per il progetto e verifica

Tutte le varie formule usate per ottenere il Diametro da usare, offset e tutte quelle di verifica.

2.1.1 Diametro

2.1.2 Riporto in SWMM

2.1.3 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 γ è il peso specifico dell'acqua pari a 1000 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.

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

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

2.2 Progetto

Tabella 2.1: Diametri progetti conduct-mod

Condotta	A valle di	Deflusso [ls ⁻¹]	Deflusso totale [ls ⁻¹]	i_F [-]	D_{prog} [m]	D_{comm} [m]	Offset [m]
Via Roberto da Sanseverino							
1	S12,S13,S9,S10	73,41	73,41	0,005	0,31	0,4	0,3
2		0	73,41	0,005	0,31	0,4	0,3
3	S5	26,51	99,92	0,005	0,35	0,4	0,3
4	S4,S6	166,17	266,09	0,005	0,51	0,5	0,2
Corso del Lavoro e della Scienza							
5	S15,S14	119,45	119,45	0,01	0,33	0,4	0,3
6	S11	72,31	191,76	0,01	0,40	0,4	0,3
7	S8	100,6	292,36	0,01	0,46	0,5	0,2
8	S3	40,26	332,62	0,01	0,49	0,5	0,2
9	S7	121,15	453,77	0,01	0,55	0,6	0,1
10	S2	112,37	566,14	0,01	0,59	0,6	0,1
11	S1,C4	22,52	854,75	0,01	0,69	0,7	0
Passaggio Giuseppe Šebesta							
14	S21	101,51	101,51	0,005	0,35	0,4	0,1
Passaggio Giuseppe Šebesta							
15	S20	74,95	74,95	0,005	0,32	0,4	0,1
Via Adalberto Libera							
16	C14,C15	0	176,46	0,005	0,44	0,5	
Passaggio Giuseppe Šebesta							
17	C16,S18	55,43	231,89	0,005	0,48	0,5	-0,1
18	S17	7,14	239,03	0,03	0,35	0,5	0,1
21	S19,S16	29,51	268,54	0,03	0,37	0,5	0,1
Ferrovia del Brennero, Via Monte Baldo, Corso del Lavoro e della Scienza, parallela a Monte Baldo							
22	S23	131,87	131,87	0,005	0,39	0,4	0,4
23	S25	154,25	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
24	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
25	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
26	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
27	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
28	S22	371,99	658,11	0,005	0,72	0,8	0
29	S24	185,95	844,06	0,005	0,79	0,8	0

Tabella 2.2: Progetto – Verifiche di massima velocità, riempimento condotta e del criterio di autopulizia

Condotta	Diametro [m]	Velocità			Riempimento massimo G [%]	$\vartheta =$ compl. di α [rad]	Raggio idraulico R_H [m]	Pend. fondo i_F [-]	Pend. geometrica i_G [-]	Tensione tangenziale τ [Pa]
		Flusso massimo [l s ⁻¹]	Ora max flusso [h]	Massima velocità [m s ⁻¹]						
01	0,4	69,73	01:04	1,2	47	2,0244	0,0556	0,0036	0,005	2,78
02	0,4	69,24	01:04	1,06	52	2,1403	0,0607	0,0033	0,005	3,03
03	0,4	91,69	01:04	1,17	61	2,3403	0,0693	0,0029	0,005	3,47
04	0,5	243,04	01:04	1,65	70	2,5322	0,0967	0,0021	0,005	4,84
05	0,4	116,97	01:04	1,5	60	2,3186	0,0684	0,0029	0,01	6,84
06	0,4	174,44	01:04	1,92	68	2,4901	0,0757	0,0026	0,01	7,57
07	0,5	265,3	01:04	2,1	62	2,3620	0,0878	0,0023	0,01	8,78
08	0,5	291,74	01:04	2,2	64	2,4051	0,0901	0,0022	0,01	9,01
09	0,6	397,82	01:04	2,2	61	2,3403	0,1040	0,0019	0,01	10,40
10	0,6	488,07	01:04	2,49	65	2,4265	0,1095	0,0018	0,01	10,95
11	0,7	743,97	01:04	2,75	66	2,4478	0,1293	0,0015	0,01	12,93
14	0,4	95,11	01:04	1,3	57	2,2526	0,0655	0,0031	0,005	3,28
15	0,4	71,22	01:04	1,19	48	2,0479	0,0566	0,0035	0,005	2,83
16	0,5	165,24	01:04	1,24	64	2,4051	0,0901	0,0022	0,005	4,50
17	0,5	207,16	01:04	1,85	56	2,2304	0,0807	0,0025	0,005	4,04
18	0,5	209,14	01:05	2,97	39	1,8205	0,0589	0,0034	0,03	17,68
21	0,5	223,94	01:05	3,1	40	1,8546	0,0603	0,0033	0,03	18,09
22	0,4	121,83	01:04	1,39	66	2,4478	0,0739	0,0027	0,005	3,69
23	0,6	259,92	01:04	1,65	54	2,1856	0,0939	0,0021	0,005	4,70
24	0,6	256,22	01:05	1,66	54	2,1856	0,0939	0,0021	0,005	4,70
25	0,6	252,43	01:05	1,64	54	2,1856	0,0939	0,0021	0,005	4,70
26	0,6	250,17	01:06	1,63	53	2,1630	0,0925	0,0022	0,005	4,62
27	0,6	246,35	01:06	1,64	52	2,1403	0,0910	0,0022	0,005	4,55
28	0,8	550,86	01:06	1,83	58	2,2747	0,1330	0,0015	0,005	6,65
29	0,8	681,04	01:06	2,09	62	2,3620	0,1405	0,0014	0,005	7,02

2.3 Progetto con vasche

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 $C_{udo} = 20\text{s}^{-1}\text{ha}^{-1}$, fissando così la portata massima in uscita da scaricare.

La portata massima da mantenere pertanto diviene:

$$Q_{max} = C_{udo} \cdot A_{sottobacino} , \quad (2.6)$$

dove con $A_{sottobacino}$ 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} :

$$Q = C_{eff} A_{orifizio} \sqrt{2gh} \stackrel{!}{=} Q_{max} . \quad (2.7)$$

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 2.1) 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 2.6 ed utilizzando la seguente legge

$$Q_{OUTflow} = \begin{cases} Q_{INflow} & \text{se } Q_{INflow} \leq Q_{max} \\ Q_{max} & \text{se } Q_{INflow} > Q_{max} \end{cases} \quad (2.8)$$

I dati progettuali ottenuti con le considerazioni appena viste sono riportati in tabella 2.3.

Tabella 2.3: 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 ³]	232,92	63,48	366,33
Area vasca [m ²]	155,28	42,32	244,22
Area orifizio [m ²]	0,04	0,02	0,04
Diametro orifizio [m]	0,24	0,15	0,23

In tabella 2.4 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.

In figura 2.2 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'accumulo di acqua in essa contenuta faccia sì che diminuisca la portata defluita allo sbocco, ritardando inoltre il tempo di massimo deflusso.

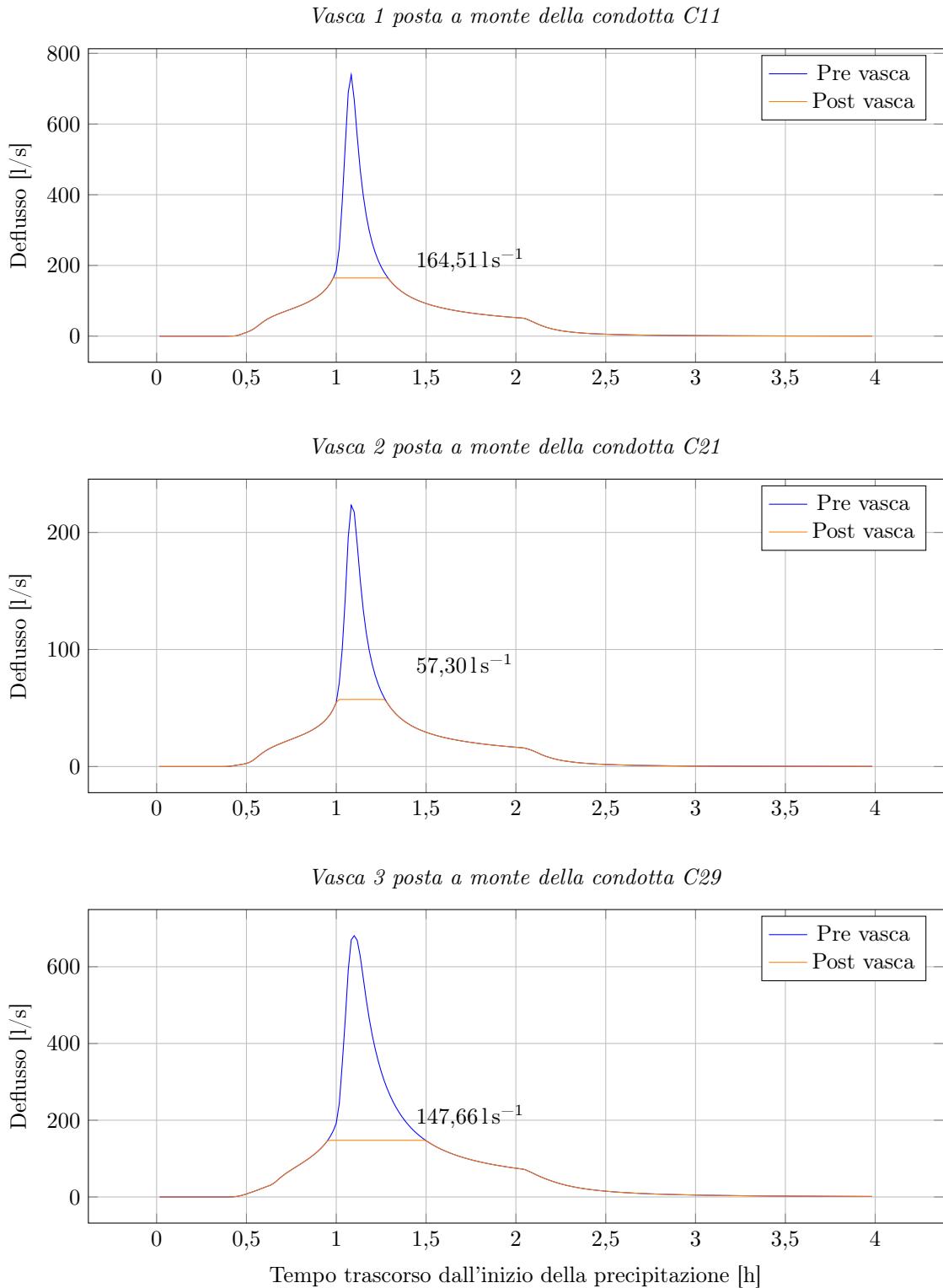
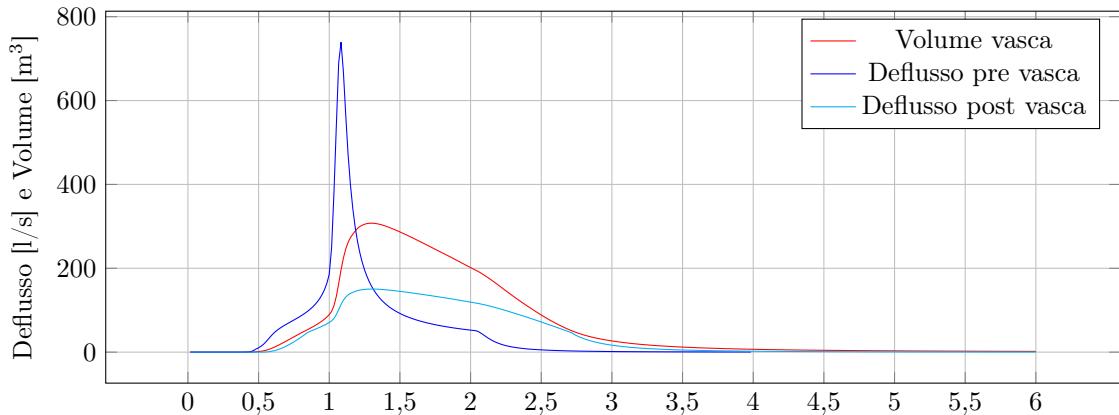
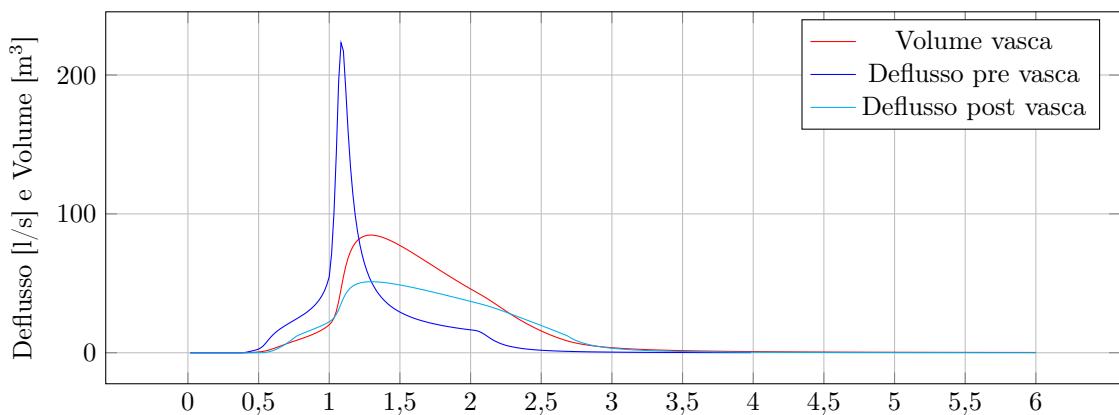


Figura 2.1: Attenuazione del deflusso nelle tre condotte con l'introduzione delle vasche a monte delle condotte

Vasca 1 posta a monte della condotta C11



Vasca 2 posta a monte della condotta C21



Vasca 3 posta a monte della condotta C29

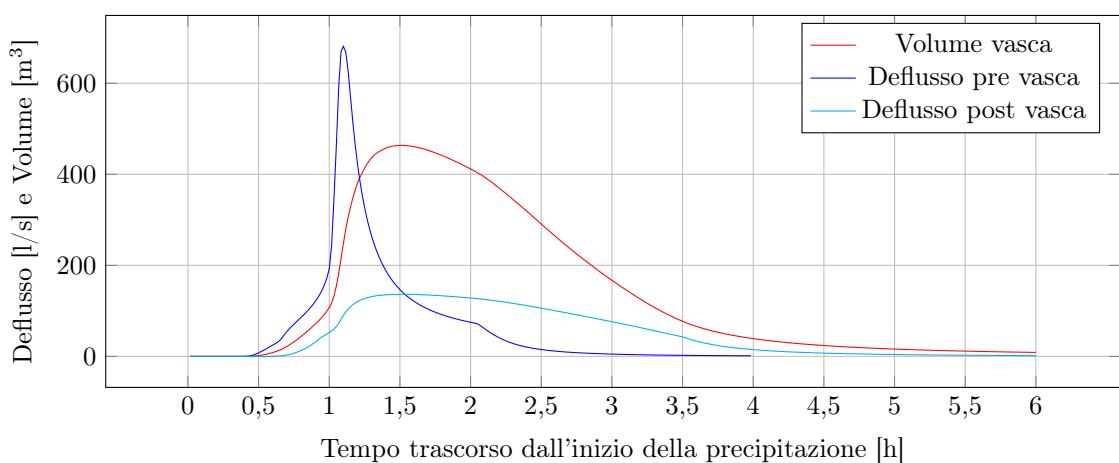


Figura 2.2: Confronto del deflusso allo sbocco della rete pre e post l'installazione delle vasche e andamento del volume d'acqua all'interno delle stesse

Tabella 2.4: 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^2]	% 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
	0,24	210	96	148,98
	0,25	210	93	158,4
Centro	0,15	45	100	60,49
	0,15	60	88	56,53
	0,15	50	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
	0,23	325	95	136,45

2.4 Progetto con vasche e lid

DA SISTEMARE IL CONDUCT2

Tabella 2.5: Diametri progetti conduct2

Condotta	A valle di	Deflusso [l s ⁻¹]	Deflusso totale [l s ⁻¹]	i_F [-]	D_{prog} [m]	D_{comm} [m]	Offset [m]
Via Roberto da Sanseverino							
1	S12,S13,S9,S10	69,55	69,55	0,005	0,31	0,4	0,4
2		0	69,55	0,005	0,31	0,4	0,3
3	S5	25,37	94,92	0,005	0,35	0,5	0,2
4	S4,S6	153,8	248,72	0,005	0,50	0,6	0,1
Corso del Lavoro e della Scienza							
5	S15	100,25	100,25	0,01	0,31	0,3	0,3
6	S11	64,3	164,55	0,01	0,37	0,4	0,3
7	S8	100,6	265,15	0,01	0,45	0,5	0,2
8	S3	38,68	303,83	0,01	0,47	0,5	0,2
9	S7	115,85	419,68	0,01	0,53	0,6	0,1
10	S2	77,71	497,39	0,01	0,57	0,6	0,1
11	S1,C4	22,52	768,63	0,01	0,67	0,7	0
Piazza delle Donne Lavoratrici e Via Adalberto Libera							
12	S14	9,82	9,82	0,005	0,15	0,3	0
13	S18	46,58	56,4	0,005	0,28	0,3	0
Passaggio Giuseppe Šebesta							
14	S21	100,75	100,75	0,005	0,35	0,4	0
Passaggio Giuseppe Šebesta							
15	S20	64,13	64,13	0,005	0,30	0,4	0
Via Adalberto Libera							
16	C14,C15	0	164,88	0,005	0,43	0,5	
Via Roberto da Sanseverino							
19	S16	8,22	8,22	0,005	0,14	0,3	0
Via Roberto da Sanseverino							
20	S19	21,29	21,29	0,005	0,20	0,3	0
Passaggio Giuseppe Šebesta							
17	C13,C16	0	221,28	0,005	0,48	0,5	-0,1
18	S17	7,14	228,42	0,03	0,34	0,4	0
21	C18,C19,C20	0	257,93	0,03	0,36	0,4	0
Ferrovia del Brennero, Via Monte Baldo, Corso del Lavoro e della Scienza, parallela a Monte Baldo							
22	S23	131,87	131,87	0,005	0,39	0,4	0,4
23	S25	154,25	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
24	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
25	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
26	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
27	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
28	S22	312,35	598,47	0,005	0,69	0,8	0
29	S24	96,38	694,85	0,005	0,73	0,8	0

Rete di smaltimento delle acque meteo-riche allo stato di progetto (con presenza della rete di drenaggio) - tutti i mancanti

- A.1 Progetto sbagliato
- A.2 Progetto con solo i LID

Tabella A.1: Diametri progetti conduct-mod LID. In verde sono indicati i valori che hanno subito una modifica rispetto al progetto senza LID

Condotta	A valle di	Deflusso [l s ⁻¹]	Deflusso totale [l s ⁻¹]	i_F [-]	D_{prog} [m]	D_{comm} [m]	Offset [m]
Via Roberto da Sanseverino							
1	S12,S13,S9,S10	73,41	73,41	0,005	0,31	0,3	0,4
2		0	73,41	0,005	0,31	0,3	0,4
3	S5	26,51	99,92	0,005	0,35	0,4	0,3
4	S4,S6	166,17	266,09	0,005	0,51	0,5	0,2
Corso del Lavoro e della Scienza							
5	S15,S14	119,45	119,45	0,01	0,33	0,4	0,3
6	S11	72,31	191,76	0,01	0,40	0,4	0,3
7	S8	100,6	292,36	0,01	0,46	0,5	0,2
8	S3	40,26	332,62	0,01	0,49	0,5	0,2
9	S7	121,15	453,77	0,01	0,55	0,6	0,1
10	S2	112,37	566,14	0,01	0,59	0,6	0,1
11	S1,C4	22,52	854,75	0,01	0,69	0,7	0
Passaggio Giuseppe Šebesta							
14	S21	101,51	101,51	0,005	0,35	0,4	0,1
Passaggio Giuseppe Šebesta							
15	S20	74,95	74,95	0,005	0,32	0,3	0,2
Via Adalberto Libera							
16	C14,C15	0	176,46	0,005	0,44	0,5	
Passaggio Giuseppe Šebesta							
17	C16,S18	55,43	231,89	0,005	0,48	0,5	-0,1
18	S17	7,14	239,03	0,03	0,35	0,5	0,1
21	S19,S16	29,51	268,54	0,03	0,37	0,5	0,1
Ferrovia del Brennero, Via Monte Baldo, Corso del Lavoro e della Scienza, parallela a Monte Baldo							
22	S23	131,87	131,87	0,005	0,39	0,4	0,4
23	S25	154,25	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
24	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
25	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
26	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
27	-	0	286,12	0,005	0,52	0,6	0,2
28	S22	371,99	658,11	0,005	0,72	0,8	0,1
29	S24	185,95	844,06	0,005	0,79	0,8	0

Tabella A.2: Progetto con aggiunta dei soli LID – Verifiche di massima velocità, riempimento condotta e del criterio di autopulizia

Condotta	Diametro [m]	Velocità			Riempimento massimo G [%]	$\vartheta =$ compl. di α [rad]	Raggio idraulico R_H [m]	Pend. fondo i_F [-]	Pend. geometrica i_G [-]	Tensione tangenziale τ [Pa]
		Flusso massimo [ls^{-1}]	Ora max flusso [h]	Massima velocità [m s^{-1}]						
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

A.3 Progetto con vasche e lid rifatto dopo i lid

A.4 Progetto con vasche e lid sistemato